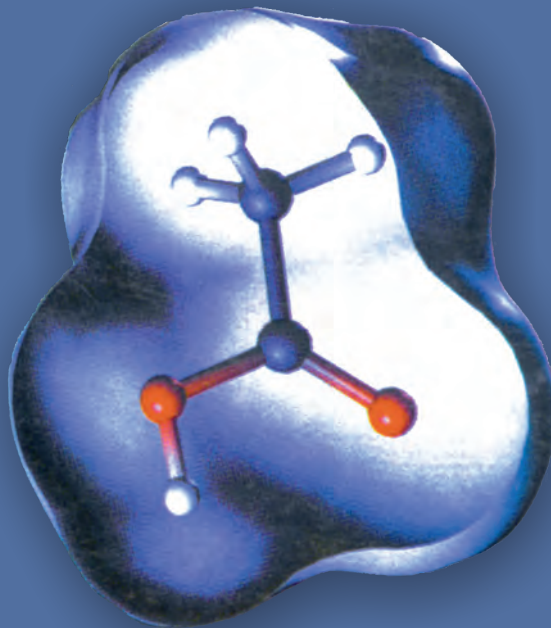


ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

# Χημεία



Β΄ ΛΥΚΕΙΟΥ

Γενικής Παιδείας

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

# **Χημεία**

## **Β΄ ΛΥΚΕΙΟΥ ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ**

Στέλιος Λιοδάκης  
Δημήτρης Γάκης  
Δημήτρης Θεοδωρόπουλος  
Παναγιώτης Θεοδωρόπουλος  
Αναστάσιος Κάλλης

Η συγγραφή και η επιστημονική επιμέλεια του βιβλίου πραγματοποιήθηκε  
υπό την αιγίδα του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

### **Επιστημονικός υπεύθυνος – Διεύθυνση ομάδων εργασίας:**

Στέλιος Λιοδάκης

### **Ομάδα Συγγραφής:**

Στέλιος Λιοδάκης, Δρ. Χημικός, Επικ. Καθηγητής ΕΜΠ  
Δημήτρης Γάκης, Δρ. Χημικός Μηχανικός, Λέκτορας ΕΜΠ  
Δημήτρης Θεοδωρόπουλος, Χημικός Μηχανικός Δ/θμιας Εκπαίδευσης  
Παναγιώτης Θεοδωρόπουλος, Χημικός Δ/θμιας Εκπαίδευσης  
Αναστάσιος Κάλλης, Χημικός Δ/θμιας Εκπαίδευσης

### **Ομάδα Τεχνικής Υποστήριξης:**

Στάθης Σιάνος, Χημικός Μηχανικός ΕΜΠ  
Ηρακλής Αγιοβλασίτης, φοιτητής στη σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ  
Άννα Γάκη, φοιτήτρια στη σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ  
Βλάσσης Παπανικολάου, φοιτητής στη σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών ΕΜΠ

### **Επιστημονικός Συνεργάτης:**

Μαρία Γιαλούση, Χημικός Δ/θμιας Εκπαίδευσης

### **Γλωσσική Επιμέλεια:**

Ελένη Δημητρίου

### **Τεχνική Επιμέλεια:**

Στέλιος Λιοδάκης

### **Υπεύθυνος στο πλαίσιο του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου:**

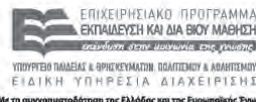
Αντώνιος Μπομπέτσας, Χημικός, M.Ed, Ph.D, Σύμβουλος Π.Ι.

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΕΚΔΟΣΗΣ

Η επανέκδοση του παρόντος βιβλίου πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος» μέσω ψηφιακής μακέτας, η οποία δημιουργήθηκε με χρηματοδότηση από το ΕΣΠΑ / ΕΠ «Εκπαίδευση & Διά Βίου Μάθηση» / Πράξη «ΣΤΗΡΙΖΩ».



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  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

Οι διορθώσεις πραγματοποιήθηκαν κατόπιν έγκρισης του Δ.Σ. του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Με το βιβλίο αυτό αρχίζει μία νέα προσπάθεια για την ανανέωση και τον εκσυγχρονισμό των συγγραμμάτων του Λυκείου. Ανανέωση τόσο στο περιεχόμενο όσο και στο ύφος, ώστε να μην είναι το σχολικό βιβλίο μία ξερή μόνο παράθεση μέρους των γνώσεων που συσσωρεύονται από τους επιστήμονες αιώνες τώρα.

Με ένα πολύ απλό ύφος γίνεται προσπάθεια να δοθούν οι θεμελιώδεις αρχές της Χημείας και μέσα από παραδείγματα της καθημερινής ζωής, ώστε και πιο κατανοητές να γίνουν και επιπλέον να βοηθήσουν τον αναγνώστη-μαθητή να αναπτύξει ένα κριτικό βλέμμα για ό,τι συμβαίνει γύρω και μέσα του.

Η βασική αρχή που ακολουθήθηκε τόσο στην παράθεση της θεωρίας όσο και στην εκλογή των ασκήσεων και των προβλημάτων είναι ότι ο μαθητής, από το δίδυμο δάσκαλος-βιβλίο, πρέπει να μπορεί να μαθαίνει και όχι μόνο να διδάσκεται, να μπορεί να βρίσκει και όχι μόνο να του λένε.

Όσον αφορά τη θεωρία αυτού του βιβλίου έγινε προσπάθεια να είναι προσαρμοσμένη στις νοητικές δυνατότητες των μαθητών που προορίζεται, εξασφαλίζοντας στο μέγιστο δυνατό βαθμό τη μετάπλαση της επιστημονικής γνώσης σε διδάξιμη ύλη.

Προσπαθήσαμε κατά το δυνατόν να ακολουθήσουμε τις σύγχρονες τάσεις συγγραφής διδακτικών βιβλίων, μέσα στα πλαίσια βέβαια του δεδομένου αναλυτικού προγράμματος.

Για να το πετύχουμε αυτό, στηριχτήκαμε:

- σε σύγχρονη βιβλιογραφία η οποία περιλαμβάνει και εκπαιδευτικά περιοδικά.
- σε ελκυστικό φωτογραφικό υλικό το οποίο σε κάποιο ποσοστό ικανοποιεί τον όρο πειραματική χημεία.
- σε ιστορικές αναφορές με σκοπό να καταλάβει ο μαθητής-αναγνώστης ότι το θαυμάσιο αυτό οικοδόμημα της Χημείας στήθηκε από ανθρώπους αφοσιωμένους αλλά «ανθρώπινους», μέσα από λάθη, αντιγνωμίες, απογοητεύσεις αλλά και θριάμβους.
- σε μεγάλο αριθμό των «γνωρίζεις ότι...» όπου αναφέρονται σύγχρονα θέματα τα οποία ενδιαφέρουν κάθε σκεπτόμενο άνθρωπο. Σε αυτά η χημεία είναι «εν δράσει» και αναδεικνύεται σαν η επιστήμη της «κάθε ημέρας». Χωρίς αυτά να είναι «εξεταστέα ύλη» ελπίζουμε να είναι «ύλη-πρόκληση» για περαιτέρω βιβλιογραφική έρευνα σε βιβλιοθήκες και υπολογιστές...

Η επιλογή των ασκήσεων και των προβλημάτων έγινε κατά τέτοιο τρόποι ώστε να υπάρχει συμφωνία με τις δυνατότητες των μαθητών και ο βαθμός δυσκολίας να είναι τέτοιος, ώστε να είναι δυνατή η εξαγωγή της απάντησης μέσα από τη θεωρία του βιβλίου αυτού.

Ο ικανοποιητικός αριθμός των ασκήσεων και των προβλημάτων έχει στόχο, όχι την επίλυση όλων αυτών μέσα στην τάξη, αλλά την πλήρη παροχή ενός υλικού, ώστε μέσα από τη δημιουργική συνεργασία δασκάλου-μαθητή να επιτυγχάνεται η πλήρης αφομοίωση και εμπέδωση της ύλης που θα διδαχθεί. Ο πλούτος των προβλημάτων καθώς και των λυμένων εφαρμογών κάνει, για τον μέσο μαθητή, περιττό κάθε άλλο βοήθημα.

*Η συγγραφική ομάδα*

# Περιεχόμενα Γενικής Παιδείας Β' Λυκείου

<b>1</b>	<b>ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ</b>	
1.1	Εισαγωγή στην οργανική χημεία	9
1.2	Ταξινόμηση οργανικών ενώσεων - Ομόλογες σειρές	11
1.3	Ονοματολογία άκυκλων οργανικών ενώσεων	15
1.4	Ισομέρεια	19
1.5	Ανάλυση των οργανικών ενώσεων	22
	Ανακεφαλαίωση - Λέξεις κλειδιά - Ερωτήσεις - Ασκήσεις - Προβλήματα	27



<b>2</b>	<b>Πετρέλαιο - Υδρογονάνθρακες</b>	
	Γνωρίζεις ότι: «Ο σύγχρονος πολιτισμός - βιομηχανική επανάσταση και καύσιμα»	37
2.1	Πετρέλαιο - Προϊόντα πετρελαίου. Βενζίνη. Καύση - Καύσιμα	39
2.2	Νάφθα - Πετροχημικά	44
2.3	Αλκάνια - Μεθάνιο, φυσικό αέριο, βιοαέριο	45
2.4	Καυσαέρια - Καταλύτες αυτοκινήτων	51
2.5	Αλκένια - Αιθένιο ή αιθυλένιο	53
2.6	Αλκίνια - Αιθίνιο ή ακετυλένιο	60
2.7	Αρωματικές ενώσεις - Βενζόλιο	64
2.8	Ατμοσφαιρική ρύπανση - Φαινόμενο θερμοκηπίου - Τρύπα όζοντος	67
	Γνωρίζεις ότι: «Ένα ψυγείο χωρίς CFCs από την Greenpeace»	72
	Ανακεφαλαίωση - Λέξεις κλειδιά - Ερωτήσεις - Ασκήσεις - Προβλήματα	73



<b>3</b>	<b>Αλκοόλες - Φαινόλες</b>	
3.1	Αλκοόλες	88
3.2	Κορεσμένες μονοσθενείς αλκοόλες - Αιθανόλη	90
3.3	Φαινόλες	97
	Γνωρίζεις ότι: «Οι ψευδορμόνες»	100
	Γνωρίζεις ότι: «Το οινόπνευμα και οι συνέπειές του»	101
	Γνωρίζεις ότι: «Οινοπνευματώδη ποτά»	102
	Ανακεφαλαίωση - Λέξεις κλειδιά - Ερωτήσεις - Ασκήσεις - Προβλήματα	103



<b>4</b>	<b>Καρβοξυλικά οξέα</b>	
4.1	Κορεσμένα μονοκαρβοξυλικά οξέα - Αιθανικό οξύ	112
4.2	Γαλακτικό οξύ ή 2 - υδροξυπροπανικό οξύ	116
4.3	Βενζοϊκό οξύ	118
	Γνωρίζεις ότι: «Τα θαλασσινά οξέα»	120
	Γνωρίζεις ότι: «Χημικά πρόσθετα»	121
	Ανακεφαλαίωση - Λέξεις κλειδιά - Ερωτήσεις - Ασκήσεις - Προβλήματα	123



<b>5</b>	<b>Βιομόρια και άλλα μόρια</b>	
<b>5.1</b>	Υδατάνθρακες	130
<b>5.2</b>	Λίπη και έλαια	135
<b>5.3</b>	Πρωτεΐνες	139
<b>5.4</b>	Πολυμερή - πλαστικά	144
<b>5.5</b>	Υφάνσιμες ύλες	148
	Γνωρίζεις ότι: «Η ανακάλυψη του πολυαιθυλενίου»	150
	Ανακεφαλαίωση - Λέξεις κλειδιά - Ερωτήσεις - Ασκήσεις - Προβλήματα	151
	Παραρτήματα	161
	Βιβλιογραφία	173



# (1)

## ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

### Οι Στόχοι

Στο τέλος της διδακτικής αυτής ενότητας θα πρέπει να μπορείς:

- Να αναγνωρίζεις τις οργανικές ενώσεις.
- Να αιτιολογείς το μεγάλο αριθμό οργανικών ενώσεων, στηριζόμενος στην ηλεκτρονιακή δομή και το μέγεθος της ατομικής ακτίνας του άνθρακα.
- Να ταξινομείς τις οργανικές ενώσεις με βάση: α) το είδος των δεσμών που αναπτύσσονται μεταξύ των ατόμων του άνθρακα β) τη διάταξη της ανθρακικής αλυσίδας γ) τη χαρακτηριστική ομάδα που έχουν δ) τις ομόλογες σειρές.
- Να ονομάζεις και να γράφεις, σύμφωνα με τις οδηγίες IUPAC, ορισμένες κατηγορίες άκυκλων οργανικών ενώσεων, όπως υδρογονανθράκων, αλκοολών, αιθέρων, αλδεϋδών, κετονών και καρβοξυλικών οξέων.
- Να ορίζεις το φαινόμενο της συντακτικής ισομέρειας, να διακρίνεις τα διάφορα είδη συντακτικής ισομέρειας (αλυσίδας, θέσης και ομόλογης σειράς) και να αναγνωρίζεις τη σημασία αυτής στην ανάπτυξη της οργανικής χημείας. Να καταγράφεις και να ονομάζεις τα ισομερή που αντιστοιχούν σε ορισμένο μοριακό τύπο.
- Να υπολογίζεις τον εμπειρικό τύπο μιας οργανικής ένωσης, με βάση την ποσοτική ανάλυσή της.
- Να υπολογίζεις το μοριακό τύπο μιας οργανικής ένωσης συνδέοντας την ποσοτική ανάλυση (εμπειρικό τύπο) με τη σχετική μοριακή μάζα της.



#### ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- 1.1 Εισαγωγή στην οργανική χημεία
  - 1.2 Ταξινόμηση οργανικών ενώσεων - Ομόλογες σειρές
  - 1.3 Ονοματολογία οργανικών ενώσεων
  - 1.4 Ισομέρεια
  - 1.5 Ανάλυση οργανικών ενώσεων
- Ερωτήσεις - προβλήματα



Έτος ορόσημο για την οργανική χημεία είναι το 1828. Τη χρονιά εκείνη ο Wöhler παρασκεύασε από ανόργανες πρώτες ύλες την πρώτη οργανική ένωση, την ουρία. Έτσι, κατέπεσε ο μύθος της ζωικής δύναμης, που αποτέλεσε τροχοπέδη στις φιλοδοξίες των χημικών για τη σύνθεση οργανικών ενώσεων. Στο πρώτο δημοσίευμα ο Wöhler ανέφερε «Το μη αναμενόμενο αποτέλεσμα αποτελεί αξιοσημείωτο γεγονός, επειδή συνιστά παράδειγμα τεχνητής παραγωγής μιας οργανικής δηλαδή ζωικής ουσίας». Από το σημείο αυτό ξεκινά το κεφάλαιο της οργανικής σύνθεσης, που δεν έχει τελειωμό και από όπου παράγονται χιλιάδες χρήσιμα προϊόντα π.χ φάρμακα, πλαστικά.

Σήμερα υπολογίζεται ότι συντίθενται περίπου 300.000 ενώσεις το χρόνο. Ο Wöhler δε μπορούσε να κρατήσει τη χαρά του για το μεγάλο του επίτευγμα. Σ' ένα γράμμα του είχε εκμυστηρευθεί: «Αισθάνομαι σαν την κότα που έκανε το αυγό και πρέπει να το διαλαλήσει». Εξάλλου πολλές γενεές φοιτητών διδάχθηκαν χημική ανάλυση από το βιβλίο του «παραδείγματα για την εξάσκηση στην Αναλυτική Χημεία», που είχε εκδοθεί χωρίς να αναφέρεται το όνομά του από υπερβολική μετριοφροσύνη «Εμφανίζομαι χωρίς το όνομά μου, αφού ο καθένας θα μπορούσε να γράψει ένα τέτοιο βιβλίο» είχε πει.



Friedrich Wöhler  
1800 - 1882

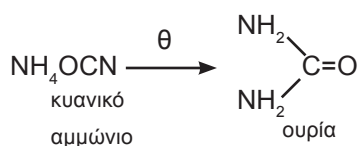
# ( 1 ) ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

## ( 1.1 ) Εισαγωγή στην οργανική χημεία

Οργανική χημεία ονομάζεται ο κλάδος της χημείας που μελετά τις ενώσεις του άνθρακα. Εξαιρέση αποτελούν το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και τα ανθρακικά άλατα (π.χ. το ανθρακικό ασβέστιο CaCO<sub>3</sub>), που εξετάζονται στην ανόργανη χημεία (μαζί με τον C).

Οι πρώτες οργανικές ενώσεις απομονώθηκαν στις αρχές του 18<sup>ου</sup> αιώνα, παρόλο που ορισμένες απ' αυτές, όπως τα σάκχαρα και το οινόπνευμα, ήταν γνωστές χιλιάδες χρόνια πριν. Ο πρώτος που μελέτησε συστηματικά τις οργανικές ενώσεις, ήταν ο Σουηδός χημικός Scheele (1742-1786), ο οποίος απομόνωσε πλήθος οργανικών ενώσεων από φυτικές και ζωικές ύλες, π.χ. απομόνωσε το γαλακτικό οξύ από το γάλα.

Κατά τη διάρκεια του 18<sup>ου</sup> αιώνα, οι χημικοί πίστευαν ότι, για να συντεθεί μία οργανική ουσία, ήταν απαραίτητη η **ζωική δύναμη** (vis vitalis), την οποία διαθέτουν μόνο οι ζωντανοί οργανισμοί. Δηλαδή, επικρατούσε η **βιταλιστική θεωρία**, ότι οι ουσίες χωρίζονται σε ανόργανες και οργανικές και ότι, μόνο σε ζωντανούς οργανισμούς μπορούν να συντεθούν οι οργανικές ουσίες. Το 1828 ο Wöhler ανακάλυψε, ότι μία οργανική ουσία μπορεί να παρασκευασθεί εργαστηριακά. Αυτό το πέτυχε τυχαία, κατά την παρασκευή της οργανικής ένωσης ουρία, με θέρμανση κυανικού αμμωνίου NH<sub>4</sub>OCN (η οποία είναι ανόργανη ένωση).



Από τότε άνοιξε ο δρόμος της οργανικής σύνθεσης, της εργαστηριακής δηλαδή παρασκευής οργανικών ενώσεων, ενώ η βιταλιστική αντίληψη τέθηκε οριστικά στο περιθώριο των εξελίξεων.

Σήμερα η διάκριση της χημείας σε ανόργανη και οργανική γίνεται για συστηματικούς λόγους, παρόλο που στην πραγματικότητα δεν υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές στις ιδιότητες οργανικών και ανόργανων ενώσεων.

### Σημασία της οργανικής χημείας

Είναι εύκολο να διαπιστώσουμε ότι η ζωή μας επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την οργανική χημεία. Τα τρόφιμα, τα ρούχα,

#### • ΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΟΥ ΒΙΤΑΛΙΣΤΙΣΜΟΥ

Η «βιταλιστική θεωρία» δέχτηκε πολύ μεγάλο πλήγμα όταν ο Friedrich Wöhler ανακάλυψε, το 1828, ότι ένα ανόργανο άλας ήταν δυνατόν να μετατραπεί σε μια οργανική ένωση.

Από τα μέσα του 19ου αιώνα, όλες οι μαρτυρίες συνηγορούσαν κατά τις «βιταλιστικής θεωρίας», και ο Brände έγραφε, το 1848, ότι «δεν είναι δυνατόν να χαραχτεί καμιά καθοριστική γραμμή μεταξύ οργανικής και ανόργανης χημείας... Οποιοσδήποτε διαφορές... θα πρέπει προς το παρόν να λαμβάνονται υπ' όψιν απλώς για εκπαιδευτικούς λόγους».

Η χημεία σήμερα είναι ενοποιημένη. Οι ίδιες αρχές που διέπουν τις απλούστερες ανόργανες ενώσεις ισχύουν και για τις πιο περίπλοκες οργανικές ενώσεις. Το μόνο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των οργανικών ενώσεων είναι ότι όλες περιέχουν το στοιχείο του άνθρακα. Παρ' όλα αυτά η διάκριση μεταξύ οργανικής και ανόργανης χημείας, η οποία άρχισε για ιστορικούς λόγους, διατηρεί «την πρακτική ευκολία της... για την περαιτέρω πρόοδο των μαθητών».

#### Απόσπασμα από Οργανική Χημεία τόμος I John McMurry



Τα βασικά συστατικά των τροφίμων είναι οργανικές ουσίες

τα φάρμακα, τα καύσιμα, τα απορρυπαντικά, τα καλλυντικά, τα εντομοκτόνα, τα πλαστικά και τόσα άλλα, είναι στη βάση τους οργανικές ενώσεις και η εξέλιξή τους είναι αντικείμενο μελέτης της οργανικής χημείας.

Ας δούμε όμως μερικά παραδείγματα. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει ριζικές μεταβολές στη **διατροφή** με τις σύγχρονες μεθόδους παρασκευής, συντήρησης και τυποποίησης των τροφίμων. Ακόμα μελετήθηκε η θρεπτική αξία των τροφίμων και ανακαλύφθηκαν οι βιταμίνες και η χρησιμότητά τους.

Μεγάλη πρόοδος έχει γίνει και στην **ενδυμασία** με την ανακάλυψη συνθετικών υλικών, όπως το νάιλον και το συνθετικό μετάξι. Ευρύτατα χρησιμοποιούνται σήμερα τα τεχνητά δέρματα, οι τεχνητές βαφές και τα συνθετικά νήματα, μεγάλης αντοχής και ποικιλίας.

Στην **ιατρική**, νέα φάρμακα και νέες μέθοδοι εργαστηριακών αναλύσεων έχουν βελτιώσει σημαντικά την προφύλαξη, διάγνωση και θεραπεία των ασθενειών.

Αυτά, άλλα και όσα θα μπορούσε να απαριθμήσει ο καθένας μας από την καθημερινή του εμπειρία, κάνουν την οργανική χημεία έναν από τους πιο αναπτυγμένους κλάδους της χημείας, με εφαρμογές στη χημεία τροφίμων, τη φαρμακευτική χημεία, τη βιοχημεία, τη χημεία πολυμερών, την πετροχημεία κ.α.

### Γιατί ο άνθρακας ξεχωρίζει

Οι οργανικές ενώσεις που έχουν βρεθεί στη φύση ή έχουν παρασκευαστεί στα εργαστήρια μέχρι σήμερα είναι περισσότερες από 12.000.000, ενώ οι ανόργανες ενώσεις είναι περίπου 1.000.000, μετά το πλήθος των ενώσεων του πυριτίου που παρασκευάστηκαν τα τελευταία χρόνια.

Γιατί όμως ο άνθρακας είναι τόσο ιδιαίτερος; Γιατί ξεχωρίζει από τα άλλα στοιχεία του περιοδικού πίνακα; Πού οφείλεται η ικανότητα του άνθρακα να σχηματίζει τόσες πολλές ενώσεις; Ο άνθρακας έχει τα εξής ιδιαίτερα χαρακτηριστικά:

- **Διαθέτει τέσσερα μονήρη (μοναχικά) ηλεκτρόνια** στην εξωτερική του στιβάδα ή, όπως συνήθως λέμε, έχει τέσσερις μονάδες συγγένειας (που συμβολίζονται με μία παύλα η καθεμία). Γι' αυτό μπορεί να ενωθεί με άτομα άλλων στοιχείων (συνηθέστερα είναι τα H, O, N, S, αλογόνα) ή με άλλα άτομα άνθρακα. Έτσι, σχηματίζει απλές ενώσεις (π.χ. με ένα άτομο άνθρακα) ή πολύπλοκες ενώσεις (π.χ. με δεκάδες δισεκατομμύρια άτομα άνθρακα).
- **Έχει μικρή ατομική ακτίνα** γι' αυτό σχηματίζει σταθερούς ομοιοπολικούς δεσμούς (τα κοινά ζεύγη ηλεκτρονίων συγκρατούνται ισχυρά, επειδή είναι κοντά στον πυρήνα του ατόμου του άνθρακα).

Επίσης τα άτομα του άνθρακα μπορεί να συνδεθούν μεταξύ τους με απλό, διπλό ή τριπλό δεσμό, όπως φαίνεται στα επόμενα παραδείγματα:

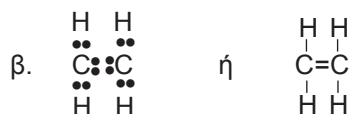
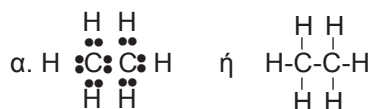


Φάρμακα, καύσιμα, λιπαντικά και πολλά άλλα προϊόντα καθημερινής χρήσης στην υπηρεσία της οργανικής χημείας.

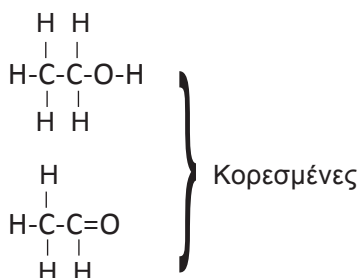
Ηλεκτρονιακή δομή C και Si

${}_6\text{C}$  (2,4)

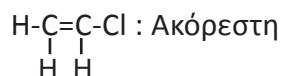
${}_{14}\text{Si}$  (2,8,4)



- Οι ενώσεις στις οποίες όλα τα άτομα άνθρακα συνδέονται μεταξύ τους με απλούς δεσμούς λέγονται **κορεσμένες**. Οι ενώσεις στις οποίες δύο τουλάχιστον άτομα άνθρακα συνδέονται μεταξύ τους με διπλό ή τριπλό δεσμό λέγονται **ακόρεστες**.



Να σημειωθεί ότι και η δεύτερη ένωση, στο παραπάνω πλαίσιο, χαρακτηρίζεται κορεσμένη, επειδή τα άτομα του άνθρακα συνδέονται με απλό δεσμό στο μόριο της ένωσης. Ο διπλός δεσμός δηλαδή μεταξύ άνθρακα και οξυγόνου δεν «μετράει» για το χαρακτηρισμό της ένωσης. Αντίθετα, η ένωση που αναγράφεται παρακάτω χαρακτηρίζεται ακόρεστη, επειδή μεταξύ των ατόμων άνθρακα υπάρχει ένας διπλός δεσμός.



## ( 1.2 ) Ταξινόμηση οργανικών ενώσεων - ομόλογες σειρές

Είναι φανερό, ότι η ταξινόμηση των οργανικών ενώσεων είναι απαραίτητη, ώστε να διευκολυνθεί η μελέτη του μεγάλου αυτού πλήθους των ενώσεων. Η ταξινόμηση αυτή μπορεί να γίνει με διάφορα κριτήρια:

### 1. Με βάση το είδος των δεσμών που αναπτύσσονται μεταξύ των ατόμων άνθρακα

Κατ' αυτό τον τρόπο οι οργανικές ενώσεις διακρίνονται σε κορεσμένες και ακόρεστες. Στη λογική αυτής της ταξινόμησης έχουμε ήδη αναφερθεί σ' αυτό στην προηγούμενη ενότητα.

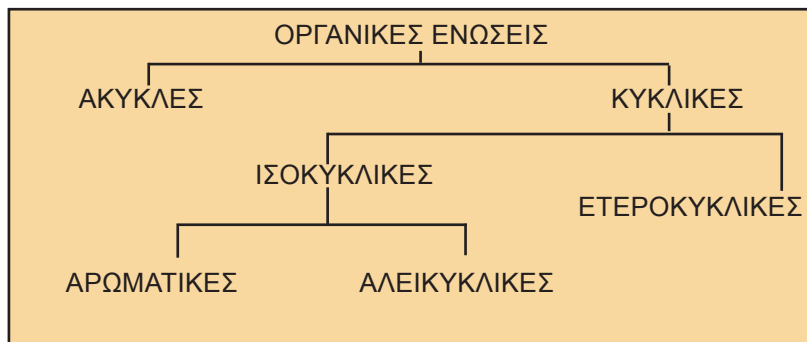


Μεταξύ των ατόμων άνθρακα μπορούν να σχηματιστούν απλοί, διπλοί ή τριπλοί δεσμοί, όπως φαίνεται στα παραπάνω μοριακά μοντέλα.

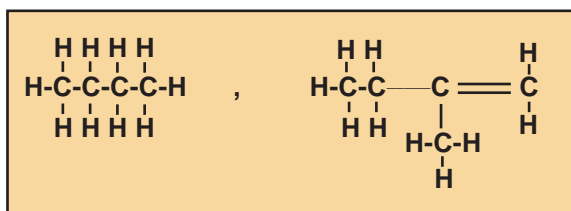
## 2. Με βάση τον τρόπο σύνδεσης των ατόμων άνθρακα μεταξύ τους (διάταξη ανθρακικής αλυσίδας)

Στον ακόλουθο πίνακα φαίνεται η ταξινόμηση των οργανικών ενώσεων με βάση το τελευταίο αυτό κριτήριο:

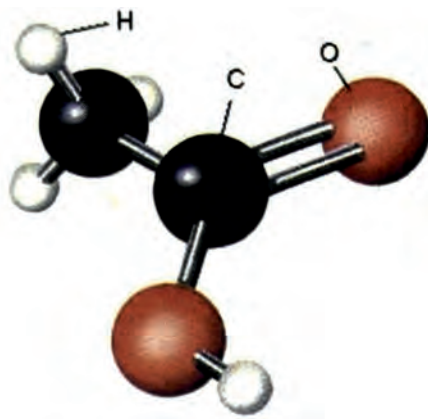
**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1** Ταξινόμηση οργανικών ενώσεων ανάλογα με τη μορφή της ανθρακικής αλυσίδας



• **Άκυκλες** ονομάζονται οι ενώσεις στις οποίες τα άτομα του άνθρακα ενώνονται σε ευθεία ή διακλαδισμένη ανθρακική αλυσίδα. Οι ενώσεις αυτές ονομάζονται **αλειφατικές** (ή **λιπαρές**), γιατί τα λίπη περιέχουν ενώσεις αυτού του είδους. Π.χ.



ΣΧΗΜΑ 1.1 Απεικόνιση με μοριακό μοντέλο του αιθανικού οξέος (οξικού οξέος), που είναι μία άκυκλη κορεσμένη οργανική ένωση



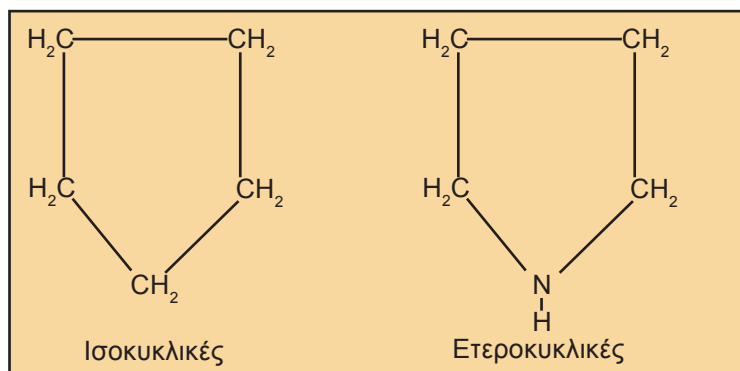
• **Κυκλικές** ονομάζονται οι ενώσεις στο μόριο των οποίων υπάρχει ένας τουλάχιστον δακτύλιος, δηλαδή σχηματίζεται κλειστή αλυσίδα.

• **Ισοκυκλικές** ονομάζονται οι κυκλικές ενώσεις στις οποίες ο δακτύλιος σχηματίζεται αποκλειστικά και μόνο από άτομα άνθρακα.

άλειφαρ = λίπος

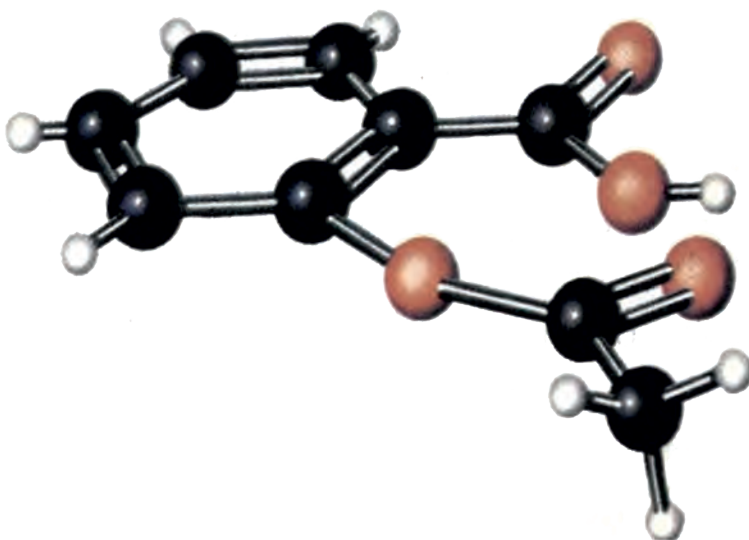
• Το ξίδι είναι διάλυμα οξικού οξέος.

- **Ετεροκυκλικές** ονομάζονται οι κυκλικές ενώσεις στις οποίες ο δακτύλιος σχηματίζεται όχι μόνο από άτομα άνθρακα, αλλά και από άτομα άλλου στοιχείου, συνήθως O, N.



- **Αρωματικές** ονομάζονται (συνήθως) οι κυκλικές ενώσεις που περιέχουν τουλάχιστον ένα βενζολικό δακτύλιο.

Ο βενζολικός δακτύλιος σε μία απλούστατη (όχι και τόσο ακριβή) περιγραφή, είναι ένας εξαμελής δακτύλιος ατόμων άνθρακα στον οποίο εναλλάσσονται συνεχώς ένας απλός με ένα διπλό δεσμό. Την κατηγορία αυτών των ενώσεων θα μελετήσουμε εκτενέστερα στο κεφάλαιο 2.



ΣΧΗΜΑ 1.2 Η ασπιρίνη (ακετυλοσαλικυλικό οξύ) είναι μία αρωματική ένωση, όπως φαίνεται σε μοριακό μοντέλο της.

- **Αλεικυκλικές** ονομάζονται όλες οι μη αρωματικές ισοκυκλικές ενώσεις.

### 3. Ταξινόμηση με βάση τη χαρακτηριστική ομάδα που βρίσκεται στο μόριο της ένωσης

Ανάλογα με το είδος της χαρακτηριστικής ομάδας που έχει μία ένωση, η ένωση κατατάσσεται σε διάφορες κατηγορίες, γνωστές ως **χημικές τάξεις**. Οι σπουδαιότερες απ' αυτές εκτίθενται στον παρακάτω πίνακα:

- **ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ** μιας οργανικής ένωσης είναι ένα άτομο ή ένα συγκρότημα ατόμων, η οποία προσδίδει τις χαρακτηριστικές ιδιότητες σε μία ένωση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2 Χαρακτηριστικές ομάδες

Ομάδα	Όνομα ομάδας	Χημική τάξη
-OH	υδροξύλιο	ΑΛΚΟΟΛΕΣ
-CH=O	αλδεύδομάδα	ΑΛΔΕΥΔΕΣ
$\begin{array}{c} \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{C} \quad \text{C}=\text{O} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \end{array}$	κετονομάδα	ΚΕΤΟΝΕΣ
-COOH	καρβοξύλιο	ΚΑΡΒΟΞΥΛΙΚΑ ΟΞΕΑ
-C-O-C-	αιθερομάδα	ΑΙΘΕΡΕΣ
-COOC-	εστερομάδα	ΕΣΤΕΡΕΣ
	στην ένωση περιέχεται μόνο C και H	ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΑΣ

#### 4. Ταξινόμηση των οργανικών ενώσεων με βάση τις ομόλογες σειρές

##### Ομόλογες σειρές

Για την απλούστευση και συστηματική μελέτη των οργανικών ενώσεων, οι οργανικές ενώσεις ταξινομούνται σε ομόλογες σειρές.

• **Ομόλογη σειρά ονομάζεται ένα σύνολο οργανικών ενώσεων, των οποίων τα μέλη (οργανικές ενώσεις) έχουν τα εξής κοινά χαρακτηριστικά:**

1. Έχουν τον ίδιο γενικό μοριακό τύπο.
2. Όλα τα μέλη έχουν ανάλογη σύνταξη και περιέχουν την ίδια χαρακτηριστική ομάδα.
3. Έχουν παρόμοιες χημικές ιδιότητες, καθώς η χημική συμπεριφορά τους εξαρτάται από τη σύνταξη του μορίου και τις χαρακτηριστικές ομάδες.
4. Οι φυσικές τους ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με τη σχετική μοριακή τους μάζα ( $M_r$ ) και τη θέση της χαρακτηριστικής ομάδας.
5. Έχουν παρόμοιες παρασκευές.
6. Κάθε μέλος διαφέρει από το προηγούμενο και το επόμενο του κατά την ομάδα  $-CH_2-$ .

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται μερικές από τις σημαντικότερες ομόλογες σειρές.

##### ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ

- Είναι μοριακές ενώσεις (ομοιοπολικές).
- Διαλύονται σε οργανικούς διαλύτες και ελάχιστα στο νερό.
- Έχουν χαμηλά σημεία βρασμού και σημεία τήξης.
- Είναι ευπαθείς στην υψηλή θερμοκρασία και πολλές φορές εύφλεκτες.

##### ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ

- Μοριακές
- Αργές
- Με μικρή απόδοση

- Η ρίζα  $-CH_2-$  ονομάζεται μεθυλένιο.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3** Χαρακτηριστικά παραδείγματα ομολόγων σειρών

Γενικός Μ.Τ.	Ομόλογη σειρά	Παράδειγμα / όνομα
$C_v H_{2v+2}$	ΑΛΚΑΝΙΑ $v \geq 1$	$CH_3CH_2CH_3$ προπάνιο
$C_v H_{2v}$	ΑΛΚΕΝΙΑ $v \geq 2$	$CH_3CH=CHCH_3$ 2-βουτένιο
$C_v H_{2v-2}$	ΑΛΚΙΝΙΑ $v \geq 2$	$CH_3CH_2CH_2C \equiv CH$ 1-πεντίνιο
	ΑΛΚΑΔΙΕΝΙΑ $v \geq 3$	$CH_2=CHCH=CH_2$ 1,3-βουταδιένιο
$C_v H_{2v+1}X$	ΑΛΚΥΛΑΛΟΓΟΝΙΔΙΑ $v \geq 1$	$CH_3CH_2CH_2I$ 1-ιωδοπροπάνιο
$C_v H_{2v+2}O$	ΚΟΡΕΣΜΕΝΕΣ ΜΟΝΟΣΘΕΝΕΙΣ ΑΛΚΟΟΛΕΣ (R-OH) $v \geq 1$	$CH_3CH_2CH(OH)CH_3$ 2-βουτανόλη
	ΚΟΡΕΣΜΕΝΟΙ ΜΟΝΟΑΙΘΕΡΕΣ (R-O-R') $v \geq 2$	$CH_3-O-CH_2CH_3$ αιθυλομεθυλαιθέρας ή μεθοξυαιθάνιο
$C_v H_{2v}O$	ΚΟΡΕΣΜΕΝΕΣ ΑΛΔΕΪΔΕΣ (RCHO) $v \geq 1$	$CH_3CHO$ αιθανάλη
	ΚΟΡΕΣΜΕΝΕΣ ΚΕΤΟΝΕΣ (R-CO-R') $v \geq 3$	$CH_3CH_2COCH_2CH_3$ 3-πεντανόνη
$C_v H_{2v}O_2$	ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ ΜΟΝΟΚΑΡΒΟΞΥΛΙΚΑ ΟΞΕΑ (RCOOH) $v \geq 1$	$CH_3CH_2COOH$ προπανικό οξύ
	ΕΣΤΕΡΕΣ (RCOOR') $v \geq 2$	$CH_3COOCH_3$ αιθανικός μεθυλεστέρας

Η ρίζα R- (Radical) ονομάζεται αλκύλιο και έχει το γενικό τύπο  $C_\mu H_{2\mu+1}$ - (βλέπε σελίδα 18).

• Οι εστέρες με τύπο:  $RCOOR'$  είναι εστέρες κορεσμένων μονοκαρβοξυλικών οξέων με κορεσμένες μονοσθενείς αλκοόλες.

## ( 1.3 ) Ονοματολογία άκυκλων οργανικών ενώσεων

Με το διεθνές σύστημα ονοματολογίας της IUPAC, οι οργανικές ενώσεις ονομάζονται με ονόματα που δείχνουν τη χημική τους σύνταξη. Η ονομασία μιας άκυκλης με συνεχή ανθρακική αλυσίδα ένωσης, προκύπτει από το συνδυασμό τριών συνθετικών. Το πρώτο συνθετικό δείχνει τον αριθμό των ατόμων άνθρακα της



ανθρακικής αλυσίδας, το δεύτερο αν η ένωση είναι κορεσμένη ή ακόρεστη με έναν ή περισσότερους διπλούς ή τριπλούς δεσμούς και το τρίτο σε ποια κατηγορία ενώσεων ανήκει η ένωση.

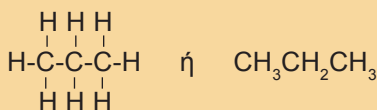
**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4** Βασικοί κανόνες ονοματολογίας

α' συνθετικό	β' συνθετικό	γ' συνθετικό
1 άτομο C: <b>μεθ-</b>	κορεσμένη ένωση: <b>-αν-</b>	Υδρογονάνθρακες: <b>-ιο</b>
2 άτομα C: <b>αιθ-</b>	ακόρεστη με 1 δ.δ.: <b>-εν-</b>	Αλκοόλες: <b>-ολη</b>
3 άτομα C: <b>προπ-</b>	ακόρεστη με 1 τ.δ.: <b>-ιν-</b>	Αλδεΐδες: <b>-αλη</b>
4 άτομα C: <b>βουτ-</b>	ακόρεστη με 2 δ.δ.: <b>-διεν-</b>	Κετόνες: <b>-ονη</b>
5 άτομα C: <b>πεντ-</b>		καρβοξυλικά οξέα:
6 άτομα C: <b>εξ-</b> κ.ο.κ.		<b>-ικό οξύ</b>

Στη συνέχεια δίνουμε παραδείγματα εφαρμογής των παραπάνω κανόνων ονοματολογίας, παίρνοντας ως βάση το συντακτικό τύπο των ενώσεων. Ξεκινάμε πρώτα με ενώσεις των οποίων τα άτομα άνθρακα σχηματίζουν ευθύγραμμη ανθρακική αλυσίδα και ακολουθούν παραδείγματα ενώσεων με διακλαδισμένη αλυσίδα.

### 1. ΕΝΩΣΕΙΣ ΜΕ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ

α.



Ο δεύτερος τύπος που είναι και αυτός συντακτικός, δείχνει τον τρόπο σύνδεσης των ατόμων μεταξύ τους, και μάλιστα, είναι πιο εύχρηστος (*συμπτυγμένος συντακτικός τύπος*). Η ονομασία της ένωσης προκύπτει ως εξής:

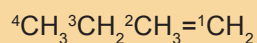
Έχει 3 άτομα C: **προπ-**

Είναι κορεσμένη: **-αν-**

Είναι υδρογονάνθρακας: **-ιο**

Δηλαδή, **προπάνιο**.

β.



Έχει 4 άτομα C: **βουτ-**

Έχει 1 διπλό δεσμό: **-εν-**

Είναι υδρογονάνθρακας: **-ιο**

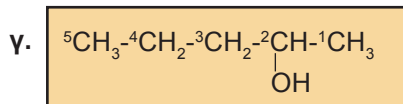
• Σταθμός στη δημιουργία του διεθνούς συστήματος ονοματολογίας ήταν το συνέδριο που οργάνωσε η IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) το 1947.

Στο συνέδριο αυτό καθιερώθηκε ένα ενιαίο σύστημα διεθνούς ονοματολογίας των οργανικών ενώσεων, το οποίο ονομάζεται διεθνές σύστημα ονοματολογίας της IUPAC. Το έργο της διεθνούς αυτής οργάνωσης (IUPAC) συνεχίζεται μέχρι σήμερα, δίνοντας κάθε τόσο νέες οδηγίες για την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος ονοματολογίας που έχει προτείνει (π.χ. ονομασίες νέων οργανικών ενώσεων).

• Συντακτικός τύπος: είναι ο τύπος που δείχνει πώς συνδέονται τα άτομα των στοιχείων στο μόριο της ένωσης στο επίπεδο.

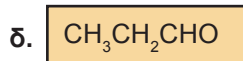
Ο διπλός δεσμός είναι στη θέση: 1  
 Δηλαδή, η ονομασία της ένωσης είναι: **1-βουτένιο**.

• Η αρίθμηση της ανθρακικής αλυσίδας αρχίζει από την άκρη που είναι πιο κοντά στο διπλό δεσμό ή γενικά στον πολλαπλό δεσμό.

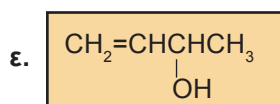


Έχει 5 άτομα C: **πεντ-**  
 Είναι κορεσμένη: **-αν-**  
 Είναι αλκοόλη: **-ολη**.  
 Η χαρακτηριστική ομάδα -OH βρίσκεται στη θέση 2.  
 Δηλαδή η ονομασία της ένωσης είναι: **2-πεντανόλη**.

• Η αρίθμηση της ανθρακικής αλυσίδας αρχίζει από την άκρη που είναι πιο κοντά στον άνθρακα, που περιέχει τη χαρακτηριστική ομάδα.



Έχει 3 άτομα C: **προπ-**  
 Είναι κορεσμένη: **-αν-**  
 Είναι αλδεΐδη: **-αλη**.  
 Άρα η ονομασία της ένωσης είναι: **προπανάλη**.  
 Εδώ να παρατηρήσουμε ότι, αν η χαρακτηριστική ομάδα (XO) είναι μονοσθενής και έχει άνθρακα, όπως η αλδεΐδομάδα -CHO ή το καρβοξύλιο -COOH, τότε η αρίθμηση της ευθύγραμμης αλυσίδας αρχίζει πάντα από τον άνθρακα της χαρακτηριστικής αυτής ομάδας (θέση 1). Γι' αυτό δεν χρειάζεται στην περίπτωση αυτή να καθορίζεται η θέση της XO.



Η ένωση ονομάζεται **3-βουτεν-2-όλη**.  
 Η αρίθμηση αρχίζει από το άκρο της αλυσίδας που είναι πιο κοντά στη χαρακτηριστική ομάδα και η θέση της ομάδας σημειώνεται πριν από το τρίτο συνθετικό της ονομασίας της ένωσης.



Η ένωση ονομάζεται **3-βουτινικό οξύ**.  
 Δε χρειάζεται να καθοριστεί η θέση της χαρακτηριστικής ομάδας -COOH, γιατί όπως έχουμε παρατηρήσει, ο άνθρακας του καρβοξυλίου είναι πάντοτε στη θέση 1.  
 Συνοψίζοντας ισχύουν οι εξής κανόνες IUPAC:

• Αν η ένωση περιέχει χαρακτηριστική ομάδα και πολλαπλό δεσμό, τότε η θέση τους χαρακτηρίζεται με αριθμούς που μπαίνουν

για μεν τον πολλαπλό δεσμό στην αρχή του ονόματος, για δε τη χαρακτηριστική ομάδα, πριν το τρίτο συνθετικό της ένωσης.

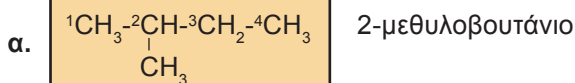
- Οι ομάδες  $-COOH$  και  $-CH=O$  καταλαμβάνουν πάντα τη θέση 1 της ανθρακικής αλυσίδας, γι' αυτό δε χρειάζεται ο καθορισμός της θέσης τους.

## 2. ΕΝΩΣΕΙΣ ΜΕ ΔΙΑΚΛΑΔΙΣΜΕΝΗ ΑΛΥΣΙΔΑ

Πριν προχωρήσουμε στην ονοματολογία ενώσεων με διακλαδισμένη ανθρακική αλυσίδα, θα πρέπει να γνωρίζουμε τους εξής κανόνες IUPAC:

- Η κύρια αλυσίδα περιλαμβάνει τα περισσότερα άτομα άνθρακα και τις περισσότερες χαρακτηριστικές ομάδες και πολλαπλούς δεσμούς.
- Οι διακλαδώσεις είναι συνήθως αγκύλια, δηλαδή ρίζες που προκύπτουν, όταν από ένα μόριο αλκανίου ( $C_nH_{2n+2}$ ) αφαιρέσουμε ένα άτομο υδρογόνου. Τα αγκύλια έχουν το γενικό τύπο  $C_nH_{2n+1}$ , έχουν μία μονάδα συγγένειας και συμβολίζονται με R-. Τα απλούστερα αγκύλια είναι το  $CH_3$ - μεθύλιο και το  $CH_3CH_2$ - αιθύλιο.
- Τα ονόματα των διακλαδώσεων προτάσσονται του κυρίως ονόματος, με αλφαβητική σειρά, με αριθμούς που καθορίζουν τις θέσεις τους (αν είναι δυνατές περισσότερες από μία θέσεις).
- Αν υπάρχουν ίδιες διακλαδώσεις, τότε αναφέρονται ομαδικά και μπροστά στο όνομά τους μπαίνει αριθμητικό (δι-, τρι-, κ.λπ.) που δείχνει το πλήθος τους.

Δίνουμε χαρακτηριστικά παραδείγματα για την εμπέδωση των παραπάνω κανόνων.

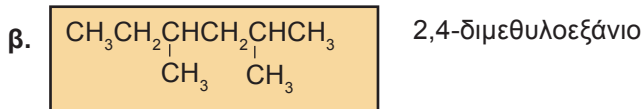


Η ρίζα  $CH_3$ - μεθύλιο αποτελεί διακλάδωση της κύριας ανθρακικής αλυσίδας. Η αρίθμηση αρχίζει από την αρχή της κύριας (ευθείας) αλυσίδας που είναι πιο κοντά στη διακλάδωση. Όμως, θα πρέπει να γνωρίζουμε,

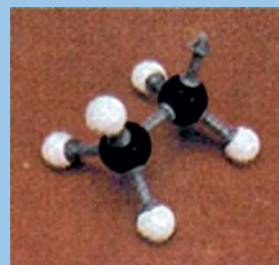
- Αν η ένωση έχει χαρακτηριστική ομάδα (XO) και πολλαπλό δεσμό (ΠΔ) και διακλάδωση (Δ), τότε αρχίζουμε την αρίθμηση της ανθρακικής αλυσίδας από το ακραίο εκείνο άτομο άνθρακα που είναι πλησιέστερο στη XO. Αν η ένωση δεν έχει XO ή τα ακραία άτομα άνθρακα απέχουν εξίσου από τη XO, τότε αρχίζουμε την αρίθμηση από τον άνθρακα τον πλησιέστερο στον ΠΔ. Τέλος, αν η ένωση δεν έχει ούτε ΠΔ ούτε XO, τότε αρχίζουμε την αρίθμηση από το άτομο του άνθρακα τον πλησιέστερο στη Δ.

Δηλαδή κατά την αρίθμηση μιας διακλαδισμένης αλυσίδας η σειρά προτεραιότητας είναι: **XO > ΠΔ > Δ**.

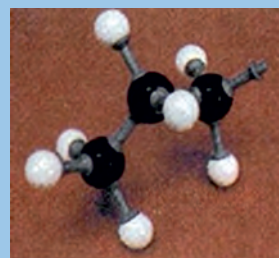
Έτσι έχουμε,



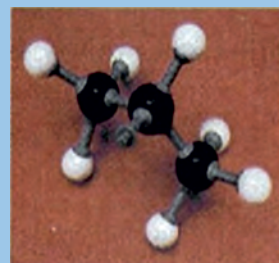
Η ρίζα  $CH_3$ - μεθύλιο



$CH_3CH_2$ - αιθύλιο



$CH_3CH_2CH_2$ - προπύλιο



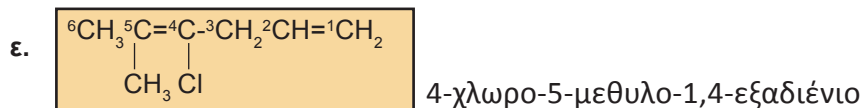
Ισοπροπύλιο



Τα απλούστερα αγκύλια σε μορφή μοριακών μοντέλων.



• Τα αλογόνα (Cl-, Br-, F-, I-) διαβάζονται ως διακλαδώσεις, δηλαδή τα ονόματά τους μπαίνουν σαν πρόθεμα του κυρίου ονόματος.



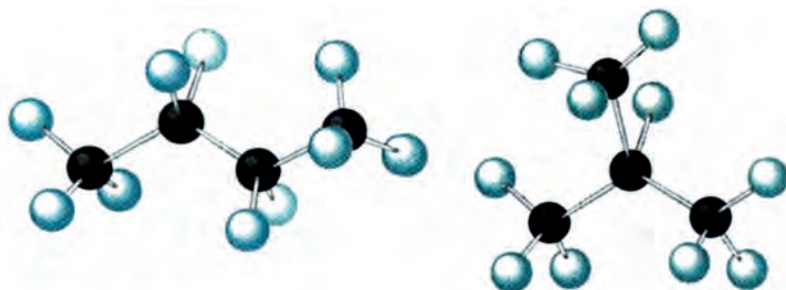
## ( 1.4 ) Ισομέρεια

• *Ισομέρεια είναι το φαινόμενο κατά το οποίο δύο ή περισσότερες ενώσεις με τον ίδιο μοριακό τύπο έχουν διαφορές στις ιδιότητές τους (φυσικές ή χημικές). Αυτό οφείλεται, είτε στη διαφορετική διάταξη των ατόμων άνθρακα στο επίπεδο (συντακτική ισομέρεια), είτε στη διαφορετική διάταξη των ατόμων στο χώρο (στερεοϊσομέρεια).*

Από τις δύο αυτές κατηγορίες θα μας απασχολήσει μόνο η συντακτική ισομέρεια.

Μία ένωση που έχει μοριακό τύπο  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  έχει δύο δυνατούς συντακτικούς τύπους.

α.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$  βουτάνιο    β.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$  μεθυλοπροπάνιο



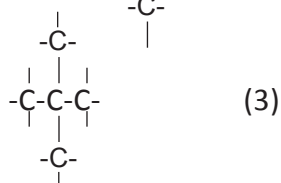
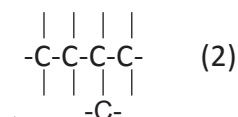
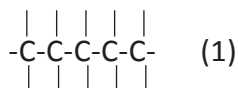
• Η ισομέρεια δεν αποτελεί αποκλειστικότητα της οργανικής χημείας. Υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις ισομέρειας ανόργανων ενώσεων.

ΣΧΗΜΑ 1.3 Παράδειγμα ισομερών ενώσεων με μοριακό τύπο  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , με χρήση μοριακών μοντέλων.

Η συντακτική ισομέρεια διακρίνεται σε ισομέρεια αλυσίδας, ισομέρεια θέσης και ισομέρεια ομόλογης σειράς.

- *Ισομέρεια αλυσίδας ονομάζεται ένα είδος συντακτικής ισομέρειας, που οφείλεται στο διαφορετικό τρόπο σύνδεσης (διάταξης) των ατόμων άνθρακα στα μόρια των ισομερών ενώσεων.*

Ας δούμε για παράδειγμα τα ισομερή με μοριακό τύπο  $C_5H_{12}$ . Η ένωση αυτή έχει γενικό τύπο  $C_nH_{2n+2}$ , είναι δηλαδή αλκάνιο. Τα πέντε άτομα άνθρακα μπορεί να σχηματίσουν τρεις διαφορετικές ανθρακικές αλυσίδες, μία ευθεία και δύο διακλαδισμένες:



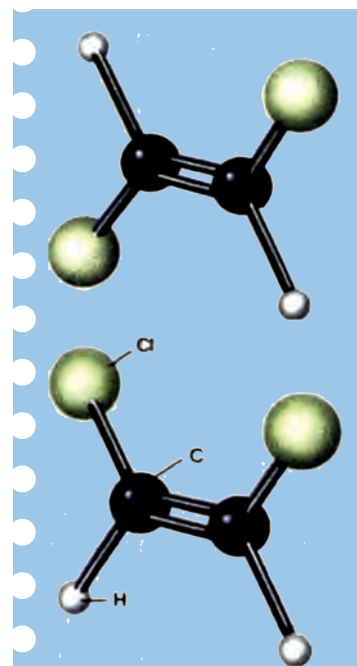
Συμπληρώνουμε τις μονάδες συγγένειας με H και έχουμε τα τρία ισομερή:



**Παρατήρηση:** Όταν η θέση της διακλάδωσης είναι μοναδική, τότε μπορούμε να παραλείψουμε τον αριθμό που καθορίζει τη θέση της.

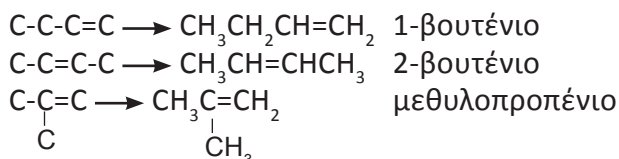
- *Ισομέρεια θέσης ονομάζεται ένα είδος συντακτικής ισομέρειας που οφείλεται στη διαφορετική θέση μιας χαρακτηριστικής ομάδας ή ενός πολλαπλού δεσμού στα μόρια των ισομερών ενώσεων.*

Ας δούμε για παράδειγμα τα άκυκλα ισομερή με μοριακό τύπο  $C_4H_8$ . Η ένωση αυτή έχει το γενικό τύπο  $C_nH_{2n}$ , είναι δηλαδή αλκένιο. Γράφουμε τις δυνατές ανθρακικές αλυσίδες



**Στερεοϊσομέρεια:** Υπάρχουν ενώσεις που έχουν τον ίδιο συντακτικό τύπο και διαφορετικούς στερεοχημικούς τύπους. Οι ενώσεις αυτές ονομάζονται στερεοϊσομερείς. Οι παραπάνω ενώσεις είναι στερεοϊσομερείς, καθώς δεν υπάρχει δυνατότητα ελεύθερης περιστροφής των ατόμων H και Cl περί τον άξονα του διπλού δεσμού.

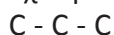
Τοποθετούμε το διπλό δεσμό σε όλες τις δυνατές διαφορετικές θέσεις και συμπληρώνουμε με τα άτομα του H που λείπουν.



- *Ισομέρεια ομόλογης σειράς ονομάζεται ένα είδος συντακτικής ισομέρειας που εμφανίζουν ενώσεις που ανήκουν σε διαφορετικές ομόλογες σειρές.*

Ας δούμε για παράδειγμα τις ισομερείς ενώσεις με μοριακό τύπο  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ .

Η ένωση έχει γενικό τύπο  $\text{C}_\nu\text{H}_{2\nu+2}\text{O}$ . Στο γενικό τύπο  $\text{C}_\nu\text{H}_{2\nu+2}\text{O}$  αντιστοιχούν οι κορεσμένες μονοσθενείς αλκοόλες,  $(\text{C}_\nu\text{H}_{2\nu+1}\text{OH})$  και οι κορεσμένοι αιθέρες  $(\text{C}_\lambda\text{H}_{2\lambda+1}\text{OC}_\mu\text{H}_{2\mu+1})$ . Με τρία άτομα άνθρακα έχουμε μία μόνο ανθρακική αλυσίδα:

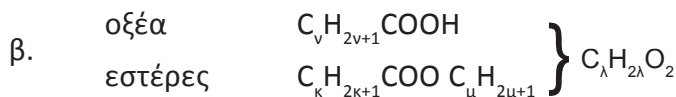
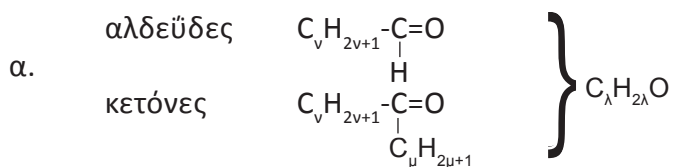


Βάζουμε το -OH σε κάθε δυνατή θέση και έχουμε τις αλκοόλες:

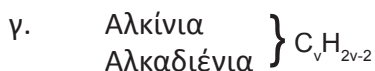


Αν τοποθετήσουμε το -O- ανάμεσα σε δύο άτομα άνθρακα, σχηματίζονται οι αιθέρες. Εδώ η θέση είναι μόνο μία:  $\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$  και ο αιθέρας ονομάζεται αιθυλομεθυλοαιθέρας. Δηλαδή, πρώτα δίνουμε τα ονόματα των δύο αλκυλίων κατ' αλφαβητική σειρά και ακολουθεί η λέξη αιθέρας.

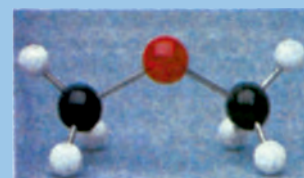
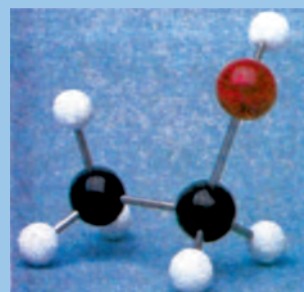
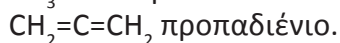
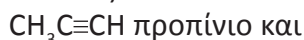
Άλλες περιπτώσεις ισομέρειας ομόλογης σειράς είναι:



Για παράδειγμα, στο μοριακό τύπο  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$  αντιστοιχούν οι ισομερείς ενώσεις:



Για παράδειγμα, στο μοριακό τύπο  $\text{C}_3\text{H}_4$  αντιστοιχούν οι ισομερείς ενώσεις:



Η αιθανόλη  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  (πάνω) και ο διμεθυλοαιθέρας  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$  (κάτω) είναι ισομερή ομόλογου σειράς

Οι αιθέρες ονομάζονται με δύο τρόπους:

1) Με τα ονόματα των δύο ριζών που είναι συνδεδεμένοι στο οξυγόνο και τη λέξη αιθέρας. Αυτός είναι και ο πιο συνηθισμένος.

2) Κατά IUPAC οι κορεσμένοι μονοαιθέρες ονομάζονται ως αλκοξυαλκάνια. Π.χ.  $\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$  μεθοξυαιθάνιο

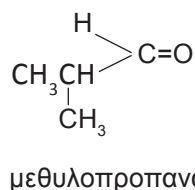
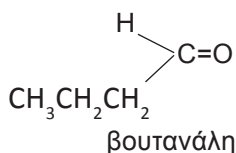
**( Παράδειγμα 1.1 )**

Να βρεθούν οι συντακτικοί τύποι των καρβονυλικών ενώσεων με μοριακό τύπο  $C_4H_8O$ .

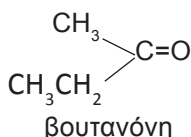
**ΑΠΑΝΤΗΣΗ**

Σ' αυτό τον τύπο αντιστοιχούν οι αλδεΐδες και οι κετόνες, οπότε έχουμε:

Αλδεΐδες:



Κετόνες:

**Εφαρμογή**

Να βρεθούν οι συντακτικοί τύποι των καρβονυλικών ενώσεων με μοριακό τύπο  $C_3H_6O$ .

**( 1.5 ) Ανάλυση των οργανικών ενώσεων****Ποιοτική και ποσοτική στοιχειακή ανάλυση**

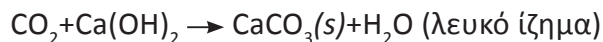
Η χημική ανάλυση είναι το σύνολο των εργασιών που γίνονται για τον προσδιορισμό της χημικής σύστασης μιας ένωσης. Η χημική ανάλυση περιλαμβάνει την ποιοτική και ποσοτική στοιχειακή ανάλυση. Η ποιοτική ανάλυση μας επιτρέπει να προσδιορίσουμε τα στοιχεία που περιέχονται στην ένωση. Με την ποσοτική ανάλυση προσδιορίζονται οι μάζες των στοιχείων που περιέχονται σε ορισμένη μάζα της ένωσης και απ' αυτές η εκατοστιαία περιεκτικότητα της ένωσης σε κάθε στοιχείο.

Οι οργανικές ενώσεις περιέχουν όλες άνθρακα, σχεδόν όλες υδρογόνο, οι περισσότερες οξυγόνο και πολλές άζωτο. Εκτός από τα τέσσερα αυτά στοιχεία, αρκετές οργανικές ενώσεις περιέχουν αλογόνο, θείο και σε μικρότερο ποσοστό P, Fe, Mg και άλλα στοιχεία.

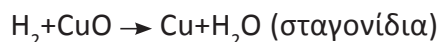
**Ανίχνευση C και H**

Η «άγγνωστη» ουσία, αφού καθαριστεί από κάθε ξένη πρόσμειξη θερμαίνεται σε δοκιμαστικό σωλήνα με ποσότητα οξειδίου  $\text{Cu(II)}$ ,  $\text{CuO}$ . Αν υπάρχει C, αυτός καίγεται προς  $\text{CO}_2$ , το οποίο διαβιβάζεται σε σωλήνα που περιέχει διαυγές ακόρεστο διάλυμα  $\text{Ca(OH)}_2$ , οπότε σχηματίζεται αδιάλυτο  $\text{CaCO}_3$  (υπό μορφή θολώματος). Η

παρουσία θολώματος είναι ένδειξη ότι η ένωση περιέχει άνθρακα. Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα είναι οι εξής:



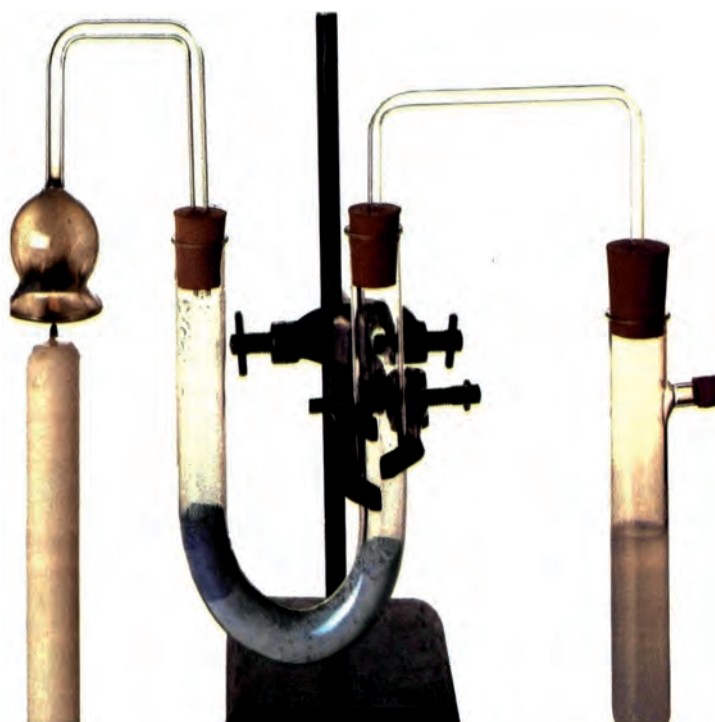
Αν στην άγνωστη ένωση περιέχεται υδρογόνο, αυτό καίγεται προς  $\text{H}_2\text{O}$ , το οποίο εμφανίζεται με τη μορφή σταγονιδίων στα ψυχρότερα μέρη του σωλήνα μέσα στον οποίο γίνεται η θέρμανση. Η αντίδραση που λαμβάνει χώρα είναι:



Η παρουσία σταγονιδίων είναι ένδειξη, ότι η άγνωστη ένωση περιέχει υδρογόνο.

### Ποσοτικός προσδιορισμός των στοιχείων

Για τον ποσοτικό προσδιορισμό του άνθρακα και του υδρογόνου καίγεται ορισμένη (ζυγισμένη) ποσότητα της ένωσης. Τότε, το μεν υδρογόνο μετατρέπεται σε  $\text{H}_2\text{O}$ , το οποίο δεσμεύεται συνήθως με αφυδατική ουσία π.χ. θειικός χαλκός ( $\text{CuSO}_4$ ), πυκνό διάλυμα  $\text{H}_2\text{SO}_4$  κ.λπ, ο δε άνθρακας μετατρέπεται σε  $\text{CO}_2$ , το οποίο δεσμεύεται από διάλυμα βάσης π.χ.  $\text{KOH}$ . Από τις μάζες του  $\text{H}_2\text{O}$  και του  $\text{CO}_2$  που συλλέγονται υπολογίζεται η εκατοστιαία περιεκτικότητα της οργανικής ένωσης σε C και H.



ΣΧΗΜΑ 1.4 Πειραματική διάταξη για τον ποσοτικό προσδιορισμό C και H σε κέρι (οργανική ένωση). Οι  $\text{H}_2\text{O}$  (g) δεσμεύονται από  $\text{CuSO}_4$  (μπλε στερεό) και το  $\text{CO}_2$  από διάλυμα  $\text{KOH}$ .



**( Παράδειγμα 1.2 )**

0,3 g οργανικής ουσίας εισάγονται σε κατάλληλη συσκευή που περιέχει επαρκή ποσότητα CuO. Η ουσία θερμαίνεται στους 600 °C. Ο άνθρακας και το υδρογόνο που περιέχονται σε αυτή καίγονται και σχηματίζουν 0,88 g CO<sub>2</sub> και 0,54 g H<sub>2</sub>O. Ποια είναι η εκατοστιαία περιεκτικότητα της ένωσης σε άνθρακα και υδρογόνο;

**ΛΥΣΗ**

$$\frac{\text{Τα } 44 \text{ g CO}_2 \text{ περιέχουν}}{0,88 \text{ g}} = \frac{12 \text{ g C}}{x} \quad \text{ή}$$

$$x = 0,24 \text{ g.}$$

$$\frac{\text{Τα } 18 \text{ g H}_2\text{O} \text{ περιέχουν}}{0,54 \text{ g}} = \frac{2 \text{ g H}}{y} \quad \text{ή}$$

$$y = 0,06 \text{ g.}$$

$$\text{Επομένως } \frac{0,3 \text{ g} \text{ ουσίας περιέχουν}}{100 \text{ g}} = \frac{0,24 \text{ g C}}{\phi} = \frac{0,06 \text{ g H}}{\omega}$$

$$\phi = 80 \text{ g, C και } \omega = 20 \text{ g H}$$

Δηλαδή, η ένωση περιέχει 80% C και 20% H.

**Εφαρμογή**

4,6 g οργανικής ουσίας, που περιέχει C, H και O, εισάγονται σε κατάλληλη συσκευή που περιέχει περίσσεια CuO σε υψηλή θερμοκρασία. Η ουσία καίγεται και τα καυσαέρια περιέχουν 8,8 g CO<sub>2</sub> και 5,4 g H<sub>2</sub>O.

Ποια είναι η εκατοστιαία περιεκτικότητα της ένωσης σε άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο;

**Εύρεση του χημικού τύπου οργανικής ένωσης**

Για να ταυτοποιήσουμε μία «άγνωστη» οργανική ένωση θα πρέπει να προσδιορίσουμε το συντακτικό της τύπο. Για το σκοπό αυτό ακολουθούμε την εξής διαδικασία:

- *Κάνουμε ποιοτική στοιχειακή ανάλυση, δηλαδή βρίσκουμε από ποια στοιχεία αποτελείται η ένωση.*
- *Κάνουμε ποσοτική στοιχειακή ανάλυση, δηλαδή βρίσκουμε την % κατά βάρος σύσταση (εκατοστιαία σύσταση) της ένωσης σε κάθε στοιχείο. Στη συνέχεια προσδιορίζουμε τον εμπειρικό τύπο της ένωσης.*
- *Προσδιορίζουμε τη σχετική μοριακή μάζα της ουσίας με διάφορες μεθόδους. Από τον εμπειρικό τύπο και τη σχετική μοριακή μάζα της ουσίας προσδιορίζεται ο μοριακός τύπος της.*
- *Τέλος, με βάση το μοριακό τύπο της ουσίας βρίσκουμε τους δυνατούς συντακτικούς τύπους της ένωσης και με βάση τη χημική συμπεριφορά της «άγνωστης» ένωσης (π.χ. όξινος χαρακτήρας)*

52,17% - 13,04% - 34,78%

καταλήγουμε στην ταυτοποίησή της. Η τελευταία αυτή εργασία προϋποθέτει ότι γνωρίζουμε τη χημική συμπεριφορά των οργανικών ενώσεων. Το θέμα αυτό θα αναπτύξουμε εκτενώς σε επόμενα κεφάλαια.

### Εύρεση του εμπειρικού τύπου οργανικής ένωσης

**Ο εμπειρικός τύπος δείχνει από ποια στοιχεία αποτελείται η ένωση και ποια είναι η αναλογία ατόμων στο μόριο αυτής.** Δηλαδή, αν μία ένωση είναι υδρογονάνθρακας και η αναλογία ατόμων C και H είναι 1 προς 3, ο εμπειρικός τύπος της ένωσης είναι:  $(\text{CH}_3)_v$ . Για να βρούμε τον εμπειρικό τύπο μιας ένωσης, αρκεί να βρούμε πόσα mol ατόμων από κάθε στοιχείο περιέχονται σε ορισμένη μάζα της ένωσης.

### ( Παράδειγμα 1.3 )

Κατά τη στοιχειακή ανάλυση βρέθηκε ότι υδρογονάνθρακας περιέχει 75% C και 25% H. Να βρεθεί ο εμπειρικός τύπος της ένωσης.

#### ΛΥΣΗ

Σε 100g της ένωσης περιέχονται 75 g C και 25 g H. Υπολογίζουμε πόσα mol ατόμων C και H περιέχονται σε 100 g ένωσης.

$$\frac{1 \text{ mol C είναι } 12\text{g}}{x} = \frac{75\text{g}}{75\text{g}} \qquad \frac{1 \text{ mol H είναι } 1\text{g}}{y} = \frac{25\text{g}}{25\text{g}}$$

$$x = 75/12 \text{ mol} = 6,25 \text{ mol} \quad y = 25/1 \text{ mol} = 25 \text{ mol}$$

Διαιρούμε τους αριθμούς των mol ατόμων που βρήκαμε με το μικρότερό τους, για να βρούμε την απλούστερη ακέραιη αναλογία.

$$\text{C: } 6,25 \text{ mol} \rightarrow \frac{6,25}{6,25} = 1$$

$$\text{H: } 25 \text{ mol} \rightarrow \frac{25}{6,25} = 4$$

άρα ο εμπειρικός τύπος είναι  $(\text{CH}_4)_v$ .

**Παρατήρηση:** Αν μετά τη διαίρεση δε βρούμε ακέραιους αριθμούς, τότε πολλαπλασιάζουμε όλους τους αριθμούς με τον ίδιο, όσο το δυνατό μικρότερο ακέραιο, ώστε να προκύψουν ακέραιοι αριθμοί.

### Εφαρμογή

Κατά την ποσοτική ανάλυση βρέθηκε ότι ένωση περιέχει 40% C, 6,67% H και 53,33% O. Να βρεθεί ο εμπειρικός τύπος της ένωσης.

### Εύρεση του μοριακού τύπου οργανικής ένωσης

**Μοριακός τύπος χημικής ένωσης είναι ο χημικός τύπος που δείχνει τον ακριβή αριθμό των ατόμων των διαφόρων στοιχείων στο μόριο της ένωσης.**



**( Παράδειγμα 1.4 )**

Η στοιχειακή ανάλυση έδειξε, ότι 0,46 g δείγματος οργανικής ένωσης αποτελείται από C, H, και O και ότι κατά την καύση της ίδιας ποσότητας παράγονται 0,88 g CO<sub>2</sub> και 0,54 g H<sub>2</sub>O. Η ένωση έχει M<sub>r</sub> = 46. Ποιος είναι ο μοριακός τύπος της ένωσης και ποιοι είναι οι δυνατοί συντακτικοί τύποι αυτής;

**ΛΥΣΗ**

Στην άσκηση αυτή ανακεφαλαιώνουμε ό,τι περίπου μάθαμε στο κεφάλαιο αυτό.

α. Από τη στοιχειακή ανάλυση βρίσκουμε τις ποσότητες άνθρακα και υδρογόνου που περιέχονται στα 0,46g της ένωσης:

$$\frac{\text{Τα } 44 \text{ g CO}_2 \text{ περιέχουν } 12 \text{ g C}}{0,88 \text{ g}} \quad \frac{\quad}{x}$$

$$\text{ή } x = 0,24 \text{ g}$$

$$\frac{\text{Τα } 18 \text{ g H}_2\text{O} \text{ περιέχουν } 2 \text{ g H}}{0,54 \text{ g}} \quad \frac{\quad}{y}$$

$$\text{ή } y = 0,06 \text{ g.}$$

Αθροίζουμε τις ποσότητες C και H: 0,24 g + 0,06 g = 0,3 g.

Η ένωση ζυγίζει 0,46 g. Επομένως 0,46 g - 0,3 g = 0,16 g είναι η ποσότητα του οξυγόνου.

β. Βρίσκουμε τον εμπειρικό τύπο της ένωσης:

$$\text{C: } \frac{0,24}{12} \text{ mol} = 0,02 \text{ mol} \rightarrow \frac{0,02}{0,01} = 2$$

$$\text{H: } \frac{0,06}{1} \text{ mol} = 0,06 \text{ mol} \rightarrow \frac{0,06}{0,01} = 6$$

$$\text{O: } \frac{0,16}{16} \text{ mol} = 0,01 \text{ mol} \rightarrow \frac{0,01}{0,01} = 1$$

άρα ο εμπειρικός τύπος της ένωσης είναι: (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O)<sub>v</sub>.

γ. Από τον εμπειρικό τύπο (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O)<sub>v</sub> με τη βοήθεια της σχετικής μοριακής μάζας υπολογίζουμε v = 1, και ο μοριακός τύπος είναι C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O.

δ. Η ένωση ανήκει στο γενικό τύπο C<sub>v</sub>H<sub>2v+2</sub>O. Είναι αλκοόλη ή αιθέρας. Οι δυνατοί συντακτικοί τύποι είναι: CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH αιθανόλη ή CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub> διμεθυλαιθέρας. Αν γνωρίζαμε τις ιδιότητες αυτών των ουσιών, θα μπορούσαμε να διακρίνουμε αν η άγνωστη ένωση είναι αλκοόλη ή αιθέρας.

**Εφαρμογή**

Η στοιχειακή ανάλυση έδειξε ότι 0,58g οργανικής ένωσης αποτελούνται από C, H και O και ότι κατά την καύση της ίδιας ποσότητας οργανικής ένωσης παράγονται 1,32 g CO<sub>2</sub> και 0,54 g H<sub>2</sub>O. Η ένωση έχει σχετική μοριακή μάζα 58. Ποιος είναι ο μοριακός τύπος της ένωσης και ποιοι είναι οι δυνατοί συντακτικοί τύποι της;



## Ανακεφαλαίωση

1. Οργανική χημεία ονομάζεται ο κλάδος της χημείας που μελετά όλες τις ενώσεις του άνθρακα, εκτός το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και τα ανθρακικά άλατα.
2. Οι δεσμοί που σχηματίζει ο C με άλλα στοιχεία ή με άλλα άτομα C είναι ισχυροί, λόγω της ηλεκτρονιακής δομής και της μικρής ατομικής ακτίνας του C.
3. Οι οργανικές ενώσεις διακρίνονται σε κορεσμένες και ακόρεστες καθώς και σε κυκλικές και άκυκλες.
4. Ομόλογη σειρά ονομάζεται ένα σύνολο οργανικών ενώσεων των οποίων τα μέλη έχουν τα εξής κοινά χαρακτηριστικά:
  - α. ίδιο γενικό μοριακό τύπο
  - β. ανάλογη σύνταξη και ίδια χαρακτηριστική ομάδα
  - γ. παρόμοιες χημικές ιδιότητες
  - δ. οι φυσικές τους ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με τη σχετική μοριακή τους μάζα και τη θέση της χαρακτηριστικής ομάδας
  - ε. παρόμοιες παρασκευές
  - στ. κάθε μέλος διαφέρει από το προηγούμενο και το επόμενο του κατά -CH<sub>2</sub>-
5. Οι κορεσμένες μονοσθενείς ρίζες, που έχουν γενικό τύπο C<sub>v</sub>H<sub>2v+1</sub>-, ονομάζονται αλκύλια και συμβολίζονται με R-.
6. Μερικοί βασικοί κανόνες που έχει θεσπίσει η IUPAC για την ονομασία των άκυκλων οργανικών ενώσεων είναι:
  - α. Αν μία ένωση έχει χαρακτηριστική ομάδα, διπλό (ή τριπλό) δεσμό και διακλαδώσεις, η αρίθμηση της κύριας αλυσίδας ξεκινά από το άκρο το πλησιέστερο: πρώτα στη χαρακτηριστική ομάδα, μετά στον πολλαπλό δεσμό και μετά στις διακλαδώσεις.
  - β. Οι ομάδες -COOH και -CH=O καταλαμβάνουν πάντα τη θέση 1 της ανθρακικής αλυσίδας γι' αυτό δε χρειάζεται ο καθορισμός της θέσης τους.
  - γ. Οι διακλαδώσεις είναι συνήθως αλκύλια. Τα ονόματα των διακλαδώσεων προτάσσονται του κυρίως ονόματος, με αλφαβητική σειρά, με αριθμούς που καθορίζουν τις θέσεις τους.
7. Συντακτική ισομέρεια έχουμε, όταν δύο ενώσεις έχουν τον ίδιο μοριακό αλλά διαφορετικό συντακτικό τύπο.
8. Στερεοϊσομέρεια έχουμε, όταν δύο ενώσεις έχουν τον ίδιο συντακτικό αλλά διαφορετικό στερεοχημικό τύπο.
9. Η συντακτική ισομέρεια διακρίνεται σε ισομέρεια αλυσίδας θέσης και ομόλογης σειράς.
10. Η χημική στοιχειακή ανάλυση είναι το σύνολο των εργασιών που γίνονται για τον προσδιορισμό της χημικής σύστασης μιας ένωσης και περιλαμβάνει την ποιοτική και ποσοτική στοιχειακή ανάλυση.
11. Για να προσδιορίσουμε το συντακτικό τύπο μιας ένωσης εκτελούμε τις ακόλουθες εργασίες:

- α. ποιοτική στοιχειακή ανάλυση
- β. ποσοτική στοιχειακή ανάλυση
- γ. προσδιορισμός της σχετικής μοριακής μάζας της ένωσης
- δ. μελέτη της χημικής συμπεριφοράς της ένωσης.

## Λέξεις - κλειδιά

κορεσμένες ενώσεις	στερεοϊσομέρεια
ακόρεστες ενώσεις	ποιοτική ανάλυση
άκυκλες ενώσεις	ποσοτική ανάλυση
κυκλικές ενώσεις	εμπειρικός τύπος
ομόλογη σειρά	μοριακός τύπος
συντακτική ισομέρεια	συντακτικός τύπος

## Ερωτήσεις - Ασκήσεις - Προβλήματα

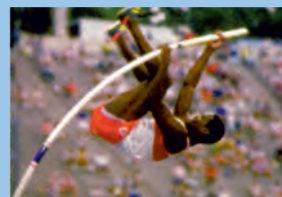
### Ερωτήσεις επανάληψης

1. Τι μελετά η Οργανική Χημεία;
2. Πού οφείλεται ο μεγάλος αριθμός των οργανικών ενώσεων;
3. Ποιες οργανικές ενώσεις λέγονται κορεσμένες και ποιες ακόρεστες;
4. Ποιες οργανικές ενώσεις λέγονται ισοκυκλικές;
5. α. Τι ονομάζεται ομόλογη σειρά;  
β. Τι δείχνει ο εμπειρικός, ο μοριακός και ο συντακτικός τύπος;
6. Ποιες ενώσεις ονομάζονται συντακτικά ισομερείς και ποιες στερεοϊσομερείς;
7. Ποια είναι τα είδη της συντακτικής ισομέρειας;
8. Τι ονομάζεται ποιοτική και τι ποσοτική στοιχειακή ανάλυση;
9. Ποια είναι η σειρά των εργασιών που κάνουμε για να προσδιορίσουμε το συντακτικό τύπο μιας ένωσης;

### Ασκήσεις - Προβλήματα

#### α. Ταξινόμηση οργανικών ενώσεων - Ισομέρεια - Ονοματολογία

10. Να γράψετε τη χημική εξίσωση της αντίδρασης με την οποία παρασκευάσθηκε η πρώτη οργανική ένωση στο εργαστήριο και να ονομάσετε όλες τις ενώσεις που συμμετέχουν στην αντίδραση αυτή.
11. Να συμπληρώσετε τις προτάσεις:
  - α. Άκυκλες ονομάζονται οι ενώσεις.....
  - β. Κυκλικές ονομάζονται οι ενώσεις.....
  - γ. Ισοκυκλικές ονομάζονται.....
  - δ. Ετεροκυκλικές ονομάζονται.....



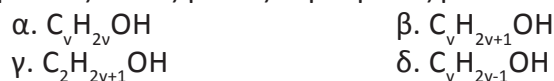
12. Να αντιστοιχίσετε σε κάθε τύπο της πρώτης στήλης την κατηγορία που ανήκει η ένωση και αναγράφεται στη δεύτερη στήλη.

$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{CH}_2 \end{array}$	Άκυκλη κορεσμένη
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	Άκυκλη ακόρεστη
$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{O} \end{array}$	Ισοκυκλική
$\text{CH}\equiv\text{CH}$	Ετεροκυκλική

13. Ο γενικός τύπος για τους κορεσμένους υδρογονάνθρακες είναι:



14. Ο γενικός τύπος για τις κορεσμένες μονοσθενείς αλκοόλες είναι:



15. Να αντιστοιχίσετε σε κάθε συντακτικό τύπο της πρώτης στήλης την ομόλογη σειρά που αναφέρεται στη δεύτερη στήλη και να ονομάσετε την κάθε ένωση.

$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$	αλκίνιο
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	αλκένιο
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$	αλκαδιένιο
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHC}\equiv\text{CH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	αλκάνιο

16. Να γράψετε τους συντακτικούς τύπους για τις ακόλουθες ενώσεις: αιθάνιο, προπένιο, 1-βουτίνιο, 1,3-πενταδιένιο, 2-βουτανόλη.

17. Να αντιστοιχίσετε σε κάθε τύπο της πρώτης στήλης το όνομα της ένωσης που αναφέρεται στη δεύτερη στήλη.

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	1-βουτένιο
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$	1,3-βουταδιένιο
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCH}_3 \\   \\ \text{OH} \end{array}$	2-προπανόλη
$\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{CH}_2$	3-μεθυλο-1-βουτίνιο
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHC}\equiv\text{CH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	προπάνιο

18. Να γράψετε τους συντακτικούς τύπους για τις ακόλουθες ενώσεις:

- |                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| α. χλωροαιθάνιο       | β. 2-μεθυλοβουτάνιο |
| γ. προπανικό οξύ      | δ. 2-βρωμοπροπανάλη |
| ε. αιθυλομεθυλαιθέρας | στ. 1-βουτανόλη     |

19. Οι άκυκλες ενώσεις με μοριακό τύπο  $\text{C}_5\text{H}_{10}$  είναι:

- |      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| α. 3 | β. 4 | γ. 5 | δ. 6 |
|------|------|------|------|

20. Τι είναι η συντακτική ισομέρεια; Ποια είναι τα κυριότερα είδη της συντακτικής ισομέρειας; Να αναφέρετε ένα παράδειγμα ισομερών ενώσεων σε κάθε περίπτωση.

21. Ποια από τις επόμενες ενώσεις είναι ακόρεστη;

- |                |                          |
|----------------|--------------------------|
| α. 2-προπανόλη | γ. προπάνιο              |
| β. προπένιο    | δ. 2-μεθυλοβουτανικό οξύ |

22. Να διατάξετε κατά αυξανόμενη σχετική μοριακή μάζα ( $M_r$ ) όσες από τις παρακάτω ενώσεις είναι οργανικές:

- |                     |                          |             |
|---------------------|--------------------------|-------------|
| α. προπένιο         | β. διοξείδιο του άνθρακα | γ. αιθανόλη |
| δ. ανθρακικό νάτριο | ε. αιθανάλη              |             |

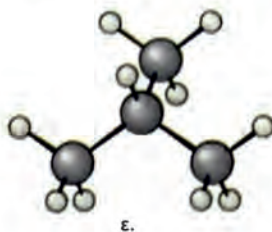
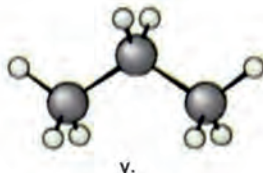
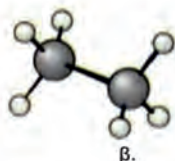
23. Ενώσεις που έχουν τον ίδιο μοριακό τύπο αλλά διαφορετικό συντακτικό τύπο είναι:

- |               |              |
|---------------|--------------|
| α. πολυμερείς | β. ισομερείς |
| γ. ισότοπες   | δ. ισοβαρείς |

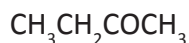
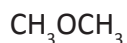
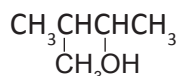
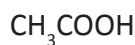
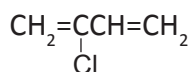
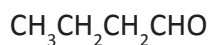
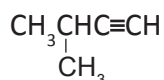
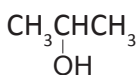
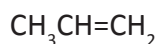
24. Να αντιστοιχίσετε σε κάθε ένωση που αναφέρεται στην πρώτη στήλη μία ισομερή της που υπάρχει στη δεύτερη στήλη.

$\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH}$	$\text{CH}_3\text{OCH}_3$
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	$\text{CH}_3\text{COOCH}_3$
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO}$	$\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}_2$
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	$\text{CH}_3\text{COCH}_3$

25. Να ονομάσετε τα παρακάτω αλκάνια τα οποία δίνονται σε μορφή μοριακών μοντέλων. Τι παρατηρείτε με βάση τη απεικόνιση αυτή;



26. Να γράψετε τα ονόματα για τις ακόλουθες ενώσεις:



27. Οι ρίζες με τον τύπο  $\text{C}_4\text{H}_9$ - είναι:

α. 1 β. 2 γ. 3 δ. 4

28. Σε ποιον από τους ακόλουθους μοριακούς τύπους αντιστοιχούν περισσότεροι από ένας συντακτικοί;

α.  $\text{C}_3\text{H}_8$  β.  $\text{C}_2\text{H}_4$  γ.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$  δ.  $\text{C}_4\text{H}_{10}$

29. Σε ποια ή σε ποιες ομόλογες σειρές μπορούν να ανήκουν οι ενώσεις με τους παρακάτω μοριακούς τύπους:



30. Να γράψετε όλους τους συντακτικούς τύπους των παρακάτω οργανικών ενώσεων και τα αντίστοιχα ονόματά τους.

α. Αλκάνια με 5 άτομα άνθρακα στο μόριό τους

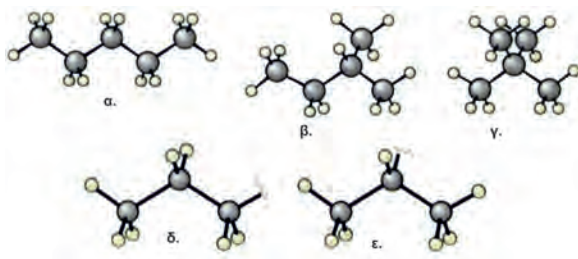
β. Κορεσμένες μονοσθενείς αλκοόλες με 5 άτομα άνθρακα στο μόριό τους

γ. Κορεσμένα μονοκαρβοξυλικά οξέα με 4 άτομα άνθρακα στο μόριό τους

δ. Υδρογονάνθρακες με μοριακό τύπο  $\text{C}_4\text{H}_6$ .

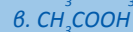
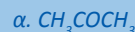


31. Να γράψετε το γενικό τύπο για 8 διαφορετικές ομόλογες σειρές, το πρώτο μέλος για κάθε ομόλογη σειρά, και το όνομα κάθε ένωσης.
- \* 32. Να βρείτε τους συντακτικούς τύπους:  
 α. της κετόνης με τη μικρότερη σχετική μοριακή μάζα ( $M_r$ )  
 β. του κορεσμένου μονοκαρβοξυλικού οξέος στο οποίο η μάζα του οξυγόνου στο μόριό του είναι οκταπλάσια της μάζας του υδρογόνου.
33. Γιατί είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται οι συντακτικοί τύποι για το συμβολισμό των οργανικών ενώσεων;
34. Σε ποια περίπτωση ο συντακτικός τύπος δεν αποκαλύπτει την ταυτότητα της οργανικής ένωσης;
35. Να ονομάσετε τις παρακάτω ουσίες (υδρογονάνθρακες και αλκύλια). Ποιες απ' αυτές είναι ισομερείς και τι ισομέρεια εμφανίζουν;



### β. Ανάλυση οργανικών ενώσεων

36. Να αναπτύξετε τη διαδικασία με την οποία μπορούμε να προσδιορίσουμε το μοριακό τύπο μιας ουσίας.
37. Τι πληροφορίες παρέχουν ο εμπειρικός, ο μοριακός και ο συντακτικός χημικός τύπος; Να δώσετε από ένα παράδειγμα.
38. Πού αποβλέπει η ποιοτική και ποσοτική ανάλυση μιας ένωσης;
39. Πώς γίνεται ο ποιοτικός προσδιορισμός του άνθρακα και του υδρογόνου στις οργανικές ενώσεις;
40. Να διατάξετε κατά σειρά αυξανόμενης % κατά βάρος περιεκτικότητας σε C τις ενώσεις με τους παρακάτω μοριακούς τύπους:  
 α.  $C_4H_8$  β.  $C_3H_4$  γ.  $C_6H_6$  δ.  $C_2H_6$
41. Υδρογονάνθρακας περιέχει 80% κ.β. C. Ποιος είναι ο εμπειρικός τύπος του υδρογονάνθρακα:



42. 9 g ουσίας περιέχουν 2,4 g C, 6,4 g O, και 0,2 g H. Ποιος είναι ο εμπειρικός τύπος της ουσίας;
43. Υδρογονάνθρακας που λαμβάνεται με κλασματική απόσταξη πετρελαίου, περιέχει 16% κ.β. H και έχει  $M_r = 100$ . Ο μοριακός τύπος του υδρογονάνθρακα είναι:  
 α.  $C_7H_{16}$       β.  $C_3H_8$       γ.  $CH_4$       δ.  $C_2H_4$
- \* 44. Αέριο αλκένιο έχει πυκνότητα 1,24 g/L σε θερμοκρασία 30 °C και πίεση 1,1 atm. Να βρεθεί ο μοριακός τύπος και η ονομασία του. Δίνεται ότι:  $R = 0,082 \text{ L}\cdot\text{atm}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .
- \* 45. Όταν καούν 4 g ενός αέριου υδρογονάνθρακα με άφθονο οξυγόνο, παράγονται διοξείδιο του άνθρακα και 9 g υδρατμών. Βρέθηκε ακόμα ότι ίδια ποσότητα από τον υδρογονάνθρακα αυτό καταλαμβάνει όγκο σε STP 5,6 L. Να καθοριστεί ο μοριακός τύπος του υδρογονάνθρακα.
- \* 46. Να σημειώσετε ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και ποιες λανθασμένες.  
 α. Κάθε οργανική ένωση περιέχει άνθρακα και αντιστρόφως, κάθε χημική ένωση που περιέχει άνθρακα είναι οργανική.  
 β. Όλα τα αλκένια έχουν την ίδια % κατά βάρος περιεκτικότητα σε άνθρακα.  
 γ. Αν δύο υδρογονάνθρακες έχουν στο μόριό τους τον ίδιο αριθμό ατόμων άνθρακα, είναι ισομερείς.  
 δ. Οι υδρογονάνθρακες  $CH_2=CH-CH=CH_2$  και  $CH_3C\equiv C-CH_3$  είναι ισομερή ομόλογης σειράς.  
 ε. Δεν υπάρχει οργανική ένωση που να ονομάζεται αιθανόνη.  
 στ. Αν τα μόρια 2 οργανικών ενώσεων διαφέρουν κατά 1 άτομο C και 2 άτομα H, τότε οι δύο αυτές ενώσεις ανήκουν στην ίδια ομόλογη σειρά.
47. Να βρεθεί ο μοριακός τύπος οργανικής ένωσης της οποίας η κατά βάρος σύσταση είναι: 2,1% H, 12,8% C και 85,1% Br. Από το πείραμα βρέθηκε ότι 1 g των ατμών της ένωσης αυτής σε πίεση 765 mmHg και θερμοκρασία 140 °C καταλαμβάνει όγκο 179 cm<sup>3</sup>.
- \* 48. Η ασπιρίνη (Aspirin) είναι σήμερα το πιο συνηθισμένο και απλό παυσίπονο και αντιπυρετικό. Το κύριο συστατικό της είναι το ακετυλοσαλικυλικό οξύ. Ένα κουτί περιέχει 20 δισκία ασπιρίνης συνολικής μάζας 12 g, από τα οποία το 83,33% είναι καθαρό ακετυλοσαλικυλικό οξύ. Από ανάλυση όλου του περιεχομένου, βρέθηκε ότι στη συγκεκριμένη ποσότητα του ακετυλοσαλικυλικού οξέος υπάρχουν 6 g C, 0,44 g H και το υπόλοιπο είναι οξυγόνο. Αν η σχετική μοριακή μάζα του ακετυλοσαλικυλικού οξέος είναι 180, να βρεθεί ο μοριακός του τύπος.



$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$

$$R = 0,082 \text{ L}\cdot\text{atm}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$



49. Να σημειώσετε ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και ποιες λανθασμένες.
- Το προπάνιο είναι κορεσμένος υδρογονάνθρακας.
  - Το 1-βουτίνιο είναι ισομερές με το 1-βουτένιο.
  - Τρία είναι τα ισομερή με μοριακό τύπο  $C_5H_{12}$ .
  - Η προπανάλη είναι ακόρεστη ένωση.
  - Ο γενικός τύπος των κορεσμένων μονοσθενών αλκοολών είναι  $C_nH_{2n}OH$ .
- στ. Η ένωση  $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_3$  ονομάζεται 3-μεθυλοβουτάνιο.
- ζ. Η ένωση  $CH_3CH(CH_3)CH_2CH(OH)CH_3$  ονομάζεται 4-μεθυλο-2-πεντανόλη.
- Η προπανάλη είναι ισομερής με την προπανόνη.
  - 10 g αιθενίου και 10 g αιθανίου καταλαμβάνουν τον ίδιο όγκο σε πρότυπες συνθήκες.
  - Το 2,3-διμεθυλοβουτάνιο είναι κυκλική ένωση.

### Απαντήσεις στις ασκήσεις πολλαπλής επιλογής και σωστού - λάθους

- |                                       |                                                                  |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 13. α                                 | 28. δ                                                            |
| 14. β                                 | 43. α                                                            |
| 19. γ                                 | 46. α. Λ, β. Σ, γ. Λ, δ. Σ, ε. Σ, στ. Λ                          |
| 21. β                                 | 49. α. Σ, β. Λ, γ. Σ, δ. Λ, ε. Λ, στ. Λ, ζ. Σ, η. Σ, θ. Λ, ι. Λ. |
| 22. προπένιο - αιθανάλη<br>- αιθανόλη |                                                                  |
| 23. β                                 |                                                                  |
| 27. δ                                 |                                                                  |



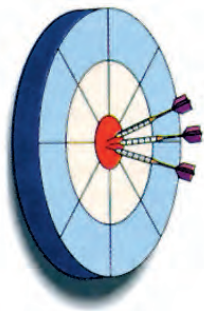
# (2)

## ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ - ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ

### Οι Στόχοι

Στο τέλος της διδακτικής αυτής ενότητας θα πρέπει να μπορείς:

- Να περιγράφεις συνοπτικά τι είναι διύλιση πετρελαίου και να εκθέτεις τα σημαντικότερα προϊόντα της.
- Να αναγνωρίζεις τη σημασία που έχει η νάφθα στη βιομηχανία πετροχημικών.
- Να περιγράφεις συνοπτικά τι είναι η πυρόλυση πετρελαίου και τι αναμόρφωση βενζίνης και να αιτιολογείς την τεχνολογική σημασία τους.
- Να αναφέρεις τις σημαντικότερες παρασκευές και χημικές ιδιότητες των αλκανίων (και ειδικότερα του μεθανίου), των αλκενίων (και ειδικότερα του αιθινίου), των αλκινίων (και ειδικότερα του αιθινίου) και του βενζολίου, γράφοντας τις αντίστοιχες χημικές εξισώσεις. Να επιλύεις στοιχειομετρικά προβλήματα που βασίζονται στις προηγούμενες χημικές εξισώσεις.
- Να εντοπίζεις τις διαφορές μεταξύ των κορεσμένων και ακόρεστων υδρογονανθράκων, καθώς και αυτές μεταξύ του βενζολίου και των άκυκλων υδρογονανθράκων και να τις δικαιολογείς αυτές με βάση τη χημική δομή τους.
- Να εξηγείς τη λειτουργία των καταλυτικών μετατροπών και να αναγνωρίζεις τη σημασία τους ως μέτρο για τη μείωση της ρύπανσης.
- Να περιγράφεις το φαινόμενο του θερμοκηπίου, της τρύπας του όζοντος και της φωτοχημικής ρύπανσης και να εκθέτεις τις συνέπειες που έχουν τα φαινόμενα αυτά στην καθημερινή μας ζωή.



### ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- 2.1 Πετρέλαιο - προϊόντα πετρελαίου. Βενζίνη. Καύση - καύσιμα
  - 2.2 Νάφθα - Πετροχημικά
  - 2.3 Αλκάνια - μεθάνιο, φυσικό αέριο, βιοαέριο
  - 2.4 Καυσάερια - καταλύτες αυτοκινήτων
  - 2.5 Αλκένια - αιθίνιο
  - 2.6 Αλκίνια - αιθίνιο
  - 2.7 Βενζόλιο
  - 2.8 Ατμοσφαιρική ρύπανση - Φαινόμενο θερμοκηπίου - Τρύπα όζοντος
- Ερωτήσεις - προβλήματα

«...Και το πετρέλαιο και το κάρβουνο θα πήγαιναν στον καπνό αν δεν ερχόταν ο χημικός με την καλή ιδέα να πάρει αυτά τα στερεά νέφη και να φτιάξει αναρίθμητα χρήσιμα αντικείμενα. Έτσι αυτά τα σκοτεινά υπολείμματα μεταμορφώνονται σε νέα υλικά...»

Στίχοι από ποίημα του  
Queneau



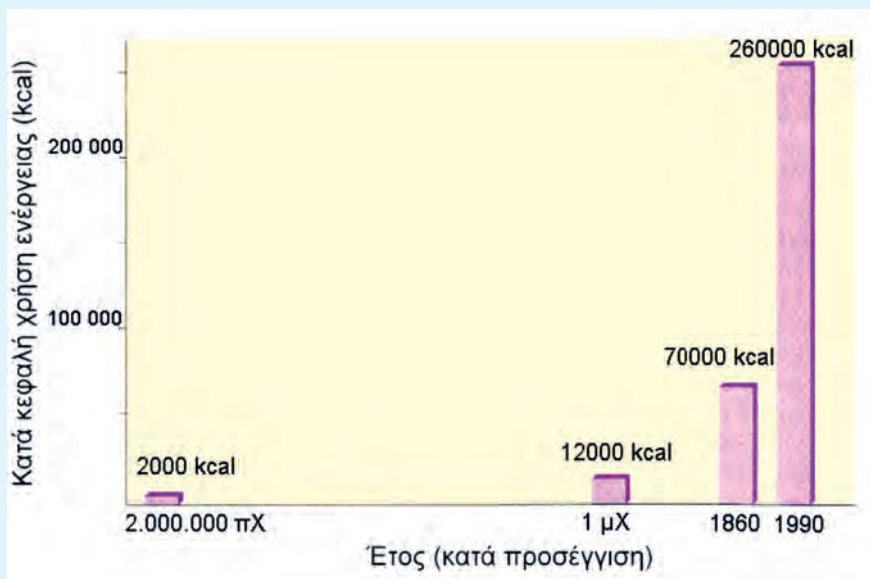
*Ο παράξενος κόσμος της χημικής βιομηχανίας εκφρασμένος σε ένα διυλιστήριο πετρελαίου*

## (2) ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ - ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ

### Γνωρίζεις ότι...

#### Ο σύγχρονος πολιτισμός - βιομηχανική επανάσταση και καύσιμα

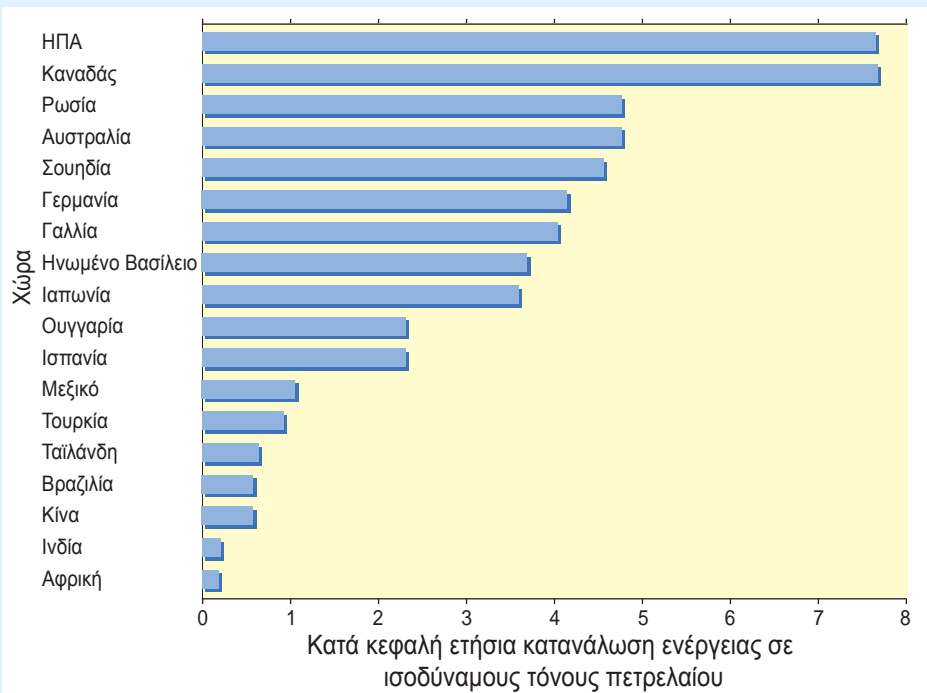
Βασικό μοχλό της βιομηχανικής επανάστασης αποτέλεσε η συστηματική εκμετάλλευση ως πηγή ενέργειας, των ορυκτών καυσίμων, δηλαδή των γαιανθράκων, του πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Αποτέλεσμα της εντατικής αυτής εκμετάλλευσης των ορυκτών πηγών ήταν η αύξηση της βιομηχανικής παραγωγής, η βελτίωση της διατροφής, η αύξηση του ορίου ηλικίας του ανθρώπου, η αύξηση του συνολικού πληθυσμού και η εμφάνιση νέου κοινωνικού και πολιτικού καθεστώτος. Η δυσανάλογη αύξηση του πληθυσμού και η συνεχής τάση για υπερκατανάλωση οδήγησαν στη λεγόμενη ενεργειακή κρίση. Ακολούθησαν η οικονομική κρίση (πληθωρισμός, ανεργία) και η οικολογική κρίση (υποβάθμιση περιβάλλοντος). Για να αυξηθεί η γεωργική παραγωγή, χρησιμοποιήθηκαν τα γεωργικά λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα. Για να καλυφθούν οι ανάγκες σε ρουχισμό και κατοικία, αναπτύχθηκε η βιομηχανία των πλαστικών και μία σειρά χημικών βιομηχανιών. Για να αυξηθεί η ταχύτητα επικοινωνίας και μεταφοράς, κατασκευάστηκαν τα διάφορα συγκοινωνιακά μέσα.



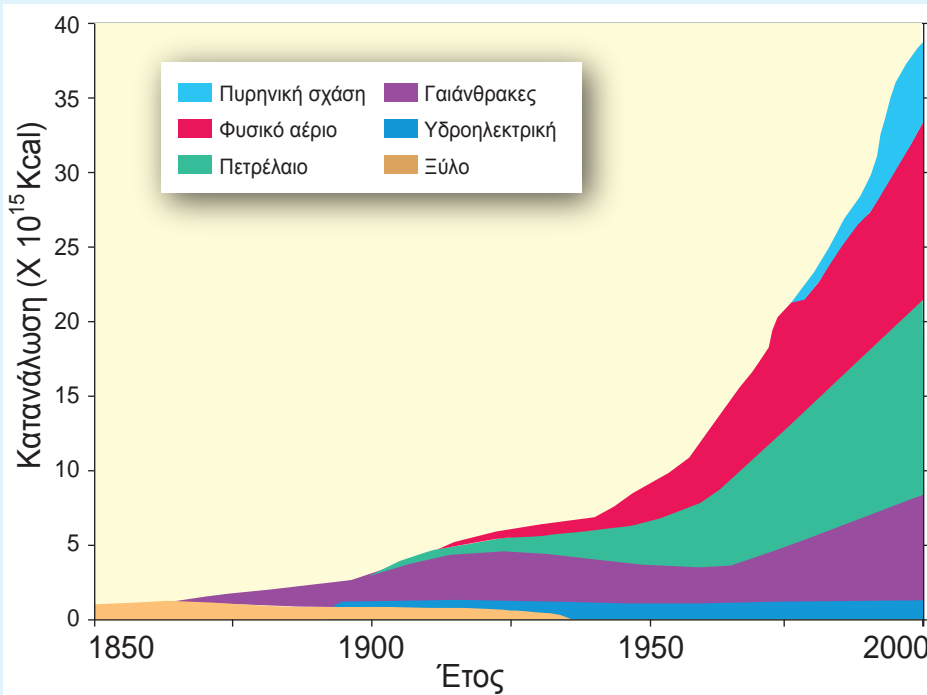
ΣΧΗΜΑ 1 Οι ημερήσιες ενεργειακές απαιτήσεις του ανθρώπου αλλάζουν συνέχεια. Η εξέλιξη του ανθρώπου συνοδεύτηκε με τρομακτική αύξηση των ενεργειακών του απαιτήσεων.



Βασικές πηγές ενέργειας είναι οι γαιάνθρακες, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο.



ΣΧΗΜΑ 2 Η κατανάλωση σε ενέργεια ανά άτομο σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την ανάπτυξη της χώρας και σε μικρότερο βαθμό με τη γεωγραφική της θέση.



ΣΧΗΜΑ 3 Σημαντικότερες πηγές ενέργειας και κατανομή αυτών στις ΗΠΑ την περίοδο 1850-1998.

Ορισμένα όμως από τα προϊόντα της χημικής βιομηχανίας και κυρίως τα παραπροϊόντα της γεωργικής, συγκοινωνιακής και βιομηχανικής δραστηριότητας, έχουν προκαλέσει σοβαρές διαταραχές στα οικολογικά συστήματα, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η όξινη βροχή, το φωτοχημικό νέφος, η τρύπα του όζοντος. Όλα αυτά έχουν τεράστιες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Μεταξύ των άλλων αναφέρουμε την παρατηρούμενη μείωση της βιολογικής ποικιλίας. Σκεφτείτε ότι τρία περίπου βιολογικά είδη χάνονται στον πλανήτη μας κάθε μέρα. Σε μία πρόσφατη συνέντευξή του ο Γκόντγουιν Ομπάσι, γενικός γραμματέας του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού, κάνει μία πολύ απαισιόδοξη πρόβλεψη: «Οι καταστροφές που έχει επιφέρει ο άνθρωπος στο περιβάλλον του είναι τέτοιες, που είναι βέβαιη η καταστροφή του πλανήτη, ενώ το μόνο που μπορούμε πλέον να κάνουμε είναι να την καθυστερήσουμε».

## (2.1.) Πετρέλαιο - προϊόντα πετρελαίου. Βενζίνη. Καύση- καύσιμα

### Καύσιμα - Καύση

Τα καύσιμα είναι υλικά που, όταν καίγονται, αποδίδουν σημαντικά και εκμεταλλεύσιμα ποσά θερμότητας. Τα καύσιμα που παίρνουμε έτοιμα από τη φύση λέγονται φυσικά, ενώ αυτά που παρασκευάζουμε με κατάλληλες διεργασίες από φυσικές πρώτες ύλες ονομάζονται τεχνητά. Οι κυριότερες πηγές καυσίμων στη φύση είναι: ο γαιάνθρακας (στερεό καύσιμο), το πετρέλαιο (υγρό καύσιμο) και το φυσικό αέριο (αέριο καύσιμο).

Φυσικά	Τεχνητά
<b>Στερεά:</b> Γαιάνθρακες - Ξύλα	<b>Στερεά:</b> Κωκ
<b>Υγρά:</b> Πετρέλαιο	<b>Υγρά:</b> Βενζίνη - Οινόπνευμα
<b>Αέρια:</b> Φυσικό Αέριο	<b>Αέρια:</b> Υγραέρια - Αέριο Νάφθας - Προπάνιο - Βουτάνιο

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1: Τα σημαντικότερα Ανθρακούχα καύσιμα

Καύση μιας ανόργανης ή οργανικής ουσίας είναι η αντίδραση αυτής με οξυγόνο (ή αέρα), όταν συνοδεύεται από παραγωγή φωτός και θερμότητας.

Κατά την καύση του C σχηματίζεται  $\text{CO}_2$ , αν η καύση είναι πλήρης, και  $\text{CO}$ , αν είναι ατελής.



Αντίστοιχα, το  $\text{H}_2$  δίνει  $\text{H}_2\text{O}$

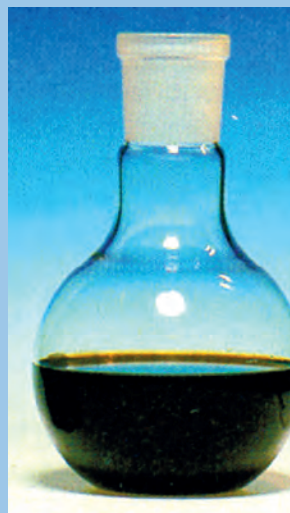


Κατά την πλήρη καύση υδρογονάνθρακα, π.χ. του προπανίου που περιέχεται στα «γκαζάκια», σχηματίζεται  $\text{CO}_2$  και  $\text{H}_2\text{O}$ .

Σε όλες αυτές τις αντιδράσεις καύσης ελευθερώνεται θερμότητα (εξώθερμες αντιδράσεις).



Γαιάνθρακας



Πετρέλαιο



Φυσικό αέριο



## Πετρέλαιο

«Μαύρος χρυσός» αποκαλείται συχνά το πετρέλαιο, αφού αποτελεί τη βάση για τη βιομηχανική ανάπτυξη κάθε χώρας. Το πετρέλαιο είναι ένα υγρό ορυκτό που περιέχει εκατοντάδες ουσίες. Η μεγάλη πλειοψηφία των ουσιών αυτών είναι υγροί υδρογονάνθρακες στους οποίους είναι διαλυμένοι αέριοι και στερεοί υδρογονάνθρακες. Οι υδρογονάνθρακες αυτοί μπορεί να είναι άκυκλοι κορεσμένοι (αλκάνια), κυκλικοί κορεσμένοι (κυκλοαλκάνια) και αρωματικοί. Η περιεκτικότητα του πετρελαίου στους διάφορους αυτούς υδρογονάνθρακες ποικίλλει ανάλογα με την περιοχή προέλευσής του. Στο πετρέλαιο, εκτός από τους υδρογονάνθρακες, υπάρχουν διαλυμένες και μικρές ποσότητες ενώσεων άλλων στοιχείων, συνηθέστερα από τα οποία είναι το θείο, το άζωτο και το οξυγόνο. Συνοψίζοντας, έχουμε:

- **Πετρέλαιο είναι ένα υγρό ορυκτό με εκατοντάδες ουσίες, κυρίως υγρών υδρογονανθράκων στους οποίους είναι διαλυμένοι αέριοι και στερεοί υδρογονάνθρακες.**

## Σχηματισμός πετρελαίου

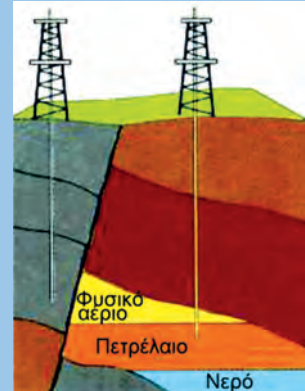
Αν και υπάρχουν διάφορες θεωρίες για το σχηματισμό του πετρελαίου, αυτή που θεωρείται επικρατέστερη σήμερα είναι αυτή που στηρίζεται στη **φυτοζωική** του προέλευση. Πιστεύουμε δηλαδή ότι το πετρέλαιο σχηματίστηκε από ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς, κυρίως από το **πλαγκτόν**, πριν από πολλά εκατομμύρια χρόνια. Οι μικροοργανισμοί αυτοί καταπλακώθηκαν σε αμμώδεις ή αργιλώδεις εκτάσεις από το νερό των θαλασσών ή των λιμνών. Έτσι, με την επίδραση υψηλών θερμοκρασιών και πιέσεων, έγιναν διάφορες χημικές αντιδράσεις που οδήγησαν τελικά στο μίγμα ουσιών που σήμερα ονομάζουμε πετρέλαιο.

## Διύλιση πετρελαίου

Η εξαγωγή του πετρελαίου γίνεται με άντληση μέσω γεωτρήσεων. Η διαδικασία άντλησης από το υπέδαφος στην ξηρά είναι σχετικά πιο εύκολη σε σχέση μ' αυτήν από τον υποθαλάσσιο χώρο. Στην τελευταία περίπτωση απαιτούνται ειδικές μεγάλες εξέδρες, όπως αυτή που εικονίζεται στο παρακάτω σχήμα. Στην Ελλάδα, μικρής κλίμακας εκμετάλλευση πετρελαϊκών κοιτασμάτων γίνεται στην περιοχή της Θάσου.

Το πετρέλαιο που παίρνουμε με αυτόν τον τρόπο ονομάζεται **αργό πετρέλαιο** (ακάθαρο) και είναι ένα υγρό καστανοκίτρινο ή καστανόμαυρο με χαρακτηριστική οσμή, αδιάλυτο στο νερό και με πυκνότητα  $0,8 \text{ g mL}^{-1}$  -  $0,95 \text{ g mL}^{-1}$ . Το πετρέλαιο είναι ένα εξαιρετικά πολύπλοκο μίγμα οργανικών κυρίως ουσιών, που το σημείο ζέσης τους κυμαίνεται από τους  $-160 \text{ }^\circ\text{C}$  έως και τους  $+400 \text{ }^\circ\text{C}$ .

- Ελληνικά: πετρέλαιο (από πέτρα + έλαιο)
- Αγγλικά: petroleum (από την ελληνική λέξη πέτρα και τη λατινική oleum, που σημαίνει έλαιο)



Η αριστερά εικονιζόμενη γεώτρηση πετρελαίου είναι αποτυχημένη, ενώ η δεξιά είναι επιτυχής.

	Πετρέλαιο	Φυσικό αέριο
Μέση Ανατολή	49,0	17,7
Ρωσία		
Αν. Ευρώπη	14,5	37,0
Κίνα		
Βορ. Αμερική	11,5	9,0
Αφρική	8,8	5,6
Δυτ. Ευρώπη	2,3	3,4
Υπόλοιποι	7,1	6,7
<b>Αποθέματα</b>	<b>93,2</b>	<b>79,4</b>

Παγκόσμια παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου.



ΣΧΗΜΑ 2.1 Άντληση πετρελαίου από υποθαλάσσιο χώρο.

Για να μετατραπεί το αργό πετρέλαιο σε εμπορεύσιμα προϊόντα, υποβάλλεται σε μία κατεργασία που ονομάζεται **διύλιση** και η οποία γίνεται σε ειδικές εγκαταστάσεις που ονομάζονται διυλιστήρια. Η διύλιση περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

1. Απομάκρυνση των ξένων προς τους υδρογονάνθρακες ουσιών και κυρίως του θείου.
2. **Κλασματική απόσταξη**. Κατά τη διεργασία αυτή το πετρέλαιο διαχωρίζεται σε κλάσματα με βάση τα σημεία ζέσεως των συστατικών του. Η κλασματική απόσταξη γίνεται σε ειδική στήλη που ονομάζεται **αποστακτική στήλη** (βλέπε σχήμα 2.2).

Όπως φαίνεται στο ίδιο σχήμα, το μεγαλύτερο μέρος των προϊόντων της κλασματικής απόσταξης του αργού πετρελαίου χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας. Η ενέργεια αυτή χρησιμοποιείται για την κίνηση μεταφορικών μέσων, θέρμανση χώρων, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κ.α.

Ένα άλλο μέρος των προϊόντων του πετρελαίου χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παρασκευή άλλων χημικών ουσιών, κυρίως οργανικών. Οι ουσίες αυτές ονομάζονται **πετροχημικά**. Το κεφάλαιο της χημείας που μελετά την παραγωγή αυτών των ουσιών από το πετρέλαιο ονομάζεται **πετροχημεία**.

## Βενζίνη

Η βενζίνη είναι το σημαντικότερο κλάσμα της διύλισης του πετρελαίου. Από χημική σκοπιά η βενζίνη είναι μίγμα υδρογονανθράκων με 5 έως 12 άτομα άνθρακα στο μόριό τους. Οι μέσες τιμές των ιδιοτήτων της βενζίνης πλησιάζουν αυτές του οκτανίου. Με την ανάπτυξη του σύγχρονου τεχνικού πολιτισμού και την τεράστια εξέλιξη της βι-

## ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

Τα παγκόσμια αποθέματα φυσικού αερίου και πετρελαίου αντιπροσωπεύουν τη συντριπτικά μεγαλύτερη φυσική πηγή αλκανίων στη Γη. Θαμμένα στα έγκατα της Γης για αρκετούς γεωλογικούς αιώνες, τα αποθέματα αυτά σχηματίστηκαν από την αποικοδόμηση ζωικής και φυτικής ύλης, κατά κανόνα θαλάσσιας προέλευσης.

Το **φυσικό αέριο** αποτελείται κυρίως από μεθάνιο, αλλά περιέχει επίσης αιθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο και ισοβουτάνιο.

Το **πετρέλαιο** είναι ένα περιίπλοκο μίγμα υδρογονανθράκων που θα πρέπει να υποστεί κλασματική απόσταξη πριν χρησιμοποιηθεί.

Η **διύλιση** αρχίζει με απόσταξη του αργού πετρελαίου σε τρία κύρια κλάσματα:

- βενζίνη κίνησης
- κηροζίνη
- ορυκτέλαια

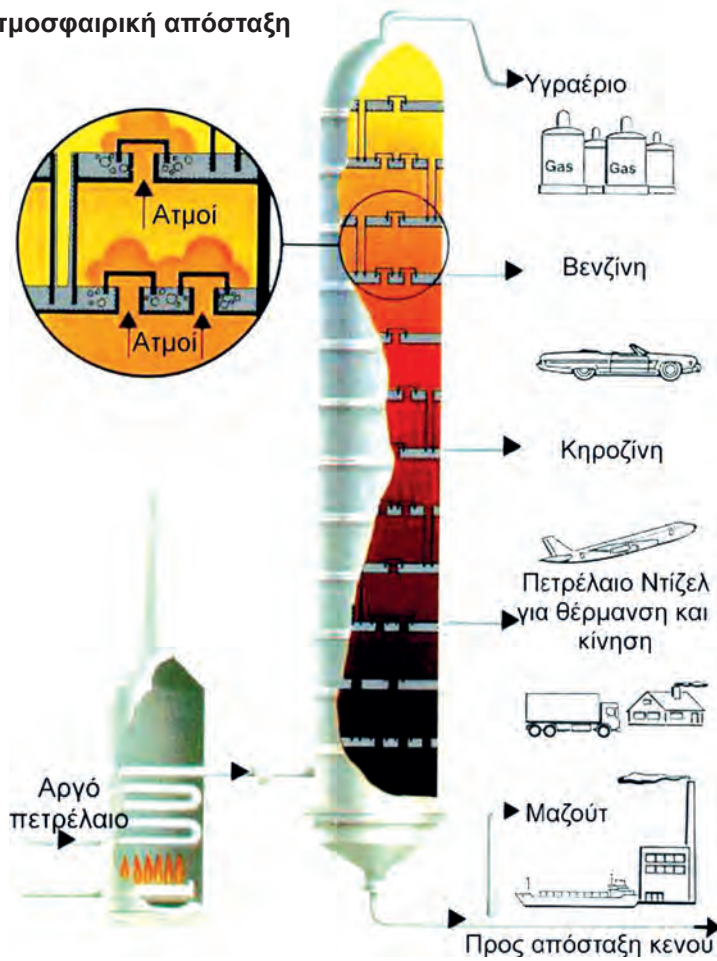
Περαιτέρω απόσταξη υπό ελαττωμένη πίεση δίνει

- λιπαντικά έλαια
- κηρούς

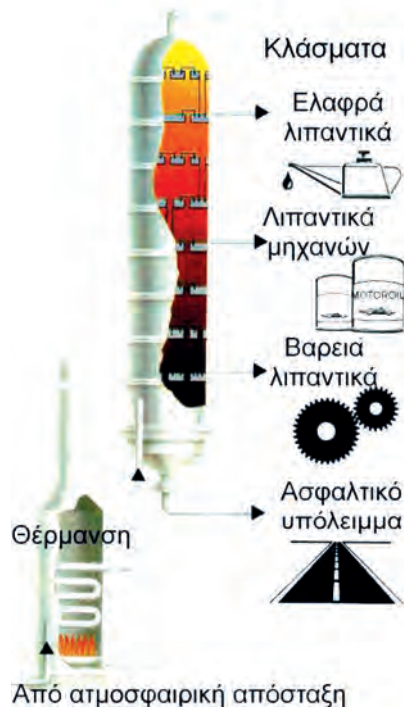
Η απόσταξη του πετρελαίου αποτελεί το πρώτο βήμα για την παραγωγή της βενζίνης. Η βενζίνη που προέρχεται από την απόσταξη του πετρελαίου θεωρείται κακής ποιότητας καύσιμο με λίγα οκτάνια, καθώς δεν περιέχει μεγάλο ποσοστό διακλαδισμένων αλκανίων. Γι' αυτό οι χημικοί πετρελαίων έχουν επινοήσει αρκετές μεθόδους για την παραγωγή καυσίμων υψηλότερης ποιότητας. Μια από τις μεθόδους αυτές ονομάζεται **καταλυτική πυρόλυση** και συνίσταται στη διάσπαση κλάσματος της κηροζίνης με ( $C_{11} - C_{14}$ ) σε μικρότερα μόρια κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή της βενζίνης ( $C_7 - C_{10}$ ).

(Απόσπασμα από John McMurry  
Οργανική Χημεία, τόμος 1)

### A. Ατμοσφαιρική απόσταξη



### B. Απόσταξη κενού



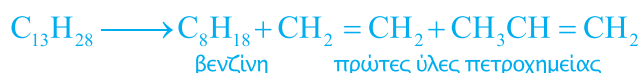
Μια αποστακτική στήλη ατμοσφαιρικής πίεσης με ύψος 50 m και διάμετρο 9 m έχει ικανότητα διύλισης περίπου  $10^7$  τόνων πετρελαίου το χρόνο.

ΣΧΗΜΑ 2.2 Κλασματική απόσταξη πετρελαίου, παραγόμενα προϊόντα και χρήσεις αυτών. Η απόσταξη γίνεται σε δύο βήματα:

- α. σε ατμοσφαιρική πίεση, όπου παραλαμβάνονται τα ελαφρά κλάσματα και
- β. υπό κενό, όπου παραλαμβάνονται τα βαρύτερα κλάσματα του πετρελαίου.

ομηχανίας αυτοκινήτων και αεροπλάνων, η βενζίνη έγινε το πιο πολύτιμο κλάσμα του πετρελαίου. Η βενζίνη όμως που παίρνουμε από την κλασματική απόσταξη του αργού πετρελαίου δεν φτάνει για να καλύψει τις αυξανόμενες ανάγκες της αγοράς. Ο λόγος αυτός οδήγησε στην παραγωγή βενζίνης από ανώτερα κλάσματα του πετρελαίου. Ανώτερα κλάσματα ονομάζονται αυτά που τα παίρνουμε σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από αυτή που αποστάζει η βενζίνη.

Τα ανώτερα κλάσματα του πετρελαίου, που δεν έχουν τόσο μεγάλη ζήτηση όσο η βενζίνη, υποβάλλονται σε μία κατεργασία που ονομάζεται **πυρόλυση** (cracking). Κατά την πυρόλυση θερμαίνεται το κλάσμα του πετρελαίου παρουσία καταλυτών (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> και SiO<sub>2</sub>), οπότε διασπάται σε υδρογονάνθρακες με λιγότερα άτομα άνθρακα π.χ. το δεκατριάνιο μπορεί να διασπαστεί



Η βενζίνη που παίρνουμε από την πυρόλυση είναι καλύτερης ποιότητας από τη βενζίνη που παίρνουμε με κλασματική απόσταξη του αργού πετρελαίου. Με ανάμειξη των δύο αυτών ειδών της βενζίνης παίρνουμε τη βενζίνη που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή ζωή.

Η ποιότητα της βενζίνης καθορίζεται από τη συμπεριφορά της κατά την καύση σε πρότυπο βενζινοκινητήρα. Μετριέται δε με ένα δείκτη που ονομάζεται **αριθμός οκτανίου**. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός οκτανίου μιας βενζίνης, τόσο καλύτερης ποιότητας είναι. Οι υδρογονάνθρακες με ευθύγραμμη αλυσίδα έχουν μικρό αριθμό οκτανίων. Αντίθετα, οι υδρογονάνθρακες με πολλές διακλαδώσεις έχουν μεγάλο αριθμό οκτανίων, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

ισομερή επτανίου	οκτάνια	ισομερή οκτανίου	οκτάνια
	0		<0
επτάνιο		οκτάνιο	
	46		24
2 - μεθυλοεξάνιο		2 - μεθυλοεπτάνιο	
	88		79
2,3 - διμεθυλοπεντάνιο		2,3 - διμεθυλοεξάνιο	
			100
		2,2,4 - τριμεθυλοπεντάνιο	

Τέλος, δύο άλλα προϊόντα πυρόλυσης του πετρελαίου, το αιθένιο και το προπένιο, αποτελούν τις βασικές πρώτες ύλες στην οργανική χημική βιομηχανία (πετροχημεία).



εκτόνωση



συμπίεση και ανάφλεξη

Στις μηχανές εσωτερικής καύσεως το μίγμα βενζίνης και αέρα αναφλέγεται στους κυλίνδρους της μηχανής με τη βοήθεια ηλεκτρικού σπινθήρα, που προέρχεται π.χ. από το μπουζί. Μία βενζίνη θεωρείται καλής ποιότητας όταν η ανάφλεξη γίνεται ομαλά, χωρίς κτυπήματα (μικροεκρήξεις), ακόμα και κάτω από υψηλές συνθήκες συμπίεσης. Να σημειωθεί ότι, όσο μεγαλύτερη είναι η συμπίεση του μίγματος αέρα - βενζίνη, τόσο μεγαλύτερη είναι η απόδοση του κινητήρα.

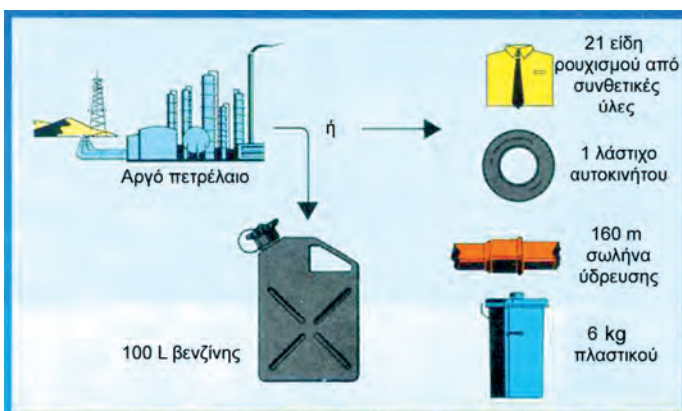
## (2.2.) Νάφθα - Πετροχημικά

- *Νάφθα είναι το κλάσμα της απόσταξης του αργού πετρελαίου που βρίσκεται μεταξύ της βενζίνης και της κηροζίνης. Το κλάσμα αυτό αποτελείται κυρίως από αλκάνια με 5 έως 9 άτομα άνθρακα.*
- *Πετροχημεία είναι ο κλάδος της βιομηχανικής χημείας που περιλαμβάνει το σύνολο των μεθόδων παραγωγής χημικών προϊόντων με πρώτη ύλη το πετρέλαιο.*

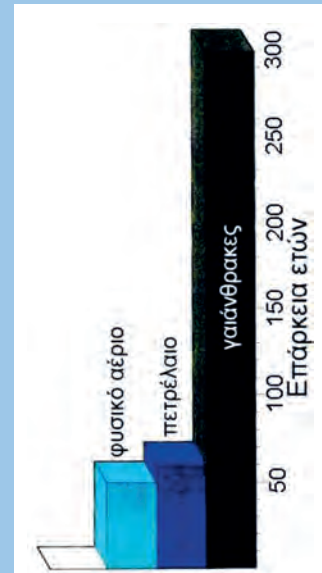
Οι πρώτες ύλες της πετροχημείας είναι αέριοι και υγροί υδρογονάνθρακες που προέρχονται κυρίως από το πετρέλαιο και ειδικότερα από τη νάφθα. Η σημαντικότερη διεργασία μέσω της οποίας η νάφθα δίνει τις κύριες πρώτες ύλες της πετροχημείας είναι η πυρόλυση.

Κατά την πυρόλυση της νάφθας προκύπτουν τα εξής προϊόντα:

1. Αέριο νάφθας, που χρησιμοποιείται κυρίως ως καύσιμο και περιέχει περίπου  $\text{CH}_4$  (75%),  $\text{H}_2$  (5%),  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  (5%).
  2. Βενζίνη.
  3. Κατώτεροι ακόρεστοι υδρογονάνθρακες, όπως αιθένιο, προπένιο, βουτένιο, 1,3 - βουταδιένιο. Μαζί μ' αυτούς παράγεται μικρή ποσότητα αρωματικών υδρογονανθράκων με σημαντικότερο το βενζόλιο.
- *Με βάση τους «μικρούς» αυτούς υδρογονάνθρακες (μεθάνιο, αιθένιο, προπένιο, βουτένιο, 1,3 - βουταδιένιο, βενζόλιο) μπορούν να παρασκευαστούν πλήθος οργανικών προϊόντων, ακόμη και πολύπλοκης δομής μεγαλομόρια, μεγάλης τεχνολογικής και οικονομικής σημασίας. Ανάμεσα σ' αυτά αναφέρουμε τα απορρυπαντικά, αζωτούχα λιπάσματα, πολυμερή, υφάνσιμες ίνες κ.λπ.*



ΣΧΗΜΑ 2.3 Πολλοί υποστηρίζουν ότι «το πετρέλαιο είναι κρίμα να καίγεται».



*Έχει υπολογιστεί ότι τα αποθέματα πετρελαίου, φυσικού αερίου και γαιανθράκων επαρκούν για τόσα έτη, όσα δείχνει το σχήμα.*

- *Με την πάροδο του χρόνου ελπίζουμε, ότι οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, όπως η αιολική και η ηλιακή, θα αντικαθίστουν όλο και περισσότερο το πετρέλαιο και θα έχουμε τα εξής οφέλη:*
  1. Μικρότερη ρύπανση του περιβάλλοντος.
  2. Εξοικονόμηση του πετρελαίου, ώστε τα αποθέματα αυτού να αξιοποιηθούν για την παρασκευή οργανικών πρώτων υλών, την παραγωγή φαρμάκων, πλαστικών, απορρυπαντικών, αρωμάτων κ.ά. Αν συμβούν αυτά, θα επιβεβαιωθεί ακόμη περισσότερο ο χαρακτηρισμός του πετρελαίου «μαύρος χρυσός».

## (2.3.) Αλκάνια - μεθάνιο, φυσικό αέριο, βιοαέριο

### Φυσικό αέριο

Συνήθως το πετρέλαιο συνυπάρχει με αέριο μίγμα, κυρίως υδρογονανθράκων, που ονομάζεται φυσικό αέριο.

- Το φυσικό αέριο είναι μίγμα αέριων υδρογονανθράκων με κύριο συστατικό το μεθάνιο,  $\text{CH}_4$  (μέχρι και 90%).

Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται ως καύσιμο και παρουσιάζει δύο βασικά πλεονεκτήματα έναντι του πετρελαίου:

1. Είναι καθαρό καύσιμο, γιατί αφ' ενός μεν καίγεται πλήρως και με ευκολία προς  $\text{CO}_2$ , αφ' ετέρου δεν περιέχει S ή  $\text{N}_2$ , οπότε δε δίνει ρυπογόνα αέρια, όπως  $\text{SO}_2$ , CO,  $\text{NO}_x$ .
2. Έχει μεγάλη θερμαντική ικανότητα (9000 – 12000 Kcal για κάθε 1  $\text{m}^3$  καυσίμου).

Εκτός από καύσιμο το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται και ως πρώτη ύλη στη βιομηχανία πετροχημικών προϊόντων.

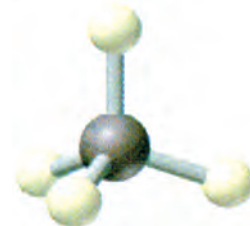
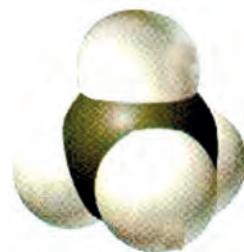
### Αλκάνια - μεθάνιο

#### Γενικά

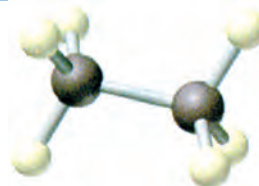
Όπως έχουμε αναφέρει, αλκάνια ονομάζονται οι άκυκλοι κορεσμένοι υδρογονάνθρακες. Τα αλκάνια έχουν γενικό μοριακό τύπο:  $\text{C}_v\text{H}_{2v+2}$  και το πρώτο μέλος της ομόλογης σειράς των αλκανίων είναι το μεθάνιο  $\text{CH}_4$ . Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται οι μοριακοί και συντακτικοί τύποι των αλκανίων με 1 έως 5 άτομα άνθρακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3: Μοριακοί, συντακτικοί και ονόματα των πρώτων μελών

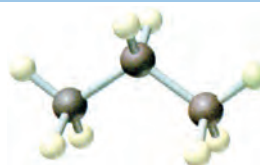
N	$\text{C}_v\text{H}_{2v+2}$	Συντακτικοί τύποι
1	$\text{CH}_4$	$\text{CH}_4$ μεθάνιο
2	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_3$ αιθάνιο
3	$\text{C}_3\text{H}_8$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ προπάνιο
4	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ βουτάνιο $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$ μεθυλοπροπάνιο



Μεθάνιο  $\text{CH}_4$



Αιθάνιο  $\text{CH}_3\text{CH}_3$

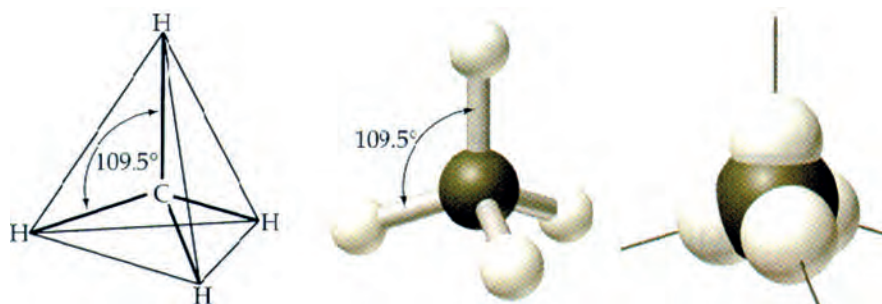


Προπάνιο  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$

Μοριακά μοντέλα αλκανίων  
 πάνω: η συμπαγής μορφή  
 κάτω: η εκτεταμένη μορφή  
 μοντέλων.

$C_5H_{12}$	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$ πεντάνιο $CH_3CHCH_2CH_3$ πεντάνιο   $CH_3$ μεθυλοβουτάνιο   $CH_3$ $CH_3-C-CH_3$   $CH_3$ διμεθυλοπροπάνιο
-------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Τα αλκάνια εμφανίζουν τετραεδρική διάταξη στο χώρο.** Δηλαδή, στο κέντρο του τετραέδρου τοποθετείται ένα άτομο άνθρακα και στις κορυφές τοποθετούνται οι υποκαταστάτες του.



ΣΧΗΜΑ 2.4 Στερεοχημική διάταξη μεθανίου.

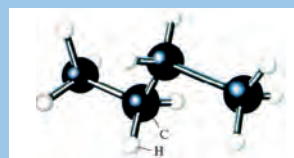
### Πρόελευση

Οι κορεσμένοι υδρογονάνθρακες βρίσκονται άφθονοι στο φυσικό αέριο και στο πετρέλαιο. Επίσης το μεθάνιο αποτελεί το κύριο συστατικό του **βιοαερίου**.

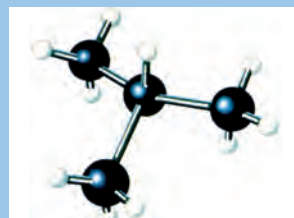
- **Βιοαέριο είναι το αέριο που παράγεται από τη σήψη της βιομάζας (το σύνολο της οργανικής ύλης που παράγουν τα ζώα και τα φυτά) και του οποίου το κύριο συστατικό είναι το μεθάνιο.**

### Παρασκευές

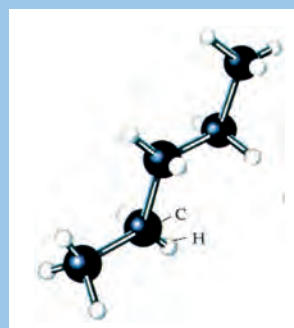
Τα αλκάνια, ως φυσικές πρώτες ύλες, δεν παράγονται βιομηχανικά. Αντίθετα, αποτελούν τις πρώτες ύλες για την παραγωγή άλλων ενώσεων (πετροχημεία). Τα απλούστερα αλκάνια (μεθάνιο έως πεντάνιο) μπορούν να παραχθούν σε καθαρή κατάσταση με κλασματική απόσταξη του πετρελαίου ή του φυσικού αερίου. Τα υπόλοιπα αλκάνια μπορούν να συντεθούν με μια από τις μεθόδους που περιγράφονται παρακάτω, οι οποίες έχουν καθαρό εργαστηριακό χαρακτήρα.



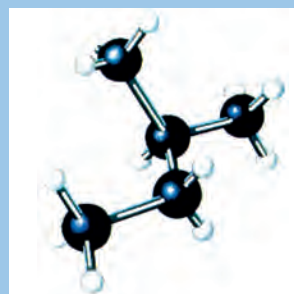
Βουτάνιο



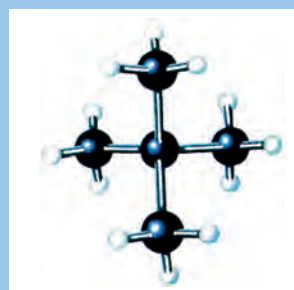
Μεθυλοπροπάνιο



Πεντάνιο



Μεθυλοβουτάνιο



Διμεθυλοπροπάνιο

## Γενικές παρασκευές αλκανίων

1. Από τα αλκυλαλογονίδια  $RX$  με αντικατάσταση του αλογόνου από υδρογόνο.



Από τα αλκυλαλογονίδια δραστικότερα είναι τα αλκυλοϊωδίδια, ακολουθούν τα αλκυλοβρωμίδια και αλκυλοχλωρίδια, ενώ τα αλκυλοφθορίδια είναι τελείως αδρανή.



2. Με επίδραση νατρίου σε αλκυλαλογονίδια διαλυμένα σε ξηρό αιθέρα (μέθοδος Wurtz).



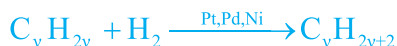
3. Με θέρμανση των με νάτριο ή κάλιο αλάτων κορεσμένων μονοκαρβοξυλικών οξέων ( $RCOONa$  ή  $RCOOK$ ) με στερεό  $NaOH$  ή  $KOH$ .



Η μέθοδος αυτή ονομάζεται **αποκαρβοξυλίωση** και το αλκάνιο που προκύπτει έχει 1 άτομο C λιγότερο από το άλας.



4. Με καταλυτική υδρογόνωση ακόρεστων υδρογονανθράκων.



## Φυσικές ιδιότητες

Τα κατώτερα μέλη των αλκανίων ( $C_1 - C_4$ ) είναι αέρια, άχρωμα, άοσμα και αδιάλυτα στο νερό. Τα μέσα μέλη ( $C_5 - C_{16}$ ) είναι υγρά με χαρακτηριστική οσμή πετρελαίου και τα ανώτερα ( $C_{17}$  και άνω) είναι στερεά, άχρωμα με υφή κεριού, όπως η βαζελίνη.

## Χημικές ιδιότητες

Το  $CH_4$  και όλα **τα αλκάνια είναι αδρανείς ενώσεις**. Σε κατάλληλες όμως συνθήκες μπορούν να δώσουν ορισμένες αντιδράσεις, σημαντικότερες από τις οποίες είναι: η καύση, η πυρόλυση και η υποκατάσταση.

- Το **βιοαέριο** προέρχεται από βιολογικές δράσεις, όταν υπάρχει έλλειψη οξυγόνου, όπως συμβαίνει κατά την αποσύνθεση (σήψη) οργανικών ενώσεων στα έλη. Η βιομάζα ανανεώνεται πολύ γρήγορα και είναι πρώτη ύλη ανανεώσιμης πηγής ενέργειας. Οι αγελάδες αποτελούν μία σημαντική πηγή βιοαερίου, όχι ακριβώς οι ίδιες, αλλά τα βακτήρια με τα οποία συμβιώνουν. Επίσης οι πυρκαγιές που γίνονται στις «χωματερές» προέρχονται κυρίως από την ανάφλεξη του βιοαερίου.

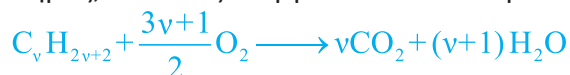


Οι καύσεις του φυσικού αερίου ( $CH_4$ ) και του υγραερίου ( $C_3H_8$  και  $C_4H_{10}$ ) δίνουν πολύ καθαρές φλόγες, εφόσον γίνονται τέλεια (με περίσσεια αέρα).



### α. Καύση

Τα αλκάνια καίγονται με περίσσεια οξυγόνου (ή αέρα) προς διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Για την έναρξη της αντίδρασης απαιτείται σπινθήρας, ο οποίος ενεργοποιεί τα αντιδρώντα.

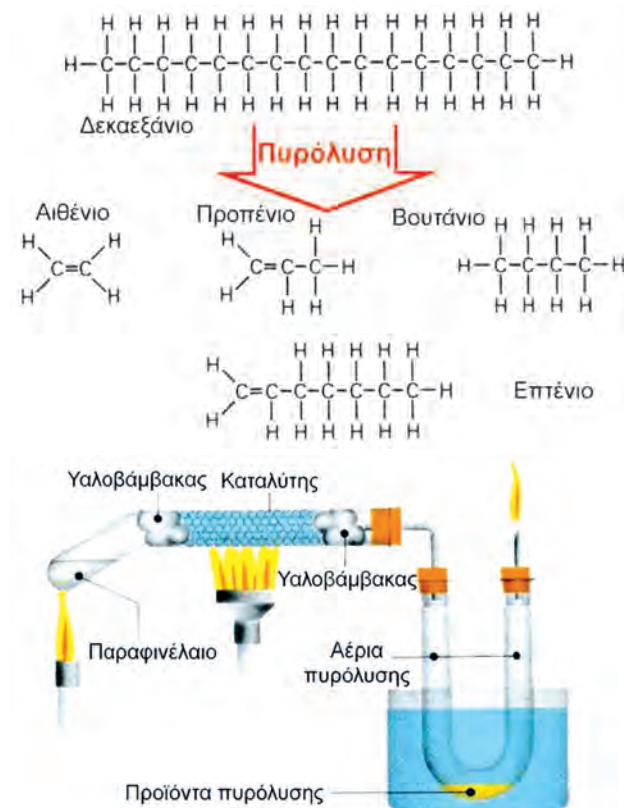


Όταν η ποσότητα οξυγόνου δεν είναι επαρκής, η καύση είναι ατελής, οπότε σχηματίζονται διάφορα προϊόντα όπως C, CO.

### β. Πυρόλυση

Έχουμε ήδη τονίσει τη σημασία της πυρόλυσης για την παρασκευή βενζίνης και για την παρασκευή των ακόρεστων και αρωματικών υδρογονανθράκων που χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες στα πετροχημικά εργοστάσια. Υπενθυμίζουμε ότι η πυρόλυση γίνεται με θέρμανση παρουσία καταλυτών και απουσία αέρα. Κατά την πυρόλυση γίνονται πολλές αντιδράσεις, όπως σχάση αλυσίδας, κυκλοποίηση, ισομερείωση και αφυδρογόνωση. Αντιδράσεις που οδηγούν σε προϊόντα με διακλαδισμένη αλυσίδα χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της ποιότητας μιας βενζίνης (**αναμόρφωση βενζίνης**).

- Πυρόλυση αλκανίων είναι η θερμική διάσπαση απουσία αέρα κάτω από πίεση, με ή χωρίς καταλύτη, που οδηγεί σε μίγματα κορεσμένων και ακόρεστων υδρογονανθράκων με μικρότερη σχετική μοριακή μάζα ή σε ισομερείς με διακλαδισμένη αλυσίδα.



- Πυρόλυση από τις λέξεις πυρ (φωτιά) και λύση (διάσπαση).

#### ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΥΡΟΛΥΣΗΣ

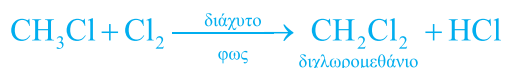
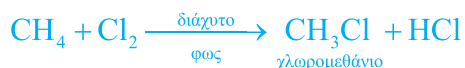
- Τα μικρής σχετικής μοριακής μάζας προϊόντα που παράγονται από την πυρόλυση κλασμάτων του πετρελαίου μπορούν να διαχωριστούν και να καθαριστούν, και αποτελούν τις πλέον σημαντικές πρώτες ύλες για τη σύνθεση άκυκλων οργανικών ενώσεων σε μεγάλη κλίμακα.
- Η σπουδαιότερη όμως πυρολυτική διάσπαση των αλκανίων κατευθύνεται στην παραγωγή καυσίμων, π.χ. παραγωγή βενζίνης ή βελτίωση ποιότητας βενζίνης.

ΣΧΗΜΑ 2.5 Διαγραμματική απεικόνιση πιθανών προϊόντων πυρόλυσης δεκαεξάνιου.

ΣΧΗΜΑ 2.6 Εργαστηριακή διάταξη πυρόλυσης αλκανίων.

### γ. Υποκατάσταση

Σε ορισμένες συνθήκες είναι δυνατό να υποκατασταθούν ένα ή περισσότερα υδρογόνα ενός αλκανίου από άλλα στοιχεία ή ομάδες στοιχείων. Από όλες αυτές τις αντιδράσεις ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η **αλογόνωση** (και ειδικότερα η χλωρίωση), η οποία είναι μία **φωτοχημική αντίδραση**, δηλαδή γίνεται παρουσία φωτός. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αλογόνωσης είναι η χλωρίωση του μεθανίου. Στο διάχυτο φως γίνεται σταδιακή υποκατάσταση των ατόμων υδρογόνου του μεθανίου από άτομα χλωρίου.



### Χρήσεις

Με βάση όσα ήδη έχουν αναφερθεί, προκύπτει ότι τα αλκάνια χρησιμοποιούνται ή ως καύσιμα ή ως πρώτες ύλες στη βιομηχανία των πετροχημικών. Παρακάτω δίνονται χαρακτηριστικά παραδείγματα χρήσεων.

- $\text{CH}_4$  : χρησιμοποιείται ως καύσιμο (φυσικό αέριο - βιοαέριο - αέριο νάφθας) και ως πρώτη ύλη στην πετροχημεία.
- $\text{C}_3\text{H}_8$  -  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  : χρησιμοποιείται ως υγραέριο στις γνωστές μας φιάλες «πετρογκάζ» ή τα κοινά «γκαζάκια», τα οποία περιέχουν μίγμα  $\text{C}_3\text{H}_8$  και  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  υγροποιημένο υπό πίεση.
- $\text{C}_5\text{H}_{12}$  -  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  : χρησιμοποιείται υπό μορφή μίγματος κυρίως ως διαλύτης με το όνομα πετρελαϊκός αιθέρας.
- $\text{C}_7\text{H}_{16}$  -  $\text{C}_9\text{H}_{20}$  : χρησιμοποιείται υπό μορφή μίγματος ως καύσιμο (βενζίνη).
- Αλκάνια με 20 και πάνω άτομα άνθρακα στο μόριό τους: χρησιμοποιούνται στη φαρμακευτική (βαζελίνη) και για την κατασκευή κερίων (παραφίνη).

### ( Παράδειγμα 2.1 )

Ποιος από τους παρακάτω μοριακούς τύπους αντιστοιχεί σε αλκάνιο, ποιοι είναι δυνατοί συντακτικοί τύποι αυτού και πώς ονομάζονται οι αντίστοιχες ενώσεις;



### Απάντηση

Τα αλκάνια έχουν γενικό τύπο  $\text{C}_v\text{H}_{2v+2}$ . Άρα το  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  αντιστοιχεί σε αλκάνιο. Οι δυνατοί συντακτικοί τύποι είναι:

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$  βουτάνιο και  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_3$  μεθυλοπροπάνιο

### Εφαρμογή

Ποιος από τους παρακάτω μοριακούς τύπους αντιστοιχεί σε αλκάνιο, ποιοι είναι οι δυνατοί συντακτικοί τύποι και πώς ονομάζονται οι αντίστοιχες ενώσεις;

(α)  $\text{C}_3\text{H}_6$       (β)  $\text{C}_4\text{H}_6$       (γ)  $\text{C}_5\text{H}_{12}$       (δ)  $\text{C}_5\text{H}_{10}$

### ( Παράδειγμα 2.2 )

Το «γκαζάκι», που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή ζωή μας, πολλές φορές περιέχει καθαρό βουτάνιο. Πόσα λίτρα  $\text{CO}_2$  σε STP θα σχηματιστούν, όταν καεί πλήρως το περιεχόμενο μιας τέτοιας φιάλης που ζυγίζει 116 g;

### Λύση

Γράφουμε την αντίδραση καύσης.



$$\begin{array}{r} 1 \text{ mol} \\ \text{ή } 58 \text{ g} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{δίνει} \\ \\ \end{array} \quad \begin{array}{r} 4 \text{ mol} \\ 4 \cdot 22,4 \text{ L (STP)} \end{array}$$

$$\frac{116 \text{ gr}}{116 \text{ gr}} = \frac{x}{x}$$

$$x = 179,2 \text{ L CO}_2 \text{ σε STP.}$$

### Εφαρμογή

Πόσα γραμμάρια  $\text{H}_2\text{O}$  θα σχηματιστούν κατά την πλήρη καύση 3 g αιθανίου;

### ( Παράδειγμα 2.3 )

Από τα έλη εκλύεται ένας κορεσμένος υδρογονάνθρακας που διαπιστώθηκε ότι περιέχει 25% H. Να βρεθεί ο μοριακός τύπος του υδρογονάνθρακα.

### Λύση

Από το γενικό τύπο των αλκανίων  $\text{C}_v\text{H}_{2v+2}$  προκύπτει ότι:

$$\text{αλλά } \frac{(14v+2) \text{ g C}_v\text{H}_{2v+2}}{100 \text{ g}} \quad \text{περιέχουν} \quad = \quad \frac{(2v+2) \text{ g H}}{25 \text{ g}}$$

ή  $v = 1$  Συνεπώς, ο μοριακός τύπος του υδρογονάνθρακα είναι  $\text{CH}_4$ , δηλαδή πρόκειται για το μεθάνιο.

### Εφαρμογή

Αλκάνιο περιέχει 80% C. Ποιος είναι ο μοριακός τύπος του αλκανίου;

5,4 g

 $\text{C}_2\text{H}_6$

## (2.4.) Καυσαέρια - καταλύτες αυτοκινήτων

Το ενεργειακό πρόβλημα οφείλεται στα τεράστια ποσά ενέργειας που χάνονται καθημερινά. Αυτό το φαινόμενο παρατηρείται έντονα, όταν μία μορφή ενέργειας, για παράδειγμα η χημική, μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια, όπως συμβαίνει στην καύση. Η θερμική ενέργεια που απελευθερώνεται δεν είναι δυνατό να αξιοποιηθεί «εξ ολοκλήρου», για να παραχθεί μηχανικό έργο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι αποδόσεις να μη ξεπερνούν το 40%, ακόμα και στις πιο σύγχρονες μονάδες παραγωγής ισχύος.

Τα σημερινά αυτοκίνητα λειτουργούν με την αναλογία μίγματος αέρα και βενζίνης, με την οποία εξασφαλίζεται η μέγιστη οικονομία και η καλύτερη απόδοση της μηχανής. Ταυτόχρονα όμως, παράγεται μεγάλη ποσότητα ατμοσφαιρικών ρύπων. Οι ατμοσφαιρικοί αυτοί ρύποι προκαλούν κατά κύριο λόγο το φωτοχημικό νέφος, που τόσο έχει ταλαιπωρήσει τα τελευταία χρόνια τους κατοίκους των μεγαλουπόλεων.

Τα καυσαέρια των αυτοκινήτων αποτελούνται κυρίως από άζωτο ( $N_2$ ), διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ), υδρατμούς ( $H_2O$ ), οξυγόνο ( $O_2$ ), άκαυστους υδρογονάνθρακες οξειδία του αζώτου ( $NO$ ,  $NO_2$ ). Στα καυσαέρια περιέχονται επίσης μικρές ποσότητες διοξειδίου του θείου ( $SO_2$ ). Απ' αυτά σχετικά αδρανή (μη τοξικά) είναι τα  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2O$  και  $CO_2$ , ενώ τα  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $CO$ ,  $SO_2$  και οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες, που προκαλούν αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, χαρακτηρίζονται **περιβαλλοντικοί ρύποι**.

Το **διοξείδιο του άνθρακα** ( $CO_2$ ) προκαλεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Όπως ακριβώς το γυαλί του θερμοκηπίου επιτρέπει στις ηλιακές ακτίνες να περνούν μέσα, αλλά δεν επιτρέπει τη διαφυγή της θερμικής ακτινοβολίας προς τα έξω, έτσι και το  $CO_2$  δημιουργεί ατμόσφαιρα θερμομόνωσης. Κατ' αυτό τον τρόπο αυξάνεται η μέση θερμοκρασία της Γης και προκαλούνται μεταβολές στο κλίμα.

Το **μονοξείδιο του άνθρακα** ( $CO$ ), ο αποκαλούμενος «σιωπηλός δολοφόνος» (είναι άχρωμο, άοσμο, άγευστο), δεσμεύει την αιμογλοβίνη του αίματος και έτσι εμποδίζει τη μεταφορά του αίματος στους ιστούς, προκαλώντας το θάνατο.

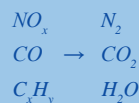
Τα **οξείδια του αζώτου** ( $NO$ ,  $NO_2$ ), πλην του φωτοχημικού νέφους, προκαλούν την όξινη βροχή. Επίσης προκαλούν το σχηματισμό όζοντος ( $O_3$ ) στα χαμηλά στρώματα της ατμόσφαιρας (τροπόσφαιρα).

• Οι καταλυτικοί μετατροπείς (ή καταλύτες) των αυτοκινήτων περιέχουν ευγενή μέταλλα (π.χ.  $Pt$  και  $Rh$ ), σε μορφή μικρών κόκκων, τα

• Οι καταλύτες είναι ουσίες που επιταχύνουν μία χημική αντίδραση χωρίς οι ίδιοι να παθαίνουν καμιά αλλοίωση.

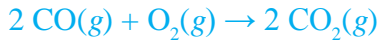
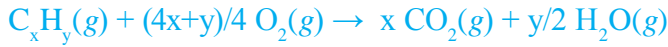
• Οι στερεοί καταλύτες, για να είναι αποτελεσματικοί, πρέπει να έχουν όσο το δυνατόν λεπτότερη μορφή κόκκων, ώστε να παρουσιάζουν μέγιστη επιφάνεια.

• Το τελικό αποτέλεσμα της δράσης των καταλυτών είναι οι μετατροπές:

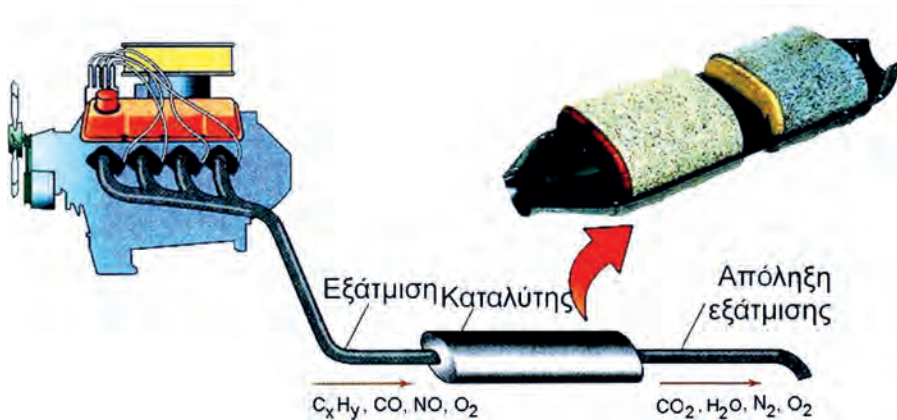


οποία επιταχύνουν τις χημικές αντιδράσεις για τη μετατροπή των επικίνδυνων ρύπων σε αβλαβή για την ατμόσφαιρα καυσαέρια.

Έτσι το μονοξείδιο του άνθρακα και τα υπολείμματα από άκαυστους υδρογονάνθρακες καίνονται προς διοξείδιο του άνθρακα (π.χ. με τη βοήθεια του Pt ή Pd), σύμφωνα με τις παρακάτω χημικές εξισώσεις:



Ενώ, τα οξειδία του αζώτου (NO, NO<sub>2</sub>) ανάγονται (π.χ. με τη βοήθεια του Rh) διασπώμενα προς άζωτο και οξυγόνο, σύμφωνα με το σχήμα:



ΣΧΗΜΑ 2.7 Καταλυτικός μετατροπέας προσαρμοσμένος στο σύστημα εξαγωγής των καυσαερίων (εξάτμιση) του αυτοκινήτου.

Η χρήση της αμόλυβδης βενζίνης σε αυτοκίνητα με καταλύτες επιβάλλεται για τους παρακάτω σοβαρούς λόγους:

1. Ο μόλυβδος σχηματίζει κράματα με τα ευγενή μέταλλα (π.χ. Pt και Pd). Έτσι ο καταλύτης δηλητηριάζεται (απενεργοποιείται).
2. Ο μόλυβδος φράζει τους διαύλους του κεραμικού υποστρώματος πάνω στο οποίο βρίσκεται ο καταλύτης (τα ευγενή μέταλλα). Έτσι, τα μόρια των καυσαερίων δε βρίσκουν το δρόμο τους προς τον καταλύτη.



ΣΧΗΜΑ 2.8 Κατασκευαστικές λεπτομέρειες καταλυτικού μετατροπέα. Το κέλυφος είναι από ανοξείδωτο χάλυβα. Ο καταλύτης συνήθως αποτελείται από λευκόχρυσο (Pt) και ρόδιο (Rh) πάνω σε υπόστρωμα από κεραμικό υλικό με ενδιάμεση επίστρωση αλουμίνιας (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

## ( 2.5 ) Αλκένια - αιθένιο ή αιθυλένιο

### Γενικά

**Αλκένια** ονομάζονται οι άκυκλοι ακόρεστοι υδρογονάνθρακες, οι οποίοι περιέχουν ένα διπλό δεσμό στο μόριο. Ο γενικός τύπος των αλκενίων είναι  $C_nH_{2n}$  ( $n \geq 2$ ). Στον επόμενο πίνακα δίνονται οι μοριακοί, συντακτικοί τύποι και τα ονόματα των τριών πρώτων μελών των αλκενίων.

Μοριακοί Τύποι	Συντακτικοί τύποι
$C_2H_4$	$CH_2=CH_2$ αιθένιο ή αιθυλένιο
$C_3H_6$	$CH_3CH=CH_2$ προπένιο ή προπυλένιο
$C_4H_8$	$CH_3CH_2CH=CH_2$ 1-βουτένιο $CH_3CH=CH-CH_3$ 2-βουτένιο $CH_2=C(CH_3)-CH_3$ μεθυλοπροπένιο

### Προέλευση - Παρασκευές

Σε αντίθεση με τα αλκάνια, τα αλκένια λόγω δραστηριότητας δεν είναι τόσο διαδεδομένα στη φύση. Ορισμένα απ' αυτά έχουν σπουδαίο βιολογικό ρόλο, για παράδειγμα το αιθυλένιο είναι μία φυτική ορμόνη που προκαλεί την ωρίμανση των φρούτων.

Τα αλκένια παρασκευάζονται:

**1. Στη βιομηχανία, με πυρόλυση πετρελαίου (αλκανίων).** Τα αλκένια που έχουν μέχρι τέσσερα άτομα άνθρακα μπορούν να παραχθούν σε καθαρή μορφή από τη βιομηχανία πετρελαίου. Κατ' αυτό τον τρόπο παράγονται περισσότερα από 24 εκατομμύρια τόνοι αιθένιο και 14 εκατομμύρια τόνοι προπένιο το χρόνο στις ΗΠΑ (πρώτες ύλες για την παρασκευή κυρίως πλαστικών). Για πολυπλοκότερα αλκένια μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω εργαστηριακοί μέθοδοι παρασκευής.

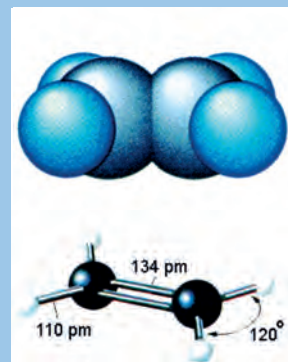
**2. Στο εργαστήριο,** με αντιδράσεις απόσπασης. Συνήθως αποσπούμε ένα μόριο νερού από κορεσμένη μονοσθενή αλκοόλη (αφυδάτωση) ή ένα μόριο υδροχλωρίου από αλκυλοχλωρίδια (αφυδραλογόνωση).

- Τα αλκένια ονομάζονται και ολεφίνες από την ιδιότητα που έχουν τα κατώτερα μέλη τους, που είναι αέρια, να δίνουν ελαιώδη υγρά, όταν αντιδρούν με  $Cl_2$  ή  $Br_2$ . Εκ των oleum = έλαιον και fio = δημιουργώ.



### Καρότα - αλκένια και χημεία της όρασης

Τα καρότα είναι πλούσια σε β-καροτένιο (ένα πορτοκαλόχρωμο αλκένιο) το οποίο μετατρέπεται ενζυμικά στο ήπαρ σε μία φωτοευαίσθητη χρωστική στην οποία βασίζονται τα συστήματα όρασης όλων των ζώντων οργανισμών.



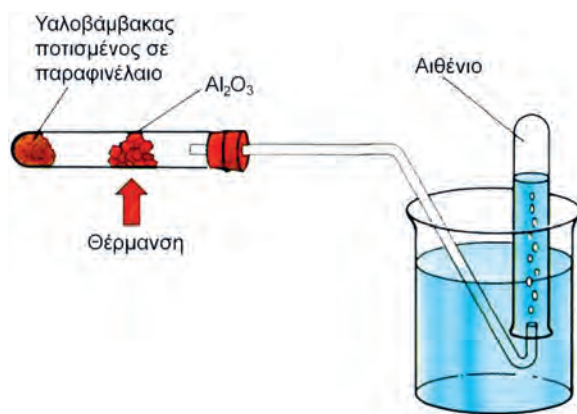
Η γεωμετρία του μορίου του αιθενίου. Γενικώς, η στερεοχημεία των αλκενίων είναι επίπεδη. Δηλαδή, ο άξονας του διπλού δεσμού και οι υποκαταστάτες των ατόμων άνθρακα του διπλού δεσμού βρίσκονται σ' ένα επίπεδο.

• **Αφυδάτωση αλκοολών**



• **Αφυδραλογόνωση αλκυλοχλωριδίων**

Η αφυδραλογόνωση γίνεται με αλκοολικό διάλυμα NaOH ή KOH.



• Η αφυδάτωση και αφυδραλογόνωση δεν περιορίζεται μόνο στις παρασκευές αλκανίων, αλλά αποτελεί γενικότερη μέθοδο για την εισαγωγή διπλού δεσμού άνθρακα – άνθρακα στο μόριο μιας ένωσης.

ΣΧΗΜΑ 2.9 Διάταξη για την παρασκευή αιθενίου με πυρόλυση αλκανίων.

**Φυσικές ιδιότητες**

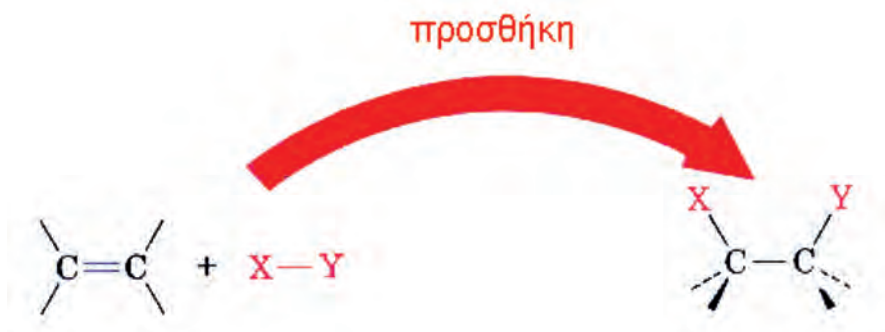
Τα αλκένια έχουν ουσιαστικά τις ίδιες φυσικές ιδιότητες με τα αλκάνια. Τα πρώτα μέλη είναι αέρια ( $C_2 - C_4$ ), τα μεσαία μέλη είναι υγρά ( $C_5 - C_{14}$ ) και τα ανώτερα είναι στερεά. Είναι αδιάλυτα στο νερό και διαλύονται σε οργανικούς διαλύτες. Το αιθέριο είναι αέριο άχρωμο με ασθενή χαρακτηριστική οσμή.

**Χημικές ιδιότητες**

Τα αλκένια είναι ενώσεις πολύ πιο δραστικές από τα αλκάνια. Η δραστηότητά τους οφείλεται στο διπλό δεσμό και οι ιδιότητες τους είναι στην ουσία ιδιότητες του διπλού δεσμού. Έτσι, τα αλκένια δίνουν:

**α. Αντιδράσεις προσθήκης:**

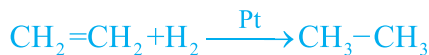
Οι αντιδράσεις αυτές είναι της γενικής μορφής:



Όπου X-Ψ μπορεί να είναι H-H, Br-Br, H-Cl, H-OH.

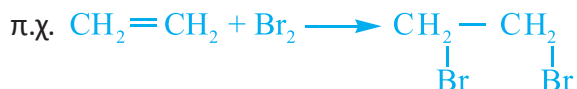
• **με υδρογόνο**

Η αντίδραση αυτή γίνεται παρουσία καταλύτη, συνήθως Pt και Pd, και ονομάζεται υδρογόνωση.



και γενικά  $\text{C}_v\text{H}_{2v} + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Pt}} \text{C}_v\text{H}_{2v+2}$

• **με αλογόνο**



και γενικά  $\text{C}_v\text{H}_{2v} + \text{Br}_2 \longrightarrow \text{C}_v\text{H}_{2v}\text{Br}_2$

Αν προσθέσουμε αλκένιο σε διάλυμα  $\text{Br}_2$  σε τετραχλωράνθρακα, τότε το αλκένιο αντιδρά με το  $\text{Br}_2$  και το διάλυμα του  $\text{Br}_2$  από κόκκινο που είναι, αποχρωματίζεται. Την αντίδραση αυτή δεν τη δίνουν τα αλκάνια. Ανάλογες αντιδράσεις προσθήκης με  $\text{Br}_2$  δίνουν και άλλοι ακόρεστοι υδρογονάνθρακες. Γενικότερα, η προσθήκη  $\text{Br}_2$  αποτελεί έναν απλό εργαστηριακό έλεγχο της ακορεστότητας, καθώς η άμεση εξαφάνιση της κόκκινης χροιάς του  $\text{Br}_2$  σημαίνει ότι η ένωση είναι ακόρεστη.



• **με υδραλογόνο**



γενικά,  $\text{C}_v\text{H}_{2v} + \text{HCl} \longrightarrow \text{C}_v\text{H}_{2v+1}\text{Cl}$

Αν αντιδράσει HCl με προπένιο  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$  είναι δυνατόν να σχηματιστούν δύο προϊόντα:



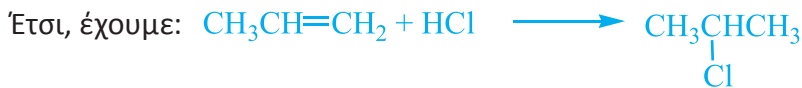
Το κύριο προϊόν της παραπάνω αντίδρασης μεταξύ του προπενίου και υδροχλωρίου προβλέπεται ως εξής:

- Η προσθήκη στα αλκένια είναι μία πολύ χρήσιμη αντίδραση, καθώς αποτελεί τη βάση για τη σύνθεση πολλών οργανικών ενώσεων, όπως
  - Αλκοόλων
  - Ακλανίων
  - Αλκυλαλογονιδίων
  - Διαλογονιδίων κ.λπ.

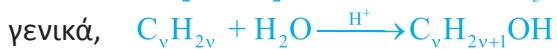
ΣΧΗΜΑ 2.10 Πειραματική διάταξη για την επίδειξη του αποχρωματισμού που προκαλεί το αέριο αιθυλένιο στο διάλυμα  $\text{Br}_2$  σε τετραχλωράνθρακα.



- Σύμφωνα με τον κανόνα του Markovnikov, στις αντιδράσεις προσθήκης μορίων της μορφής HA σε αλκένια, το H προστίθεται κατά προτίμηση στο άτομο του C του διπλού δεσμού που έχει τα περισσότερα άτομα H.



- με νερό (ενυδάτωση αλκενίων)



Η αντίδραση αυτή γίνεται παρουσία οξίνου καταλύτη (π.χ.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

### β. Πολυμερισμός

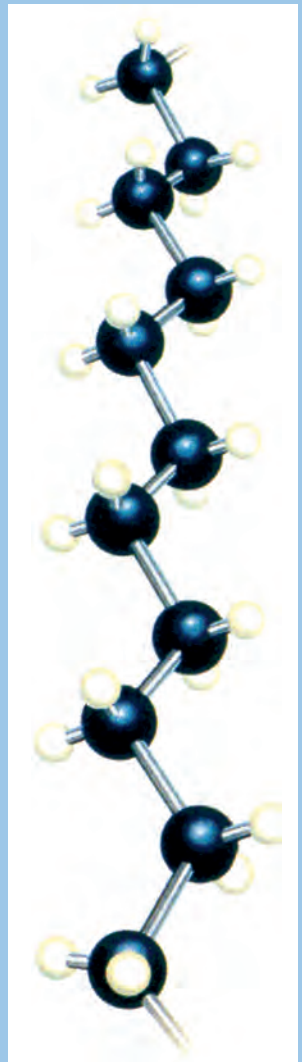
- Πολυμερισμός ονομάζεται η συνένωση μικρών μορίων, που ονομάζονται μονομερή, προς σχηματισμό ενός μεγαλύτερου μορίου, που ονομάζεται πολυμερές.

Η γενική αντίδραση πολυμερισμού μιας ένωσης με τύπο  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{A}$  είναι η εξής:



Ο πολυμερισμός αυτός ονομάζεται **πολυμερισμός προσθήκης**. Χαρακτηριστικά παραδείγματα πολυμερισμού δίνονται στον επόμενο πίνακα:

Μονομερές	Πολυμερές	Όνομα πολυμερούς	Χρήση
$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ Αιθένιο	$(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_v$	πολυαιθυλένιο ή πολυαιθένιο	πλαστικές σακούλες, πλαστικά δοχεία
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH} = \text{CH}_2 \end{array}$ Προπένιο	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ (-\text{CH}-\text{CH}_2-)_v \end{array}$	πολυπροπυλένιο ή πολυπροπένιο	πλαστικά σχοινιά, αδιάβροχα
$\begin{array}{c} \text{Cl} \\   \\ \text{CH} = \text{CH}_2 \end{array}$ Βινυλοχλωρίδιο	$\begin{array}{c} \text{Cl} \\   \\ (-\text{CH}-\text{CH}_2-)_v \end{array}$	πολυβινυλοχλωρίδιο	δίσκοι γραμμοφώνου, πλαστικοί σωλήνες
$\begin{array}{c} \text{CN} \\   \\ \text{CH} = \text{CH}_2 \end{array}$ Ακρυλονιτρίλιο	$\begin{array}{c} \text{CN} \\   \\ (-\text{CH}-\text{CH}_2-)_v \end{array}$	πολυακρυλονιτρίλιο	τεχνητό μαλλί (orlon)
$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\   \\ \text{CH} = \text{CH}_2 \end{array}$ Στυρόλιο	$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\   \\ (-\text{CH}-\text{CH}_2-)_v \end{array}$	πολυστυρόλιο	διογκωμένα πλαστικά για μόνωση



- Ο κανόνας του Markovnikov καθορίζει την τοποχημεία της προσθήκης.



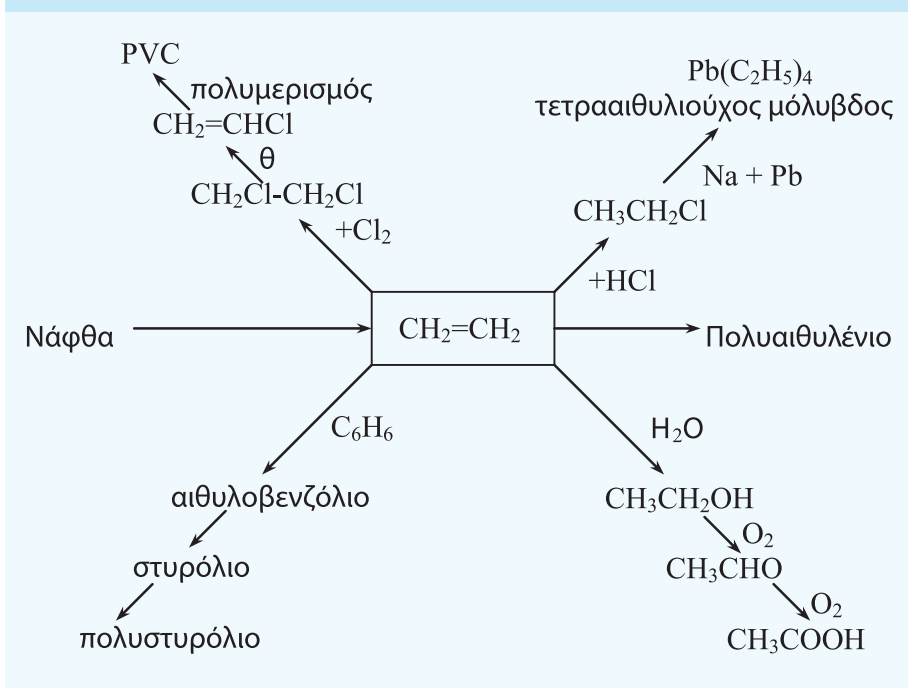
Απεικόνιση πολυαιθυλενίου σε μοριακό μοντέλο και δίπλα μια πιο μοντέρνα αντίληψη στο ίδιο θέμα.

**γ. Καύση**

Τα αλκένια όταν καίγονται πλήρως δίνουν  $\text{CO}_2$  και  $\text{H}_2\text{O}$ .

**Χρήσεις αλκενίων και αιθυλενίου**

Το αιθυλένιο χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παρασκευή άλλων οργανικών ουσιών. Στον επόμενο πίνακα φαίνονται μερικές από τις πιο σημαντικές βιομηχανικές χρήσεις του αιθυλενίου.

**Βιομηχανικές χρήσεις αιθυλενίου**

• Η ρίζα  $\text{CH}_2=\text{CH}-$  ονομάζεται βινύλιο.



Απεικόνιση πολυαιθυλενίου με μοριακό μοντέλο σε συμπυκνωμένη μορφή.

**( Παράδειγμα 2.4 )**

Ποσότητα αιθυλενίου αντιδρά πλήρως με  $\text{H}_2$  παρουσία νικελίου και δίνει αιθάνιο. Το αιθάνιο καίγεται πλήρως, οπότε παράγονται 8,96L  $\text{CO}_2$  σε STP. Ποια είναι η μάζα του αιθυλενίου που υδρογονώθηκε;

**Λύση****1ος τρόπος**

Γράφουμε τις σχετικές αντιδράσεις



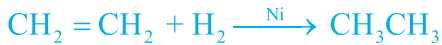
Το παραγόμενο πολυαιθυλένιο σε μορφή αιωρήματος με διαλύτη.

Από την ποσότητα του  $\text{CO}_2$  υπολογίζουμε την ποσότητα του αιθανίου και από την ποσότητα του αιθανίου υπολογίζουμε την ποσότητα του αιθυλενίου.



$$\frac{1\text{mol}}{x} = \frac{2 \cdot 22,4\text{L (STP)}}{8,96\text{L}}$$

$$x = 0,2\text{ mol}$$



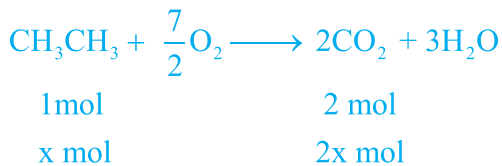
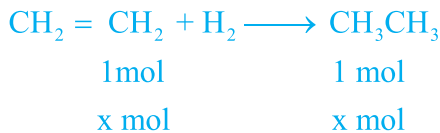
$$\frac{28\text{g}}{y} = \frac{1\text{mol}}{0,2\text{mol}}$$

$$y = 5,6\text{g}$$

## 2ος τρόπος

Ο δεύτερος τρόπος είναι γενικότερος και τον προτιμάμε για σχετικά «δυσκολότερες» ασκήσεις.

Έστω ότι αντιδρούν  $x$  mol αιθυλενίου. Από τις αντιδράσεις έχουμε:



Από την άσκηση δίνεται ότι:

$$V_{\text{CO}_2} = 8,96\text{L σε STP, οπότε } 2x \cdot 22,4 = 8,96 \text{ ή } x = 0,2.$$

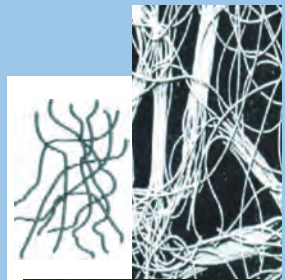
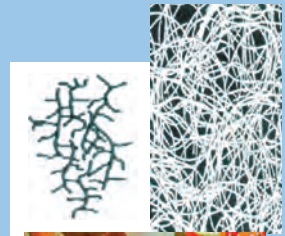
$$\text{Άρα αντιδρούν } 0,2\text{ mol } \text{CH}_2 = \text{CH}_2 \text{ ή } 0,2 \cdot 28\text{ g} = 5,6\text{ g.}$$

## Εφαρμογή

Ποσότητα προπενίου αντιδρά πλήρως με  $\text{H}_2$  παρουσία  $\text{Ni}$  και παράγεται προπάνιο, που καίγεται πλήρως οπότε σχηματίζονται  $7,2\text{ g H}_2\text{O}$ .

Ποια η μάζα του προπενίου που αντέδρασε;

(4,2 g)



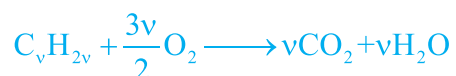
Το πολυαιθυλένιο δε σχηματίζει αποκλειστικά ευθείες αλυσίδες, όπως θα περίμενε κανείς, αλλά και διακλαδώσεις. Εξαιτίας αυτού παρουσιάζει μεγάλη πλαστικότητα (κατασκευή πλαστικών σακουλών κ.λπ.). Όσο μεγαλώνει η ευθύγραμμη αλυσίδα, δηλαδή η σχετική μοριακή μάζα ( $M_r$ ) τόσο πιο σκληρό γίνεται το πολυαιθυλένιο (κατασκευή πλαστικών δοχείων τροφίμων, ποτών κ.λπ.). Μάλιστα από πολύ μεγάλο  $M_r$  πολυαιθυλένιο φτιάχτηκαν ίνες ανθεκτικότερες από το χάλυβα.

**( Παράδειγμα 2.5 )**

2,24 L αερίου αλκενίου μετρημένα σε STP καίγονται πλήρως και παράγονται 8,8 g  $\text{CO}_2$ . Ποιος είναι ο μοριακός τύπος του αλκενίου;

**Λύση**

Γράφουμε τη γενική αντίδραση πλήρους καύσης των αλκενίων:



από την αντίδραση έχουμε:

$$\frac{1 \text{ mol}}{22,4 \text{ L}} = \frac{v \text{ mol}}{44 \text{ vg}}$$

από την άσκηση:

$$\frac{22,4 \text{ L}}{2,24 \text{ L}} = \frac{44 \text{ vg}}{8,8 \text{ g}}$$

$$v = 2$$

και ο μοριακός τύπος είναι  $\text{C}_2\text{H}_4$

**Εφαρμογή**

4,48 L αερίου αλκενίου μετρημένα σε STP καίγονται πλήρως και παράγονται 10,8 g  $\text{H}_2\text{O}$ . Ποιος είναι ο μοριακός τύπος του αλκενίου;

Κ.Σ. ή STP

 $(\text{C}_3\text{H}_6)$

## (2.6.) Αλκίνια - αιθίνιο ή ακετυλένιο

### Γενικά

Αλκίνια ονομάζονται οι άκυκλοι ακόρεστοι υδρογονάνθρακες, οι οποίοι στο μόριό τους περιέχουν ένα τριπλό δεσμό. Το ακετυλένιο, που είναι το απλούστερο μέλος της σειράς, παλαιότερα έβρισκε μεγάλη βιομηχανική χρήση για την παρασκευή ακεταλδεΐδης, οξικού οξέος κ.λπ. Σήμερα, όμως, οι μέθοδοι αυτοί έχουν αντικατασταθεί από άλλες πιο οικονομικές με πρώτη ύλη το αιθυλένιο. Ο γενικός τύπος των αλκινίων είναι  $C_nH_{2n-2}$  ( $n \geq 2$ ). Στον επόμενο πίνακα γράφουμε τους μοριακούς και συντακτικούς τύπους των πρώτων μελών των αλκινίων.

Μοριακοί Τύποι	Συντακτικοί Τύποι
$C_2H_2$	$HC \equiv CH$ αιθίνιο ή ακετυλένιο
$C_3H_4$	$HC \equiv C - CH_3$ προπίνιο
$C_4H_6$	$HC \equiv C - CH_2CH_3$ 1-βουτίνιο
	$CH_3 - C \equiv C - CH_3$ 2-βουτίνιο

### Προέλευση - Παρασκευές

Τα αλκίνια λόγω δραστηριότητας απαντούν σε μικρές ποσότητες στη φύση. Το μέλος της ομόλογης σειράς που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι το ακετυλένιο το οποίο και θα εξετάσουμε αναλυτικότερα.

### Παρασκευές ακετυλενίου

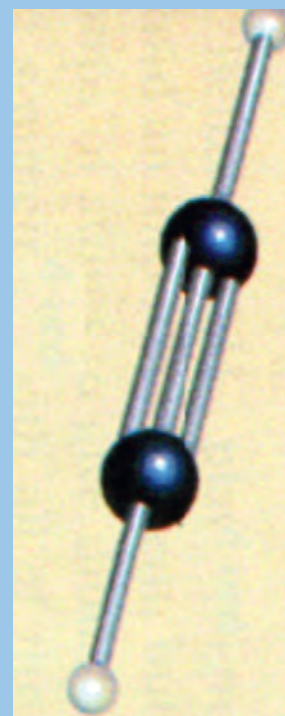
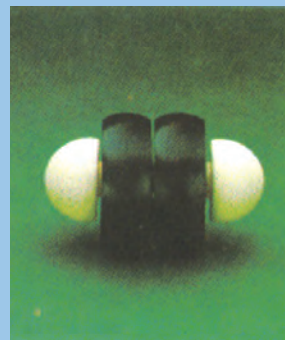
#### 1. Βιομηχανικά, με πυρόλυση του μεθανίου στους $1200^\circ C$



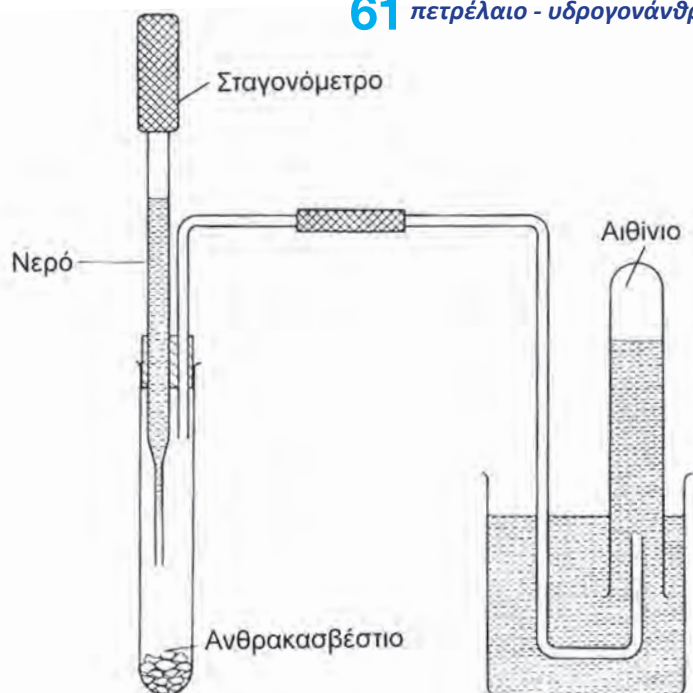
2. Με υδρόλυση του  $CaC_2$ . Παλαιότερα η μέθοδος αυτή είχε βιομηχανικό ενδιαφέρον, σήμερα έχει μόνο εργαστηριακή εφαρμογή.



#### 3. Με αφυδραλογόνωση 1,2-διχλωροαιθανίου με αλκοολικό διάλυμα NaOH ή KOH.



Η δομή του ακετυλενίου με μοριακά μοντέλα. Γενικώς τα αλκίνια εμφανίζουν ευθύγραμμη διάταξη. Δηλαδή, ο άξονας του τριπλού δεσμού και ο υποκαταστάτης του C του τριπλού δεσμού (π.χ. H) βρίσκονται σε μία ευθεία.



- Ο συντακτικός τύπος του ανθρακασβεστίου είναι



ΣΧΗΜΑ 2.12  
Εργαστηριακή διάταξη για την παρασκευή ακετυλενίου από  $\text{CaC}_2$ .

Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί γενικότερα για την παρασκευή αλκινίων.



### Φυσικές ιδιότητες ακετυλενίου

Οι φυσικές ιδιότητες των αλκινίων μοιάζουν με αυτές των αλκανίων και αλκινίων. Ειδικότερα, το ακετυλένιο είναι αέριο, άχρωμο, άοσμο, ελάχιστα διαλυτό στο νερό.

### Χημικές ιδιότητες

Τα αλκίνια γενικώς, όπως τα αλκένια, είναι δραστικές ενώσεις. Οι χαρακτηριστικότερες αντιδράσεις που δίνουν είναι στην ουσία αντιδράσεις του τριπλού δεσμού άνθρακα - άνθρακα:

#### α. Αντιδράσεις προσθήκης

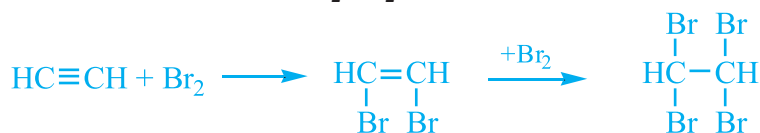
Η προσθήκη γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο ο τριπλός δεσμός μετατρέπεται σε διπλό και στη συνέχεια ο διπλός ανορθώνεται σε απλό.

##### • Προσθήκη υδρογόνου

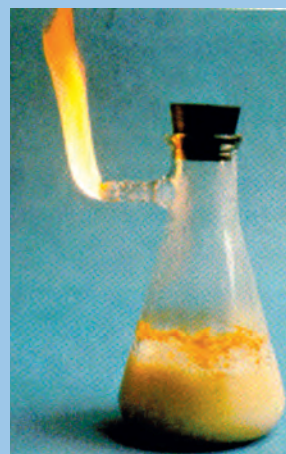
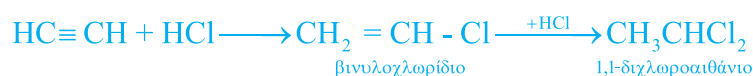
Αυτή γίνεται παρουσία καταλύτη Pt, Pd ή Ni.



##### • Προσθήκη αλογόνου ( $\text{Cl}_2$ , $\text{Br}_2$ )



##### • Προσθήκη υδραλογόνου



Προσθήκη νερού σε ανθρακασβέστιο. Το παραγόμενο ακετυλένιο καίγεται με φλόγα εξαιρετική φωτιστική.

Το ενδιάμεσο προϊόν (βινυλοχλωρίδιο) μπορεί να απομονωθεί και να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή του πολυμερούς PVC.

- **Προσθήκη HCN**



Ο πολυμερισμός του ακρυλονιτρίλιου δίνει προϊόν που χρησιμοποιείται ως τεχνητή υφάνσιμη ύλη (Orlon).

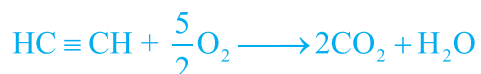
- **Προσθήκη H<sub>2</sub>O (ενυδάτωση αλκινίων)**



Η βινυλική αλκοόλη που σχηματίζεται αρχικά είναι ασταθής, επειδή στο ίδιο άτομο C υπάρχει και διπλός δεσμός και -OH ομάδα (ενόλη), και μετατρέπεται γρήγορα σε καρβονυλική ένωση.

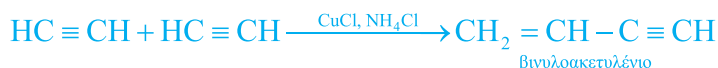
### β. Καύση

Η τέλεια καύση του  $\text{HC} \equiv \text{CH}$  δημιουργεί γαλάζια φλόγα υψηλής θερμοκρασίας (3000 °C), η οποία ονομάζεται **οξυακετυλενική φλόγα** και χρησιμοποιείται για την κόλληση και κόψιμο των μετάλλων.



### γ. Πολυμερισμός

Το  $\text{HC} \equiv \text{CH}$  μπορεί να πολυμεριστεί σε κατάλληλες συνθήκες σε βενζόλιο (τριμερισμός) ή σε βινυλοακετυλένιο (διμερισμός).



### δ. Αντιδράσεις όξιου υδρογόνου

Τα υδρογόνα του  $\text{HC} \equiv \text{CH}$ , και γενικότερα τα υδρογόνα που είναι συνδεδεμένα με τον C του τριπλού δεσμού, είναι ευκίνητα (όξινα H) και εύκολα μπορούν να αντικατασταθούν από άτομα μετάλλων. Τα προϊόντα αυτής της αντικατάστασης ονομάζονται **ακετυλενίδια**. Απ' αυτά σημαντικότερο είναι το ανθρακασβέστιο ( $\text{CaC}_2$ ). Άλλα χαρακτηριστικά παραδείγματα ακετυλενιδίων είναι αυτά του Na ή K.



Τέλος, ο σχηματισμός του χαλκοακετυλενιδίου (καστανέρυθρο ίζημα) χρησιμοποιείται για την ανίχνευση του ακετυλενίου ή γενικότερα των

- Η δεύτερη προσθήκη ακολουθεί τον κανόνα του Markovnikov.



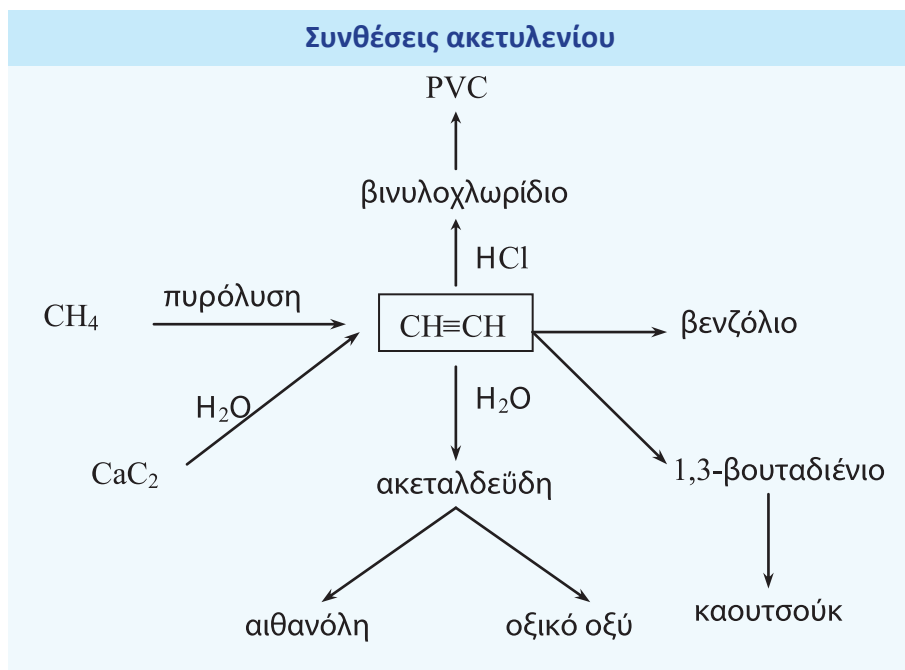
Η φλόγα από την καύση του ακετυλενίου έχει πολύ υψηλή θερμοκρασία και γι' αυτό χρησιμοποιείται για την κοπή και συγκόλληση των πολύ δύσστηκτων μετάλλων.

αλκινίων με όξινο υδρογόνο.



### Χρήσεις

Το ακετυλένιο χρησιμοποιείται στη συγκόλληση των μετάλλων (οξυ-ακετυλениκή φλόγα). Παλαιότερα το ακετυλένιο αποτελούσε τη βάση για τη βιομηχανική παρασκευή πολλών οργανικών ενώσεων με μεγάλες πρακτικές εφαρμογές. Μετά το 1970 και μέχρι σήμερα, ο ρόλος του ακετυλενίου έχει περιοριστεί, αφού στις περισσότερες περιπτώσεις έχει αντικατασταθεί από το φτηνότερο αιθυλένιο. Στον επόμενο πίνακα δίνονται διάφορες συνθέσεις με βάση το ακετυλένιο, οι οποίες έχουν σήμερα θεωρητικό χαρακτήρα.

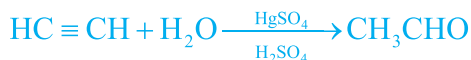


### ( Παράδειγμα 2.6 )

Να παρασκευαστεί αιθανάλη (ακεταλδεΐδη)  $\text{CH}_3\text{CHO}$  με πρώτη ύλη ανθρακασβέστιο.

#### Απάντηση

Όπως είδαμε από  $\text{CaC}_2$  μπορούμε να παρασκευάσουμε ακετυλένιο  $\text{HC} \equiv \text{CH}$ , το οποίο όταν αντιδράσει με  $\text{H}_2\text{O}$  δίνει ακεταλδεΐδη.



#### Εφαρμογή

Να παρασκευαστεί πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) με πρώτη ύλη ανθρακασβέστιο.

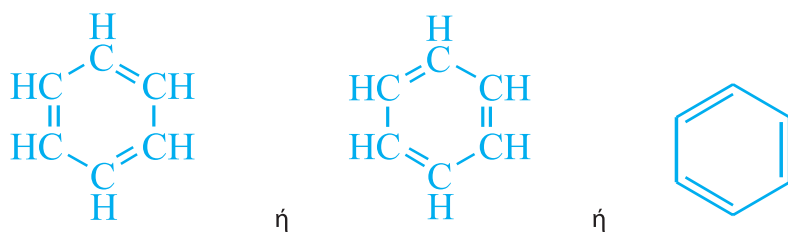


## ( 2.7. ) Αρωματικές ενώσεις - Βενζόλιο

### Γενικά - Τύπος του βενζολίου

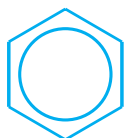
Στα πρώτα χρόνια της ανάπτυξης της οργανικής χημείας, ο όρος **αρωματικές ενώσεις** αφορούσε τις ενώσεις που είχαν ευχάριστη οσμή, όπως η βενζαλδεΐδη (από τα κεράσια, τα ροδάκινα και τα αμύγδαλα). Σήμερα, χρησιμοποιούμε τον όρο αρωματικός αναφερόμενοι στο βενζόλιο και στις ενώσεις που περιέχουν ένα τουλάχιστον βενζολικό δακτύλιο. Να επισημάνουμε ότι οι αρωματικές ενώσεις έχουν χημική συμπεριφορά πολύ διαφορετική από εκείνη των άκυκλων που μελετήσαμε έως τώρα (αρωματικός χαρακτήρας). Όμως, η συσχέτιση του αρωματικού χαρακτήρα με την ευχάριστη οσμή θεωρείται ατυχής.

Το βενζόλιο είναι η απλούστερη αρωματική ένωση και είναι ένας υδρογονάνθρακας με μοριακό τύπο  $C_6H_6$ . Επί σαράντα χρόνια, μετά την ανακάλυψή του από το Faraday το 1825, η δομή του μορίου του ήταν ένα μυστήριο, παρ' όλο που ήταν ήδη βιομηχανικό προϊόν με πολλά και χρήσιμα παράγωγα. Το πρόβλημα ήταν ότι ο μοριακός τύπος του βενζολίου ταίριαζε με ακόρεστη ένωση, ενώ η χημική του συμπεριφορά με κορεσμένη (σταθερή ένωση). Τη λύση στη δομή του βενζολίου έδωσε ο Kekule. Σύμφωνα με τη θεωρία του, τα 6 άτομα άνθρακα συνδέονται μεταξύ τους με τρεις διπλούς και τρεις απλούς δεσμούς, που δε μένουν σε σταθερές θέσεις αλλά εναλλάσσονται, σχηματίζοντας έτσι ένα εξαμελή κυκλικό δακτύλιο, σύμφωνα με το σχήμα:



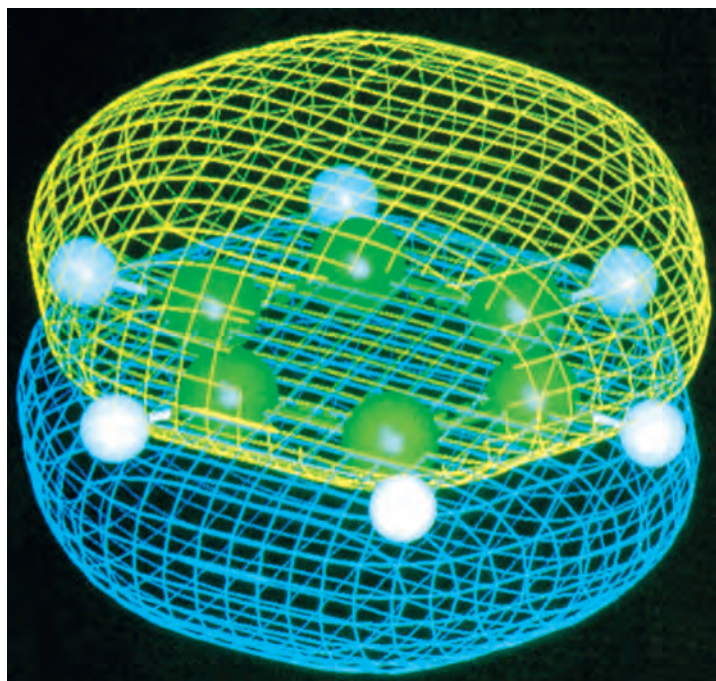
Σήμερα, σύμφωνα με νεότερες αντιλήψεις, θεωρούμε ότι,

- τα άτομα του άνθρακα του βενζολίου συνδέονται μεταξύ τους ανά δύο με τον ίδιο τρόπο που δεν είναι ούτε απλός ούτε διπλός δεσμός. Ο δεσμός αυτός είναι δηλαδή ένας ενδιάμεσος δεσμός μεταξύ αυτού του απλού και διπλού δεσμού και γι' αυτό το μόριο του βενζολίου συμβολίζεται:



F. A. Kekule: 1829 – 1896

Ξεκίνησε τις σπουδές του με αρχιτεκτονική, όταν όμως άκουσε μία διάλεξη του μεγάλου χημικού Liebig μαγεύτηκε. Παρά τις αντιδράσεις του ίδιου του Liebig «αν θέλετε να σπουδάσετε χημεία θα πρέπει να καταστρέψετε την υγεία σας» (υπονοώντας κυρίως την ανάγκη για πολύ σκληρή δουλειά και λιγότερο τις ανθυγιεινές συνθήκες στο εργαστήριο) αποφάσισε να αλλάξει αντικείμενο και να σπουδάσει χημεία. Ο Kekule ανταποκρίθηκε πλήρως στα λόγια του δασκάλου του, αφού για πολλά χρόνια περιόρισε τον ύπνο του σε 3-4 ώρες τη μέρα. Αναμφισβήτητα το όνομα του Kekule έχει συνδεθεί με το βενζόλιο και την κυκλική δομή που του απέδωσε. Πέρα όμως απ' αυτό πρόσφερε πολλά στην επιστήμη της χημείας, όπως είναι η διατύπωση της θεωρίας τετρασθένειας του ατόμου του άνθρακα και η ερμηνεία του σχηματισμού ανθρακικών αλυσίδων με απλούς διπλούς ή τριπλούς δεσμούς. Σ' αυτόν επίσης οφείλεται η διάδοση των μοριακών μοντέλων σαν εποπτικό μέσο αναπαράστασης των μορίων (με σφαίρες και συνδέσμους). Τέλος, μνημειώδες ήταν το τρίτομο συγγραφικό του έργο «Εγχειρίδιο Οργανικής Χημείας».



ΣΧΗΜΑ 2.13

Η σύγχρονη άποψη σχετικά με τη δομή του βενζολίου, όπως αυτή απεικονίζεται σε κομπιούτερ. Τα δεσμικά ηλεκτρόνια των ατόμων C (αυτά που σχηματίζουν δεσμούς) δημιουργούν ένα μη εντοπισμένο ηλεκτρονικό νέφος που «δένει» τα άτομα μεταξύ τους.



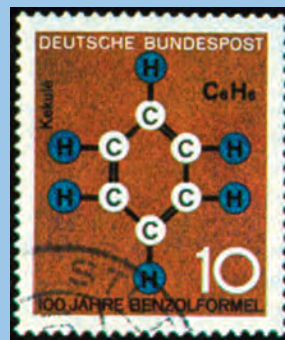
...άλλη μία εικονική παράσταση του βενζολικού δακτύλιου.

## Παρασκευές βενζολίου και αλκυλοβενζολίων

Πρώτα απ' όλα θα πρέπει να τονίσουμε τη μεγάλη οικονομική σημασία που έχει η βιομηχανική παραγωγή του βενζολίου και αλκυλοβενζολίων. Οι ενώσεις αυτές αποτελούν την πρώτη ύλη για τη σύνθεση όλων σχεδόν των αρωματικών ενώσεων, όπως ακριβώς τα αλκάνια (που λαμβάνονται από το πετρέλαιο) που αποτελούν τη βάση για τη σύνθεση των αλειφατικών (άκυκλων) ενώσεων.

Δύο είναι οι κύριες πηγές των απλών αρωματικών υδρογονανθράκων: το κάρβουνο και το πετρέλαιο.

**1. Το κάρβουνο (λιθάνθρακες)** είναι εξαιρετικά πολύπλοκο μίγμα αποτελούμενο κυρίως από εκτεταμένες αλυσίδες δακτυλίων που μοιάζουν με του βενζολίου. Όταν θερμανθεί στους 1000 °C απουσία αέρα (ξηρά απόσταξη), το κάρβουνο διασπάται σε ένα μίγμα πτητικών προϊόντων που ονομάζεται λιθανθρακόπισσα. Με κλασματική



Η δομή του βενζολίου διερευνήθηκε από το Γερμανό χημικό Kekulé το 1865. 25 χρόνια μετά, στο «φεστιβάλ βενζολίου» που διοργάνωσε η Γερμανική Χημική Ένωση ο Kekulé σε κατάσταση ευφορίας διηγήθηκε πώς έφτασε στη σύλληψη του τύπου του βενζολίου: «Γύριζα την καρτέκλα μου προς το τζάκι και λαγοκοιμήθηκα. Πάλι τα άτομα χοροπηδούσαν μπρος στα μάτια μου. Αυτή τη φορά οι μικρότερες ομάδες παρέμεναν από σεμνότητα στο πίσω μέρος. Μπορούσα τώρα να διακρίνω μεγαλύτερους συντακτικούς τύπους. Οι μακριές αλυσίδες στριφογύριζαν σαν φίδια. Αλλά δεσ! Τι ήταν αυτό; Ένα από τα φίδια δάγκωσε την ουρά του. Σαν να κτύπησε μια αστραπή! Ξύπνησα. Πέρασα, για μια ακόμα φορά, το υπόλοιπο της νύχτας επεξεργαζόμενος αυτή την εικόνα».

- Το βενζόλιο (ή καλύτερα ο βενζολικός δακτύλιος) αποτελεί τη βάση για τη σύνθεση των αρωματικών ενώσεων. Αν θέλει ο χημικός να συνθέσει μια πολύπλοκη αρωματική ένωση είτε στο εργαστήριο είτε στη βιομηχανία, δεν οικοδομεί ένα βενζολικό δακτύλιο, αλλά ξεκινά από μία απλή ένωση που περιέχει ήδη ένα βενζολικό δακτύλιο και την αυξάνει βήμα προς βήμα μέχρι να οικοδομήσει την επιθυμητή ένωση.

απόσταξη της λιθανθρακόπισσας προκύπτει το βενζόλιο, καθώς και πολλοί άλλοι αρωματικοί υδρογονάνθρακες (π.χ. μεθυλοβενζόλιο, διμεθυλοβενζόλιο).

**2. Το πετρέλαιο**, ως γνωστό, αποτελείται κυρίως από αλκάνια. Κάτω από κατάλληλες συνθήκες θέρμανσης και παρουσία καταλυτών, γίνεται αφυδρογόνωση και κυκλοποίηση των αλκανίων και μετατροπή τους σε αρωματικούς υδρογονάνθρακες, π.χ. το εξάνιο μετατρέπεται σε βενζόλιο.



Σήμερα οι μεγαλύτερες ποσότητες βενζολίου παρασκευάζονται στη βιομηχανία από το πετρέλαιο με πυρόλυση.

### Φυσικές ιδιότητες

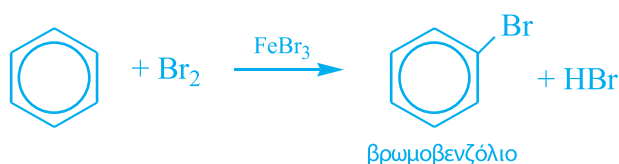
Το βενζόλιο είναι άχρωμο υγρό με χαρακτηριστική οσμή βενζίνης, αδιάλυτο στο νερό, αλλά διαλυτό σε οργανικούς διαλύτες. Το ίδιο είναι άριστος διαλύτης πολλών ουσιών. Είναι ισχυρά τοξική ουσία. Περιέχεται στα καυσαέρια οχημάτων που χρησιμοποιούν ως καύσιμο αμόλυβδη βενζίνη.

### Χημικές ιδιότητες

Η δομή που έδωσε ο Kekule για το βενζόλιο προσέκρουε στη ερμηνεία τη χημικής του συμπεριφοράς των αρωματικών ενώσεων (**αρωματικός χαρακτήρας**), καθώς ο βενζολικός δακτύλιος παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

- έχει ελάχιστη δραστηριότητα, μεγάλη δηλαδή σταθερότητα (σε αντίθεση με τα αλκένια)
- δίνει δύσκολα αντιδράσεις προσθήκης (σε αντίθεση με τα αλκένια)
- δίνει εύκολα αντιδράσεις υποκατάστασης (με αλογόνο, αλκύλια κ.λπ.)

π.χ.



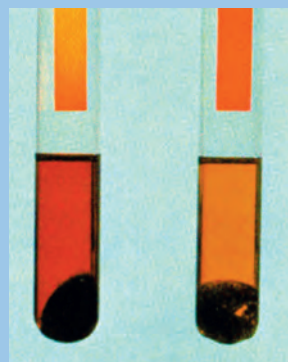
Με βάση τις ιδιότητες αυτές του βενζολικού δακτυλίου διαφοροποιούνται οι αρωματικές ενώσεις από τις υπόλοιπες οργανικές ενώσεις.

### Χρήσεις

Το βενζόλιο χρησιμοποιείται ως διαλύτης ή ως πρώτη ύλη για την παρασκευή αρωματικών ενώσεων που χρησιμοποιούνται στα χρώματα, φάρμακα, πλαστικά κ.λπ.



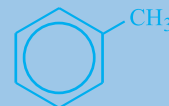
Ο καπνός του τσιγάρου περιέχει πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, ενώσεις καρκινογόνες, οι οποίες αντιδρούν με το κυτταρικό DNA.



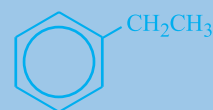
Το βενζόλιο αντιδρά με το  $\text{Br}_2$  και αρχίζει να το αποχρωματίζει. Το  $\text{HBr}$  που ελευθερώνεται χρωματίζει κόκκινο το δείκτη χάρτου.



Η ρίζα  $\text{C}_6\text{H}_5$ - φαινύλιο



μεθυλοβενζόλιο ή τολουόλιο



αιθυλοβενζόλιο

## (2.8.) Ατμοσφαιρική ρύπανση - Φαινόμενο θερμοκηπίου - Τρύπα όζοντος

### Φωτοχημική ρύπανση

Ο αέρας αποτελείται κυρίως από άζωτο (78% v/v), οξυγόνο (21% v/v), διοξείδιο του άνθρακα (0,03% v/v) και ευγενή αέρια (0,9% v/v). Ατμοσφαιρική ρύπανση είναι η αλλοίωση της παραπάνω σύστασης (ποιοτικής και ποσοτικής), που μπορεί να έχει βλαβερές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς, καθώς και στο υλικό και πολιτισμικό περιβάλλον.

Τα υγρά και στερεά καύσιμα, καθώς καίγονται, επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα με πολλούς ρυπαντές, όπως τα **αιωρούμενα σωματίδια**, το μονοξείδιο του αζώτου (**NO**), το διοξείδιο του θείου (**SO<sub>2</sub>**), το μονοξείδιο του άνθρακα (**CO**), **άκαυστοι υδρογονάνθρακες** και άλλους. Οι ενώσεις αυτές, που χαρακτηρίζονται **πρωτογενείς ρυπαντές**, υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, σχηματίζουν άλλους ρυπαντές, τους **δευτερογενείς**, όπως είναι το όζον (**O<sub>3</sub>**), διάφορες **αλδεΐδες**, τα πολύπλοκα **PAN's** (νιτρικά υπεροξυακετύλια) κ.λπ.

Στις σύγχρονες μεγαλουπόλεις τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση των λεγόμενων φωτοχημικών ρύπων, όπως είναι οι υδρογονάνθρακες, τα οξείδια του αζώτου και το «τροποσφαιρικό» (ή «κακό» όζον). Η φωτοχημική ρύπανση προέρχεται κυρίως από τα καυσαέρια των εξατμίσεων των αυτοκινήτων.

Τα οξείδια του αζώτου είναι βασικά συστατικά της φωτοχημικής ρύπανσης. Απ' αυτά, το διοξείδιο του αζώτου πρωτογενώς προσβάλλει τα μάτια και προκαλεί αναπνευστικές επιπλοκές. Επίσης διασπάται με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας:



Τα άτομα οξυγόνου, με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, αντιδρούν με το αέριο οξυγόνο της ατμόσφαιρας και σχηματίζουν το όζον.



Το όζον αποτελεί φωτοχημικό ρύπο και συγκεντρώνεται στην ατμόσφαιρα μέχρι το ύψος των 10 km περίπου (τροπόσφαιρα), ενώ στην παραγωγή του συμβάλλουν οι μεγάλες συγκεντρώσεις οξειδίου του αζώτου, οργανικών πτητικών ενώσεων, καθώς επίσης η υψηλή ηλιοφάνεια και η θερμοκρασία. Το όζον της τροπόσφαιρας είναι το κυ-



Εντυπωσιακή αλλαγή στο τοπίο του Λος Άντζελες μετά τη λήψη δραστικών μέτρων κατά της φωτοχημικής ρύπανσης.

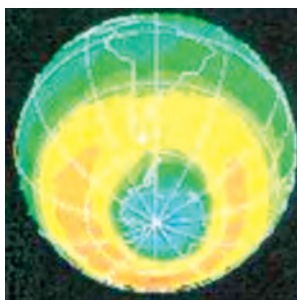
ριότερο συστατικό της φωτοχημικής ρύπανσης. Προκαλεί ισχυρούς ερεθισμούς σε ζωτικά όργανα του ανθρώπινου σώματος, όπως είναι το αναπνευστικό σύστημα. Ακόμα προκαλεί έντονο ερεθισμό στα μάτια. Μαζί με το όζον σχηματίζονται τα τοξικά PAN's.

Στη λεκάνη της Μεσογείου το πρόβλημα της φωτοχημικής ρύπανσης είναι πολύ πιο σοβαρό από ό,τι στην υπόλοιπη Ευρώπη, κυρίως λόγω της έντονης ηλιοφάνειας. Ειδικά η Αθήνα θεωρείται μαζί με το Λος Άντζελες «πόλη-μοντέλο» φωτοχημικής ρύπανσης, στην οποία συμβάλλουν πολλοί λόγοι, όπως είναι ο υπερπληθυσμός και το κυκλοφοριακό.

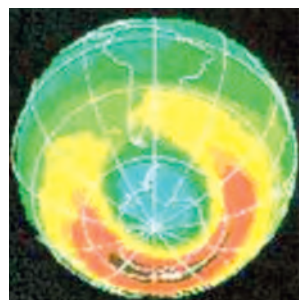
### Όζον - Τρύπα Όζοντος

Το όζον ( $O_3$ ) αποτελεί ένα από τα συστατικά της γήινης ατμόσφαιρας και, παρόλο που συνιστά μικρό μόνο ποσοστό των συστατικών της, αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για την ύπαρξη της ζωής πάνω στον πλανήτη.

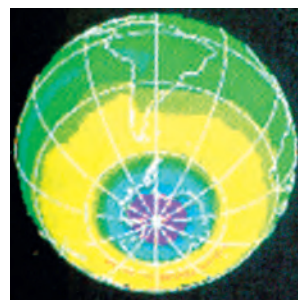
Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις όζοντος στον αέρα παρατηρούνται στη **στρατόσφαιρα σε ύψος 20-25 km** (1 100.000). Αυτό μας προστατεύει από τις επικίνδυνες υπεριώδεις ακτινοβολίες (UV) και ιδιαίτερα από τις υπεριώδεις B (UV-B). Οι ακτινοβολίες αυτές μπορούν να προκαλέσουν καρκίνους του δέρματος, βλάβες στους οφθαλμούς, σημαντικά προβλήματα στο ανοσοποιητικό σύστημα ή ακόμα να προκαλέσουν σημαντικές ζημιές στα οικοσυστήματα και στη γεωργία.



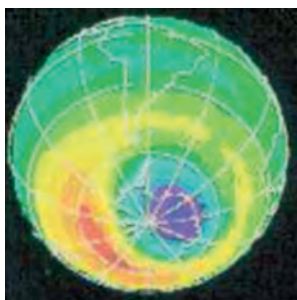
Οκτώβριος 86



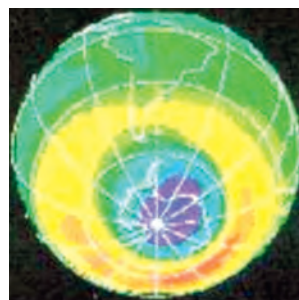
Οκτώβριος 88



Οκτώβριος 90



Οκτώβριος 92



Οκτώβριος 94

Η εξέλιξη του φαινομένου της τρύπας όζοντος (μωβ χρώμα) στο νότιο πόλο, όπως καταγράφηκε από δορυφόρο (αρχεία NASA).

Το όζον ( $O_3$ ) στην ατμόσφαιρα διασπάται, όταν απορροφήσει υπεριώδη ακτινοβολία. Αυτή η φυσική διαδικασία διαταράσσεται από την παρουσία ρύπων. Το χλώριο ( $Cl$ ) και το βρώμιο ( $Br$ ) για παράδειγμα, επιταχύνουν τη διάσπαση των μορίων του όζοντος, καταστρέφοντας έτσι τη στιβάδα του όζοντος, στην περιοχή της στρατόσφαιρας.

Οι χλωροφθοράνθρακες ( $CFCs$ ) είναι μία ομάδα οργανικών ενώσεων, οι οποίες ευθύνονται κατά πολύ για την εμφάνιση της τρύπας του όζοντος. Οι  $CFCs$  αποτελούνται από άτομα χλωρίου, φθορίου και άνθρακα, είναι μη τοξικοί, δεν αντιδρούν με το νερό, δεν είναι εύφλεκτοι και γενικά είναι χημικά αδρανείς. Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή μιας σειράς βιομηχανικών προϊόντων, όπως είναι τα αεροζόλ, τα διογκωτικά για πολυουρεθάνες και άλλα πλαστικά. Χρησιμοποιούνται επίσης σε συστήματα ψύξης και κλιματισμού και ως διαλύτες στη βιομηχανία και το χημικό καθαρισμό. Οι  $CFCs$  έχουν μεγάλο χρόνο ζωής (55-140 χρόνια) και έχουν χαμηλό κόστος παραγωγής.

Δύο σημαντικοί χλωροφθοράνθρακες	
CFC-12	CFC-11
Freon 12	Freon 11
$CF_2Cl_2$	$CFCl_3$
$\begin{array}{c} Cl \\   \\ Cl - C - F \\   \\ F \end{array}$ διχλωροδιφθορομεθάνιο	$\begin{array}{c} Cl \\   \\ Cl - C - F \\   \\ Cl \end{array}$ τριχλωροφθορομεθάνιο

Οι αέριοι  $CFCs$  στα ανώτερα στρώματα (στρατόσφαιρα) διασπώνται με την υπεριώδη ακτινοβολία και δίνουν ρίζες χλωρίου ( $Cl\bullet$ ).



Οι ρίζες χλωρίου, που σχηματίζονται, αντιδρούν με το όζον ( $O_3$ ) στη στρατόσφαιρα και σχηματίζουν οξυγόνο ( $O_2$ ) και ρίζες ( $ClO\bullet$ ). Στη συνέχεια οι ρίζες  $ClO\bullet$  αντιδρούν με ρίζες ( $O\bullet$ ) που βρίσκονται σ' αυτή την περιοχή και σχηματίζουν μοριακό οξυγόνο ( $O_2$ ) και ρίζες χλωρίου. Όταν απελευθερωθεί μία μοναδική ρίζα χλωρίου ( $Cl\bullet$ ), καταστρέφει



1.000.000 περίπου μόρια όζοντος, πριν κατακαθίσει στην επιφάνεια της Γης, ύστερα από χρόνια. Έτσι το ατμοσφαιρικό όζον ελαττώνεται με ταχύ ρυθμό και στη θέση απομένει μία «τρύπα», απ' όπου η επικίνδυνη υπεριώδης ακτινοβολία διέρχεται ανενόχλητη και φθάνει ως

• Δεν πρέπει να συγχέουμε το στρώμα του όζοντος, που βρίσκεται στη **στρατόσφαιρα** σε απόσταση 25-30 km από την επιφάνεια της Γης και το οποίο είναι ευεργετικό, με το όζον της **τροπόσφαιρας** που βρίσκεται σε ύψος 0-10 km από την επιφάνεια της Γης. Το τελευταίο είναι ρυπαντής και προκαλεί βλάβες στον ανθρώπινο οργανισμό. Επειδή οι δύο αυτές ποσότητες του όζοντος δεν επικοινωνούν, μπορούμε να πούμε ότι **οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν ως συνέπεια να ελαττώνεται το ωφέλιμο όζον της στρατόσφαιρας (τρύπα όζοντος) και να αυξάνεται το επιβλαβές όζον της τροπόσφαιρας (φωτοχημική ρύπανση).**

την επιφάνεια της Γης. Η στιβάδα του όζοντος μειώθηκε κατά 6-7% την τελευταία δεκαετία και προβλέπεται να μειωθεί κατά 10% έως το 2000. Ακόμα κι αν εφαρμοστούν από σήμερα οι διεθνείς συνθήκες για την προστασία του όζοντος, θα χρειαστούν τουλάχιστον 70 χρόνια, για να ανακοπεί η μείωσή του. Η διαδικασία αντικατάστασης των ουσιών που καταστρέφουν το όζον, με περισσότερο φιλικές προς το περιβάλλον ουσίες π.χ HFCs (υδροφθοράνθρακες) γίνεται με πολύ αργούς ρυθμούς, και δεν προβλέπεται να ολοκληρωθεί νωρίτερα από το 2030.

### Φαινόμενο Θερμοκηπίου

Τα αέρια που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα, όπως οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, το οξείδιο του αζώτου, οι χλωροφθοράνθρακες, είναι διαφανή στην προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, που τα διαπερνά. Απορροφούν όμως μέρος της ανακλούμενης ακτινοβολίας από τη Γη και την επιστρέφουν, θερμαίνοντας έτσι το σύστημα Γη - κατώτερη ατμόσφαιρα. Αν δεν υπήρχε αυτό το προστατευτικό κάλυμμα των αερίων της ατμόσφαιρας, που λειτουργεί όπως η κάλυψη από γυαλί του θερμοκηπίου, η ανακλούμενη από τη Γη ακτινοβολία θα διέφευγε στο διάστημα και η μέση επιφανειακή θερμοκρασία του πλανήτη μας θα ήταν αρκετές δεκάδες βαθμοί χαμηλότερη.

Βλέπουμε δηλαδή, ότι το αποτέλεσμα αυτής της δράσης κάτω από αυτές τις συνθήκες και χωρίς την έκλυση των αερίων ανθρώπινης προέλευσης είναι πολύ ευεργετικό. Σήμερα, όμως, με την αύξηση των συγκεντρώσεων διαφόρων «θερμοκηπικών» αερίων στην ατμόσφαιρα, το φαινόμενο του θερμοκηπίου έχει ενισχυθεί και δημιουργεί πολλά προβλήματα. Τα κυριότερα ανθρωπογενούς προέλευσης αέρια που συμμετέχουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι:

**Το διοξείδιο του άνθρακα.** Θεωρείται υπεύθυνο για το 50% της υπερθέρμανσης της ατμόσφαιρας. Σε λιγότερο από 2 αιώνες οι άνθρωποι αύξησαν κατά 25% τη συνολική ποσότητα CO<sub>2</sub> της ατμόσφαιρας με τη χρήση των φυσικών καυσίμων (γαιάνθρακες, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) και με την καταστροφή των δασών. Υπολογίζεται ότι κάθε χρόνο οι άνθρωποι επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα με 6 δισεκατομμύρια τόνους CO<sub>2</sub>.

**Το μεθάνιο** ευθύνεται για το 18% της υπερθέρμανσης της ατμόσφαιρας. Έχει βρεθεί ότι 1 kg CH<sub>4</sub> απορροφά 70 φορές περισσότερη ενέργεια από 1 kg CO<sub>2</sub>.

**Οι χλωροφθοράνθρακες** συμβάλλουν κατά 14-16%, **τα οξείδια του αζώτου** κατά 8% και **το όζον** κατά 12%.

Οι συνέπειες της υπερθέρμανσης της Γης δεν είναι ομοιόμορφα κατανομημένες σε όλα τα γεωγραφικά μήκη και πλάτη. Πρόσφατες έρευνες σε Αμερική και Ευρώπη δείχνουν ότι κάτω από τις συνθήκες αυτές προβληματικά κλιματολογικά φαινόμενα, όπως οι ξηρασίες, οι

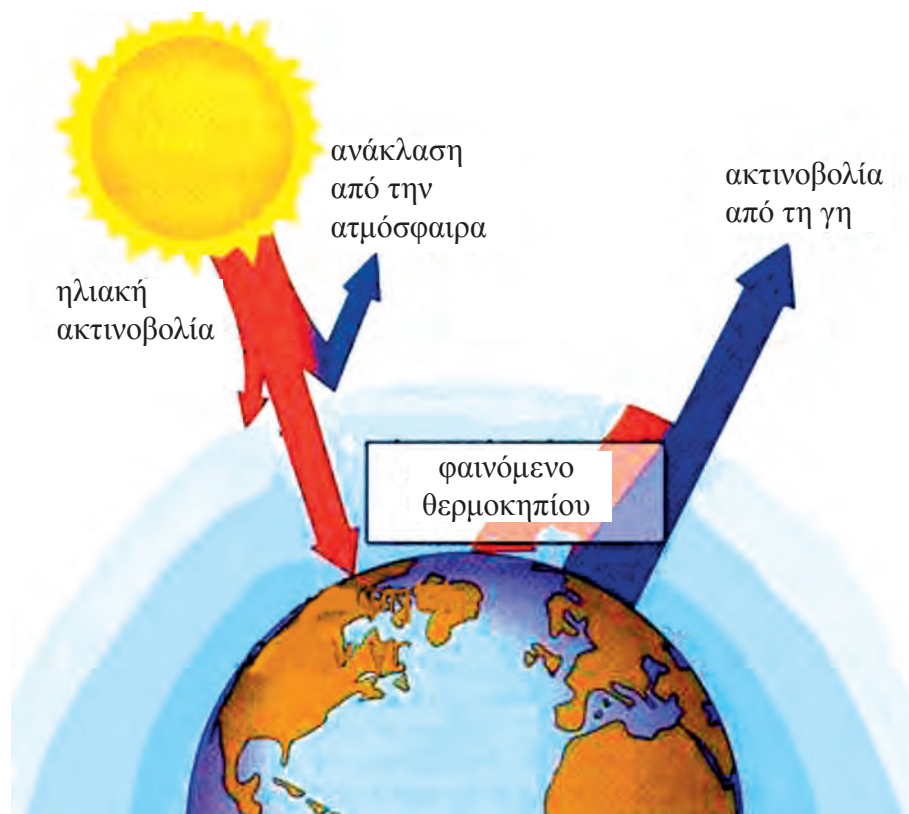
Τα σημαντικότερα αέρια που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου:

Αέριο	Συμμετοχή στο φαινόμενο
CO <sub>2</sub>	50%
CH <sub>4</sub>	18%
CFCs	14-16%
NO <sub>x</sub>	8%
O <sub>3</sub>	12%



Οι τεράστιες ποσότητες CO<sub>2</sub> που παράγονται συνεχώς από τις διάφορες καύσεις, δυστυχώς δεν ισοσταθμίζονται από τη φωτοσύνθεση (μετατροπή CO<sub>2</sub> σε O<sub>2</sub>) κυρίως λόγω των μεγάλων καταστροφών στα δάση. Το CO<sub>2</sub> που δημιουργείται εμποδίζει τη μεταφορά θερμότητας από τα κατώτερα στα ανώτερα στρώματα (θερμοκηπίο). Έτσι, υπολογίζεται ότι η μέση θερμοκρασία της Γης θα ανέβει τα επόμενα 100 χρόνια 2 - 6 °C. Τεράστιες μάζες πάγου θα λιώσουν στους πόλους, επιφέροντας άνοδο στη στάθμη της θάλασσας με συνέπεια μεγάλες εκτάσεις της Γης να καλυφθούν με νερά (πλημμύρες). Πόσο αληθινά είναι τα σενάρια αυτά κανείς δεν μπορεί να είναι σίγουρος για πολλούς λόγους. Ο κυριότερος είναι ότι οι υπολογισμοί γίνονται με προσεγγίσεις με μεγάλα περιθώρια λάθους.

πλημμύρες, το El Niño και άλλα, αναμένεται να εμφανίζονται πιο συχνά. Οι σίγουρες συνέπειες της παγκόσμιας υπερθέρμανσης είναι: 1) η μείωση στα αποθέματα του νερού. 2) Οι απότομες μεταβολές στη θερμοκρασία του αέρα. 3) Οι υψηλές θερμοκρασίες στη θερινή περίοδο. 4) Η είσοδος των θαλάσσιων υδάτων στον παράκτιο υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα και η υποβάθμισή του. 5) Οι σημαντικές μετακινήσεις πληθυσμού και αγαθών.



ΣΧΗΜΑ 2.14

Σχηματική παρουσίαση του φαινομένου του θερμοκηπίου.



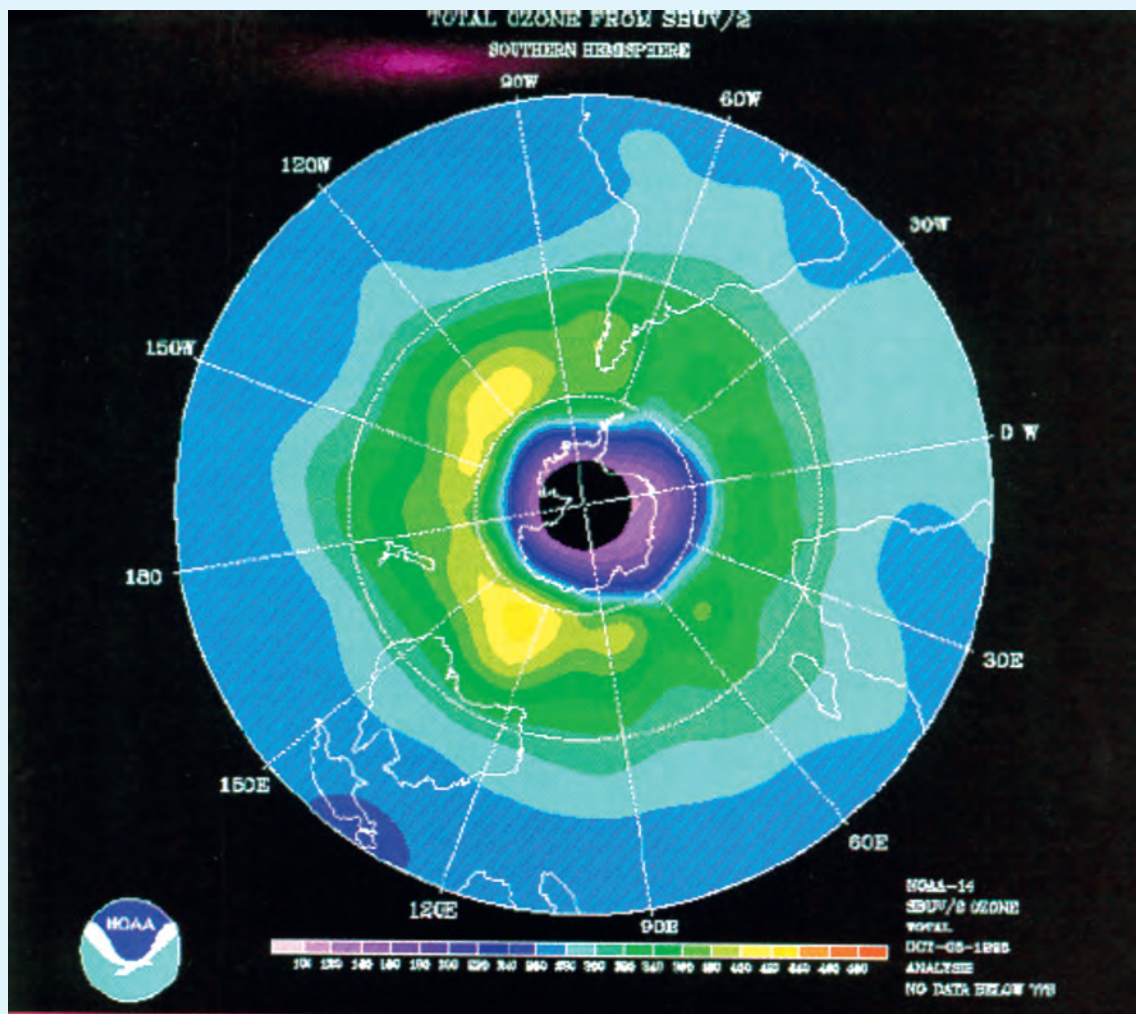
## Γνωρίζεις ότι...

### Ένα ψυγείο χωρίς CFCs από την Greenpeace

Τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια να αντικατασταθούν οι αδρανείς χλωροφθοράνθρακες από άλλες ουσίες δραστικότερες, που δεν παραμένουν αμετάβλητες στην ατμόσφαιρα για πολύ καιρό και δεν προκαλούν μείωση του όζοντος της στρατόσφαιρας. Τέτοιες ουσίες είναι οι υδροφθοράνθρακες και οι υδρογονάνθρακες, που χρησιμοποιήθηκαν στο πειραματικό ψυγείο που κατασκευάστηκε από την Greenpeace.

Το Βρετανικό Γραφείο της Greenpeace, σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Περιβαλλοντικής Μηχανικής του South Bank Polytechnic, κατασκεύασε ένα οικιακό ψυγείο χωρίς CFCs. Συγκεκριμένα, το ψυκτικό αέριο CFC-12 αντικαταστάθηκε από προπάνιο, ενώ και το διογκωμένο CFC-11 μονωτικό, που χρησιμοποιείται συνήθως, αντικαταστάθηκε από μονωτικό διογκωμένο με διοξείδιο του άνθρακα.

Το Βρετανικό Ινστιτούτο Ψύξης θεωρεί πως η χρήση προπανίου και μονωτικού διογκωμένου με διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί μία ρεαλιστική άμεση λύση στα προβλήματα της χρήσης των CFCs. Το νέο ψυγείο χρησιμοποιεί μόλις 20 g ενός μίγματος βουτανίου-προπανίου σε ίσες αναλογίες, όση είναι δηλαδή η ποσότητα υγραερίου που περιέχεται σε 3 αναπτήρες. Εξάλλου, η ενεργειακή του κατανάλωση είναι χαμηλότερη από αυτή των αντίστοιχων συμβατικών ψυγείων.



ΣΧΗΜΑ 2.15

Η τρύπα του όζοντος, όπως καταγράφηκε από τη NASA τον Οκτώβριο του 1995, καλύπτει στο νότιο πόλο μια περιοχή όσο περίπου είναι η έκταση της νοτίου Αμερικής (κόκκινο-βιολετί χρώμα).

## Ανακεφαλαίωση

1. Καύση μιας ανόργανης ή οργανικής ουσίας είναι η αντίδρασή της με οξυγόνο (ή αέρα), όταν συνοδεύεται από παραγωγή φωτός και θερμότητας.
2. Τα καύσιμα είναι υλικά που, όταν καίγονται, αποδίδουν σημαντικά και εκμεταλλεύσιμα ποσά ενέργειας.
3. Η καύση είναι αντίδραση εξώθερμη.
4. Το πετρέλαιο είναι μίγμα υγρών υδρογονανθράκων στους οποίους είναι διαλυμένοι αέριοι και στερεοί υδρογονάνθρακες.
5. Η κατεργασία μετατροπής του αργού πετρελαίου σε εμπορεύσιμα προϊόντα ονομάζεται διύλιση.
6. Η βενζίνη είναι μίγμα υδρογονανθράκων με 5 έως 12 άτομα άνθρακα στο μόριό τους.
7. Η ποιότητα της βενζίνης καθορίζεται από ένα δείκτη που ονομάζεται αριθμός οκτανίου.
8. Νάφθα είναι το κλάσμα της απόσταξης του αργού πετρελαίου που αποτελείται κυρίως από αλκάνια με 5 έως 9 άτομα άνθρακα στο μόριό τους.
9. Πετροχημεία είναι ο κλάδος της βιομηχανικής χημείας που περιλαμβάνει το σύνολο των μεθόδων παραγωγής χημικών προϊόντων με πρώτη ύλη το πετρέλαιο.
10. Το φυσικό αέριο είναι μίγμα υδρογονανθράκων που συνυπάρχει με το πετρέλαιο και έχει ως κύριο συστατικό του το μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ).
11. Τα αλκάνια βρίσκονται άφθονα στο φυσικό αέριο και στο πετρέλαιο. Το μεθάνιο αποτελεί επίσης το κύριο συστατικό του βιοαερίου.
12. Το  $\text{CH}_4$  και όλα τα αλκάνια είναι ενώσεις αδρανείς. Σε κατάλληλες συνθήκες δίνουν λίγες αντιδράσεις, όπως είναι η καύση, η πυρόλυση και η υποκατάσταση.
13. Ο καταλύτης στα αυτοκίνητα μετατρέπει μερικά επικίνδυνα συστατικά των καυσαερίων σε λιγότερο βλαβερά και σε ακίνδυνα αέρια.
14. Τα αλκένια λόγω δραστηριότητας δεν είναι διαδεδομένα στη φύση, παρασκευάζονται στη βιομηχανία με πυρόλυση των αλκανίων και στο εργαστήριο με αφυδάτωση αλκοολών ή αφυδραλογόνωση αλκυλαλογονιδίων.
15. Τα αλκένια είναι ενώσεις πολύ πιο δραστικές από τα αλκάνια, λόγω της μεγάλης ενέργειας του διπλού δεσμού. Οι χαρακτηριστικές τους αντιδράσεις είναι η προσθήκη, ο πολυμερισμός και η καύση.
16. Τα αλκίνια λόγω δραστηριότητας δε βρίσκονται στη φύση. Το πιο ενδιαφέρον μέλος της σειράς είναι το ακετυλένιο.
17. Το ακετυλένιο βιομηχανικά παρασκευάζεται με πυρόλυση του μεθανίου, που αποτελεί συστατικό του φυσικού αερίου.

18. Τα αλκίνια είναι ενώσεις δραστικές εξαιτίας του τριπλού δεσμού. Οι χαρακτηριστικές τους αντιδράσεις είναι η προσθήκη, η καύση, ο πολυμερισμός και οι αντιδράσεις του όξινου υδρογόνου.
19. Το βενζόλιο είναι ο κύριος εκπρόσωπος των αρωματικών υδρογονανθράκων. Στο βενζολικό δακτύλιο τα άτομα του άνθρακα του βενζολίου συνδέονται μεταξύ τους με δεσμό ενδιάμεσο του απλού και διπλού δεσμού.
20. Δύο είναι οι πηγές από όπου προέρχονται οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες (π.χ. το βενζόλιο): το κάρβουνο (λιθάνθρακες) και το πετρέλαιο.
21. Το σύνολο των ιδιοτήτων του βενζολίου και των παραγώγων του ονομάζεται αρωματικός χαρακτήρας. Το βενζόλιο είναι ελάχιστα δραστικό, δίνει εύκολα αντιδράσεις υποκατάστασης και πολύ δύσκολα αντιδράσεις προσθήκης.
22. Οι ρυπαντές που προέρχονται από την καύση των υγρών και στερεών καυσίμων π.χ.  $\text{NO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$  και άκαυστοι υδρογονάνθρακες (πρωτογενείς ρυπαντές) με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας σχηματίζουν δευτερογενείς ρυπαντές, όπως π.χ. όζον, αλδεΐδες και PAN. Έτσι, προκαλείται φωτοχημική ρύπανση.
23. Η ταχεία ελάττωση του ατμοσφαιρικού όζοντος, με κύρια αιτία τους χλωροφθοράνθρακες (CFCs), διευκολύνει τη διέλευση της επικίνδυνης υπεριώδους ακτινοβολίας προς την επιφάνεια της γης. Το φαινόμενο είναι γνωστό ως τρύπα του όζοντος.
24. Τα κυριότερα ανθρωπογενούς προέλευσης αέρια που συμμετέχουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο και οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs).

## Λέξεις-κλειδιά

- καύση
- καύσιμο
- πετρέλαιο
- διύλιση
- κλασματική απόσταξη
- πετροχημεία
- βενζίνη
- αριθμός οκτανίου
- νάφθα
- φυσικό αέριο
- βιοαέριο
- αλκάνια
- μεθάνιο
- καταλυτικός μετατροπέας
- αλκένια
- αιθυλένιο
- αλκίνια
- ακετυλένιο
- προσθήκη
- πολυμερισμός
- υποκατάσταση
- αρωματικές ενώσεις
- βενζόλιο
- αρωματικός χαρακτήρας
- ατμοσφαιρική ρύπανση
- φαινόμενο θερμοκηπίου
- τρύπα του όζοντος

## Ερωτήσεις - Ασκήσεις - Προβλήματα

### Ερωτήσεις επανάληψης

1. Να δώσετε τους ορισμούς: α) καύση, β) καύσιμο, γ) φυσικό καύσιμο, δ) τεχνητό καύσιμο.
2. Ποιες είναι οι κυριότερες πηγές καυσίμων στη φύση;
3. Περιγράψτε τη θεωρία που θεωρείται επικρατέστερη σήμερα για το σχηματισμό του πετρελαίου.
4. α) Τι είναι η νάφθα; β) Τι είναι ο αριθμός οκτανίου; γ) Τι είναι το φυσικό αέριο και ποιο το κύριο συστατικό του; δ) Να αναφέρετε δύο βασικά πλεονεκτήματα του φυσικού αερίου ως καυσίμου.
5. Τι είναι το βιοαέριο και τι είναι η βιομάζα;
6. Ποιοι είναι οι γενικοί τύποι των: α) αλκανίων, β) αλκενίων, γ) αλκινίων. Ποιος είναι ο μοριακός τύπος του 1<sup>ου</sup> μέλους κάθε μιας ομόλογης σειράς από τους παραπάνω υδρογονάνθρακες;
7. Ποια είναι η προέλευση των κορεσμένων υδρογονανθράκων;
8. Να αναφέρετε μερικές φυσικές ιδιότητες των αλκανίων.
9. Τι γνωρίζετε για την πυρόλυση των αλκανίων; Ποια είναι η βιομηχανική της σημασία;
10. Να αναφέρετε μερικές φυσικές ιδιότητες των αλκενίων.
11. Να διατυπώσετε τον κανόνα του Markovnikov και να δώσετε ένα παράδειγμα εφαρμογής του.
12. Τι είναι ο πολυμερισμός; Τι είναι το πολυμερές;
13. Ποιο είναι το γενικό σχήμα των αντιδράσεων πολυμερισμού των αλκενίων; Να δώσετε σχετικά παραδείγματα.
14. Ποιες είναι οι κυριότερες βιομηχανικές χρήσεις του αιθυλενίου;
15. Πώς καίγεται το ακετυλένιο και ποια είναι τα αποτελέσματα της καύσης του;
16. Να γράψετε μερικές αντιδράσεις που να αποδεικνύουν τον όξινο χαρακτήρα του H του ακετυλενίου.
17. Τι είναι το βενζόλιο; Τι ονομάζουμε σήμερα αρωματικές ενώσεις;
18. Να αναφέρετε μερικές ανανεώσιμες μορφές ενέργειας και να εξηγήσετε τα οφέλη που θα προκύψουν από τη χρήση τους.
19. Ποια από τα καυσαέρια των αυτοκινήτων είναι ακίνδυνα και ποια είναι τοξικά;
20. Από τι αποτελείται ο καταλύτης ενός αυτοκινήτου και ποιος είναι ο ρόλος του;



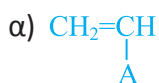
## Ασκήσεις – Προβλήματα

### α. Πετρέλαιο -Βενζίνη

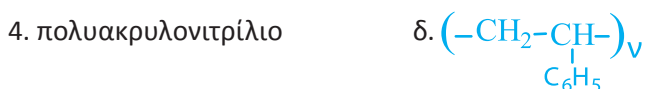
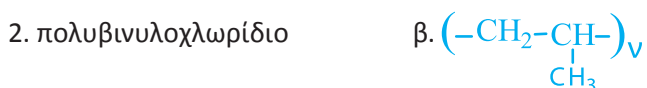
- 21.** Να χαρακτηρίσετε με Σ τις προτάσεις που είναι σωστές και με Λ τις προτάσεις που είναι λανθασμένες.
- α. Η καύση είναι εξώθερμη αντίδραση.
- β. Η βενζίνη λαμβάνεται μόνο από την κλασματική απόσταξη του αργού πετρελαίου.
- γ. Η νάφθα με πυρόλυση δίνει αέριο νάφθα, βενζίνη και μίγμα κατώτερων υδρογονανθράκων.
- \*22.** Να χαρακτηρίσετε με Σ τις προτάσεις που είναι σωστές και με Λ τις προτάσεις που είναι λανθασμένες.
- α. Στα αυτοκίνητα με καταλύτη επιβάλλεται η χρήση αμόλυβδης βενζίνης.
- β. Το αργό πετρέλαιο μετατρέπεται σε εμπορεύσιμα καύσιμα με τη διύλιση.
- γ. Το πετρέλαιο αποτελείται μόνο από υγρούς υδρογονάνθρακες.
- δ. Τα προϊόντα της κλασματικής απόσταξης του πετρελαίου ονομάζονται πετροχημικά.
- Να εξηγήσετε την απάντησή σας μόνο στην πρόταση α.

### β. Αλκάνια - Αλκένια - Αλκίνια - Αρωματικές ενώσεις - Βενζόλιο

- 23.** Να γράψετε μερικές χημικές αντιδράσεις με τις οποίες παράγονται αλκάνια σε καθαρή κατάσταση.
- 24.** Τι γνωρίζετε για την καύση των αλκανίων;
- 25.** Τι είναι η πυρόλυση των αλκανίων; Γράψτε μία χημική αντίδραση πυρόλυσης αλκανίου. Τι είναι η ισομερίωση;
- 26.** Να γράψετε τις χημικές αντιδράσεις του μεθανίου με χλώριο: α) σε διάχυτο φως, β) με άμεσο ηλιακό φως.
- 27.** Να γράψετε τις χημικές εξισώσεις παρασκευής ενός αλκενίου με πρώτη ύλη: α) ένα αλκυλαλογονίδιο, β) μία αλκοόλη.
- 28.** Να δώσετε από δύο παραδείγματα χημικών αντιδράσεων: α) προσθήκης, β) πολυμερισμού, γ) όξινου υδρογόνου στο ακετυλένιο, αναφέροντας και τις κατάλληλες συνθήκες κάτω από τις οποίες αυτές πραγματοποιούνται.
- 29.** Να γράψετε τις χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων πολυμερισμού των ουσιών με τους παρακάτω χημικούς τύπους.



30. Να αντιστοιχίσετε τους αριθμούς με τα γράμματα.



31. Το ακετυλένιο μπορεί να παρασκευαστεί με τις παρακάτω διαδικασίες:

α) Το μεθάνιο θερμαίνεται στους 1500°C.

β) Με υδρόλυση  $\text{CaC}_2$ .

γ) Από την αντίδραση ενός διχλωροπαραγώγου του αιθανίου με αλκοολικό διάλυμα  $\text{NaOH}$ .

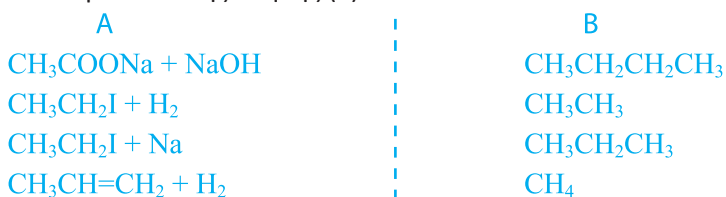
Να γράψετε τις χημικές εξισώσεις των παραπάνω αντιδράσεων.

32. Τι τύπο έδωσε ο Kekule για το βενζόλιο και ποιος είναι ο τύπος του βενζολίου σύμφωνα με τις νεότερες απόψεις;

33. Πώς παρασκευάζεται σήμερα το βενζόλιο;

34. Να γράψετε μία χημική αντίδραση υποκατάστασης του βενζολίου.

35. Να αντιστοιχίσετε τα αντιδρώντα σώματα της στήλης (Α) με τα οργανικά προϊόντα της στήλης (Β):



\*36. Να συμπληρώσετε τα διάστικτα στις παρακάτω χημικές εξισώσεις:



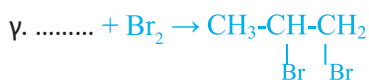
37. Να συμπληρώσετε τις παρακάτω αντιδράσεις προσθήκης:





Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας στην αντίδραση γ.

**\*38.** Να συμπληρώσετε τα διάστικτα στις παρακάτω χημικές εξισώσεις:



**39.** Να σημειώσετε με Σ τις προτάσεις που είναι σωστές και με Λ αυτές που είναι λανθασμένες:

α) Τα αλκάνια και τα αλκένια έχουν γενικούς εμπειρικούς τύπους  $\text{C}_v\text{H}_{2v}$  και  $\text{C}_v\text{H}_{2v+2}$  αντιστοίχως.

β) Άκυκλοι υδρογονάνθρακες είναι αυτοί που σχηματίζουν ανοικτή ανθρακική αλυσίδα στο μόριό τους.

γ) Οι υδρογονάνθρακες είναι σώματα υγρά.

δ) Τα αλκυλαλογονίδια αποτελούνται από ένα αλκύλιο που έχει τύπο  $\text{C}_v\text{H}_{2v+1}$  - και αλογόνο, όπως Cl, Br, ή I.

ε) Γενικά η πυρόλυση μετατρέπει μικρά μόρια υδρογονανθράκων σε μεγαλύτερα.

**40.** Να σημειώσετε με Σ τις προτάσεις που είναι σωστές και με Λ αυτές που είναι λανθασμένες:

α) Το ακετυλένιο βρίσκεται άφθονο στη φύση.

β) Τα υδρογόνα του ακετυλενίου μπορούν να αντικατασταθούν από μέταλλα (όξινος χαρακτήρας).

γ) Το ακετυλένιο δεν πολυμερίζεται, διότι έχει τριπλό δεσμό και όχι διπλό, όπως το αιθένιο.

δ) Από το ακετυλένιο μπορούμε να παρασκευάσουμε  $\text{C}_6\text{H}_6$ .

**41.** Να αντιστοιχίσετε κάθε ουσία της στήλης (Α) με την ομόλογη σειρά στην οποία ανήκει η ουσία της στήλης (Β).

A	B
1-βουτίνιο	Αλκάνιο
αιθένιο	Αλκένιο
μεθυλοπροπάνιο	αρωματικός υδρογονάνθρακας
βενζόλιο	αλκίνιο

**42.** Δίνεται αλκίνιο με μοριακό τύπο  $\text{C}_5\text{H}_8$ :

α. Να γράψετε τα συντακτικά ισομερή και να τα ονομάσετε.

β. Να γράψετε τους συντακτικούς τύπους των ισομερών που έχουν διακλαδισμένη ανθρακική αλυσίδα, ανήκουν σε άλλη ομόλογη σει-

ρά και έχουν μοριακό τύπο  $C_5H_8$ .

43. Τα συντακτικά ισομερή του υδρογονάνθρακα με μοριακό τύπο  $C_4H_6$  είναι:

α: 3, β: 4, γ: 5, δ: 6.

Να διαλέξετε τη σωστή απάντηση.

44. Δίνεται η ουσία με μοριακό τύπο  $C_4H_{10}$ .

α. Σε ποια ομόλογη σειρά ανήκει και ποιος είναι ο γενικός εμπειρικός τύπος της σειράς αυτής;

β. Να γράψετε τα συντακτικά ισομερή και να τα ονομάσετε.

γ. Να παρασκευάσετε το ισομερές που έχει ευθύγραμμη ανθρακική αλυσίδα με πρώτη ύλη  $CH_3CH_2I$ .

- \*45. Αν διαβιβάσουμε ένα μίγμα μεθανίου, αιθενίου, προπινίου και αιθανίου σε περίσσεια διαλύματος  $Br_2$  σε  $CCl_4$ , τότε τα αέρια που εξέρχονται από το διάλυμα αυτό είναι:

α. μεθάνιο και αιθάνιο

β. αιθένιο και προπίνιο

γ. αιθάνιο

δ. αιθάνιο και αιθένιο

Να επιλέξετε και να αιτιολογήσετε τη σωστή απάντηση.

- \*46. Δίνονται οι πιο κάτω πληροφορίες που αφορούν την άγνωστη ουσία X:

1. Αποχρωματίζει διάλυμα  $Br_2$  σε  $CCl_4$ .

2. Μπορεί να πολυμεριστεί.

3. Παρασκευάζεται από αλκυλοχλωρίδιο με επίδραση αλκοολικού διαλύματος  $NaOH$ .

Επομένως η ένωση X είναι:

α. το προπίνιο

β. το αιθένιο

γ. το αιθάνιο

δ. το βουτάνιο

Να επιλέξετε και να αιτιολογήσετε τη σωστή απάντηση.

47. Επιδρά αλκοολικό διάλυμα υδροξειδίου του καλίου σε 1,2-διχλωροβουτάνιο και σχηματίζεται:

α. βουτάνιο, β. 1-βουτένιο, γ. 1-βουτίνιο, δ. 2-βουτίνιο.

Να επιλέξετε και να αιτιολογήσετε τη σωστή απάντηση.

48. Τα συντακτικά ισομερή του υδρογονάνθρακα με μοριακό τύπο  $C_6H_{14}$ :

α:3 β:4 γ:5 δ:6

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

49. Δίνεται η άκυκλη ένωση με τύπο  $C_4H_8$ .



α. Σε ποια ομόλογη σειρά ανήκει και ποιος είναι ο γενικός εμπειρικός τύπος της σειράς αυτής;

β. Να γράψετε τα συντακτικά ισομερή και να τα ονομάσετε.

γ. Να γράψετε για κάθε ισομερές την αντίδραση προσθήκης με νερό.

50. Τα συντακτικά ισομερή της ένωσης με μοριακό τύπο  $C_5H_{10}$  είναι:

α:4    β:5    γ:6    δ:7.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

51. Το κύριο προϊόν της αντίδρασης του HCl με το 1-βουτένιο είναι:

α. 1-χλωροβουτάνιο, β. 2-χλωροβουτάνιο,

γ. 1,1-διχλωροβουτάνιο, δ. 2χλωρο-1-βουτένιο.

Να επιλέξετε και να αιτιολογήσετε τη σωστή απάντηση.

52. Να αντιστοιχίσετε τις διεργασίες που αναφέρονται στη στήλη Α με τα προϊόντα που είναι γραμμένα στη στήλη Β:

Α	Β
αφυδραλογόνωση ισοπροπυλοχλωριδίου	$(-CH_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-)_n$
προσθήκη HBr σε 1-βουτένιο	προπένιο
πολυμερισμός βινυλοχλωριδίου	$CH_2=CH_2$
προσθήκη $H_2$ σε αιθίνιο	$CH_3CH_2\underset{\text{Br}}{\text{CH}}CH_3$

53. Ποια αλκάνια μπορείτε να παρασκευάσετε με πρώτη ύλη το αιθυλοϊωδίδιο; Να γράψετε τις αντίστοιχες χημικές εξισώσεις.

54. Ένα από τα προϊόντα της πυρόλυσης του αργού πετρελαίου είναι το αιθένιο. Πώς μπορούμε να παρασκευάσουμε από το αργό πετρέλαιο:

α) πολυαιθυλένιο, β) αιθάνιο, γ) αιθυλική αλκοόλη, δ) βουτάνιο;

Να δώσετε τις σχετικές αντιδράσεις χρησιμοποιώντας και ανόργανα υλικά.

55. Πώς από ανθρακασβέστιο και ανόργανα υλικά μπορούμε να παρασκευάσουμε:

α) βενζόλιο, β) χλωροαιθάνιο, γ) πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC);

56. Να παρασκευάσετε το αιθάνιο σύμφωνα με τις γενικές μεθόδους παρασκευής των αλκανίων.

3g αιθανίου καίγονται πλήρως. Πόσα λίτρα  $CO_2$  θα παραχθούν σε πρότυπες συνθήκες (STP);

4,48 L

\*57. Ένας υδρογονάνθρακας έχει στο μόριό του 8 άτομα υδρογόνου και η σχετική μοριακή μάζα του είναι ίση με 56. Ο υδρογονάνθρακας αυτός αντιδρά με  $Br_2$ . Από αυτές τις πληροφορίες να δείξετε τι θα ισχύει από τα παρακάτω:

α) έχει μοριακό τύπο  $C_4H_8$

β) είναι ακόρεστη οργανική ένωση

γ) μπορεί να έχει συντακτικό τύπο:  $\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\ | \quad | \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \end{array}$

δ) πιθανώς πολυμερίζεται.

**\*58.** Αιθένιο διαβιβάζεται σε βρώμιο. Όταν το βρώμιο αποχρωματιστεί εντελώς, παίρνουμε μια ουσία που ζυγίζει 100g.

α) Ποιος είναι ο συντακτικός τύπος της ουσίας που παράχθηκε και ποια η ονομασία της;

β) Πόσα mol αιθενίου χρησιμοποιήθηκαν;

γ) Από πόσα γραμμάρια αιθανόλης θα παρασκευαστεί το αιθένιο που χρησιμοποιήσαμε;

0,53 mol  
24,38 g.

**\*59.** Με επίδραση νερού σε ανθρακασβέστιο παράγεται αέριο του οποίου ο όγκος σε STP είναι 2,8 L. Ζητούνται:

α) η μάζα του  $\text{CaC}_2$  που χρησιμοποιήθηκε,

β) η μεγαλύτερη μάζα  $\text{Cl}_2$  που μπορεί να αντιδράσει με το αέριο που παράχθηκε,

γ) η μάζα του  $\text{H}_2\text{SO}_4$  που χρειάζεται για να εξουδετερωθεί πλήρως το υπόλειμμα της κατεργασίας του ανθρακασβεστίου με νερό.

8 g  
17,75 g  
12,25 g.

**\*60.** Η σχετική μοριακή μάζα πολυμερούς ενός αλκενίου είναι 56000. Αν τα 5,6 L του μονομερούς ζυγίζουν 7 g σε STP να βρεθούν:

α) ο συντακτικός τύπος του αλκενίου,

β) πόσα μόρια μονομερούς συνθέτουν το πολυμερές.

2000

**\*61.** 21 g ενός αλκενίου αντιδρούν πλήρως με 11,2 L υδρογόνου σε STP.

α) Ποιος είναι ο συντακτικός τύπος και η ονομασία του αλκενίου;

β) Να γράψετε μία αντίδραση παρασκευής του αλκενίου χρησιμοποιώντας σαν πρώτη ύλη ένα αλκυλαλογονίδιο.

$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$

**\*62.** Ποσότητα αλκενίου που έχει όγκο 4,48 L σε STP καίγεται πλήρως, οπότε παράγονται 10,8 g νερού.

α. Ποιος είναι ο μοριακός τύπος του αλκενίου;

β. 10 L του ίδιου αλκενίου αναμιγνύονται με 500 L αέρα που περιέχει 20% κατ' όγκον (v/v)  $\text{O}_2$  και 80% κατ' όγκον (v/v)  $\text{N}_2$ . Να βρεθεί ο όγκος των καυσαερίων μετά την ψύξη τους στη συνήθη θερμοκρασία.

Οι όγκοι μετρούνται στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης.

$\text{C}_3\text{H}_6$   
30 L  $\text{CO}_2$  - 400 L  $\text{N}_2$  - 55 L  $\text{O}_2$

**\*\*63.** 62 g μίγματος (A) αιθενίου και  $\text{H}_2$  έχουν όγκο 112 L σε STP.

α. Ποια είναι η κατά βάρος σύσταση του μίγματος (A);

β. 15,5 g του μίγματος (A) θερμαίνονται παρουσία Ni και σχηματίζεται νέο αέριο μίγμα (B). Πόσα λίτρα έχουμε από κάθε αέριο σε STP στο μίγμα (B);

56 g  $\text{C}_2\text{H}_4$ , 6 g  $\text{H}_2$   
5,6 L  $\text{H}_2$ , 11,2 L  $\text{C}_2\text{H}_6$

**\*64.** Μίγμα όγκου 15 mL που αποτελείται από μεθάνιο και προπένιο αναφλέγεται με οξυγόνο. Μετά τη ψύξη των αερίων της καύσης στη συνήθη θερμοκρασία, βρίσκουμε ότι ο όγκος του αερίου που δεσμεύθηκε από διάλυμα NaOH είναι 35 mL. Αν οι όγκοι μετρήθηκαν στις

ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης, να προσδιοριστεί η κατ' όγκον σύσταση του μίγματος των δύο υδρογονανθράκων.

- \*65. Καίγονται 12 mL μίγματος αιθινίου και ενός υδρογονάνθρακα της ομόλογης σειράς των αλκανίων με 60 mL οξυγόνου. Μετά την καύση και την ψύξη των προϊόντων της καύσης στη συνήθη θερμοκρασία, απομένουν 51 mL, από τα οποία τα 26 mL δεσμεύτηκαν από διάλυμα βάσης. Να βρεθούν:

α) η κατ' όγκο σύσταση του μίγματος των δύο υδρογονανθράκων αν οι όγκοι μετρήθηκαν στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης,

β) ο μοριακός τύπος του αλκανίου.

- \*66. 10 mL αλκενίου υφίστανται πλήρη υδρογόνωση με 12 mL  $H_2$  και μετατρέπονται σε αλκάνιο. Το μίγμα των αερίων που προκύπτει απαιτεί για την πλήρη καύση του 66 mL  $O_2$ . Να βρεθεί ο μοριακός τύπος και οι δυνατοί συντακτικοί τύποι του αλκενίου.

- \*67. Ποσότητα αιθανικού νατρίου συνθεμαίνεται σε κατάλληλες συνθήκες με επαρκή ποσότητα NaOH, οπότε παράγεται αλκάνιο.

α. Γράψτε τη χημική εξίσωση της αντίδρασης.

β. Το αλκάνιο αντιδρά παρουσία φωτός με χλώριο, οπότε παράγονται 13,55 g μίγματος χλωρομεθανίου και διχλωρομεθανίου σε αναλογία mole 1:1. Πόσα γραμμάρια αιθανικού νατρίου αντέδρασαν αρχικά;

### γ. Ατμοσφαιρική ρύπανση - Φωτοχημικό νέφος - Όζον - Τρύπα όζοντος - Φαινόμενο θερμοκηπίου

68. Τι είναι και πώς δημιουργείται η ατμοσφαιρική ρύπανση;
69. Ποιοι είναι οι πρωτογενείς και ποιοι οι δευτερογενείς ρυπαντές;
70. Να περιγράψετε τον τρόπο σχηματισμού όζοντος στη φωτοχημική ρύπανση της ατμόσφαιρας.
71. Τι είναι οι χλωροφθοράνθρακες, από τι αποτελούνται και ποιος ο ρόλος τους στην ατμόσφαιρα;
72. Πώς δημιουργείται το φαινόμενο του θερμοκηπίου; Να αναφέρετε ονομαστικά τα κυριότερα αέρια ανθρωπογενούς προέλευσης που συμμετέχουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.
73. Να δώσετε μερικές σίγουρες συνέπειες της παγκόσμιας υπερθέρμανσης.

5 mL - 10 mL

10 mL - 2 mL  
 $C_3H_8$

$C_4H_8$  - 3 ισομερή

16,4 g.

## Δραστηριότητα

### Υδρογονάνθρακες και Υπουργείο Περιβάλλοντος

Παρακάτω δίνεται ένα μικρό απόσπασμα από τις τιμές που δίνει το Υπουργείο Χωροταξίας και Περιβάλλοντος για την ατμοσφαιρική ρύπανση της περιοχής πρωτεύουσας. Οι τιμές είναι μέσες μηνιαίες και αφορούν το έτος 1997 (Μπορεί κανείς να τις βρει και επίσης να έχει πλήρη εικόνα από τη σελίδα του Υπουργείου στο Internet). Οι τιμές αφορούν δύο σταθμούς μέτρησης Χ και Ψ, ένα στο κέντρο και ένα στην περιφέρεια της Αθήνας. Επίσης αφορούν δύο μήνες του έτους,  $M_1$  και  $M_2$ . Οι τιμές είναι σε  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  πλην του CO που είναι σε  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$

Σταθμός	SO <sub>2</sub>	Μήνας $M_1$			
		NO	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO
Χ	63	208	86	19	7,4
Ψ	18	37	29	51	3,2

Σταθμός	SO <sub>2</sub>	Μήνας $M_2$			
		NO	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	CO
Χ	19	64	80	39	2,8
Ψ	15	20	35	70	0,8

1. Μπορείτε μετά από μελέτη του πίνακα να αποφανθείτε ποιος σταθμός είναι στο κέντρο και ποιος στα προάστια;
2. Αν οι μήνες είναι ο Αύγουστος και ο Ιανουάριος, σε ποιους αντιστοιχούν οι  $M_1$  και  $M_2$ ;
3. Βλέπετε κάποιον ρυπαντή που «δε σέβεται τις ταξικές διαφορές»;
4. Ποιους από τους ρυπαντές θα χαρακτηρίζατε δείκτες της ρύπανσης από την κίνηση των αυτοκινήτων;



**Απαντήσεις στις ασκήσεις πολλαπλής επιλογής και σωστού - λάθους**

- 21. Σ είναι: α, γ, Λ είναι: β
- 22. Σ είναι: α, β, Λ είναι: γ, δ
- 39. Σ είναι: β, δ, Λ είναι: α, γ, ε
- 40. Σ είναι: β, δ, Λ είναι: α, γ
- 43. β
- 45. α
- 46. β
- 47. γ
- 48. γ
- 50. β
- 51. β
- 57. α, β, δ



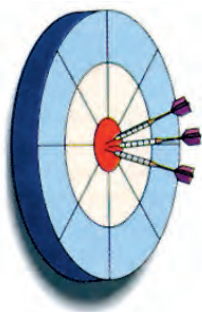
# (3)

## ΑΛΚΟΟΛΕΣ - ΦΑΙΝΟΛΕΣ

### Οι Στόχοι

Στο τέλος της διδακτικής αυτής ενότητας θα πρέπει να μπορείς:

- Να ξεχωρίζεις από ένα σύνολο αλκοολών ποιες είναι μονοσθενείς και ποιες πολυσθενείς ή ποιες είναι πρωτοταγείς, ποιες δευτεροταγείς και ποιες τριτοταγείς.
- Να αναφέρεις τις σημαντικότερες παρασκευές και χημικές ιδιότητες των κορεσμένων μονοσθενών αλκοολών (ειδικότερα της αιθανόλης), γράφοντας τις αντίστοιχες χημικές εξισώσεις. Να διακρίνεις με βάση τη χημική τους συμπεριφορά τη διαφορά μεταξύ των πρωτοταγών, δευτεροταγών και τριτοταγών αλκοολών. Να επιλύεις προβλήματα στοιχειομετρίας που βασίζονται στις προηγούμενες χημικές εξισώσεις.
- Να αναφέρεις τις σημαντικότερες χημικές ιδιότητες των καρβονυλικών ενώσεων, γράφοντας τις αντίστοιχες χημικές εξισώσεις. Να εντοπίζεις με βάση τη χημική τους συμπεριφορά τις διαφορές μεταξύ των αλδευδών και κετονών.
- Να αναφέρεις τις κυριότερες παρασκευές και χημικές ιδιότητες της φαινόλης, γράφοντας τις αντίστοιχες χημικές εξισώσεις. Να επιλύεις προβλήματα στοιχειομετρίας που βασίζονται στις προηγούμενες χημικές εξισώσεις.



#### ΠΕΡΙΧΟΜΕΝΑ

##### 3.1 Αλκοόλες

##### 3.2 Κορεσμένες μονοσθενείς αλκοόλες- Αιθανόλη

##### 3.3 Φαινόλες

##### Ερωτήσεις - προβλήματα



Οινόπνευμα ( $C_2H_5OH$ ) μπορεί να παρασκευαστεί με ζύμωση γλυκόζης. Ειδικά η μπίρα παρασκευάζεται με ζύμωση βύνης από κριθάρι, με προσθήκη λυκίσκου. Η παρασκευή της μπίρας περιλαμβάνει διάφορα στάδια. Το χάλκινο δοχείο που εικονίζεται είναι γνωστό σαν δοχείο παρασκευής μπίρας και αποτελεί βασικό τμήμα της σύγχρονης ζυθοποιίας.

### (3) ΑΛΚΟΟΛΕΣ - ΦΑΙΝΟΛΕΣ

#### Εισαγωγή

**Υδροξυενώσεις** είναι οι οργανικές που περιέχουν στο μόριό τους ένα ή περισσότερα υδροξύλια (OH) και διακρίνονται σε αλκοόλες (αλειφατικές, κυκλικές και αρωματικές) και στις φαινόλες.

**Οι αλκοόλες** προκύπτουν αν αντικαταστήσουμε ένα ή περισσότερα άτομα υδρογόνου ενός άκυκλου υδρογονάνθρακα με υδροξύλιο (OH).

Π.χ.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$     $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$     $\text{HO}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{OH}$

αιθανόλη

1-προπανόλη

1,4-βουτανодиόλη

**Οι φαινόλες** προκύπτουν αν αντικαταστήσουμε ένα ή περισσότερα άτομα H του βενζολικού δακτυλίου με υδροξύλιο.

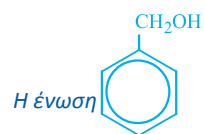


ή  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  (είναι η απλούστερη από τις φαινόλες και ονομάζεται υδροξυβενζόλιο ή φαινόλη)



Οι αλκοόλες είναι ουσίες που συναντάμε συχνά στην καθημερινή μας ζωή. Πολλοί από μας έχουν καταναλώσει οινόπνευμα (αιθανόλη) που περιέχεται σε οινοπνευματώδη ποτά με άλλοτε ευχάριστες και άλλοτε δυσάρεστες εμπειρίες. Η βιομηχανία οινοπνευματωδών ποτών είναι σήμερα ένας πολύ αναπτυγμένος κλάδος της χημικής βιομηχανίας.

Οι φαινόλες είναι γνωστές ως δραστικά συστατικά απολυμαντικών και αντισηπτικών σκευασμάτων. Η φαινόλη ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ) χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά τη δεκαετία του 1860, όταν ο χειρουργός Joseph Lister τη χρησιμοποιούσε για να αποστειρώσει τα χειρουργικά του εργαλεία. Σήμερα η φαινόλη είναι περισσότερο χρήσιμη ως πρώτη ύλη για την παρασκευή πλαστικών, όπως είναι ο **βακελίτης**.



δεν είναι φαινόλη αλλά αρωματική αλκοόλη και ονομάζεται βενζυλική αλκοόλη.



Dorling Kindersley

Ο Lister, βαρόνος Άγγλος χειρουργός, μετά από μελέτες στο θέμα της γάγγραινας ανακάλυψε τη σπουδαιότητα που έχει το θέμα της αντισηψίας στη χειρουργική. Εφεύρε την παραπάνω συσκευή (σπρέι φαινόλης) με την οποία απολύμανε τα τραύματα και τα χειρουργικά εργαλεία.



## (3.1.) Αλκοόλες

Οι αλκοόλες είναι ενώσεις γνωστές στον άνθρωπο εδώ και πολλά χρόνια. Παλαιότερα ονομάζονταν πνεύματα, ενώ το όνομα αλκοόλη προήλθε από την αραβική ονομασία της λέξης πνεύμα (Al Kojol ονομαζόταν αραβικά η αλκοόλη που προκύπτει με απόσταξη κρασιού).

**Οι άκυκλες αλκοόλες διακρίνονται:**

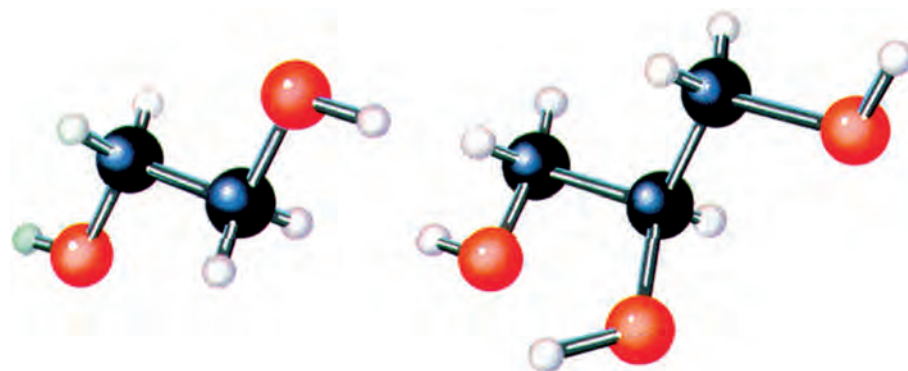
- Σε κορεσμένες – ακόρεστες  
 π.χ.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  1-προπανόλη (κορεσμένη)  
 $\text{CH}_2=\text{CHCH}_2\text{OH}$  2-προπεν-1-όλη (ακόρεστη)
- Σε μονοσθενείς, δισθενείς, τρισθενείς κ.λπ.

ανάλογα με τον αριθμό των αλκοολικών υδροξυλίων που περιέχουν στο μόριό τους.

π.χ.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  αιθανόλη ή αιθυλική αλκοόλη ή οινόπνευμα (μονοσθενής)

$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{CH}_2 \\ | \quad | \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$  1,2-αιθανοδιόλη ή γλυκόλη (δισθενής)

$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{CHCH}_2 \\ | \quad | \quad | \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$  1,2,3-προπανοτριόλη ή γλυκερίνη (τρिसθενής)



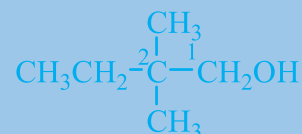
- Σε πρωτοταγείς, δευτεροταγείς, τριτοταγείς  
 ανάλογα με το αν το άτομο του C με το οποίο συνδέεται το υδροξύλιο είναι πρωτοταγές, δευτεροταγές ή τριτοταγές. Ένα άτομο άνθρακα χαρακτηρίζεται πρωτοταγές, αν συνδέεται με ένα άτομο C, δευτεροταγές αν συνδέεται με δύο και τριτοταγές αν συνδέεται με τρία άτομα C.

• Εάν, ως οργανικοί χημικοί είχατε να διαλέξετε δέκα αλειφατικές ενώσεις τις οποίες θα θέλατε να είχατε μαζί σας σ' ένα έρημο νησί σχεδόν μετά βεβαιότητας θα επιλέγατε αλκοόλες. Από αυτές θα μπορούσατε να παρασκευάσετε σχεδόν κάθε άλλο είδος αλειφατικής ένωσης: αλκυλαλογονίδια, αλκένια, αιθέρες, αλδεΐδες, κετόνες, οξέα, εστέρες και ένα πλήθος από αυτές. Στο ερημικό νησί θα χρησιμοποιούσατε τις αλκοόλες όχι μόνο ως πρώτες ύλες, αλλά συχνά ως διαλύτες στους οποίους γίνονται οι αντιδράσεις. Τελικά, ιδρωμένοι και κουρασμένοι μετά από μία εξαντλητική μέρα στο εργαστήριο, θα μπορούσατε να δροσιστείτε με εντριβή με (ισοπροπυλο) αλκοόλη και πιθανόν να ξεκουραστείτε με ένα δροσερό (αιθυλο) αλκοολούχο ποτό.

Απόσπασμα από το βιβλίο Οργανική χημεία Α' τόμος του Morrison και Boyd (4<sup>η</sup> έκδοση).

ΣΧΗΜΑ 3.1 Μοριακά μοντέλα από αριστερά προς τα δεξιά της 1,2-αιθανοδιόλης και της 1,2,3-προπανοτριόλης.

• Υπάρχει και τεταρτοταγές άτομο C, αλλά προφανώς δεν υπάρχει τεταρτοταγής αλκοόλη. Δηλαδή στην ένωση: το υπ' αριθμό 2 άτομο C είναι μεν τεταρτοταγές, αλλά η αλκοόλη είναι πρωτοταγής, γιατί ο C που συνδέεται με το -OH είναι πρωτοταγής.



Για τις κορεσμένες μονοσθενείς αλκοόλες ο γενικός τύπος είναι:  $C_vH_{2v+1}OH$ , ενώ οι αντίστοιχοι γενικοί τύποι των πρωτοταγών, δευτεροταγών και τριτοταγών αλκοολών είναι:

$RCH_2OH$	πρωτοταγείς
$\begin{array}{l} R_1 \diagdown \\ \quad \quad \quad \text{CHOH} \\ R_2 \diagup \end{array}$	δευτεροταγείς
$\begin{array}{l} R_1 \diagdown \\ R_2 \diagup \quad \text{COH} \\ R_3 \diagup \end{array}$	τριτοταγείς

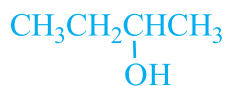
### ( Παράδειγμα 3.1 )

Να γραφούν οι συντακτικοί τύποι των αλκοολών με μοριακό τύπο  $C_4H_9OH$  και να χαρακτηριστούν ως πρωτοταγείς, δευτεροταγείς και τριτοταγείς.

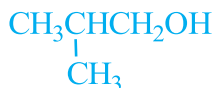
#### Απάντηση



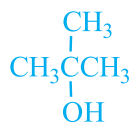
1-βουτανόλη (πρωτοταγής)  
ή βουτυλική αλκοόλη



2-βουτανόλη (δευτεροταγής)  
ή δευτεροταγής βουτυλική  
αλκοόλη



μεθυλο-1-προπανόλη  
(πρωτοταγής) ή ισοβουτυλική  
αλκοόλη



μεθυλο-2-προπανόλη (τριτο-  
ταγής) ή τριτοταγής βουτυλική  
αλκοόλη

#### Εφαρμογή

Να γραφούν οι συντακτικοί τύποι των αλκοολών με μοριακό τύπο  $C_3H_7OH$  και να χαρακτηριστούν ως πρωτοταγείς ή δευτεροταγείς.

## (3.2.) Κορεσμένες μονοσθενείς αλκοόλες - Αιθανόλη

### Γενικά

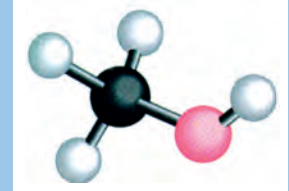
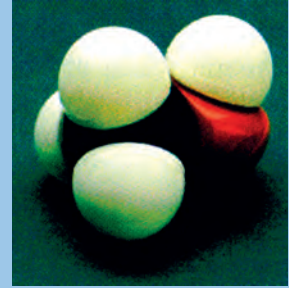
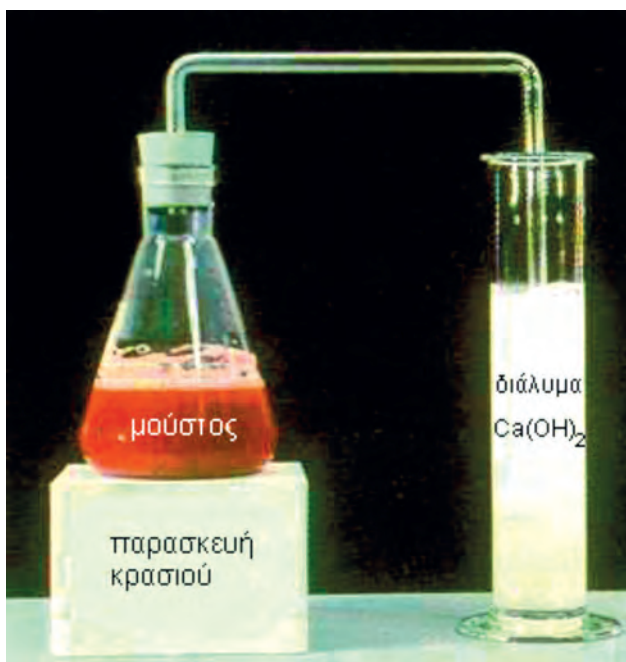
Οι κορεσμένες μονοσθενείς αλκοόλες έχουν το γενικό τύπο:  $C_nH_{2n+1}OH$  ή  $ROH$ . Θεωρητικά μπορούμε να πούμε ότι οι αλκοόλες προέρχονται από τα αλκάνια, αν αντικαταστήσουμε ένα άτομο υδρογόνου με τη ρίζα υδροξύλιο.

Η αιθανόλη δεν είναι απλώς το παλαιότερο οργανικό αντιδραστήριο που χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο, αλλά επίσης ένα από τα πλέον σημαντικά. Η αιθανόλη ( $CH_3CH_2OH$ ) είναι η αλκοόλη των οινοπνευματωδών (αλκοολούχων) ποτών και γι' αυτό ονομάζεται **οινόπνευμα**.

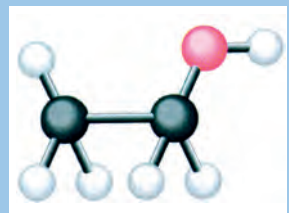
### Παρασκευές

#### α. Με αλκοολική ζύμωση

Στην Παλαιά Διαθήκη αναφέρεται ότι, όταν ο Νώε εγκατέλειψε την κιβωτό, καλλιέργησε ένα αμπέλι και απ' αυτό αργότερα ήπιε το προϊόν του. Αυτή η ιστορία και άλλες πληροφορίες μας δείχνουν ότι η ζύμωση του μούστου και άλλων γλυκών χυμών ήταν γνωστή στον άνθρωπο εδώ και χιλιάδες χρόνια.



α. μεθανόλη

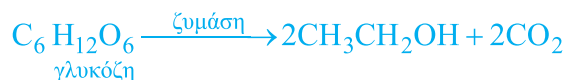


β. αιθανόλη

Μοριακά μοντέλα αλκοολών.

ΣΧΗΜΑ 3.2 Ζύμωση γλυκόζης (π.χ. μούστου) και ταυτοποίηση του παραγόμενου  $CO_2$  με διάλυμα  $Ca(OH)_2$  (ασβεστόνερο), το οποίο θολώνει.

Η παρασκευή οиноπνεύματος από τη γλυκόζη, που περιέχεται π.χ. στα σταφύλια, ονομάζεται αλκοολική ζύμωση και γίνεται παρουσία ενζύμου που ονομάζεται ζυμάση.



Το ιδιαίτερο ποτό που παράγεται σε κάθε περίπτωση (μπίρα, ούισκι, βότκα κ.λπ.) εξαρτάται από την ύλη ζύμωσης (σίκαλη, καλαμπόκι, σταφύλια, μούρα κ.λπ.), τις συνθήκες ζύμωσης (αν το  $\text{CO}_2$  αφήνεται να διαφύγει ή εμφιαλώνεται για παράδειγμα) και τις συνθήκες μετά τη ζύμωση (απόσταξη ή όχι).

### β. Από πετρέλαιο

Μεγάλες ποσότητες αιθυλικής αλκοόλης παρασκευάζονται σε πετροχημικά εργοστάσια από το **αιθυλένιο**  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ . Το αιθυλένιο, όπως είδαμε, αντιδρά σε ειδικές συνθήκες με νερό παρουσία οξέων (π.χ. θειικό οξύ) και δίνει με μεγάλη απόδοση αιθανόλη.



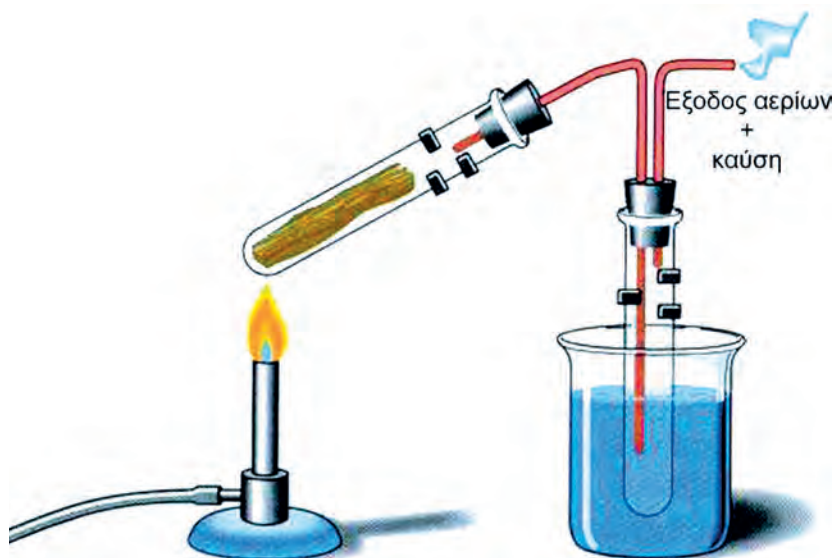
Η προσθήκη νερού σε αλκένια μπορεί να εφαρμοστεί γενικά για τις κορεσμένες μονοσθενείς αλκοόλες.



### γ. Ειδικές μέθοδοι παρασκευής μεθανόλης

Ειδικά η μεθανόλη μπορεί να παρασκευαστεί με ξηρά απόσταξη των ξύλων, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.3, γι' αυτό και ονομάζεται ξυλόπνευμα.

Οι σύγχρονες όμως βιομηχανικές μονάδες παραγωγής μεθανόλης στηρίζονται στην παρακάτω καταλυτική σύνθεση:



• Γνωρίζουμε ότι τα αλκένια που περιέχουν μέχρι 4 ή 5 άτομα άνθρακα εύκολα μπορούν να απομονωθούν από τα προϊόντα πυρόλυσης του πετρελαίου. Τα αλκένια αυτά εύκολα μετατρέπονται σε αλκοόλες με ενυδάτωση. Με την πορεία αυτή μπορούν να παρασκευαστούν μόνο οι αλκοόλες εκείνες που είναι σύμφωνες με τον κανόνα του Markovnikov.

ΣΧΗΜΑ 3.3 Παρασκευή  $\text{CH}_3\text{OH}$  με ξηρά απόσταξη ξύλων. Η παραγόμενη  $\text{CH}_3\text{OH}$  συμπυκνώνεται στο δοχείο με νερό, ενώ τα υπόλοιπα αέρια καίονται.

## Φυσικές Ιδιότητες

- Τα κατώτερα μέλη της σειράς των κορεσμένων μονοσθενών αλκοολών είναι υγρά, άχρωμα και ευδιάλυτα στο νερό. Τα μέσα μέλη είναι υγρά, ελαιώδη, με σχετικά δυσάρεστη οσμή και διαλύονται πολύ λίγο στο νερό. Τα ανώτερα μέλη είναι στερεά, άοσμα και πρακτικά αδιάλυτα στο νερό.
- Η αιθανόλη είναι υγρό άχρωμο, με ευχάριστη δηκτική γεύση και σχετικά ευχάριστη οσμή. Η αιθανόλη αναμιγνύεται με το νερό σε κάθε αναλογία και κατά την ανάμειξη παρατηρείται ελάττωση όγκου, ενώ εκλύεται θερμότητα.

## Χημικές Ιδιότητες

### α. Καύση

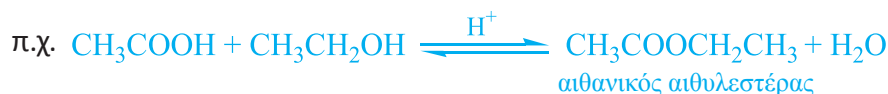
Κατά την πλήρη καύση της αιθανόλης, δημιουργείται χαρακτηριστική γαλάζια φλόγα και ελευθερώνεται ικανό ποσό θερμότητας, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο.



Η γενική αντίδραση πλήρους καύσης των κορεσμένων μονοσθενών αλκοολών είναι:  $\text{C}_v\text{H}_{2v+1}\text{OH} + \frac{3v}{2}\text{O}_2 \longrightarrow v\text{CO}_2 + (v+1)\text{H}_2\text{O}$

### β. Εστεροποίηση

Οι αλκοόλες δε δημιουργούν ιοντικά διαλύματα και επομένως δε θεωρούνται βάσεις. Οι αλκοόλες όμως αντιδρούν με οξέα και, ενώ η αντίδραση επιφανειακά μοιάζει με την εξουδετέρωση, ουσιαστικά είναι τελείως διαφορετική απ' αυτή και ονομάζεται **εστεροποίηση**.



Γενικά η εστεροποίηση μεταξύ κορεσμένου μονοκαρβοξυλικού οξέος και κορεσμένης μονοσθενούς αλκοόλης δίνεται από τη χημική εξίσωση:  $\text{RCOOH} + \text{R}'\text{OH} \xrightleftharpoons[\text{υδρόλυση}]{\text{εστεροποίηση}} \text{RCOOR}' + \text{H}_2\text{O}$

### γ. Οξειδωση

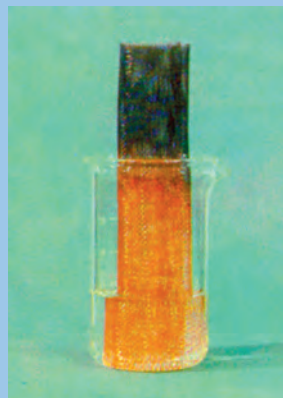
Οι πρωτοταγείς αλκοόλες οξειδώνονται σε αλδεΐδες και οι αλδεΐδες σε οξέα:  $\text{RCH}_2\text{OH} \xrightarrow[\text{-H}_2\text{O}]{+\text{[O]}} \text{RCHO} \xrightarrow{+\text{[O]}} \text{RCOOH}$



Η ευχάριστη οσμή και γεύση πολλών φρούτων, π.χ. μπανάνας, οφείλεται στους εστέρες που περιέχουν.

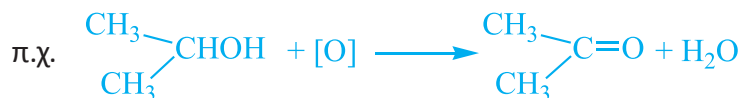
Διαφορές αντιδράσεων εξουδετέρωσης και εστεροποίησης

Εξουδετέρωση	Εστεροποίηση
ιοντική μονόδρομη ταχύτατη	μοριακή αμφίδρομη
εξώθερμη	σχετικά αργή
	πρακτικά θερμικά ουδέτερη



Οξειδωση αιθανόλης με CuO (μαύρο χρώμα) ο οποίος μετατρέπεται σε Cu (κιτρινέρυθρο χρώμα).

Οι δευτεροταγείς αλκοόλες οξειδώνονται σε κετόνες.



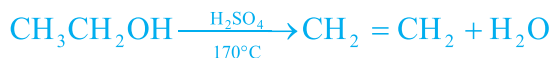
προπανόνη ή διμεθυλοκετόνη ή ακετόνη

Οι κετόνες και οι τριτοταγείς αλκοόλες δεν οξειδώνονται παρά κάτω από πολύ έντονες οξειδωτικές συνθήκες, οπότε διασπώνται.

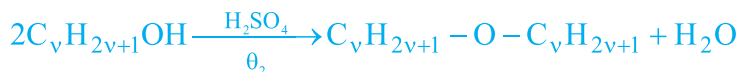
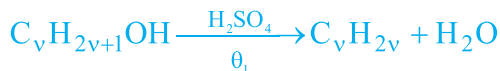
Για την οξείδωση των αλκοολών στο εργαστήριο χρησιμοποιούμε συνήθως διάλυμα  $\text{KMnO}_4$  (υπερμαγγανικού καλίου) ή διάλυμα  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (διχρωμικού καλίου) παρουσία οξέος. Στις αντιδράσεις που αναφέραμε το οξειδωτικό το συμβολίζουμε με  $[\text{O}]$ , χωρίς αυτό να σημαίνει ότι γίνεται η οξείδωση με αέριο οξυγόνο  $\text{O}_2$ . Στη βιομηχανία η οξείδωση των αλκοολών επιτυγχάνεται με αέριο  $\text{O}_2$  (αέρα) παρουσία ειδικών καταλυτών. Αλκοτέστ εξάλλου μπορεί να γίνει με βάση την αλλαγή χρώματος που προκαλεί η οξείδωση της αλκοόλης σε οξεινισμένο  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (από πορτοκαλί σε πράσινο).

#### δ. Αφυδάτωση

Οι κορεσμένες μονοσθενείς αλκοόλες αφυδατώνονται, όταν θερμαίνονται παρουσία πυκνού  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ή  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , και ανάλογα με τις συνθήκες δίνουν αλκένιο ή αιθέρα. Δηλαδή,



Γενικά:



Η θερμοκρασία αφυδάτωσης των αλκοολών δεν είναι πάντοτε η ίδια, γιατί οι τριτοταγείς αλκοόλες αφυδατώνονται ευκολότερα από τις δευτεροταγείς και αυτές ευκολότερα από τις πρωτοταγείς. Γενικώς όμως ισχύει ότι η αφυδάτωση των αλκοολών προς αλκένια γίνεται σε υψηλότερη θερμοκρασία απ' ό,τι η αφυδάτωσή τους προς αιθέρες.



ΣΧΗΜΑ 3.4 Αν ο αέρας της εκπνοής περιέχει αιθανόλη, τότε αλλάζει το χρώμα του γυάλινου σωλήνα που περιέχει οξεινισμένο  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

- Η  $\text{CH}_3\text{OH}$  κατά την αφυδάτωση δίνει μόνο αιθέρα, γιατί δεν υπάρχει αλκένιο με ένα άτομο C.

- Ο διαιθυλαιθέρας παρασκευάζεται βιομηχανικά από την αλκοόλη με αφυδάτωση. Είναι πτητικό υγρό με ευχάριστη οσμή. Στον αέρα σχηματίζει παράγωγα τα οποία, όταν αναφλεγούν, προκαλούν εκρήξεις. Χρησιμοποιείται κυρίως ως διαλύτης.



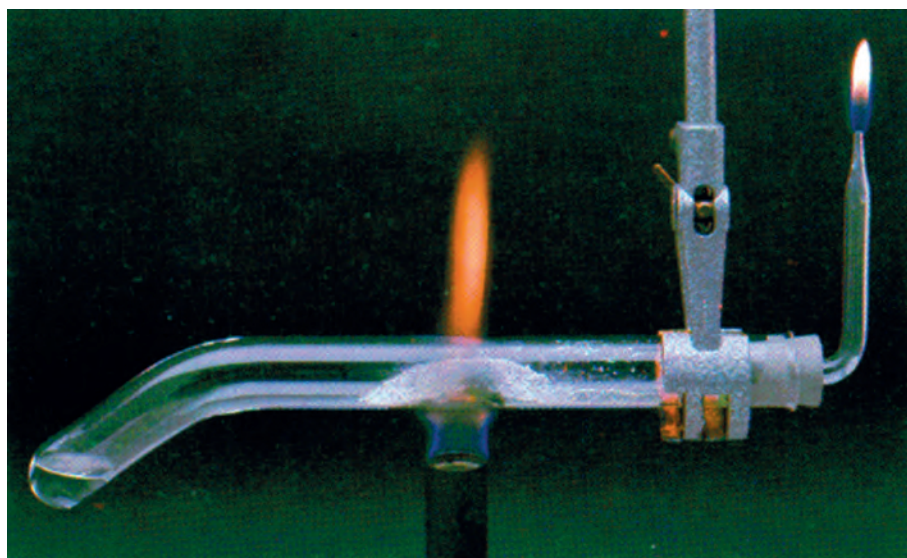
ΣΧΗΜΑ 3.5 Εργαστηριακή διάταξη για την παρασκευή  $C_2H_5OC_2H_5$  με αφυδάτωση  $C_2H_5OH$ .



Το νάτριο αντιδρά με την αιθανόλη λιγότερο έντονα από ό,τι με το νερό, παράγοντας  $H_2$ .

### ε. Αντίδραση με δραστικά μέταλλα

Το υδρογόνο του υδροξυλίου των αλκοολών μπορεί να αντικατασταθεί από δραστικό μέταλλο, συνήθως  $Na$  ή  $K$ , οπότε σχηματίζονται οργανικές ενώσεις που ονομάζονται **αλκοξείδια**. Οι αντιδράσεις αυτές αποδεικνύουν τον όξινο χαρακτήρα που έχουν οι αλκοόλες

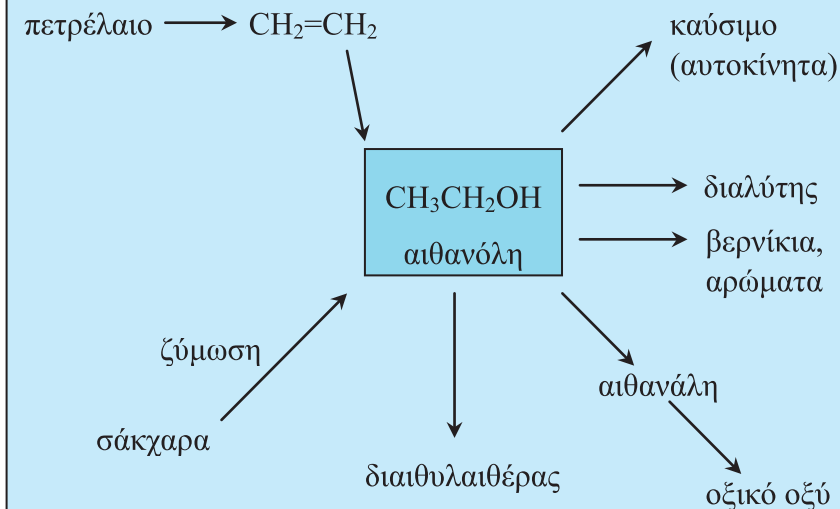


ΣΧΗΜΑ 3.6 Αντίδραση ατμών  $C_2H_5OH$  με  $Mg$ . Το  $H_2$  που ελευθερώνεται κατά την αντίδραση καίγεται.

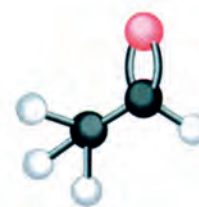
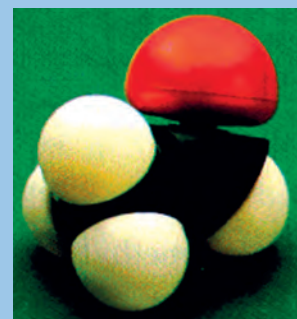
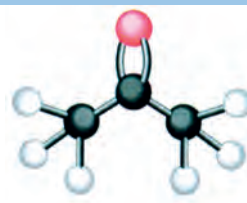
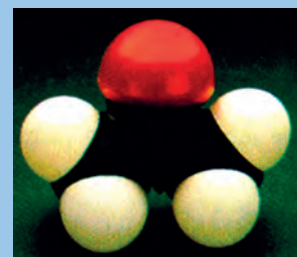
### Χρήσεις αιθανόλης

Τα μεγαλύτερα ποσά της αιθανόλης χρησιμοποιούνται στα αλκοολούχα ποτά. Άλλες χρήσεις της αιθανόλης βλέπουμε στον πίνακα που ακολουθεί.

### Η αιθανόλη στη βιομηχανία



α. φορμαλδεΐδη HCHO

β. ακεταλδεΐδη CH<sub>3</sub>CHOγ. ακετόνη CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub>

### Μερικές χαρακτηριστικές ιδιότητες των καρβονυλικών ενώσεων

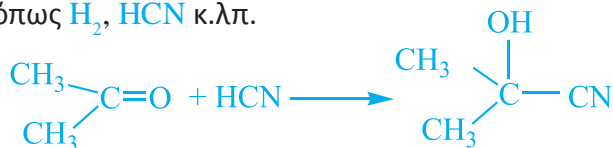
Οι αλδεΐδες και κετόνες έχουν πολλές κοινές ιδιότητες λόγω της κοινής καρβονυλικής ομάδας που έχουν.



Οι πιο χαρακτηριστικές ιδιότητές τους είναι:

#### α. αντιδράσεις προσθήκης

Στο διπλό δεσμό του καρβονυλίου μπορούν να προστεθούν διάφορα μόρια όπως H<sub>2</sub>, HCN κ.λπ.



#### β. αντιδράσεις οξείδωσης

Όπως είδαμε, οι αλδεΐδες οξειδώνονται εύκολα σε οξέα.



Αντίθετα, οι κετόνες οξειδώνονται πολύ δύσκολα και δίνουν κάτω από έντονες συνθήκες οξείδωσης συνήθως μίγματα οργανικών οξέων με λιγότερα άτομα άνθρακα.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η οξείδωση αλδευδών από **ήπια οξειδωτικά μέσα**, όπως είναι:

- το αντιδραστήριο *Fehling* (Φελίγγειο υγρό), που είναι αλκαλικό διάλυμα ιόντων Cu<sup>2+</sup> και το οποίο οδηγεί σε ερυθρό ίζημα Cu<sub>2</sub>O.
- το αντιδραστήριο *Tollens*, που είναι αμμωνιακό διάλυμα AgNO<sub>3</sub> και το οποίο δίνει κάτοπτρο Ag.



Οι δύο παραπάνω αντιδράσεις χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση των αλδεϋδών.

### γ. αντιδράσεις πολυμερισμού

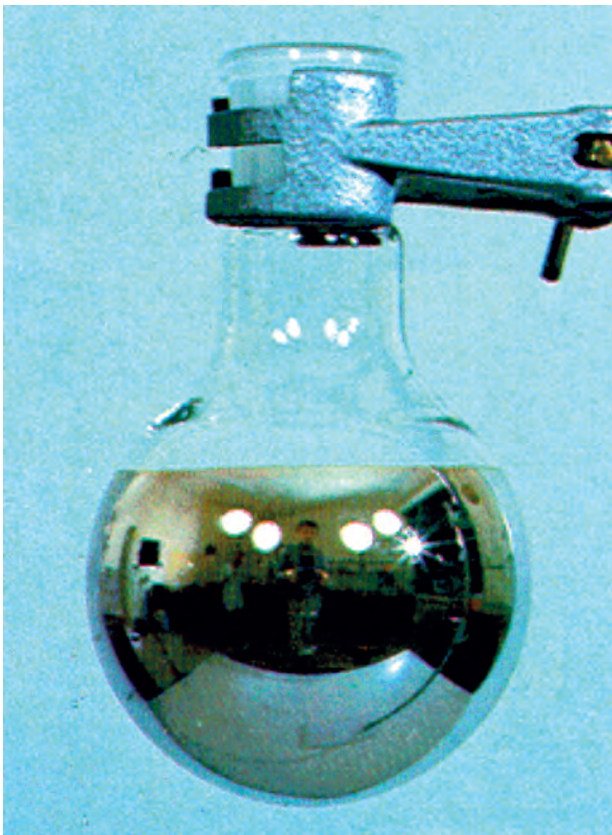
Οι αλδεΐδες πολυμερίζονται σε όξινο περιβάλλον, ενώ οι κετόνες όχι.

π.χ.  $4\text{CH}_3\text{CHO} \rightarrow (\text{CH}_3\text{CHO})_4$

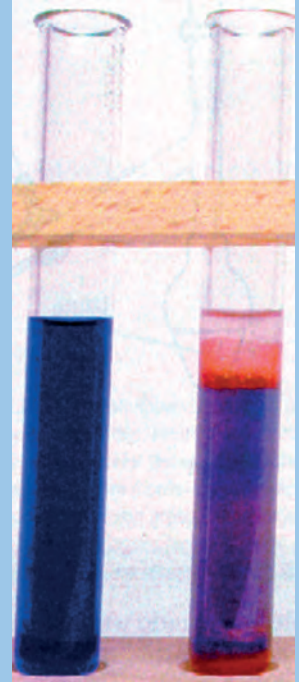
Η ένωση  $(\text{CH}_3\text{CHO})_4$  ονομάζεται μεταλδεΐδη ή στερεό οινόπνευμα.

### Μεθανάλη (HCHO)

Η απλούστερη αλδεΐδη ονομάζεται μεθανάλη ή φορμαλδεΐδη και είναι αέριο με χαρακτηριστική ερεθιστική οσμή. Υδατικό διάλυμα φορμαλδεΐδης (περίπου 40%) ονομάζεται φορμόλη και χρησιμοποιείται ως αντισηπτικό. Στη βιομηχανία οι μεγαλύτερες ποσότητες φορμαλδεΐδης χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία πλαστικών. Αυτό συμβαίνει, γιατί εύκολα συμπολυμερίζεται με φαινόλη, ουρία και μεθυλαμίνη και δίνει πολύτιμα πλαστικά.



ΣΧΗΜΑ 3.7 Οι αλδεΐδες αντιδρούν με το αντιδραστήριο Tollens και σχηματίζουν κάτοπτρο. Η αντίδραση αυτή χρησιμεύει για τη διάκριση μεταξύ αλδεϋδών και κετονών.



Φελλίγγειο υγρό πριν και μετά την προσθήκη αλδεΐδης.



Η φορμόλη χρησιμοποιείται για τη συντήρηση βιολογικών δειγμάτων.

## (3.3.) Φαινόλες

### Γενικά

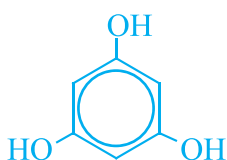
Όπως αναφέραμε, φαινόλες ονομάζονται τα υδροξυπαράγωγα των αρωματικών υδρογονανθράκων που έχουν τουλάχιστον ένα υδροξύλιο ενωμένο με άνθρακα του αρωματικού δακτυλίου. Οι φαινόλες, ανάλογα με τον αριθμό των υδροξυλίων που είναι ενωμένα με τον αρωματικό δακτύλιο, διακρίνονται σε μονοσθενείς, δισθενείς, τρισθενείς κ.λπ.



υδροξυβενζόλιο ή φαινόλη (μονοσθενής)



υδροκινόνη (δισθενής)



φλωρογλυκίνη (τρισθενής)

Εμείς θα μελετήσουμε την απλούστερη από τις φαινόλες, τη **φαινόλη**.

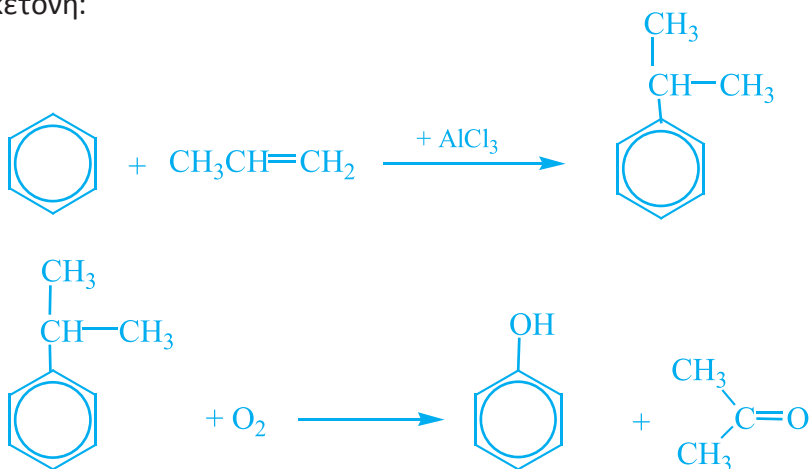
### Παρασκευές

#### Στη βιομηχανία:

**α.** Παλαιότερα η φαινόλη παρασκευαζόταν από τη λιθανθρακόπισσα με κλασματική απόσταξη.

**β.** Σήμερα το μεγαλύτερο μέρος της φαινόλης παρασκευάζεται με πρώτη ύλη το πετρέλαιο. Όπως έχουμε αναφέρει, από την πυρόλυση των υδρογονανθράκων που περιέχονται στο πετρέλαιο, μεταξύ των άλλων σχηματίζονται βενζόλιο και προπένιο. Όταν αντιδράσουν το βενζόλιο και το προπένιο με καταλύτη  $\text{AlCl}_3$ , σχηματίζεται ένας

αρωματικός υδρογονάνθρακας: το ισοπροπυλοβενζόλιο ή **κουμόλιο**. Το κουμόλιο στη συνέχεια οξειδώνεται από  $O_2$  και δίνει φαινόλη και ακετόνη:



### Φυσικές Ιδιότητες

Η φαινόλη είναι άχρωμο, υγροσκοπικό, κρυσταλλικό στερεό, ελάχιστα διαλυτό στο νερό, ενώ διαλύεται στην αιθανόλη και στο διαιθυλαιθέρα. Είναι ουσία τοξική και προσβάλλει το δέρμα, γι' αυτό το λόγο πρέπει να αποφεύγεται η επαφή της με το δέρμα.

### Χημικές Ιδιότητες

Η φαινόλη μπορεί να δώσει δύο κατηγορίες αντιδράσεων:

- **Αντιδράσεις του αρωματικού δακτυλίου.** Οι αντιδράσεις αυτές είναι κυρίως η υποκατάσταση των υδρογόνων του δακτυλίου π.χ. με αλογόνο.
- **Αντιδράσεις της πλευρικής ομάδας (υδροξύλιο).**

**α. Ώξιμος χαρακτήρας.** Δηλαδή η φαινόλη είναι ένα ασθενές οξύ και στο νερό δίσταται, σύμφωνα με το σχήμα:



Γι' αυτό η φαινόλη αντιδρά με ηλεκτροθετικά μέταλλα π.χ. **Na** ή **K** (όπως οι αλκοόλες) και με διαλύματα βάσεων, π.χ. **NaOH**, **KOH** (σε αντίθεση με τις αλκοόλες που έχουν μικρότερη οξύτητα). Ωστόσο, η φαινόλη είναι ασθενέστερο οξύ από το ανθρακικό και γι' αυτό δεν ελευθερώνει  $\text{CO}_2$  από τα ανθρακικά άλατα.



**β. Σχηματίζει εστέρες,** όπως και οι αλκοόλες.

**γ. Σχηματίζει αιθέρες,** όπως οι αλκοόλες.

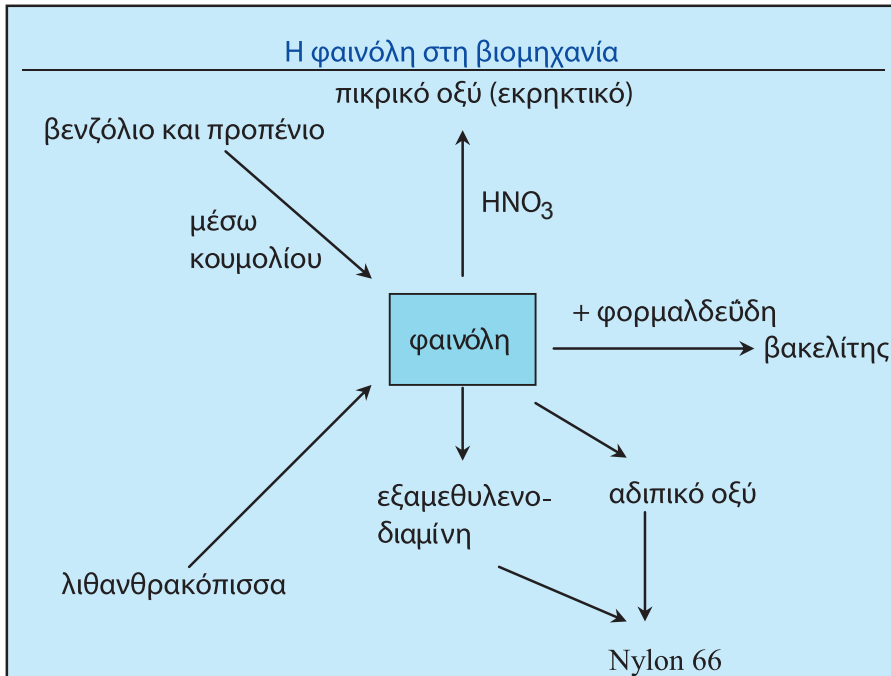
**δ. Δεν οξειδώνεται,** σε αντίθεση με τις πρωτοταγείς και δευτεροταγείς αλκοόλες.



Στα σύγχρονα χειρουργεία γίνεται επίσης χρήση φαινολικών ενώσεων για να διατηρηθούν συνθήκες αντησηψίας.

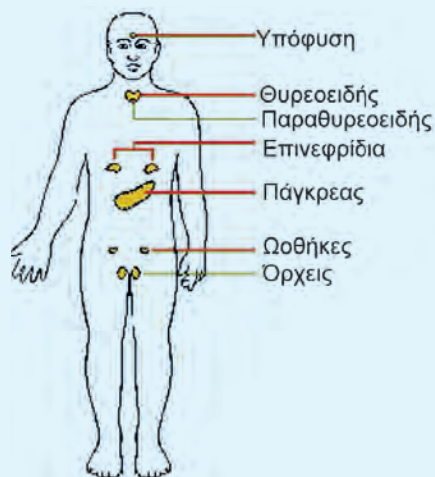
## Χρήσεις

Οι βιομηχανικές παρασκευές και οι χρήσεις της φαινόλης φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.



ΣΧΗΜΑ 3.8 Ιστορική φωτογραφία (δεκαετία 1860). Μία από τις πρώτες χρήσεις της φαινόλης ήταν ως αντισηπτικό. Ο χώρος ψεκάζεται με φαινόλη κατά τη διάρκεια χειρουργικής επέμβασης.

## Γνωρίζεις ότι...



### Οι ψευδορμόνες

Στη δεκαετία του '80, ένας Άγγλος παραγωγός ψαριών ειδοποίησε το Βρετανό καθηγητή John Sumpter από το Πανεπιστήμιο Brunel του Λονδίνου, για να παρατηρήσει ένα μυστήριο κατ' αυτόν φαινόμενο: **οι αρσενικές πέστροφες που εξέτρεφε γεννούσαν αυγά**. Όταν ο Sumpter έψαξε το θέμα στη βιβλιογραφία, ανακάλυψε άρθρα για τη θηλυκοποίηση αρσενικών πουλιών, ερπετών, σαρκοβόρων και ψαριών σε πολλά μέρη του κόσμου.

Τελικά ο Sumpter κατάφερε να αποδείξει ότι οι πέστροφες μολύνθηκαν από απόνερα, που περιείχαν συνθετικές ορμόνες. Τα πειράματα που έγιναν στη συνέχεια σε ποντίκια, στα οποία έδωσαν νερό εμπλουτισμένο με τρεις χημικές ουσίες με θηλυκές ορμόνες, όμοιες με αυτές που κυκλοφορούν άφθονες στο περιβάλλον, επιβεβαίωσαν το παρακάτω συμπέρασμα: οι συνθετικές ορμόνες στο περιβάλλον μπορούν να αρρενοποιήσουν ή να θηλυκοποιήσουν, και αυτό όχι μόνο άμεσα, αλλά και έμμεσα, ακολουθώντας μη γνωστούς μεταβολικούς δρόμους.

Οι συνθετικές ορμόνες είναι χημικές ουσίες που έχουν παρόμοια χημική δομή με αυτή των αναπαραγωγικών ορμονών, των οιστρογόνων, οπότε επιδρούν στα ορμονικά συστήματα και διαταράσσουν τη γενετική διαδικασία. Στην εποχή της χημείας του πλαστικού και του χλωρίου, η εξάπλωση των ουσιών αυτών είναι τεράστια. Από τη βενζίνη μέχρι το σαμπουάν, τους φακούς επαφής, τις κονσέρβες, τα υλικά συσκευασίας τροφίμων και τα παρασιτοκτόνα, οι συνθετικές ορμόνες βρίσκονται παντού. Οι «ψευδορμόνες», όπως χαρακτηρίζονται, είναι στο σύνολό τους τοξικές ουσίες, που προσομοιάζουν με ορμόνες και εισέρχονται στις λειτουργίες του οργανισμού «ξεγελώντας» τους αμυντικούς μηχανισμούς του. Μερικές από αυτές τις ουσίες, καθώς και τα προϊόντα που τις περιέχουν αναφέρονται παρακάτω:

- Διφαινόλη Α: σε κονσερβοκούτια, φελλούς μπουκαλιών, σωλήνες ύδρευσης, πλαστικές ύλες, φακούς επαφής.
- Αλκυφαινόλες: σε απορρυπαντικά, αντιοξειδωτικά - αντιθολωτικά πλαστικών, σαμπουάν, καλλυντικά, βενζίνη.
- Χλωροενώσεις, όπως χλωριωμένα διφαινούλια PCB's και διοξίνες στο περιβάλλον, στα λιπαρά τρόφιμα, όπως και στα προϊόντα γάλακτος, σοκολάτες και αλλαντικά.
- Πενταχλωροφαινόλη, σε προστατευτικές ουσίες του ξύλου, σε δερμάτινα είδη κ.ά.

Αποδείξεις για την επίδραση των συνθετικών ορμονών, μέχρι σήμερα, έχουμε μόνο στα ζώα, μέσω πειραμάτων, που για ηθικούς λόγους απαγορεύεται να γίνουν στους ανθρώπους.

Η Ενωμένη Ευρώπη και οι βιομηχανίες της αποφάσισαν να επενδύσουν εκατοντάδες εκατομμύρια ECU στην έρευνα για τις συνέπειες της μη ορθολογικής διαχείρισης του περιβάλλοντος και ειδικά για την επικίνδυνη δράση των ψευδορμονών.

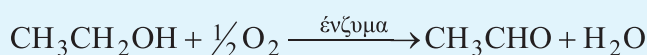
## Γνωρίζεις ότι...

### Το οινόπνευμα και οι συνέπειές του

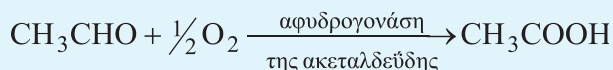
Σύμφωνα με τη λαϊκή παράδοση, το κλήμα μεταφέρθηκε για πρώτη φορά από την Ιωνία στην Ελλάδα από το Διόνυσο, το θεό του κρασιού. Ο Διόνυσος, όμως, είχε πρόβλημα στη μεταφορά του κλήματος από τη μακρινή Ιωνία. Έκοψε λοιπόν ένα μικρό μόνοςχευμα και έψαξε να βρει ένα μέσο να το μεταφέρει. Το πρώτο πράγμα που βρήκε ήταν ένα κρανίο πουλιού. Το γέμισε με χύμα, στρίμωξε μέσα το μόνοςχευμα και άρχισε το ταξίδι του.

Στη διάρκεια του ταξιδιού όμως, το μόνοςχευμα μεγάλωσε και δε χωρούσε στο κρανίο του πουλιού. Ο Διόνυσος έψαξε ξανά γύρω του και τελικά βρήκε ένα μεγαλύτερο κρανίο, το κρανίο ενός γαϊδάρου. Αυτό ήταν αρκετά μεγάλο και χώρεσε το κλήμα και το κρανίο του πουλιού. Ο Διόνυσος πρόσθεσε κι άλλο χύμα και συνέχισε το ταξίδι του για την Ελλάδα. Όταν και το κρανίο του γαϊδάρου αποδείχτηκε μικρό για το κλήμα που όλο και μεγάλωνε, ο Διόνυσος έψαξε και βρήκε το κρανίο ενός λιονταριού. Πρόσθεσε και σ' αυτό λίγο χύμα και έφερε έτσι το κλήμα στην Αθήνα. Για το λόγο αυτό, η παράδοση λει πως, όταν πίνει κανείς κρασί, στην αρχή κελαηδάει σαν πουλάκι. Όσο περισσότερο πίνει, φέρεται σαν γαϊδάρος και στο τέλος αποκτά το κουράγιο και τη δύναμη ενός λιονταριού και αρχίζει τις απειλές και τους καβγάδες.

Το οινόπνευμα είναι μία κατασταλτική ουσία, που μειώνει το άγχος, την υπερένταση και τους ανασταλτικούς μηχανισμούς. Σε χαμηλές δόσεις το οινόπνευμα μπορεί να δράσει ως διεγερτικό, ενώ σε υψηλές δόσεις δρα ως κατασταλτικό. Και στις δύο περιπτώσεις μεταβάλλει σημαντικά τη διάθεση και τη συμπεριφορά του ατόμου. Ακόμα διεγείρει την όρεξη, προκαλεί απώλεια θερμότητας και αφυδάτωση. Αν είναι κανείς νηστικός και πει ένα δυνατό ποτό, όπως ούζο, ούισκι, ή τσίπουρο μέσα σε 30' περίπου το οινόπνευμα απορροφάται από το στομάχι και το έντερό του, φτάνει στο συκώτι και γρήγορα στον εγκέφαλό του. Το οινόπνευμα στο συκώτι με την επίδραση κάποιων ενζύμων μεταβολίζεται σε ακεταλδεΐδη, η οποία είναι δηλητηριώδης ουσία.



Η ακεταλδεΐδη στη συνέχεια, με την επίδραση του ενζύμου **αφυδρογονάση της ακεταλδεΐδης**, μετατρέπεται σε οξικό οξύ, το οποίο χρησιμοποιείται από τον οργανισμό ως πηγή ενέργειας.



Το οινόπνευμα έρχεται εύκολα στην κυκλοφορία του αίματος και στον εγκέφαλο, ο ακριβής όμως μηχανισμός της δράσης του στον εγκέφαλο δεν είναι γνωστός. Πολλοί επιστήμονες πιστεύουν ότι η αλληλεπίδραση του οιοπνεύματος με τις ουσίες που δρουν ως ηρεμιστικά στον εγκέφαλο (π.χ. γ-αμινοβουτυρικό οξύ), οδηγεί στη δυνατότητα του οιοπνεύματος να μειώνει το άγχος. Έχει υπολογιστεί ότι 4 εκατομμύρια άτομα κάνουν κατάχρηση οιοπνεύματος και άλλα 11 εκατομμύρια έχουν εξάρτηση από αυτό. Γενετικοί και περιβαλλοντικοί παράγοντες συμβάλλουν στην ανάπτυξη του αλκοολισμού, αλλά δεν υπάρχει ένας παράγοντας ή συνδυασμός παραγόντων που να επιτρέπει στους γιατρούς να προβλέπουν ποιο άτομο θα γίνει αλκοολικό.

Η μακροχρόνια έκθεση του ήπατος στη χημική επίδραση της ακεταλδεΐδης μπορεί να προκαλέσει κίρρωση του ήπατος και βλάβες σε άλλα όργανα. Και η βραχυχρόνια όμως, έκθεση στην επίδραση της ακεταλδεΐδης μπορεί να προκαλέσει κάποια πάθηση, αν η συγκέντρωση σε κάποιο όργανο είναι μεγάλη.



## Γνωρίζεις ότι...



### Οινοπνευματώδη ποτά

Τα οινοπνευματώδη ποτά διακρίνονται ανάλογα με την πρώτη ύλη, την περιεκτικότητα σε αλκοόλη, τον τρόπο παρασκευής και την προσθήκη άλλων ουσιών σε αυτά. Μπορούν δε να χωριστούν στις εξής κατηγορίες:

(α) Μη αποσταζόμενα (β) Αποσταζόμενα και (γ) Ηδύποτα.

- Τα **μη αποσταζόμενα** λαμβάνονται απευθείας με αλκοολική ζύμωση διαφόρων σακχαρούχων υγρών. Τα σπουδαιότερα ποτά αυτής της κατηγορίας είναι ο οίνος (κρασί) και ο ζύθος (μπίρα).
- Τα **αποσταζόμενα** αλκοολούχα ποτά λαμβάνονται με απόσταξη αλκοολούχων διαλυμάτων ενώ προστίθενται σε αυτά και αρωματικές ύλες. Έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε οινόπνευμα (30-70% v/v). Τα πιο γνωστά από αυτά είναι το κονιάκ, το μπράντι, το ούζο, η ρακή, το ουίσκι, η βότκα, κ.ά.
- Τα **ηδύποτα** (λικέρ) λαμβάνονται είτε με κατεργασία φρούτων ή αρωματικών υλών με αλκοόλη και προσθήκη σιροπιού είτε με ανάμιξη οινοπνεύματος, νερού, ζάχαρης και αιθέριων ελαίων (φυσιικών ή τεχνητών). Γνωστότερα ηδύποτα (λικέρ) είναι το τσέρι, το πίπερμαν, το βερμούτ, το καμπάρι, κ.ά.
- **Κρασιά**. Γενικά χαρακτηριστικά για τα κρασιά είναι η περιεκτικότητά τους σε οινόπνευμα (που συνήθως κυμαίνεται από 10% έως 15% v/v), το άρωμα, το χρώμα τους (κόκκινο, λευκό, ροζέ) και η προέλευση των σταφυλιών. Τα κρασιά διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες.
- **Ξηρά (sec) ή επιτραπέζια κρασιά**. Χαρακτηριστικό τους είναι ότι όλη η ποσότητα του αρχικού σακχάρου που περιείχε ο μούστος έχει μετατραπεί σε οινόπνευμα.
- **Ημίγλυκα και γλυκά κρασιά**. Αυτά χαρακτηρίζονται από την παρουσία μέτριας ή σημαντικής ποσότητας σακχάρου αντίστοιχα. Συνήθως τα πιο εκλεκτά από αυτά παρασκευάζονται από σταφύλια που έχουν ξηραθεί στον ήλιο και δίνουν μούστο μεγάλης περιεκτικότητας σε σάκχαρο. Μέρος τους σακχάρου ζυμώνεται και δίνει αλκοόλη, ενώ το υπόλοιπο περισεύει και δίνει τη γλυκύτητα στο κρασί.
- **Αφρώδη ή καμπανίτες (Champagne)**. Οι αφρώδεις οίνοι περιέχουν CO<sub>2</sub>, το οποίο προέρχεται είτε από τη ζύμωση και παραμένει με ειδική διεργασία στο κρασί είτε προστίθεται από έξω (τεχνητοί αφρώδεις οίνοι).

## Ανακεφαλαίωση

1. Αν αντικαταστήσουμε ένα ή περισσότερα άτομα υδρογόνου άκυκλου υδρογονάνθρακα με υδροξύλιο, προκύπτουν ενώσεις που ονομάζονται αλκοόλες.
2. Αν αντικαταστήσουμε ένα ή περισσότερα άτομα υδρογόνου του βενζολικού δακτυλίου αρωματικού υδρογονάνθρακα με υδροξύλιο, προκύπτουν ενώσεις που ονομάζονται φαινόλες.
3. Η σπουδαιότερη κορεσμένη μονοσθενής αλκοόλη είναι η αιθανόλη ή οινόπνευμα ( $C_2H_5OH$ ). Μεγάλες ποσότητες αιθανόλης παρασκευάζονται σε πετροχημικά εργοστάσια από το αιθυλένιο.
4. Οι σπουδαιότερες χημικές ιδιότητες της αιθανόλης είναι η καύση, η εστεροποίηση, η οξείδωση, η αφυδάτωση και η αντίδραση με ισχυρά μέταλλα όπως το Na.
5. Η αιθανόλη χρησιμοποιείται κυρίως στα αλκοολούχα ποτά καθώς και ως πρώτη ύλη στη βιομηχανία για τη σύνθεση οργανικών ενώσεων.
6. Η φαινόλη ή υδροξυβενζόλιο είναι η απλούστερη αρωματική αλκοόλη και τα μεγαλύτερα ποσά της σήμερα παρασκευάζονται από το πετρέλαιο.
7. Η φαινόλη δίνει δύο κατηγορίες αντιδράσεων, τις αντιδράσεις του αρωματικού δακτυλίου και της πλευρικής ομάδας που είναι το υδροξύλιο.
8. Η φαινόλη χρησιμοποιείται στη βιομηχανία πλαστικών (βακελίτης, νylon), ως αντισηπτικό κ.λπ.

## Λέξεις-κλειδιά

- αλκοόλες
- φαινόλες
- αιθανόλη (οινόπνευμα)
- γλυκόζη
- ζύμωση
- αιθυλένιο
- εστεροποίηση
- οξείδωση
- αφυδάτωση
- αλκοξείδια
- φαινόλη
- κουμόλιο



## Ερωτήσεις - Ασκήσεις - Προβλήματα

### Ερωτήσεις Επανάληψης

1. Πώς προκύπτουν οι αλκοόλες και πώς οι φαινόλες; Να δώσετε από ένα παράδειγμα.
2. Ποιος είναι ο γενικός τύπος των κορεσμένων μονοσθενών αλκοολών; Πώς θεωρούμε ότι προέρχονται οι αλκοόλες αυτές;
3. Τι είναι η αλκοολική ζύμωση; Τι είναι η ζυμάση;
4. Να αναφέρετε μερικές φυσικές ιδιότητες των κορεσμένων μονοσθενών αλκοολών.
5. Πώς παρασκευαζόταν η φαινόλη στη βιομηχανία παλαιότερα και πώς παρασκευάζεται σήμερα;

### Ασκήσεις - Προβλήματα

6. Να συμπληρώσετε τις παρακάτω προτάσεις:
  - α. Κορεσμένες είναι οι αλκοόλες .....
  - β. Ακόρεστες είναι οι αλκοόλες .....
  - γ. Μονοσθενείς είναι οι αλκοόλες .....
  - δ. Δισθενείς είναι οι αλκοόλες .....
  - ε. Πρωτοταγείς είναι οι αλκοόλες .....
  - στ. Τριτοταγείς είναι οι αλκοόλες .....
  - ζ. Δισθενείς είναι οι φαινόλες .....
7. Να γράψετε τις χημικές αντιδράσεις παρασκευής της αιθανόλης από τη γλυκόζη.
8. Να συμπληρώσετε τις παρακάτω προτάσεις:  
 Η αιθανόλη είναι ....., άχρωμο με ..... γεύση και σχετικά ευχάριστη ..... . Η αιθανόλη αναμειγνύεται με το ..... σε οποιαδήποτε αναλογία και κατά την ανάμειξη παρατηρείται ..... και εκλύεται .....
- \*9. Να συμπληρώσετε τις παρακάτω αντιδράσεις:
  - α.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} + |\text{O}| \rightarrow \dots\dots\dots (\text{A}) + \dots\dots\dots$
  - β.  $(\text{A}) + |\text{O}| \rightarrow \dots\dots\dots (\text{B})$
  - γ.  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots\dots\dots (\text{Γ})$
  - δ.  $(\text{Γ}) + |\text{O}| \rightarrow \dots\dots\dots (\Delta) + \dots\dots\dots$
  - ε.  $(\text{B}) + (\text{Γ}) \rightarrow \dots\dots\dots (\text{E}) + \dots\dots\dots$
 Οι ουσίες (A), (B), (Γ), (Δ) και (E) είναι οργανικές χημικές ενώσεις. Να δώσετε τις ονομασίες των παραπάνω οργανικών ενώσεων.
10. Να γράψετε τις χημικές εξισώσεις της αφυδάτωσης της 2-προπανόλης παρουσία  $\text{H}_2\text{SO}_4$ : α) στους  $170^\circ\text{C}$ , β) στους  $140^\circ\text{C}$ . Να δώσετε τις ονομασίες των οργανικών προϊόντων.
- \*11. Από το πετρέλαιο παίρνουμε αιθυλένιο. Το αιθυλένιο θερμαίνεται με υδρατμούς παρουσία οξέος και μετατρέπεται σε ένωση (A). Ορισμένη ποσότητα της (A) χωρίζεται σε δύο μέρη. Το ένα μέρος οξειδώνεται πλήρως και παίρνουμε μία μόνο οργανική ουσία (B). Οι ουσίες (A) και (B) αντιδρούν μεταξύ τους παρουσία οξέος και παίρνουμε την (Γ). Να



γράψετε τις χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων που αναφέρθηκαν, τις συνθήκες που πραγματοποιούνται και να δώσετε τις ονομασίες των ουσιών (Α), (Β), (Γ).

- \*12.** Από την πυρόλυση κλασμάτων του πετρελαίου παίρνουμε βενζόλιο και προπένιο. Οι δύο αυτοί υδρογονάνθρακες αντιδρούν μεταξύ τους παρουσία  $\text{AlCl}_3$  και σχηματίζεται ένας αρωματικός υδρογονάνθρακας που, όταν οξειδώνεται, μας δίνει μία αρωματική αλκοόλη και μία καρβονυλική ένωση. Να γράψετε τις χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων που αναφέρθηκαν δίνοντας και τις ονομασίες των οργανικών ενώσεων.
- 13.** Να δώσετε τις χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων με τις οποίες μπορούν να παρασκευασθούν:  
α) ένα οξύ από μία αλκοόλη,  
β) ένας εστέρας από μία αλκοόλη,  
γ) μία αλκοόλη από ένα αλκένιο,  
δ) μία αλδεΐδη από ένα αλκίνιο.
- 14.** Πώς θα διαπιστώσουμε ότι το υγρό περιεχόμενο ενός δοχείου, που είναι οργανική ένωση και έχει μοριακό τύπο  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ , είναι μία αλκοόλη ή ένας αιθέρας; Να γράψετε την αντίστοιχη χημική εξίσωση.
- \*15.** α) Υδατικό διάλυμα φαινόλης χρωματίζει το χαρτί ηλιοτροπίου κόκκινο. Να δώσετε μία χαρακτηριστική αντίδραση που εξηγεί το γεγονός αυτό.  
β) Τι πρέπει να προσθέσουμε στο διάλυμα, ώστε μετά το χαρτί του ηλιοτροπίου να μην γίνεται κόκκινο; Να γράψετε την αντίστοιχη χημική εξίσωση.
- \*16.** Να δείξετε δύο διαφορετικούς τρόπους παρασκευής του οξικού οξέος από πρώτη ύλη ακετυλένιο και ανόργανα υλικά.
- \*17.** Θα μπορούσατε ποτέ να σκεφθείτε πώς από σταφύλια θα παρασκευάσετε πλαστικά είδη από πολυαιθυλένιο; Δώστε με λόγια και αντιδράσεις τη σκέψη σας. ΠΡΟΣΟΧΗ!  
Η σκέψη σας είναι ασύμφορη οικονομικά, δηλαδή κοστίζει ακριβά. Γιατί;
- 18.** Πόσα γραμμάρια ανθρακασβεστίου χρειάζονται για να παρασκευαστούν με κατάλληλες αντιδράσεις 22 g αιθανάλης (ακεταλδεΐδης);
- \*19.** 40 g διαλύματος γλυκόζης 50% w/w ζυμώνονται κατά 90% παρουσία ζυμάσης. Πόσα mL αλκοόλης πυκνότητας 0,8 g/mL σχηματίζονται;
- \*20.** Βάζουμε περίσσεια νερού σε ανθρακασβέστιο και παράγεται υδρογονάνθρακας που με σειρά αντιδράσεων μετατρέπεται σε  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Να γράψετε τις χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων και να υπολογίσετε την ποσότητα του  $\text{CaC}_2$  καθαρότητας 80% που απαιτείται για να παραχθούν 400 g διαλύματος οξικού οξέος 60% w/w.
- \*21.** Πόση ποσότητα γλυκόζης χρησιμοποιήθηκε κατά την παρασκευή 20L αλκοολικού διαλύματος 14° (αλκοολικών βαθμών);  
 $\rho_{\text{αλκοόλης}} = 0,8 \text{ g/mL}$ .
- 22.** Πόσα λίτρα νερού πρέπει να προσθέσουμε σε 25 L ενός κρασιού 12°, για να παρασκευάσουμε κρασί 10°;

32 g

11,5 mL

320 g

Θυμίζουμε από την Α' Λυκείου: 14° σημαίνει: Στα 100 mL αλκοολικού διαλύματος 14 mL αιθανόλης.  
4383 g

5 L

- 23.** Σε τρία δοχεία Α, Β και Γ τοποθετούνται αντιστοίχως 6,4 g μεθανόλης, 4,6 g αιθανόλης και 7,4 g 1-βουτανόλης και επιδρούμε με μεταλλικό νάτριο. Το υδρογόνο που εκλύεται μαζεύεται και μετράται ο όγκος του σε θερμοκρασία 25° C και πίεση 740 mmHg. Πόσος είναι ο όγκος του  $H_2$  ;
- \*24.** Να γραφούν οι συντακτικοί τύποι των κορεσμένων μονοσθενών αλκοολών που έχουν  $M_r = 60$ . Να γράψετε τις αντιδράσεις οξειδωσής τους και τις αντιδράσεις εστεροποίησης με το αιθανικό οξύ. Να ονομάσετε τις αλκοόλες, τα προϊόντα οξειδωσής και τα προϊόντα εστεροποίησης.
- \*25.** Με την επίδραση μιας κορεσμένης μονοσθενούς αλκοόλης στο αιθανικό οξύ προκύπτει εστέρα με  $M_r = 116$ . Αν είναι γνωστό ότι η αλκοόλη αυτή δεν μπορεί να οξειδωθεί, να γράψετε το συντακτικό τύπο του εστέρα.
- \*26.** Κορεσμένη μονοσθενής αλκοόλη (Α) αντιδρά με το αιθανικό (οξικό οξύ) και δίνει εστέρα (Β) που έχει  $M_r = 102$ . Αν η (Α) οξειδώνεται σε κετόνη (Γ) να βρείτε το συντακτικό τύπο και τα ονόματα των (Α), (Β) και (Γ).
- \*27.** Μεταλλικό νάτριο επιδρά σε μία κορεσμένη μονοσθενή αλκοόλη, οπότε εκλύεται υδρογόνο. Από 6,61 g της αλκοόλης αυτής παίρνουμε 1 L υδρογόνου μετρημένο σε STP. Να βρείτε: α) το μοριακό τύπο της αλκοόλης και β) τη σχετική μοριακή μάζα της.
- \*28.** Μίγμα αιθανόλης και αιθανάλης βάρους 45 g οξειδώνεται πλήρως. Το προϊόν για να εξουδετερωθεί χρειάζεται 500 mL διαλύματος NaOH συγκέντρωσης 2 M. Να βρείτε την κατά βάρος σύσταση του μίγματος.
- \*29.** 2,3 g κορεσμένης μονοσθενούς αλκοόλης οξειδώνονται πλήρως σε οξύ με τον ίδιο αριθμό ατόμων C. Το οξύ εξουδετερώνεται από διάλυμα NaOH. Το άλας που προκύπτει θερμαίνεται με NaOH και δίνει 1,12 L αερίου σε STP. Ποιος είναι ο μοριακός τύπος και η ονομασία της αλκοόλης;
- \*\*30.** Μία κορεσμένη μονοσθενής αλκοόλη (Α) κατά την οξειδωσή της δίνει το αντίστοιχο οξύ που έχει μάζα κατά 18,9% μεγαλύτερη από τη μάζα της αλκοόλης. Ποιοι είναι οι συντακτικοί τύποι της αλκοόλης και οι ονομασίες τους;

5 L

Θυμίζουμε ότι  $M_r$  είναι το σύμβολο της σχετικής μοριακής μάζας (μοριακό βάρος) κατά IUPAC.

α)  $C_2H_5OH$   
β) 74

23 g - 22 g

 $C_2H_5OH$ 

2 ισομερή

**Δραστηριότητα****Αλκοτέστ και μεταβολισμός αλκοόλης**

Η ποσότητα της αλκοόλης που καταναλώνει ένα άτομο περνά μέσα από το γαστρεντερικό του σύστημα στο αίμα. Από εκεί πρακτικά μεταφέρεται σε όλους τους ιστούς του σώματος περιλαμβανομένου και του εγκεφάλου. Το μέγιστο της ποσότητας της αλκοόλης ανιχνεύεται στο αίμα 60 έως 90 λεπτά μετά την κατανάλωση (με άδειο στομάχι). Ένα περίπου 10% της ποσότητας αυτής αποβάλλεται μέσω της αναπνοής, της διαπνοής και της ούρησης. Το υπόλοιπο 90% μεταβολίζεται από το συκώτι με έναν ορισμένο ρυθμό.

Ένας ενήλικας βάρους περί τα 70 kg καταναλώνει 6 ποτήρια κρασί 12 αλκοολικών βαθμών. Μετά από 1 h το επίπεδο αλκοόλης στο αίμα προσδιορίζεται και είναι ίσο με 0,15 g /100 mL. Με βάση τα παραπάνω, να υπολογίσετε:

1. Έναν μέσο ρυθμό μεταβολισμού της αλκοόλης.
2. Ποια ποσότητα μπύρας θα έφερνε το ίδιο αποτέλεσμα; Αν πρόκειται για «σκληρό ποτό», ποια είναι η αντιστοιχία;
3. Αν το άτομο αυτό συλληφθεί και υποβληθεί σε αλκοτέστ με ποια κατηγορία θα προσαχθεί σε δίκη; Υπενθυμίζεται ότι ανάλογα με την ποσότητα αλκοόλης στο αίμα οι κατηγορίες είναι: *οδήγηση κάτω από την επήρεια και οδήγηση σε κατάσταση μέθης*. Ποια είναι τα αντίστοιχα όρια;

Να αναζητήσετε τα απαραίτητα δεδομένα και τις σταθερές από την βιβλιογραφία. Μην ξεχνάτε ότι οι υπολογισμοί που κάνετε είναι «κατ' εκτίμηση».

**Απαντήσεις στις ασκήσεις πολλαπλής επιλογής και σωστού - λάθους**

9. A: προπανάλη  
B: προπανικό οξύ  
Γ: 2- προπανόλη  
Δ: προπανόνη  
Ε: προπανικός ισοπροπυλεστέρας
11. A: αιθανόλη (αιθυλική αλκοόλη)  
B: αιθανικό (οξικό) οξύ  
Γ: αιθανικός αιθυλεστέρας



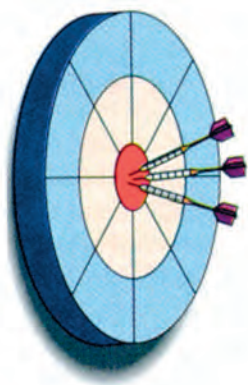
# (4)

## ΚΑΡΒΟΞΥΛΙΚΑ ΟΞΕΑ

### Οι Στόχοι

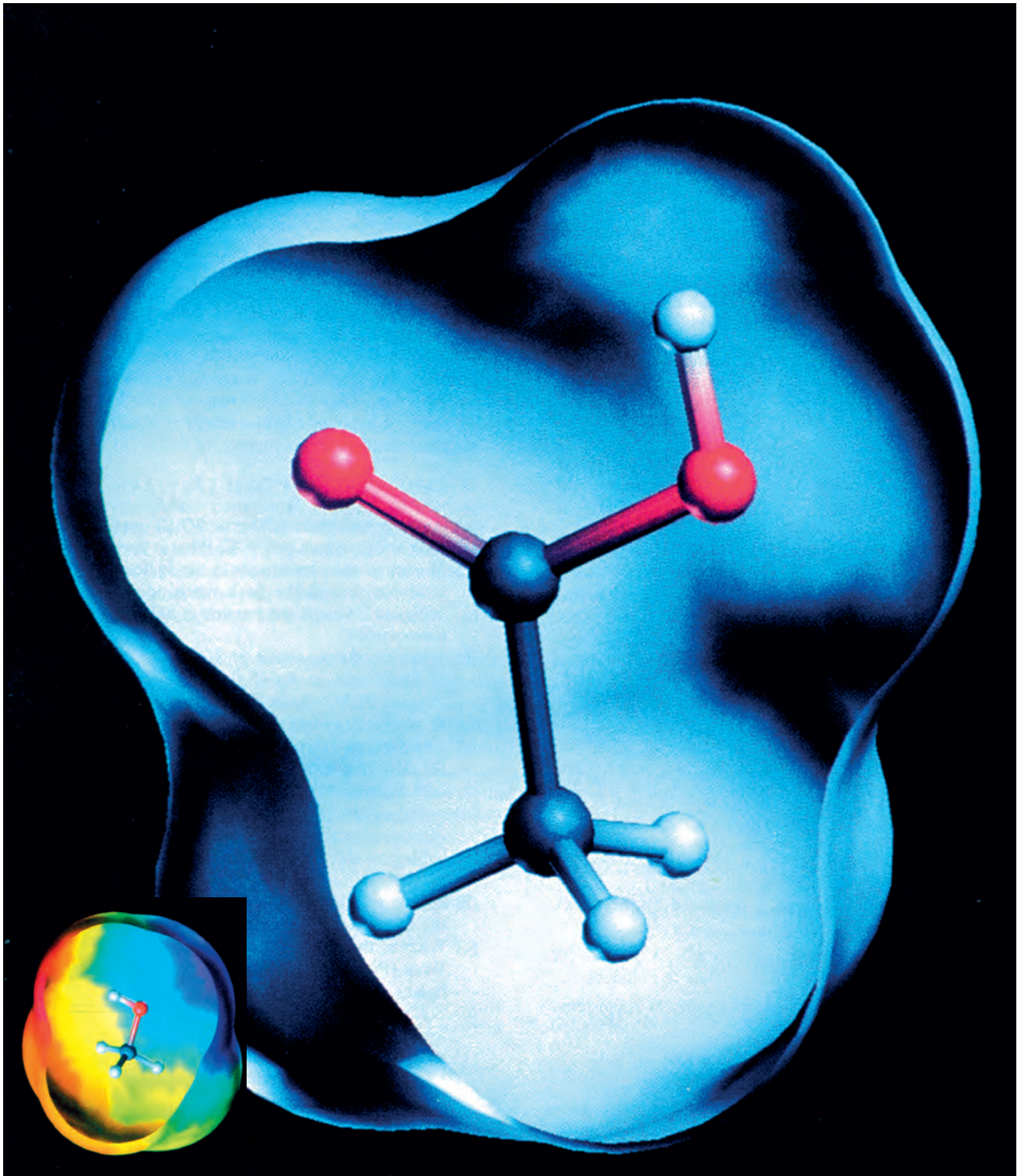
Στο τέλος της διδακτικής αυτής ενότητας θα πρέπει να μπορείς:

- Να ταξινομείς τα καρβοξυλικά οξέα σε διάφορες κατηγορίες, π.χ. ανάλογα με τον αριθμό των καρβοξυλίων που περιέχουν στο μόριό τους.
- Να αναφέρεις τις σημαντικότερες παρασκευές και χημικές ιδιότητες των κορεσμένων μονοκαρβοξυλικών οξέων (ειδικότερα του οξικού οξέος), γαλακτικού οξέος και βενζοϊκού οξέος, γράφοντας τις αντίστοιχες χημικές εξισώσεις. Να επιλύεις προβλήματα στοιχειομετρίας που βασίζονται στις προηγούμενες χημικές εξισώσεις.
- Να εκθέτεις τις σημαντικότερες χρήσεις των παραπάνω οξέων.



#### ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- 4.1 Κορεσμένα μονοκαρβοξυλικά οξέα-Αιθανικό οξύ
  - 4.2 Γαλακτικό οξύ ή 2- υδροξυπροπανικό οξύ
  - 4.3 Βενζοϊκό οξύ
- Ερωτήσεις - προβλήματα



Μοριακό μοντέλο αιθανικού οξέος ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), όπως προκύπτει από υπολογιστή και το οποίο δείχνει την επιφάνεια του μορίου. Οι κόκκινες σφαίρες παριστάνουν τα άτομα του οξυγόνου, οι άσπρες του υδρογόνου και οι μαύρες του άνθρακα. Πολλές φορές μάλιστα μπαίνει και χρώμα στην «επιφάνεια», ώστε να διακρίνονται οι δραστικές περιοχές του μορίου, π.χ. όσο πιο έντονο είναι το κόκκινο χρώμα, τόσο πιο δραστική είναι περιοχή του μορίου. Αυτό φαίνεται στην περίπτωση του μορίου της μεθανόλης ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) στο μικρό σχήμα.

## (4) ΚΑΡΒΟΞΥΛΙΚΑ ΟΞΕΑ

### Εισαγωγή

Σε προηγούμενα κεφάλαια αναφερθήκαμε σε οργανικές ενώσεις που παρουσιάζουν όξινο χαρακτήρα (π.χ. φαινόλες). Όμως αναμφισβήτητα τα σημαντικότερα οργανικά οξέα είναι αυτά που περιέχουν τη ρίζα **καρβοξύλιο**  $-COOH$ . Τα οργανικά αυτά οξέα ονομάζονται **καρβοξυλικά οξέα**.

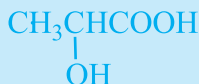
Μία από τις χαρακτηριστικές ιδιότητες των οξέων είναι η ξινή (όξινη) γεύση, από την οποία πήραν και το όνομά τους.

Από τα οργανικά οξέα πολύ γνωστά είναι:

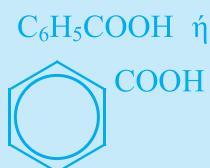
Το αιθανικό ή οξικό οξύ που βρίσκεται στο ξίδι.



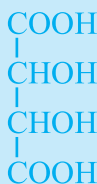
Το 2-υδροξυπροπανικό οξύ ή γαλακτικό οξύ που βρίσκεται στο γιαούρτι



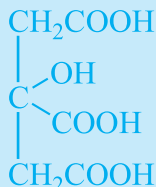
Το βενζοϊκό οξύ είναι αρωματικό οξύ και χρησιμοποιείται ως συντηρητικό τροφίμων (με τον κωδικό E120)



Το τρυγικό οξύ βρίσκεται στο κρασί και στα αναψυκτικά.



Το κιτρικό οξύ βρίσκεται στους χυμούς των εσπεριδοειδών και στα αναψυκτικά.



• Το όνομα καρβοξύλιο για τη ρίζα  $-COOH$  προκύπτει από το όνομα των ομάδων: **καρβονύλιο** + υδρο**ξύλιο** που συγκροτούν τη λέξη καρβοξύλιο.

## Ταξινόμηση

Τα καρβοξυλικά οξέα μπορούν να διακριθούν:

- Σε μονοκαρβοξυλικά, δικαρβοξυλικά, τρικαρβοξυλικά κ.λπ., ανάλογα με τον αριθμό των καρβοξυλίων που περιέχουν στο μόριό τους,



αιθανικό ή οξικό οξύ  
(μονοκαρβοξυλικό)



αιθανοδικό ή οξαλικό οξύ  
(δικαρβοξυλικό)

- Σε κορεσμένα ή ακόρεστα ανάλογα με τον τρόπο που συνδέονται τα άτομα του άνθρακα μεταξύ τους.



βουτανικό ή βουτυρικό οξύ  
(κορεσμένο μονοκαρβοξυλικό)



προπενικό ή ακρυλικό οξύ  
(ακόρεστο μονοκαρβοξυλικό)

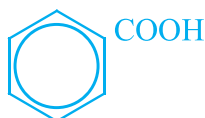
- Σε αλειφατικά (άκυκλα) και αρωματικά ανάλογα αν έχουν βεζολικό ή όχι δακτύλιο



βουτανικό ή βουτυρικό οξύ

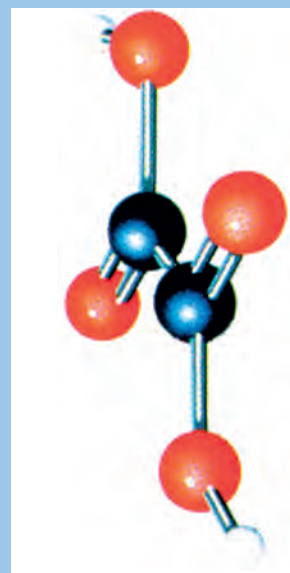
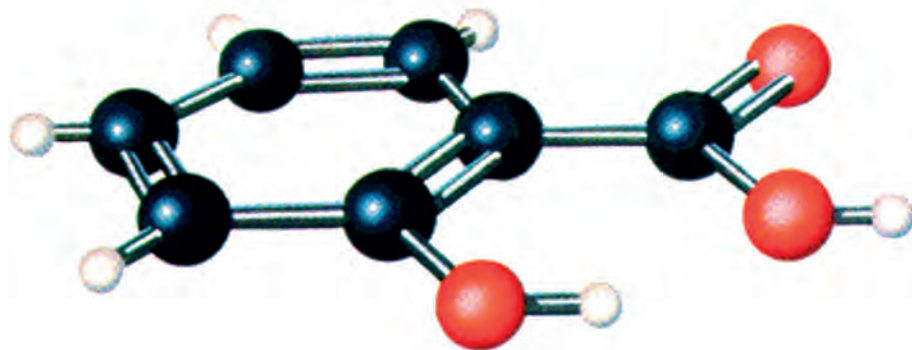
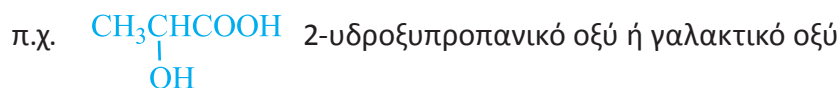


βενζοϊκό οξύ

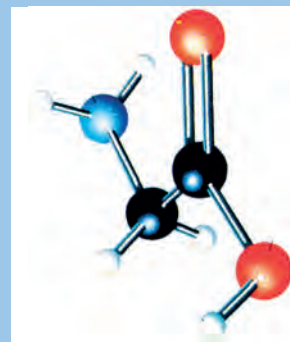


Τέλος, υπάρχουν διάφορα παράγωγα των καρβοξυλικών οξέων ανάλογα με τη χαρακτηριστική ομάδα (εκτός του καρβοξυλίου) που έχουν. Παράδειγμα τέτοιων οξέων είναι τα:

Κορεσμένα υδροξυκαρβοξυλικά οξέα, που περιέχουν υδροξύλιο:



α. Το οξαλικό οξύ είναι ένα δικαρβοξυλικό οξύ.



β. Η γλυκίνη είναι ένα αμινοξύ.

Μοριακά μοντέλα καρβοξυλικών οξέων.

ΣΧΗΜΑ 4.1 Μοριακό μοντέλο του σαλικυλικού οξέος (αρωματικό υδροξυκαρβοξυλικό οξύ), που αποτελεί τη βάση για την παρασκευή της ασπιρίνης.



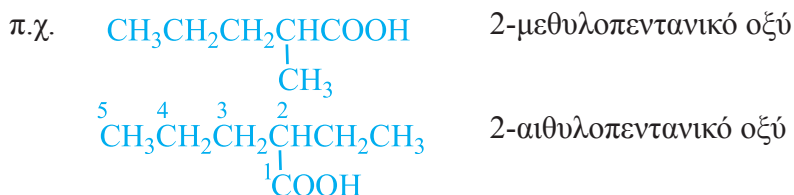
## (4.1.) Κορεσμένα μονοκαρβοξυλικά οξέα - Αιθανικό οξύ

### Γενικά

Τα κορεσμένα μονοκαρβοξυλικά οξέα προκύπτουν θεωρητικά από τα αλκάνια, αν αντικαταστήσουμε ένα άτομο υδρογόνου με τη ρίζα καρβοξύλιο  $-\text{COOH}$ . Έχουν το γενικό τύπο:



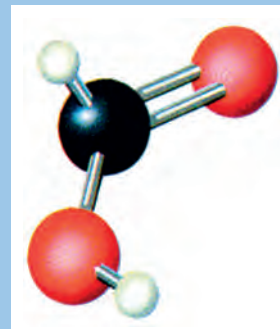
Για την ονομασία κατά IUPAC ενός οξέος δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι το άτομο άνθρακα του καρβοξύλιου αποτελεί μέρος της ανθρακικής αλυσίδας και χαρακτηρίζει την υπ' αριθμό 1 θέση αυτής. Επίσης ότι η χαρακτηριστική κατάληξη της ονομασίας για τα οξέα είναι -ικό οξύ.



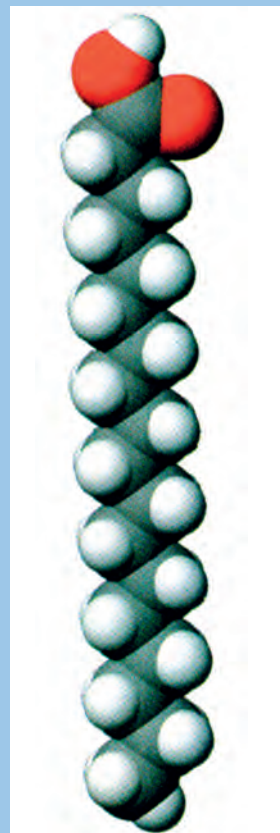
Πολλά από τα αλειφατικά καρβοξυλικά οξέα ήταν γνωστά εδώ και πολλά χρόνια γι' αυτό και έχουν **κοινά ονόματα** (εμπειρικά), που αναφέρονται πολλές φορές στην προέλευσή τους και όχι στη χημική τους δομή. Η «εμπειρική» αυτή ονομασία είναι σε ορισμένες περιπτώσεις επίσημα αποδεκτή από την IUPAC. Τα σημαντικότερα κορεσμένα μονοκαρβοξυλικά οξέα αναφέρονται στον ακόλουθο πίνακα:

**Πίνακας 4.1: Ονομασίες κορεσμένων μονοκαρβοξυλικών οξέων**

Τύπος	Όνομα IUPAC	Κοινό Όνομα
$\text{HCOOH}$	μεθανικό οξύ	μυρμηκικό
$\text{CH}_3\text{COOH}$	αιθανικό οξύ	οξικό
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	προπανικό οξύ	προπιονικό
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	βουτανικό οξύ	βουτυρικό
$\text{CH}_3\text{CHCOOH}$   $\text{CH}_3$	μεθυλοπροπανικό οξύ	ισοβουτυρικό
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	δεκαεξανικό οξύ	παλμιτικό
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	δεκαοκτανικό οξύ	στεατικό



Το απλούστερο μέλος της σειράς απαντά σε ορισμένο είδος μυρμηγκιών, εξ ου και το όνομά του.



Μοριακό μοντέλο του στεατικού οξέος.

Το σημαντικότερο μέλος της σειράς είναι το αιθανικό ή οξικό οξύ ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), το οποίο και θα εξεταστεί αναλυτικότερα.

## Παρασκευές

### Βιομηχανική παρασκευή

• Το «βιομηχανικό» οξικό οξύ, που αποβλέπει στη σύνθεση άλλων προϊόντων, όπως π.χ. του πολυοξικού βινυλεστέρα παρασκευάζεται

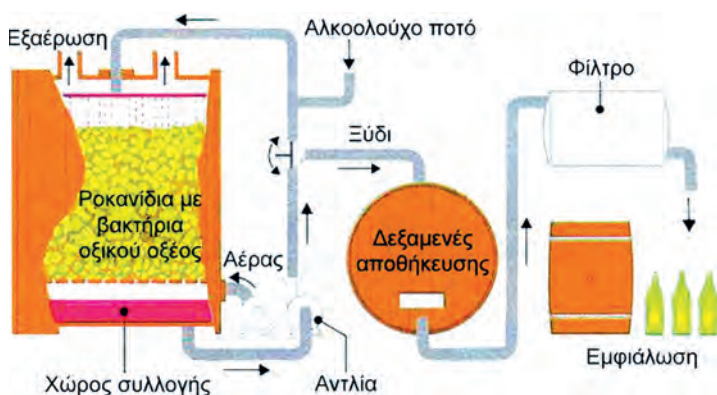
α. με καταλυτική οξείδωση αλκανίων (π.χ. βουτάνιο  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ),

β. με καταλυτική οξείδωση ακεταλδεΐδης,



γ. από μεθανόλη με επίδραση  $\text{CO}$  παρουσία καταλυτών.

• Το ξίδι είναι διάλυμα οξικού οξέος, το οποίο παρασκευάζεται από τη ζύμωση κρασιού ή άλλου αλκοολούχου ποτού μικρής περιεκτικότητας σε οινόπνευμα (περίπου 5%-8%). Κατά τη διεργασία αυτή λαμβάνει χώρα οξείδωση της αιθυλικής αλκοόλης προς οξικό οξύ παρουσία του ενζύμου αλκοολοξειδάση.



ΣΧΗΜΑ 4.2  
Διάταξη για τη βιομηχανική παραγωγή ξιδιού.

• Από τα ζωικά ή φυτικά λίπη μπορούμε με κατάλληλη διεργασία να πάρουμε τα ανώτερα μέλη της σειράς με μεγάλη καθαρότητα.

### Στο εργαστήριο

• Με οξείδωση της αιθυλικής αλκοόλης με τα κατάλληλα οξειδωτικά μέσα.



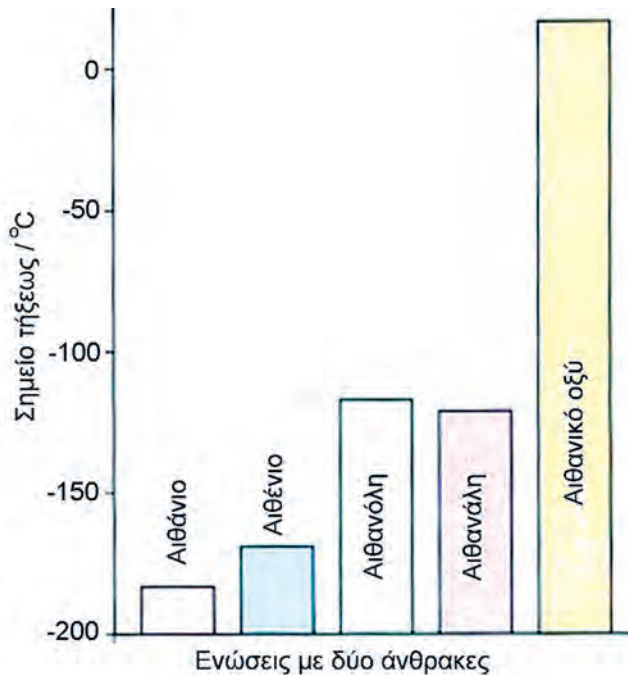
• Με υδρόλυση του  $\text{CH}_3\text{CN}$  (αιθανονιτρίλιο ή μεθυλοκυανίδιο). Η υδρόλυση γίνεται παρουσία οξέος ή βάσης.



Οι δύο αυτές παρασκευές οξικού οξέος μπορούν κάλλιστα να εφαρμοστούν για την παρασκευή κι άλλων κορεσμένων μονοκαρβοξυλικών οξέων.

## Φυσικές Ιδιότητες

Το οξικό οξύ και τα κατώτερα μέλη της ομόλογης σειράς, όπως το  $\text{HCOOH}$  (μεθανικό) και  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$  (προπανικό) είναι υγρά που διαλύονται εύκολα στο νερό και έχουν χαρακτηριστική οσμή ξιδιού. Τα μέσα μέλη  $\text{C}_4\text{-C}_8$  είναι υγρά με βαριά δυσάρεστη οσμή (το βουτυρικό οξύ μυρίζει σαν ταγκισμένο βούτυρο) και λίγο διαλυτά στο νερό. Τα ανώτερα μέλη είναι στερεά, αδιάλυτα στο νερό και άοσμα. Τα καρβοξυλικά οξέα γενικά διαλύονται στον αιθέρα και σε άλλους οργανικούς διαλύτες.



ΣΧΗΜΑ 4.3 Το οξικό οξύ εμφανίζει ασυνήθιστα υψηλό σημείο τήξεως σε σχέση με άλλες ενώσεις με τον ίδιο αριθμό ατόμων άνθρακα.

## Χημικές Ιδιότητες

• **Όξινος χαρακτήρας.** Αυτός εκφράζει το σύνολο των ιδιοτήτων που οφείλονται στην ικανότητα των οξέων να δημιουργούν σε υδατικά διαλύματα κατιόντα  $\text{H}^+$ . Οι ιδιότητες αυτές των οξέων είναι:

- 1 Έχουν ξινή γεύση και αλλάζουν το χρώμα των δεικτών.
- 2 Αντιδρούν με βάσεις και βασικά οξειδία.



- 3 Διασπούν τα ανθρακικά άλατα και ελευθερώνουν  $\text{CO}_2$  (ανίχνευση οξέων).



Το άνυδρο καθαρό οξικό οξύ σε  $\vartheta < 17^\circ\text{C}$  στερεοποιείται σχηματίζοντας κρυστάλλους που μοιάζουν με πάγο και φέρεται στο εμπόριο με την ονομασία **glacial**.



## Ανθρώπινος ιδρώτας και οργανικά οξέα

Το βουτανικό οξύ σε μικρή συγκέντρωση υπάρχει και στον ανθρώπινο ιδρώτα. Η οσμή του βουτανικού οξέος, που μοιάζει με αυτή του ταγκισμένου βουτύρου, γίνεται αντιληπτή από τον άνθρωπο, όταν η συγκέντρωση του βουτανικού οξέος είναι μεγαλύτερη από  $10^{-11}$  mol/L. Η ίδια οσμή γίνεται αντιληπτή από το σκύλο, όταν είναι σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από  $10^{-17}$  mol/L. Σε αυτό οφείλεται η ικανότητα του σκύλου να μυρίζει από πολύ μακριά πρόσωπα που μπορεί να μη βλέπει. Κάθε άνθρωπος στον ιδρώτα του έχει ένα ειδικό μίγμα οργανικών οξέων από τη σύνθεση του οποίου προκύπτει η χαρακτηριστική οσμή του ιδρώτα του.



4 Αντιδρούν με μέταλλα δραστικότερα από το H.



• **Εστεροποίηση.** Τα κορεσμένα μονοκαρβοξυλικά οξέα, όπως ήδη γνωρίζουμε, αντιδρούν με αλκοόλες σε όξινο περιβάλλον και δίνουν εστέρες, π.χ.



### Χρήσεις

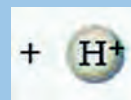
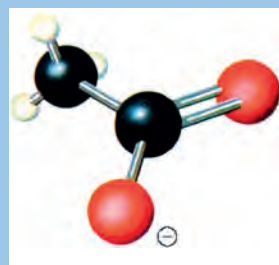
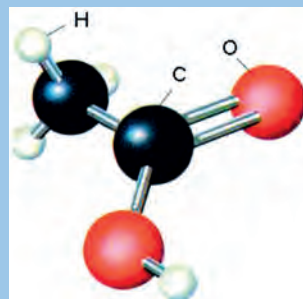
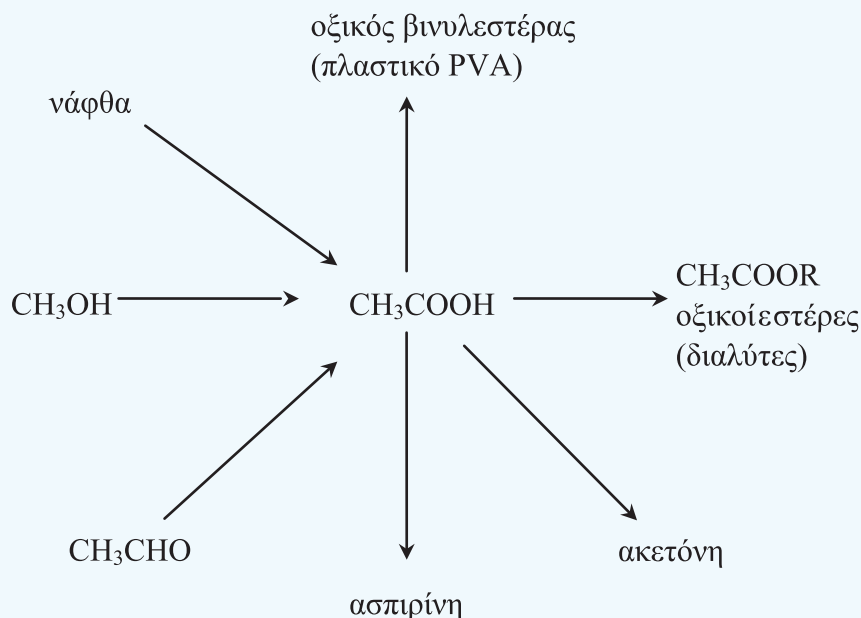
Το ξίδι, που χρησιμοποιούμε καθημερινά στο τραπέζι μας, είναι διάλυμα οξικού οξέος (περίπου 5% w/v). Το ξίδι χρησιμοποιείται επίσης στη βιομηχανία τροφίμων για τη συντήρηση τροφίμων (τουρσιά, ελιές κ.λπ.)

Το οξικό οξύ χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία ως πρώτη ύλη:

- α. στη βαφική για τη στερέωση των χρωμάτων στις ίνες,
- β. στην παρασκευή τεχνητής μέταξας (οξική κυτταρίνη),
- γ. στη βιομηχανία φαρμάκων (ασπιρίνη) και άλλων χημικών ουσιών (ακετόνη, εστέρες κ.ά.)

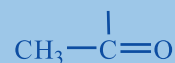
Στον πίνακα που ακολουθεί συνοψίζονται οι σημαντικότερες βιομηχανικές παρασκευές και χρήσεις του οξικού οξέος.

#### Το οξικό οξύ στη βιομηχανία



Το οξικό οξύ είναι ασθενές οξύ και ιοντίζεται μερικώς σε H<sup>+</sup>, όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα με μοριακά μοντέλα.

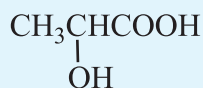
• Κατά την εστεροποίηση οργανικού οξέος με αλκοόλη αντιδρά συνήθως το υδροξύλιο του οξέος. Η ρίζα που προκύπτει, αν από το RCOOH αφαιρέσουμε το υδροξύλιο, είναι το: RCO- ακύλιο  
Το ακύλιο του οξικού οξέος ονομάζεται ακετύλιο:



## (4.2.) Γαλακτικό οξύ ή 2-υδροξυπροπανικό οξύ

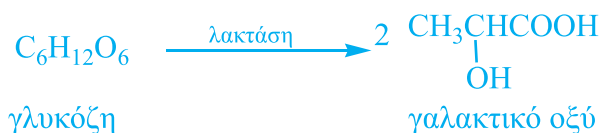
Το σημαντικότερο από τα κορεσμένα μονοδροξυμονοκαρβοξυλικά οξέα είναι το γαλακτικό οξύ. Το γαλακτικό οξύ είναι πολύ διαδεδομένο στη φύση. Βρίσκεται στους μυς, όπου σχηματίζεται από τη διάσπαση του γλυκογόνου. Η περιεκτικότητα των μυών σε γαλακτικό οξύ αυξάνει κατά την κίνηση κι αυτό δημιουργεί την αίσθηση της κόπωσης. Κατά την ανάπαυση το γαλακτικό οξειδώνεται προς  $\text{CO}_2$ .

Η ονομασία του σύμφωνα με την IUPAC είναι 2-υδροξυπροπανικό οξύ ή α-υδροξυπροπανικό οξύ, γιατί το άτομο του άνθρακα, το γειτονικό στο καρβοξύλιο, ονομάζεται και άλφα άτομο άνθρακα. Ο συντακτικός τύπος του οξέος είναι:



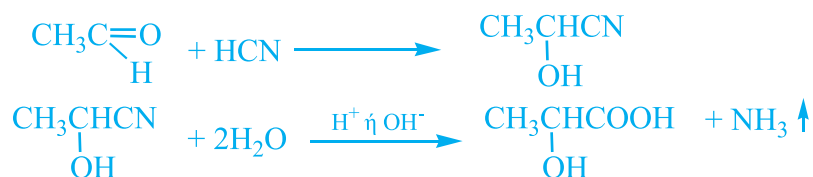
### Παρασκευές

• Με γαλακτική ζύμωση διαφόρων σακχάρων, κυρίως γλυκόζης ή γαλακτόζης παρουσία ενζύμου που ονομάζεται λακτάση (βιομηχανική μέθοδος).



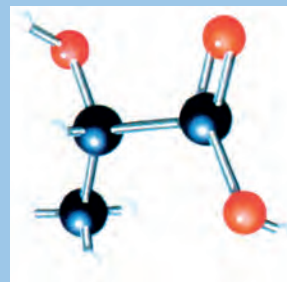
Η ζύμωση αυτή συντελείται κατά την παρασκευή του γιαουρτιού ή άλλων γαλακτοκομικών προϊόντων (ξινόγαλα κ.λπ.).

• Συνθετικά παρασκευάζεται από την αιθανάλη (ακεταλδεΐδη) με την ακόλουθη σειρά αντιδράσεων:



### Φυσικές Ιδιότητες

Το γαλακτικό οξύ είναι άχρωμο στερεό, κρυσταλλικό, υγροσκοπικό, διαλύεται στο νερό και στο οινόπνευμα.



Μοριακό μοντέλο γαλακτικού οξέος.

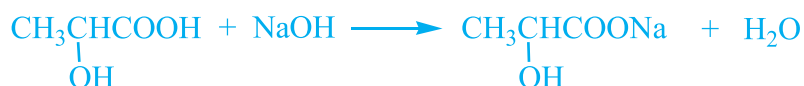
• **Κυανυδρική Σύνθεση**  
είναι μία γενική μέθοδος παρασκευής α - υδροξυοξέων. Στη σύνθεση αυτή εφαρμόζουμε κάποιες από τις γνώσεις που ήδη έχουμε αποκτήσει. Δηλαδή, την αντίδραση προσθήκης υδροκυανίου σε καρβονυλική ένωση και την υδρόλυση νιτριλίου.

## Χημικές Ιδιότητες

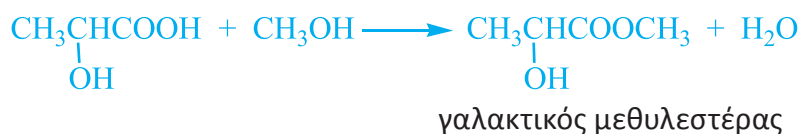
Το γαλακτικό οξύ έχει δύο χαρακτηριστικές ομάδες, το υδροξύλιο και το καρβοξύλιο. Γι' αυτό το λόγο, συνδυάζει τις ιδιότητες των καρβοξυλικών οξέων και των αλκοολών.

### • Ιδιότητες οξέος

#### 1. Εξουδετέρωση



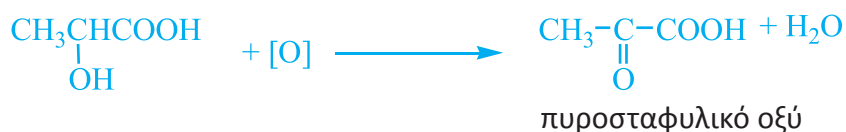
#### 2. Εστεροποίηση:



### • Ιδιότητες αλκοόλης

#### 1. Οξείδωση

Το γαλακτικό οξύ, ως δευτεροταγής αλκοόλη, οξειδώνεται προς πυροσταφυλικό οξύ, το οποίο είναι ένα κετονοξύ με μεγάλη βιολογική σημασία.



#### 2. Εστεροποίηση

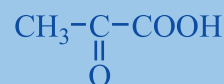
Αντιδρά με οξέα και δίνει εστέρες.



## Χρήσεις

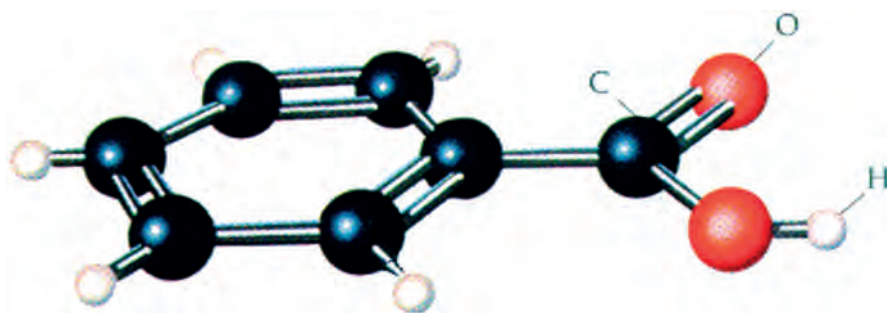
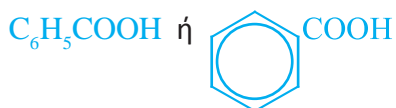
Χρησιμοποιείται στη βαφική, στη βυρσοδεψία και στη θεραπευτική ως ήπιο αντισηπτικό. Η παρασκευή γιαουρτιού στηρίζεται στη γαλακτική ζύμωση σακχάρων που περιέχονται στο γάλα. Η ξινή γεύση του γιαουρτιού οφείλεται στο γαλακτικό οξύ που περιέχεται σε αυτό.

• Ονομασία κατά IUPAC:  
2-κετοπροπανικό οξύ



### (4.3.) Βενζοϊκό οξύ

Το βενζοϊκό οξύ είναι το απλούστερο αρωματικό οξύ και προκύπτει θεωρητικά αν αντικαταστήσουμε ένα υδρογόνο του βενζολίου με καρβοξύλιο. Συνεπώς έχει τον τύπο:



ΣΧΗΜΑ 4.4 Μοριακό μοντέλο βενζοϊκού οξέος.

#### Παρασκευές

Στη βιομηχανία το βενζοϊκό οξύ παρασκευάζεται με καταλυτική οξείδωση του μεθυλοβενζολίου (τολουολίου).



Το τολουόλιο, που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη, σχηματίζεται κατά την πυρόλυση κλασμάτων του πετρελαίου και κυρίως της νάφθας. Πολύ μικρότερες ποσότητες τολουολίου απομονώνονται απ' ευθείας από λιθανθρακόπισσα.

#### Φυσικές Ιδιότητες

Το βενζοϊκό οξύ είναι στερεό, διαλυτό σε οργανικούς διαλύτες.

### Χημικές Ιδιότητες

Το βενζοϊκό οξύ, όπως όλες οι αρωματικές ενώσεις, που έχουν χαρακτηριστική ομάδα ενωμένη με άνθρακα του δακτυλίου, παρουσιάζει δύο κατηγορίες αντιδράσεων.

- **Αντιδράσεις δακτυλίου** (αρωματικός χαρακτήρας). Δηλαδή, δίνει εύκολα αντιδράσεις υποκατάστασης του υδρογόνου του βενζολικού δακτυλίου.
- **Αντιδράσεις πλευρικής ομάδας**. Δηλαδή, στην περίπτωση του βενζοϊκού οξέος, δίνει αντιδράσεις οξέος λόγω του καρβοξυλίου.

#### Όξινος χαρακτήρας:



#### Εστεροποίηση:



### Χρήσεις

Τα μεγαλύτερα ποσά βενζοϊκού οξέος σήμερα χρησιμοποιούνται στη συντήρηση των τροφίμων και φέρεται στο εμπόριο με το κωδικό όνομα E210. Χρησιμοποιείται επίσης στη βιομηχανία χρωμάτων, καλλυντικών και πλαστικών.



## Γνωρίζεις ότι...

### Τα «Θαλασσινά» Οξέα

Το φυτοπλαγκτόν, η πρωτόγονη, μικροσκοπική αλλά τόσο ευεργετική μονάδα ζωής, παράγει εξαιρετικής βιολογικής σημασίας ουσίες όπως γλυκόζη, λιπίδια, πρωτεΐνες, οξυγόνο και τα θαλασσινά οξέα. Γενικά, τα θαλασσινά οξέα παράγονται «προνομιακά» από τους θαλασσινούς οργανισμούς. Ανάμεσά τους ξεχωρίζουν ορισμένα, όπως το εικοσι-πεντεν-ικό οξύ (με είκοσι άτομα άνθρακα και πέντε διπλούς δεσμούς) και το εικοσιδυο-εξεν-ικό οξύ (με εικοσιδύο άτομα άνθρακα και έξι διπλούς δεσμούς). Οι δεσμοί αυτοί ξεκινούν από τη θέση 3, από το τέλος του μορίου, γι' αυτό και οι ενώσεις χαρακτηρίζονται ως **ω-3 πολυακόρεστα οξέα**.

Το φυτοπλαγκτόν αποτελεί τροφή για τα μικροσκοπικά, αόρατα στο μάτι γαριδάκια, δηλαδή το ζωοπλαγκτόν, αλλά και για την άκακη φάλαινα, τα καλαμάρια και πολλά άλλα ακόμα θαλασσινά. Με τη σειρά τους, τα μικρά ψάρια τρέφονται με το ζωοπλαγκτόν και αυτά καταβροχθίζονται από τα μεγαλύτερα ψάρια. Τα οξέα αυτά, που υπάρχουν κυρίως στα ψάρια, δεν είναι δυνατό να δημιουργηθούν από τον ανθρώπινο οργανισμό, γι' αυτό εισάγονται σ' αυτόν με την τροφή. Οι ενάλιοι, δηλαδή, οργανισμοί έχουν κληρονομήσει τα ω-3 οξέα από την πανάρχαια ιστορία της ζωής, δισεκατομμύρια χρόνια πριν, τότε, που δεν υπήρχε παρά μόνο φυτοπλαγκτόν.

Αξίζει να σημειωθεί ότι στη στεριά οι σπόροι, κύρια πηγή των λαδιών (σπορέλαια), περιέχουν κυρίως ω-6 ακόρεστα οξέα, ενώ τα ω-3 σπανίζουν. Τα ω-6 ακόρεστα οξέα έχουν την τάση να μετασχηματίζονται σε αραχιδονικό οξύ. Το αραχιδονικό οξύ αποτελείται από είκοσι άτομα άνθρακα και περιέχει τέσσερις διπλούς δεσμούς και, παρόλο που είναι απαραίτητο ως συστατικό της μεμβράνης των κυττάρων, έχει και δυσάρεστες παρενέργειες. Οι ουσίες που προέρχονται από αυτό, φαίνεται ότι συμβάλλουν στην αθηροσκλήρωση, στη θρόμβωση, στη ρευματική αρθρίτιδα και στο βρογχικό άσθμα.

Τα ω-3 ακόρεστα οξέα του θαλασσινού βασιλείου ανταγωνίζονται το σχηματισμό του αραχιδονικού οξέος, αναστέλλουν την παραγωγή του και των «απογόνων» ουσιών του. Το ίδιο αποτέλεσμα επιτυγχάνει η ασπιρίνη, το παλαιότερο συνθετικό φάρμακο, γνωστό από το 1895, της οποίας η αντιθρομβωτική και η παυσίπονη δράση οφείλεται στον ίδιο μηχανισμό παρεμπόδισης της ενζυματικής μετατροπής του αραχιδονικού οξέος στους «απογόνους» του.

Για τους παραπάνω λόγους οι καρδιολόγοι όλου του κόσμου συνιστούν τα λιπαρά ψάρια ως κύρια τροφή και μικρές δόσεις ασπιρίνης στους ηλικιωμένους.



## Γνωρίζεις ότι...

### Χημικά Πρόσθετα

Τα χημικά πρόσθετα που χρησιμοποιούνται στα τρόφιμα είναι ουσίες ή μίγματα ουσιών, που διαφέρουν από τα βασικά συστατικά των τροφίμων και προστίθενται σε αυτά με σκοπό να βελτιώσουν την παραγωγή τους, την επεξεργασία τους και γενικά τη συντήρηση και την εμφάνισή τους.

Τα χημικά πρόσθετα περιλαμβάνουν πάρα πολλές ομάδες, όπως τα συντηρητικά, τα αντιοξειδωτικά, τις χρωστικές, τις αρωματικές και τις γλυκαντικές ύλες, τους γαλακτοματοποιητές, τους σταθεροποιητές, τα πηκτικά μέσα, τα μέσα οξίνισης κι άλλες.

Σε διεθνή βάση υπάρχουν διάφορα συστήματα κωδικοποίησης των προσθέτων, για να διευκολύνεται η μελέτη και η χρήση τους. Το σύστημα κωδικοποίησης, που ισχύει από το 1978 στην Ευρωπαϊκή Ένωση, δηλώνει τα συγκεκριμένα πρόσθετα με το γράμμα «E». Το «E» συνοδεύεται από κάποιο τριψήφιο αριθμό και είναι ένας κωδικός χαρακτηριστικός της κατηγορίας, στην οποία ανήκει το πρόσθετο. Αυτός ο κωδικός σημαίνει ότι το χημικό πρόσθετο έχει λάβει την έγκρισή του από την Ευρωπαϊκή Ένωση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί νόμιμα ως «ουσία ασφαλής για τη δημόσια υγεία» σε όλα τα κράτη μέλη.

Οι έλεγχοι για την έγκριση του προσθέτου γίνονται με μία σειρά δοκιμών, κυρίως σε πειραματόζωα, και αποβλέπουν στον καθορισμό της μέγιστης ακίνδυνης δόσης για τον άνθρωπο. Αυτή ονομάζεται «αποδεκτή ημερήσια πρόσληψη» (Α.Η.Π.) για τον άνθρωπο και εκφράζεται σε γραμμάρια ανά κιλό βάρους σώματος.

Οι κατηγορίες των προσθέτων είναι:

- E100-E199 (χρωστικές)
- E200-E299 (συντηρητικά)
- E300-E399 (αντιοξειδωτικά)
- E400-E599 (γαλακτοματοποιητές, μέσα οξίνισης κ.ά.)
- E620-E637 (ενισχυτικά γεύσης και αρώματος) κ.ο.κ.

Τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται στα τρόφιμα περιλαμβάνονται στον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών κάθε χώρας. Σ' αυτόν αναφέρονται αναλυτικά οι ύλες που επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται (ουσίες ή μίγματα ουσιών), καθώς και οι δόσεις που είναι ασφαλείς για τον άνθρωπο σύμφωνα με τις τελευταίες επιστημονικές έρευνες.



## Γνωρίζεις ότι...

Ο κατάλογος των χημικών προσθέτων περιλαμβάνει πολλά οργανικά οξέα και άλατά τους, ανά κατηγορία προσθέτων όπως είναι τα:

E260	Οξικό οξύ	$\text{CH}_3\text{COOH}$
E262	Οξικό νάτριο	$\text{CH}_3\text{COONa}$

Το οξικό οξύ έχει αντιμικροβιακές ιδιότητες και χρησιμοποιείται ως συντηρητικό τροφίμων. Στην αρτοποιία χρησιμοποιείται για να εμποδίζει την ανάπτυξη μυκήτων, που προκαλούν το μούχλιασμα. Στη ζυθοποιία χρησιμοποιείται για την παραγωγή σταθερής ποιότητας μπίρας. Δεν υπάρχουν γνωστά τοξικολογικά προβλήματα από την κατανάλωσή του.

E270	γαλακτικό οξύ	$\text{CH}_3\underset{\text{OH}}{\text{CH}}\text{COOH}$
E325	γαλακτικό νάτριο	$\text{CH}_3\underset{\text{OH}}{\text{CH}}\text{COONa}$
E326	γαλακτικό κάλιο	$\text{CH}_3\underset{\text{OH}}{\text{CH}}\text{COOK}$
E327	γαλακτικό ασβέστιο	$\left(\text{CH}_3\underset{\text{OH}}{\text{CH}}\text{COO}\right)_2\text{Ca}$

Το γαλακτικό οξύ χρησιμοποιείται ως συντηρητικό στα τρόφιμα, ακόμα και για τον αρωματισμό τους και αυξάνει την αντιοξειδωτική δράση άλλων ουσιών. Τα προϊόντα που το περιέχουν είναι πάρα πολλά, όπως η μαλακή μαργαρίνη, ποτά με διοξείδιο του άνθρακα, γάλατα βρεφών, σάλτσες για σαλάτα, συμπυκνωμένοι χυμοί ντομάτας, μαρμελάδες, κονσερβαρισμένα φρούτα κι άλλα. Στη βιολογική του δράση δεν αναφέρονται προβλήματα.

E210	Βενζοϊκό οξύ	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$
E211	Βενζοϊκό νάτριο	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$
E212	Βενζοϊκό κάλιο	$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOK}$
E213	Βενζοϊκό ασβέστιο	$\left(\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}\right)_2\text{Ca}$

Τα παραπάνω πρόσθετα είναι συντηρητικά, χρησιμοποιούνται σε χυμούς φρούτων, σε ανθρακούχα ποτά, σε γιαούρτια με φρούτα, σε μαργαρίνες κ.ά.

Το βενζοϊκό οξύ και οι ενώσεις του επιβαρύνουν την κατάσταση αλλεργικών ατόμων, όπως των ασθματικών και των ευαίσθητων στην ασπιρίνη.

## Ανακεφαλαίωση

1. Τα σημαντικότερα οργανικά οξέα είναι αυτά που περιέχουν τη ρίζα καρβοξύλιο ( $-COOH$ ) και ονομάζονται καρβοξυλικά.
2. Οργανικά οξέα υπάρχουν: στο ξίδι, στο γιαούρτι, στο κρασί, στα αναψυκτικά, στους χυμούς των εσπεριδοειδών, στα τρόφιμα ως συντηρητικά.
3. Τα σπουδαιότερα καρβοξυλικά οξέα είναι τα μονοκαρβοξυλικά και πολλά από αυτά έχουν εμπειρική ονομασία που δείχνει την προέλευσή τους.
4. Το σπουδαιότερο μονοκαρβοξυλικό οξύ είναι το αιθανικό ή οξικό οξύ που υπάρχει στο ξίδι. Παρασκευάζεται στη βιομηχανία με οξείδωση αλκανίων ή ακεταλδεΐδης, ή με επίδραση  $CO$  σε μεθανόλη.
5. Η χαρακτηριστική ιδιότητα των κορεσμένων μονοκαρβοξυλικών οξέων είναι ο όξινος χαρακτήρας, δηλαδή το σύνολο των ιδιοτήτων που οφείλονται στην ικανότητα των οξέων να δημιουργούν σε υδατικά διαλύματα κατιόντα υδρογόνου.
6. Τα κορεσμένα μονοκαρβοξυλικά οξέα αντιδρούν με αλκοόλες και δίνουν εστέρες.
7. Το σημαντικότερο από τα κορεσμένα μονοϋδροξυμονοκαρβοξυλικά οξέα είναι το γαλακτικό οξύ. Στη βιομηχανία παρασκευάζεται με γαλακτική ζύμωση διαφόρων σακχάρων.
8. Το γαλακτικό οξύ έχει δύο χαρακτηριστικές ομάδες. Γι' αυτό δίνει αντιδράσεις οξέος (λόγω του καρβοξυλίου) και αντιδράσεις αλκοόλης (λόγω του υδροξυλίου).
9. Το βενζοϊκό οξύ είναι το απλούστερο αρωματικό οξύ, προκύπτει θεωρητικά με υποκατάσταση ενός ατόμου υδρογόνου του βενζολίου με καρβοξύλιο.
10. Το βενζοϊκό οξύ παρουσιάζει δύο κατηγορίες αντιδράσεων. Δίνει δηλαδή τις αντιδράσεις του αρωματικού δακτυλίου, αλλά και αντιδράσεις της πλευρικής ομάδας (του καρβοξυλίου).

## Λέξεις-κλειδιά

- καρβοξύλιο
- οξικό οξύ
- όξινος χαρακτήρας
- εστεροποίηση
- γαλακτικό οξύ
- γαλακτική ζύμωση
- υδροξυοξύ
- βενζοϊκό οξύ

## Ερωτήσεις - Ασκήσεις - Προβλήματα

### Ερωτήσεις Επανάληψης

1. Πώς ταξινομούνται τα οξέα ανάλογα με τον αριθμό των καρβοξυλίων που έχουν και πώς ανάλογα με τον τρόπο που συνδέονται τα άτομα της ανθρακικής αλυσίδας τους; Να δώσετε μερικά παραδείγματα.
2. Να δώσετε τους συντακτικούς τύπους τριών καρβοξυλικών οξέων που να περιέχουν και άλλη χαρακτηριστική ομάδα εκτός από το καρβοξύλιο στο μόριό τους.
3. Πώς προκύπτουν θεωρητικά τα κορεσμένα μονοκαρβοξυλικά οξέα;
4. Τι είναι το ξίδι και πώς παρασκευάζεται;
5. Τι είναι ο όξινος χαρακτήρας;
6. Γιατί το γαλακτικό οξύ έχει δύο κατηγορίες χημικών ιδιοτήτων;
7. Πώς προκύπτει θεωρητικά και ποιος είναι ο συντακτικός τύπος του βενζοϊκού οξέος;
8. Να αναφέρετε τις δύο κατηγορίες αντιδράσεων που δίνει το βενζοϊκό οξύ.
9. Να αναφέρετε μερικές χρήσεις του οξικού οξέος.
10. Πού χρησιμοποιούνται σήμερα τα μεγαλύτερα ποσά του βενζοϊκού οξέος;

### Ασκήσεις – Προβλήματα

11. Να χαρακτηρίσετε τις παρακάτω προτάσεις με Σ αν είναι σωστές και με Λ αν είναι λανθασμένες.
  - α. Το οξικό οξύ βιομηχανικά παρασκευάζεται από οξείδωση αλκανίων της νάφθας.
  - β. Το οξικό οξύ είναι το ξίδι.
  - γ. Το βενζοϊκό οξύ έχει επτά άτομα άνθρακα στο μόριό του.
  - δ. Το γαλακτικό οξύ δίνει χημική αντίδραση με ένα άλλο οξύ.
 Να εξηγήσετε τις απαντήσεις σας στις προτάσεις γ και δ.
12. Να δώσετε δύο μεθόδους παρασκευής του οξικού οξέος χρησιμοποιώντας ως οργανική ύλη:
  - α) το αιθυλένιο και β) το ακετυλένιο



- 13.** Να συμπληρώσετε τις αντιδράσεις:
- $\text{CH}_3\text{CN} + \dots \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \dots$
  - $\text{RCH}_2\text{OH} + 2|\text{O}| \rightarrow \dots + \dots$
  - $\text{CH}_3\text{COOH} + \dots \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} + \dots$
  - $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + \dots \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH} + \dots$
  - $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + \dots \rightarrow \dots + \dots + \text{CO}_2$
- 14.** Να γράψετε τις χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων του οξικού οξέος με:
- βάση, β) βασικό οξείδιο, γ) ανθρακικό άλας, δ) μέταλλο δραστικότερο από το υδρογόνο.
- \*15.** Διαθέτουμε στο εργαστήριο ακετυλένιο και ανόργανα υλικά και θέλουμε να παρασκευάσουμε μεθάνιο. Να γράψετε τις χημικές εξισώσεις της παρασκευής αυτής.
- \*16.** Το γαλακτικό οξύ παρασκευάζεται στη βιομηχανία με γαλακτική ζύμωση διαφόρων σακχάρων και συνθετικά από την ακεταλδεΐδη. Να γράψετε τις χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα.
- 17.** Το γαλακτικό, το αιθανικό και το βενζοϊκό οξύ έχουν μία κοινή χημική ιδιότητα, την εστεροποίηση. Να γράψετε τις χημικές εξισώσεις εστεροποίησης των οξέων αυτών με τη μεθανόλη.
- 18.** Να χαρακτηρίσετε τις παρακάτω προτάσεις με Σ, αν είναι σωστές και με Λ, αν είναι λανθασμένες.
- Το γαλακτικό οξύ μπορεί να αντιδράσει με το οξικό οξύ.
  - Το βενζοϊκό οξύ μπορεί να αντιδράσει με το οξικό οξύ.
  - Το οξικό οξύ μπορεί να αντιδράσει με χαλκό.
  - Το γαλακτικό οξύ μπορεί να αντιδράσει με την αιθανόλη.
- Να αιτιολογήσετε τις σωστές προτάσεις, δίνοντας τις σχετικές αντιδράσεις.
- 19.** Πώς μπορείτε να διακρίνετε:
- το βουτανικό οξύ από το 3-βουτενικό οξύ;
  - το προπανικό οξύ από τον οξικό μεθυλεστέρα;
- 20.** Πόσα γραμμάρια οξικού οξέος και πόσα γραμμάρια υδροξειδίου του νατρίου απαιτούνται για να παρασκευαστούν 33,6 L  $\text{CH}_4$  που μετρήθηκαν σε πρότυπες συνθήκες;

*Να συνδυάσετε τις αντιδράσεις των υδρογονανθράκων και των καρβοξυλικών οξέων.*

- \*21.** Το ξίδι είναι ένα διάλυμα οξικού οξέος που παράγεται από τη ζύμωση της αιθυλικής αλκοόλης ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ). Θέλουμε να παρασκευάσουμε ξίδι από κρασί 11,5° (αλκοολικοί βαθμοί). Να βρείτε τη μάζα του  $\text{CH}_3\text{COOH}$  που περιέχεται σε 1 L ξιδιού. Η πυκνότητα της αιθανόλης είναι  $\rho=0,8 \text{ g/mL}$ . (Θεωρούμε ότι κατά τη ζύμωση δεν αλλάζει πρακτικά ο όγκος του διαλύματος.)
- \*22.** 30,4 g μίγματος που αποτελείται από οξικό και βενζοϊκό οξύ απαιτεί για την πλήρη εξουδετέρωσή του 16,8 g  $\text{KOH}$ . Να βρείτε τη σύσταση του μίγματος των δύο οξέων.
- \*\*23.** 5,6 g αιθυλενίου αντιδρούν με νερό και παράγεται αλκοόλη που οξειδώνεται ποσοτικά προς την αντίστοιχη αλδεΐδη. Η αλδεΐδη αντιδρά με  $\text{HCN}$ , οπότε παράγεται το 2-υδροξυπροπανονιτρίλιο, το οποίο αντιδρά με το νερό σε όξινο περιβάλλον και δίνει γαλακτικό οξύ. Το γαλακτικό οξύ διαλύεται στο νερό και παίρνουμε διάλυμα μάζας 500 g.
- α) Να γράψετε όλες τις αντιδράσεις που αναφέρθηκαν.  
β) Να βρείτε την % w/w (κατά βάρος) περιεκτικότητα του διαλύματος του γαλακτικού οξέος.
- \*24.** Σε 1 L διαλύματος  $\text{NaOH}$  0,2 M προσθέτουμε 6 g καθαρού  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Το διάλυμα που σχηματίζεται θερμαίνεται μέχρι το νερό να εξατμιστεί πλήρως και παίρνουμε στερεό υπόλειμμα Α.
- α) Από τι αποτελείται το Α;  
β) Πυρώνεται το Α, οπότε σχηματίζεται αέριο Β. Ποιο είναι το Β και ποιος ο όγκος του σε πρότυπες συνθήκες (STP);

120 g

6 g - 24,4 g

3,6% w/w

2,24 L



### Απαντήσεις στις ασκήσεις πολλαπλής επιλογής και σωστού - λάθους

- 11.** Σ είναι: α, γ, δ  
Λ είναι: β
- 18.** Σ είναι: α, δ  
Λ είναι: β, γ

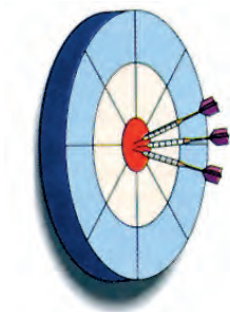
# (5)

## ΒΙΟΜΟΡΙΑ ΚΑΙ ΑΛΛΑ ΜΟΡΙΑ

### Οι Στόχοι

Στο τέλος της διδακτικής αυτής ενότητας θα πρέπει να μπορείς:

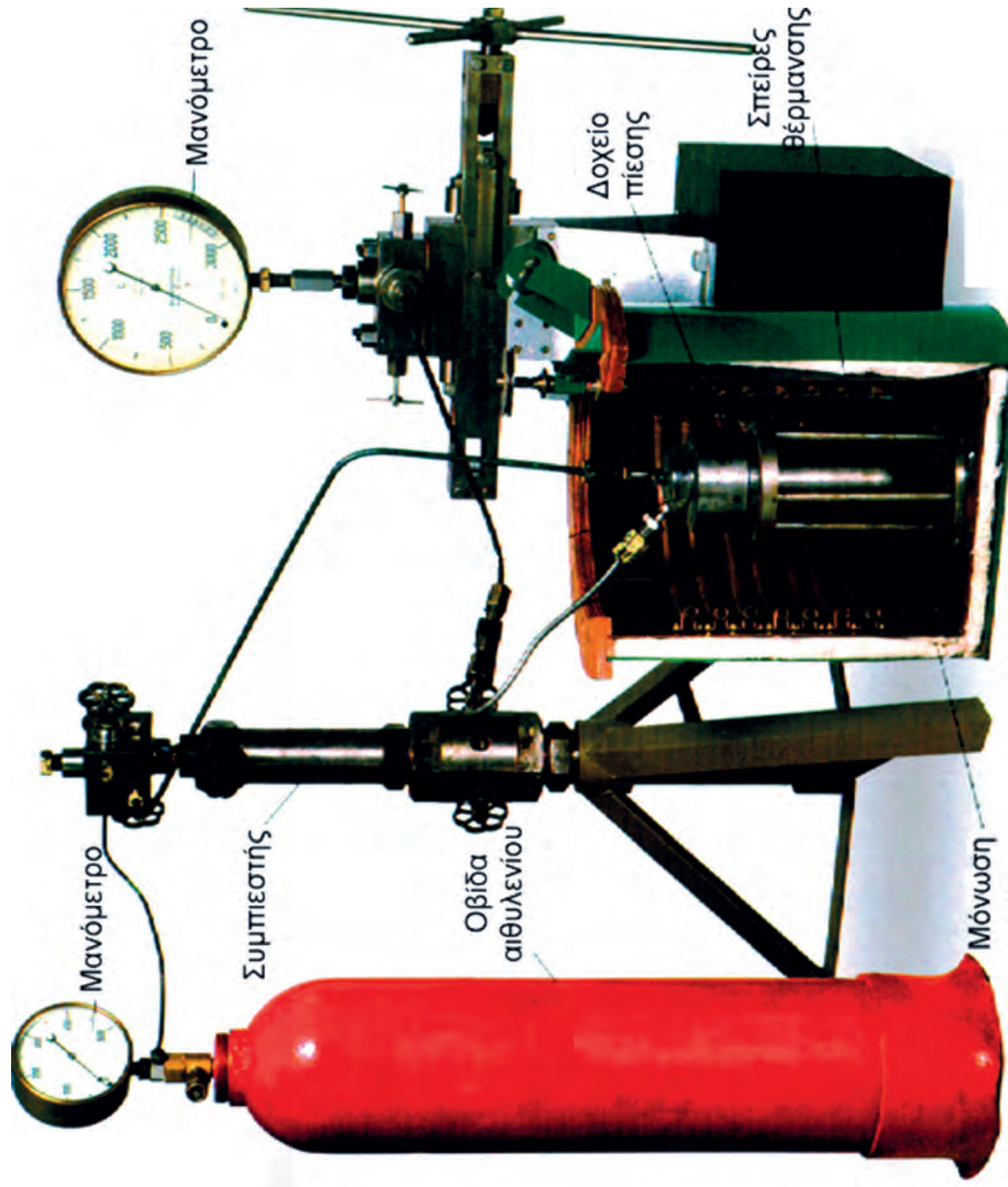
- Να ταξινομείς τους υδατάνθρακες σε κατηγορίες, επισημαίνοντας τις διαφορές που εμφανίζουν ανάλογα με τη χημική τους συμπεριφορά.
- Να παρουσιάζεις το βιοχημικό ρόλο και τη θρεπτική αξία των υδατανθράκων.
- Να ταξινομείς τα λίπη και έλαια σε κατηγορίες και να παρουσιάζεις το βιοχημικό τους ρόλο και τη θρεπτική τους αξία.
- Να εξηγείς την απορρυπαντική δράση των σαπουνιών και να εκθέτεις τα μειονεκτήματα και πλεονεκτήματά τους σε σχέση με τα συνθετικά απορρυπαντικά.
- Να αναφέρεις τα δομικά συστατικά των πρωτεϊνών (αμινοξέα) και να παρουσιάζεις το βιοχημικό ρόλο των πρωτεϊνών.
- Να ταξινομείς τα διάφορα είδη πρωτεϊνών ανάλογα με το λειτουργικό τους ρόλο.
- Να ταξινομείς τα πολυμερή σε κατηγορίες ανάλογα με τις ιδιότητες που έχουν.
- Να περιγράφεις τα διάφορα είδη ινών (φυσικές - συνθετικές), εκθέτοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.



### ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- 5.1. Υδατάνθρακες
  - 5.2. Λίπη - έλαια - σαπούνια - απορρυπαντική δράση
  - 5.3. Πρωτεΐνες
  - 5.4. Πολυμερή-πλαστικά
  - 5.5. Υφάνσιμες ίνες
- Ερωτήσεις - προβλήματα





Η ιστορική διάταξη του πειράματος για την παρασκευή του πολυαιθυλενίου το 1933 από τους Gibson και Fawcett σε συνθήκες υψηλής πίεσης. Αυτό έκανε τη μέθοδο απαγορευτική για βιομηχανική παραγωγή, ενώ παράλληλα έδνε προϊόν χαμηλής ποιότητας. Αρκετά χρόνια μετά ήρθε η επανάσταση στη βιομηχανίας των πλαστικών από τους Ziegler και Natta οι οποίοι βελτίωσαν τη μέθοδο με χρήση καταλυτών. Το παραγόμενο πολυαιθυλένιο σήμερα έχει μεγάλη αντοχή, που μπορεί να φτάσει τα όρια του χάλυβα.

## (5) ΒΙΟΜΟΡΙΑ ΚΑΙ ΑΛΛΑ ΜΟΡΙΑ

### Εισαγωγή

Η χημεία είναι κατά κύριο λόγο μία μοριακή επιστήμη, αφού ασχολείται με τη μελέτη των μορίων. Τα περισσότερα από τα μόρια των ενώσεων που έχουν ως τώρα αναφερθεί είναι απλά, αφού αποτελούνται από λίγα σχετικά, άτομα. Ίσως σε παράλληλες σπουδές π.χ. βιολογία, έχει αναφερθεί το DNA το οποίο είναι ένα γιγάντιο μόριο που ελέγχει την κληρονομικότητα. Υπάρχει όμως ένας μεγάλος αριθμός *φυσικών, συνθετικών και τεχνητών* μεγαλομορίων με τεράστια σημασία. Έτσι το *άμυλο*, η *κυτταρίνη* και οι *πρωτεΐνες* παίζουν μεγάλο ρόλο στη διαδικασία της ζωής. Από την άλλη πλευρά το *φυσικό ελαστικό* έχει μεγάλη τεχνολογική και εμπορική σημασία.

Ο άνθρωπος χρησιμοποίησε μερικές από τις φυσικές μεγαλομοριακές ενώσεις, όπως το άμυλο και τις πρωτεΐνες, από την αρχή της εμφάνισής του στον πλανήτη, εδώ και μερικές χιλιάδες χρόνια. Άρχισε να χρησιμοποιεί και άλλες τέτοιες ενώσεις, όπως ξύλο, βαμβάκι, μαλλί και ελαστικό, σχετικά πρόσφατα στην ιστορική του πορεία. Αυτά και άλλες μεγαλομοριακές ενώσεις συνεισέφεραν σημαντικά στην προώθηση του πολιτισμού ικανοποιώντας τις ανάγκες του ανθρώπου για τροφή, ένδυση και στέγη.

Ο άνθρωπος για αιώνες ήταν ευχαριστημένος χρησιμοποιώντας αυτές τις ουσίες όπως του τις προμήθευε η Φύση. Με την ανάπτυξη όμως της *δομικής θεωρίας* της οργανικής χημείας κατά τα μέσα του 19ου αιώνα, οι χημικοί άρχισαν να αναρωτιούνται τι ήταν αυτό που έδινε στα φυσικά αυτά υλικά τέτοιες ασυνήθιστες ιδιότητες. Το ξύλο, το βαμβάκι, το ελαστικό και το μετάξι έχουν, σε κυμαινόμενο βαθμό βέβαια, ιδιότητες όπως σκληρότητα, ελαστικότητα, αντοχή στον ελκυσμό, χημική αδράνεια. Αν η δομή τους μπορούσε να διευκρινιστεί ίσως οι χημικοί να ήταν σε θέση να επινοήσουν και να συνθέσουν νέα υλικά με ακόμη «καλύτερες» ιδιότητες.

Οι πρώτες έρευνες πάνω στη δομή αυτών των υλικών έδειξαν ότι αυτή η δομή ήταν απίστευτα «πολύπλοκη». Το να τα μελετήσει μάλιστα κανείς στη στερεά κατάσταση εκείνη την εποχή ήταν πολύ δύσκολο, μια και οι *υγροχημικές τεχνικές* απαιτούσαν τη διάλυσή τους, πράγμα ιδιαίτερα δύσκολο. Πήρε αρκετά χρόνια προσεκτικών ερευνών, ώστε να έλθει η απάντηση, που από πρώτη όψη φαίνεται «απλή». Εκείνο το οποίο έκανε τις ενώσεις αυτές –τόσο δύσκολες στη μελέτη τους αλλά με τόσο ενδιαφέρουσες ιδιότητες– να έχουν κοινά χαρακτηριστικά ήταν η δομή τους. Βρέθηκε ότι όλες αυτές αποτελούνται από «γιγαντιαία μόρια» με μέσες σχετικές μοριακές μάζες (μοριακά βάρη) χιλιάδες ακόμη και εκατομμύρια.

Πήρε ακόμα αρκετά χρόνια επίπονων ερευνών, ώστε να πιστοποιηθεί η δομή ορισμένων μεγαλομοριακών ενώσεων. Μετά το 1930 πάντως, οι χημικοί ανέλυσαν ένα σχετικά μεγάλο αριθμό από αυτές και άρχισαν να καταλαβαίνουν ότι αυτά τα μεγαλομόρια ήταν φτιαγμένα από κάποια αρχικά, απλά «δομικά blocks» ή δομικές μονάδες. Το άμυλο π.χ. αλλά και η κυτταρίνη βρέθηκε ότι δημιουργούνται από τη συνένωση μεγάλου αριθμού μορίων γλυκόζης. Η δομική δηλαδή μονάδα τους είναι το μόριο της γλυκόζης,  $C_6H_{12}O_6$ . Έτσι άνοιξε ο δρόμος τόσο για την επινοήση νέων υλικών σε μίμηση και επέκταση της Φύσης όσο και για την αποκάλυψη της δομής των παλαιών και των νέων υλικών.

...Το κυριότερο στη γνώση και στην επιστήμη των υλικών είναι να συνειδητοποιήσει κανείς ότι οι ιδιότητες όλων των τύπων των υλικών είναι συνέπεια της δομής τους ...

...Τώρα πια η μικροδομή και οι μακροσκοπικές ιδιότητες μπορούν να συσχετίζονται...

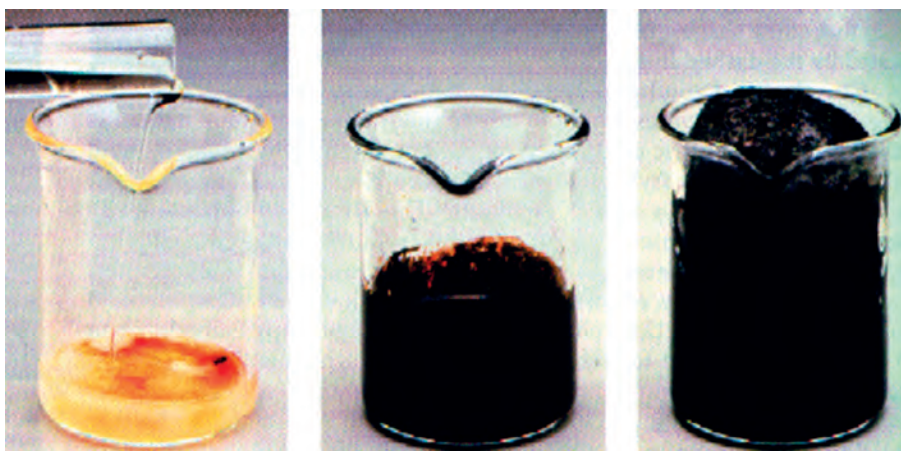
...Οι ιδιότητες των υλικών μπορούν πια να σχεδιάζονται και όχι απλώς να αναζητούνται από τα υπάρχοντα υλικά...

Απόσπασμα του άρθρου "Giant molecules" από το Περιοδικό Scientific American 9-1967.

## (5.1.) Υδατάνθρακες

### Κατάταξη των υδατανθράκων

Η κατηγορία των ενώσεων που είναι γνωστή ως υδατάνθρακες πήρε αυτή τη γενική ονομασία από κάποιες αρχικές παρατηρήσεις που έδειχναν ότι συχνά έχουν το γενικό τύπο  $C_x(H_2O)_y$ . Θεωρήθηκαν δηλαδή «ενυδατωμένοι άνθρακες».



Οι απλοί υδατάνθρακες είναι επίσης γνωστοί και ως **σάκχαρα** ή **σακχαρίτες** (από το Λατινικό *saccharum* = ζάχαρη), μια και έχουν γλυκιά γεύση. Στην ίδια αιτία οφείλεται και η κατάληξη **-όζη** στο όνομα των περισσότερων από αυτούς. Έτσι υπάρχουν ονόματα όπως **σακχαρόζη** για τη συνηθισμένη ζάχαρη, **γλυκόζη** για το κύριο ζάχαρο του αίματος και **μαλτόζη** για το ζάχαρο της βύνης.

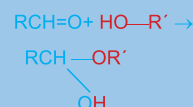
Μία άλλη ταξινόμηση, πιο ορθολογική αυτή τη φορά, μια και αποδίδει την ή τις χαρακτηριστικές ομάδες, είναι εκείνη η οποία στηρίζεται στον ορισμό: **υδατάνθρακες είναι πολυυδροξυαλδεΐδες ή πολυυδροξυκετόνες ή καλύτερα ενώσεις που υδρολύμενες δίνουν πολυυδροξυαλδεΐδες ή πολυυδροξυκετόνες**. Παρόλο που η διάκριση αυτή στηρίζεται στις χαρακτηριστικές ομάδες, δεν είναι πλήρως ικανοποιητική. Και αυτό διότι οι περιεχόμενες ομάδες C=O (καρβονύλιο) και -OH είναι κατά κύριο λόγο με μορφή **ημιακεταλών** ή **ακεταλών** (ή **ημικεταλών** και **κεταλών** αντίστοιχα για πολυυδροξυκετόνες).

Μία επιπλέον ταξινόμηση στηρίζεται στα προϊόντα της υδρόλυσης των υδατανθράκων. Έτσι **οι υδατάνθρακες οι οποίοι δεν υδρολύονται σε μικρότερους, απλούστερους υδατάνθρακες λέγονται μονοσακχαρίτες**. Οι υδατάνθρακες που όταν υδρολύονται δίνουν ανά μόριό τους δύο μόρια μονοσακχαριτών ονομάζονται **δισακχαρίτες**.

ΣΧΗΜΑ 5.1 Αφυδάτωση ζάχαρης με θειικό οξύ. Στη φωτογραφία φαίνεται η πλήρης απανθράκωση της ζάχαρης που δικαιολογεί το χαρακτηρισμό υδατάνθρακες.

- Υπάρχουν ουσίες με έντονα γλυκιά γεύση που δεν είναι σάκχαρα, όπως τα συνθετικά γλυκαντικά σακχαρίνη και ντουλσίνη ( $C_2H_5O-C_6H_5-NH-CO-NH_2$ ). Υδατικό διάλυμα σακχαρίνης είναι 300 φορές πιο γλυκό από διάλυμα ζάχαρης της ίδιας συγκέντρωσης.

- Μία ημιακετάλη προκύπτει με βάση την παρακάτω αντίδραση



- Για πολυσακχαρίτες οι οποίοι προκύπτουν από εξόζες ισχύει γενικά:

$v$  mol  $C_6H_{12}O_6$  δίνουν 1 mol πολυσακχαρίτη και  $(v-1)$  mol  $H_2O$

π.χ. για τρισακχαρίτη ( $v=3$ ) από γλυκόζη έχουμε:



Εκείνοι που δίνουν τρία μόρια **τρισακχαρίτες** κ.ο.κ. Υδατάνθρακες οι οποίοι υδρολυόμενοι δίνουν 2 έως 10 μόρια μονοσακχαριτών καλούνται επίσης **ολιγοσακχαρίτες**. Αν δίνουν μεγάλο (>10) αριθμό μονοσακχαριτών, χαρακτηρίζονται **πολυσακχαρίτες**.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται μερικοί συνηθισμένοι υδατάνθρακες με την ονομασία, τη δομή και την προέλευσή τους.

Πίνακας 5.1 χαρακτηριστικά παραδείγματα υδατάνθρακων

Όνομα	Κατηγορία	Δομή	Απαντάται
Γλυκόζη	Μονοσακχαρίτης Αλζοεξόζη	$C_6H_{12}O_6$	Σε φυτά και ζώα
Φρουκτόζη	Μονοσακχαρίτης Κετοεξόζη	$C_6H_{12}O_6$	Φρούτα και μέλι
Σακχαρόζη	Δισακχαρίτης	Γλυκόζη — Φρουκτόζη	Σακχαροκάλαμο, παντζάρια
Μαλτόζη	Δισακχαρίτης	Γλυκόζη — Γλυκόζη	Βύνη
Λακτόζη	Δισακχαρίτης	Γλυκόζη — Γαλακτόζη	Γάλα
Άμυλο	Πολυσακχαρίτης	Αλυσίδα μονάδων γλυκόζης	Πατάτα, σιτάρι, αλεύρι
Κυτταρίνη	Πολυσακχαρίτης	Αλυσίδα μονάδων γλυκόζης	Ξύλο, βαμβάκι

Οι υδατάνθρακες είναι το πλέον άφθονα διαδεδομένο οργανικό υλικό των φυτών. Είναι η κύρια πηγή ενέργειας των ζώντων οργανισμών (σάκχαρα και άμυλο). Πέρα από αυτό όμως, στα φυτά και σε ορισμένα ζώα χρησιμοποιούνται ως το βασικό συστατικό του σκελετικού ιστού (κυτταρίνη). Αυτή είναι η βασική αποστολή της κυτταρίνης, που βρίσκεται στο ξύλο, στο βαμβάκι, στο λινάρι.

Συναντάμε τους υδατάνθρακες σε όλες τις δραστηριότητες της καθημερινής μας ζωής. Το χαρτί αυτού του βιβλίου είναι φτιαγμένο κατά κύριο λόγο από κυτταρίνη. Το ίδιο και το βαμβάκι των ρούχων μας και το ξύλο κάθε οικοδομής. Το αλεύρι από το οποίο φτιάχνεται το ψωμί είναι κυρίως άμυλο, το οποίο επίσης είναι συστατικό πολλών τροφών, όπως η πατάτα, το ρύζι, τα φασόλια και τα μπιζέλια.

### Κατάταξη των μονοσακχαριτών

Οι μονοσακχαρίτες κατατάσσονται με βάση δύο κριτήρια:

1. Τον **αριθμό των ατόμων C** που υπάρχουν στο μόριό τους και
2. Τη **χαρακτηριστική ομάδα**, αν αυτή είναι αλδευδο- ή κέτο- ομάδα. Έτσι ένας μονοσακχαρίτης που περιέχει 3 άτομα C είναι μία **τριόζη**, 4 C μία **τετρόζη** κ.ο.κ. Σημαντικές εδώ είναι οι **εξόζες** με 6 άτομα C.

**Αλδόζη είναι ένας μονοσακχαρίτης ο οποίος, πέρα των υδροξυο-**



Ένας μονοσακχαρίτης (γλυκόζη), ένας δισακχαρίτης (ζάχαρη) και ένας πολυσακχαρίτης (άμυλο-αλεύρι)



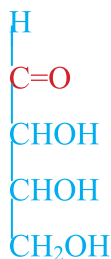
Το μέλι είναι πυκνό διάλυμα σακχάρων με κύρια τα γλυκόζη και φρουκτόζη.

• Η **γλυκόζη**,  $C_6H_{12}O_6$ , είναι μία αλδοεξόζη ενώ η ισομερής της **φρουκτόζη** είναι μία κετοεξόζη.

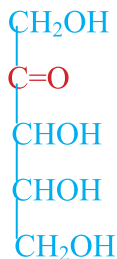
• Οι γενικότερες χημικές ιδιότητες των απλών σακχάρων είναι ένας συνδυασμός των ιδιοτήτων των αλκοολικών  $-OH$  και της καρβονυλομάδας  $-C=O$ .

Έτσι π.χ. με προσθήκη  $H_2$  δίνουν (πολύ)αλκοόλες.

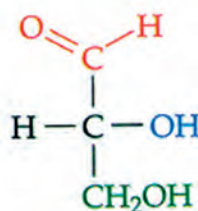
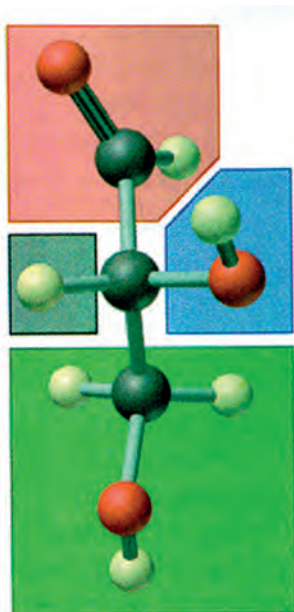
μάδων, περιέχει και μία αλδεΐδομάδα. Αντίστοιχα, αν περιέχει μία κετονομάδα, είναι μία κετόζη. Αυτές οι δύο ταξινομήσεις συχνά συνδυάζονται. Έτσι π.χ. μία αλδόζη με 4 C είναι μία αλδοτετρόζη. Μία κετοπεντόζη θα είναι ένας υδατάνθρακας με μία κετονομάδα και με 5 C. Με ανεπτυγμένους δομικούς ή συντακτικούς τύπους θα είναι:



μία αλδοτετρόζη



μία κετοπεντόζη



D- γλυκεριναλδεΐδη

Ομάδες  
συνδεδεμένες  
με άτομα C2

1. —CHO
2. —H
3. —OH
4. —CH<sub>2</sub>OH

### Αναγωγικές ιδιότητες των μονοσακχαριτών

Από χημική σκοπιά, η κύρια ιδιότητα των μονοσακχαριτών είναι ο **αναγωγικός** χαρακτήρας τους. Αυτός οφείλεται στην παρουσία χαρακτηριστικών ομάδων που είναι γνωστές για τις αναγωγικές τους ιδιότητες, όπως π.χ. η αλδεΐδομάδα —CH=O.

Έτσι ένας αριθμός οξειδωτικών μέσων χρησιμοποιήθηκαν για την **ταυτοποίηση** των χαρακτηριστικών ομάδων των υδατανθράκων. Αυτά τα μέσα συνέβαλαν στην αποκάλυψη της δομής τους αλλά και στη **σύνθεσή** τους στο εργαστήριο. Μεταξύ αυτών σημαντικά είναι τα αντιδραστήρια των Fehling και Benedict (το οποίο είναι μία παραλλαγή του αντιδραστηρίου του Fehling) καθώς και του Tollens.

Τα αντιδραστήρια αυτά οξειδώνουν και συνεπώς δίνουν, κατά την κλασική έκφραση, θετική αντίδραση (ή θετική δοκιμασία, test) με τις

• Άλλη μία σημαντική ιδιότητα των σακχάρων είναι ότι υφίστανται **ζυμώσεις** (ενζυματικές διασπάσεις). Κυριότερες είναι η γαλακτική (με προϊόν το γαλακτικό οξύ) και η αλκοολική (με προϊόν την αιθανόλη). Οι πολυσακχαρίτες γενικά δε ζυμώνονται απευθείας αλλά αφού διασπασθούν πρώτα με οξέα ή ένζυμα σε απλά σάκχαρα.

ΣΧΗΜΑ 5.2 Μοριακό μοντέλο της απλούστερης αλδοτριόζης, που είναι η γλυκεριναλδεΐδη. Σ' αυτό φαίνονται οι χαρακτηριστικές ομάδες.

**αλδεΐδες** και τις  **$\alpha$ -υδροξυκετόνες**. Συνεπώς, από τους υδατάνθρακες, αντιδρούν θετικά μόνο οι **αλδόζες** και οι  **$\alpha$ -υδροξυκετόζες** (βλέπε κεφάλαιο 2).

Τα αντιδραστήρια **Fehling και Benedict** ανάγονται προς ένα κεραμέρυθρο ίζημα από  $\text{Cu}_2\text{O}$  ( $\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}^+$ ), όταν οξειδώνουν αλδεΐδες σε αλκαλικά διαλύματα. Οι  $\alpha$ -υδροξυ-κετόνες σε αλκαλικά διαλύματα μετατρέπονται σε αλδεΐδες και συνεπώς αντιδρούν και αυτές θετικά. Σχηματικά η αντίδραση είναι:



Η δημιουργία λοιπόν του κεραμέρυθρου ιζήματος είναι μία αδιάψευστη ένδειξη θετικής αντίδρασης. Στην περίπτωση του αντιδραστήριου του Tollens σχηματίζεται το λεγόμενο **κάτοπτρο αργύρου**.

Υδατάνθρακες οι οποίοι αντιδρούν θετικά με τα παραπάνω αντιδραστήρια λέγονται και **αναγωγικά σάκχαρα** (ή ανάγοντα σάκχαρα). Τέτοια είναι όσα στη δομή τους περιέχουν αλδεϋδομάδα ή  $\alpha$ -υδροξυκετομάδα. Υδατάνθρακες οι οποίοι δεν αντιδρούν με αυτά λέγονται **μη αναγωγικά σάκχαρα** και δεν περιέχουν τις παραπάνω ομάδες.

Τα παραπάνω επώνυμα αντιδραστήρια έχουν σημαντική διαγνωστική αξία. Μάλιστα το αντιδραστήριο του Benedict χρησιμοποιείται και για ποσοτικούς προσδιορισμούς της γλυκόζης στο αίμα και στα ούρα.

Αναγωγικές ιδιότητες παρουσιάζουν τα απλά σάκχαρα και από τους ολιγοσακχαρίτες μόνο εκείνοι οι οποίοι έχουν ελεύθερο καρβονύλιο. Το καλαμοσάκχαρο π.χ. δεν είναι **αναγόμενο σάκχαρο**. Οι πολυσακχαρίτες δεν εμφανίζουν αναγωγικές ιδιότητες.

## Φωτοσύνθεση και μεταβολισμός των υδατανθράκων.

Οι υδατάνθρακες συνθέτονται στα πράσινα φυτά με την **φωτοσύνθεση**. Αυτή είναι μία πολύπλοκη διαδικασία η οποία χρησιμοποιεί την ηλιακή ενέργεια, για να ανάγει ή να δεσμεύσει το  $\text{CO}_2$ . Η συνολική αντίδραση για τη φωτοσύνθεση, σχηματικά μόνο δίνεται από την:



Η φωτοσύνθεση είναι ένα πολύπλοκο φαινόμενο με πολλά ενδιάμεσα στάδια στα οποία χρησιμοποιούνται ένζυμα ως καταλύτες. Έχει λοιπόν έναν πολύπλοκο μηχανισμό ο οποίος δεν έχει γίνει πλήρως κατανοητός. Γνωρίζουμε πάντως ότι η φωτοσύνθεση ξεκινά με την απορρόφηση ηλιακού φωτός από την κύρια χρωστική των φυτών, τη **χλωροφύλλη**. Το πράσινο χρώμα της και η δυνατότητα που έχει απ' αυτό ν' απορροφά στην ορατή περιοχή του ηλιακού φάσματος, οφείλονται κατά κύριο λόγο στη δομή της η οποία περιλαμβάνει εκτεταμένους **συζυγιακούς δεσμούς**. Καθώς τα φωτόνια του ηλιακού φωτός δεσμεύονται ή «παγιδεύονται» από τη χλωροφύλλη, απορροφάται και αποθηκεύεται ενέργεια από το φυτό με μορφή χημικής ενέργειας

### • Θερμίδες από διάφορες συνήθειες τροφές σε Kcal.

Μήλο (μεγάλο)	100
Μπίρα (ποτήρι)	115
Κόλα (ποτήρι)	105
Παγωτό (κύπελλο)	190
Milk shake	500
Hamburger	350
Μπριζόλα χοιρινή	1000

πια. Η ενέργεια αυτή χρησιμοποιείται για την αντίδραση μετατροπής - αναγωγής του  $\text{CO}_2$  προς υδατάνθρακες και οξείδωσης του νερού προς  $\text{O}_2$ .

Οι υδατάνθρακες στα φυτά είναι η κύρια «αποθήκη» της ηλιακής ενέργειας και μέσω αυτών μεταφέρεται και στα ζώα ως τροφή. Η ενέργεια αυτή απελευθερώνεται, όταν τα ζώα ή τα φυτά μεταβολίζουν τους υδατάνθρακες προς  $\text{CO}_2$  και νερό σύμφωνα με τη γενική σχηματική αντίδραση:



Ο μεταβολισμός των υδατανθράκων είναι και αυτός με τη σειρά του ένα σύνολο ενζυματικά καταλυομένων αντιδράσεων στις οποίες κάθε στάδιο-βήμα που δίνει ενέργεια (εξώθερμο ή καλύτερα **εξωεργονικό**) είναι μία οξείδωση (ο C από αριθμό οξείδωσης 0 αυξάνει προς το +4).

Παρόλο που ένα μέρος της ενέργειας η οποία απελευθερώνεται αναπόφευκτα μετατρέπεται σε θερμότητα, το μεγαλύτερο μέρος αυτής, μετατρέπεται σε μία νέα χημική μορφή. Αυτό επιτυγχάνεται με τη σύνθεση της **τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP)** από τη **διφωσφορική αδενοσίνη (ADP)** και ανόργανα άλατα του φωσφόρου. Η ενδοεργονική αυτή δράση παρίσταται ως:



Τα φυτά και τα ζώα χρησιμοποιούν την αποθηκευμένη ενέργεια του ATP, για να ικανοποιήσουν όλες τις διαδικασίες οι οποίες απαιτούν ενέργεια, όπως π.χ. μία μυϊκή δραστηριότητα.

Τρεις είναι οι κυριότεροι πολυσακχαρίτες που αποτελούν και οι τρεις πολυμερή της γλυκόζης: **το άμυλο, το γλυκογόνο και η κυτταρίνη**. Από αυτούς το άμυλο είναι η κύρια αποθηκευμένη τροφή στα φυτά. Το γλυκογόνο είναι η αποθηκευμένη μορφή υδατανθράκων στα ζώα. Η δε κυτταρίνη χρησιμοποιείται ως δομικό υλικό των φυτών.

• Παρόλο που υπάρχουν μικρές διαφορές στην θερμοδομετρική αξία, 1g σακχάρων αποδίδει  $\approx 4,0$  kcal. έναντι 9,0 Kcal των λιπών.

Συνήθως η θερμοδομετρική αξία των τροφών υπολογίζεται από την περιεκτικότητά τους σε σάκχαρα, λίπη και πρωτεΐνες και από τον "κώδικα 4-4-9" σε Kcal ανά g αντίστοιχα.

## ( 5.2. ) Λίπη και έλαια

### Εισαγωγή

Όταν ένας ζωικός ή φυτικός ιστός εκχυλιστεί με ένα μη πολικό διαλύτη (π.χ. αιθέρα, χλωροφόρμιο, βενζόλιο ή κάποιο αλκάνιο), ένα μέρος από τον ιστό αυτό διαλύεται. Τα συστατικά αυτά, τα οποία διαλύονται σε αυτές τις συνθήκες λέγονται **λιπίδια**.

Τα λιπίδια περιλαμβάνουν μία μεγάλη ποικιλία διαφορετικών ενώσεων όπως **καρβοξυλικά οξέα (ή λιπαρά οξέα)**, **τριεστέρες της γλυκερίνης ή τριγλυκερίδια** (ή ουδέτερα λίπη), **φωσφολιπίδια**, **γλυκολιπίδια**, **κηρούς**, **τερπένια**, **στεροειδή** και **προσταγλανίνες**. Στις παραγράφους που ακολουθούν θα εξεταστούν τα σημαντικότερα θέματα που αφορούν τα λίπη.

### Λιπαρά οξέα και τριγλυκερίδια

Όπως είδαμε, μόνο ένα μικρό μέρος από το παραπάνω εκχύλισμα του ιστού αποτελείται από ελεύθερα καρβοξυλικά οξέα, ενώ το μεγαλύτερο μέρος είναι κυρίως εστέρες αυτών με **γλυκερίνη**, γνωστοί ως **γλυκερίδια ή τριγλυκερίδια** ή με πιο σύγχρονη ονοματολογία **γλυκερολοαλκανοϊκοί (εστέρες)**. Τα πλέον συνήθη τριγλυκερίδια είναι εκείνα τα οποία έχουν καρβοξυλικά οξέα με μεγάλη ανθρακική αλυσίδα.

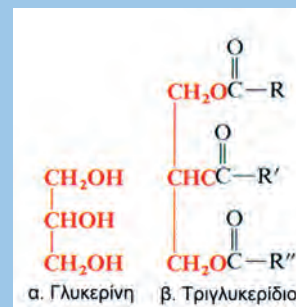
Τα τριγλυκερίδια αυτά είναι τα **έλαια** και τα **λίπη** φυτικής και ζωικής προέλευσης. Περιλαμβάνουν πολλές ουσίες κοινής χρήσης, όπως φυστικέλαιο, ελαιόλαδο, σογιέλαιο, αραβοσιτέλαιο, βούτυρο, λαρδί και ξύγκι. Εκείνα τα τριγλυκερίδια που είναι υγρά σε θερμοκρασία δωματίου είναι γνωστά ως **έλαια**, ενώ εκείνα που είναι στερεά ονομάζονται συνήθως **λίπη**.

Τα καρβοξυλικά οξέα που προκύπτουν από την **υδρόλυση** των φυσικών λιπών και ελαίων έχουν συνήθως ευθεία αλυσίδα με άρτιο αριθμό ατόμων άνθρακα. Μεταξύ αυτών κυριότερα είναι εκείνα με 14, 16 και 18 C.

Στον πίνακα 5.2 δίνονται τα συνήθη λιπαρά οξέα με τα αντίστοιχα σημεία τήξης τους (μία και αυτά κανονίζουν και τη φυσική κατάσταση των εστέρων τους).

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$ (54 °C)	μυριστικό οξύ (δεκατετρανικό οξύ)
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$ (63 °C)	παλμιτικό οξύ (δεκαεξανικό οξύ)
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ (70 °C)	στεατικό οξύ (δεκαοκτανικό οξύ)
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ (4 °C)	ελαϊκό οξύ (9-δεκαοκτενικό οξύ)

• Τα λιπίδια βλέπει κανείς ότι ορίζονται μέσα από τη φυσική διαδικασία η οποία χρησιμοποιείται για την απομόνωσή τους και όχι από τη χημική δομή τους, όπως συμβαίνει στους υδατάνθρακες και στις πρωτεΐνες.



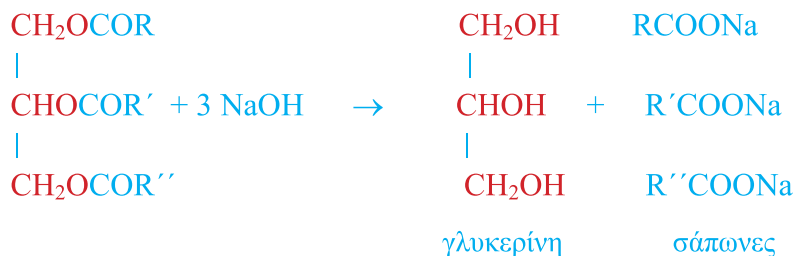
Λαρδί: το "beaon"

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2 Συνήθη λιπαρά οξέα και τα σ.τ. αυτών



## Σαπωνοποίηση των τριγλυκεριδίων

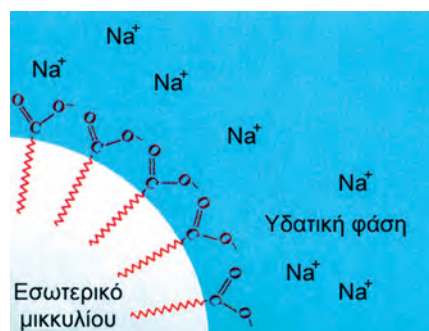
Σαπωνοποίηση των τριγλυκεριδίων είναι η υδρόλυσή τους σε αλκαλικό περιβάλλον π.χ. παρουσία NaOH ή KOH. Αυτή δίνει ως προϊόντα γλυκερίνη και ένα μίγμα αλάτων μακράς αλυσίδας καρβοξυλικών οξέων με Na ή K. Το μίγμα αυτό αποτελεί τους **σάπωνες** και οι αντιδράσεις σαπωνοποίησης είναι ο τρόπος με τον οποίο αυτοί παρασκευάζονται. Η αντίδραση δίνεται παρακάτω:



Έτσι, λίπη και έλαια βράζονται σε υδατικό διάλυμα NaOH μέχρι να υδρολυθούν πλήρως. Με προσθήκη NaCl στο μίγμα καθιζάνουν οι σάπωνες (εξαλάτωση). Μετά την απομάκρυνση των σαπώνων, η γλυκερίνη διαχωρίζεται από την υδατική φάση με **απόσταξη**. Προσθήκη αρωμάτων παράγει τα αρωματικά σαπούνια. Προσθήκη άμμου  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  και άλλων πληρωτικών υλικών δίνει τα σκληρά σαπούνια. Αν κατά την παρασκευή διοχετευθεί αέρας, παράγονται επιπλέοντα σαπούνια (αν αυτό επιθυμεί η αγορά...).

## Απορρυπαντική δράση των σαπώνων

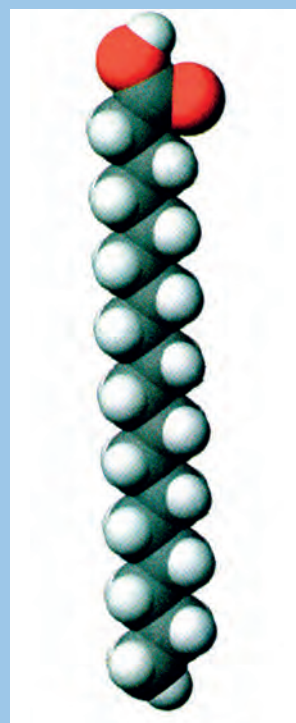
Τα σαπούνια είναι σχεδόν πλήρως αναμίξιμα -διαλυτά- με το νερό. Όμως ο μηχανισμός με τον οποίο διαλύονται είναι διαφορετικός από μία απλή διάσταση προς  $\text{RCOO}^-$  και  $\text{Na}^+$  (αυτό συμβαίνει μόνο στα πολύ αραιά διαλύματα). Κατά τη διάλυσή τους τα σαπούνια σχηματίζουν **μικκύλια** (όπως στην περίπτωση των **κolloειδών συστημάτων**). Τα μικκύλια των σαπώνων είναι συνήθως σφαιρικά συσσωματώματα καρβοξυλικών ιόντων τα οποία **διασπείρονται** στην υδατική φάση (σχήμα 5.3).



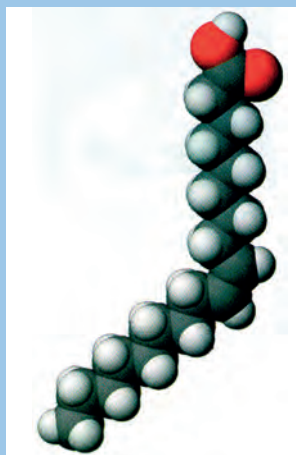
ΣΧΗΜΑ 5.3 Αιώρημα σάπωνα στο νερό.

Τα καρβοξυλικά ιόντα συνωθούνται με τέτοιο τρόπο, ώστε το αρνητικό τους άκρο (άρα και το πολικό τους τμήμα) να κατευθύνεται προς την επιφάνεια του μικκυλίου, δηλαδή προς την υδατική πολική

• Στη βιομηχανία των απορρυπαντικών γενικά χρησιμοποιείται το λαουρικό οξύ (δωδεκανικό οξύ)  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$ , το οποίο υπάρχει στο καρυδέλαιο (coconut oil).



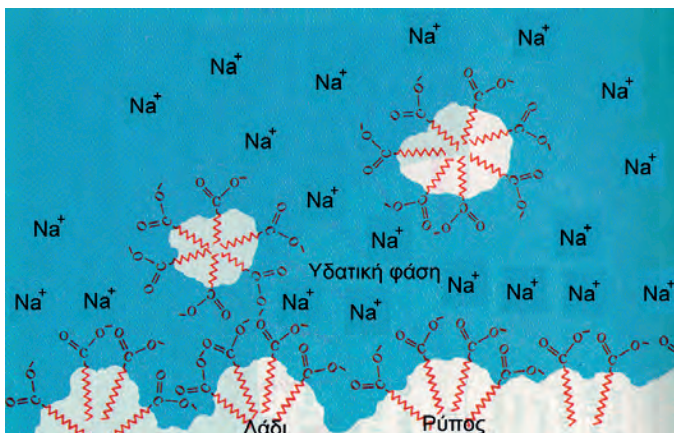
στεατικό οξύ



ελαϊκό οξύ

φάση. Αντίθετα η μη πολική ανθρακική τους αλυσίδα κατευθύνεται προς το εσωτερικό του μικκυλίου. Τα  $\text{Na}^+$  διασπείρονται στην υδατική φάση ως μεμονωμένα, ενυδατωμένα ιόντα. Ο σχηματισμός αυτών των μικκυλίων εξηγεί το μηχανισμό της διάλυσης των σαπώνων στο νερό. Το μη πολικό τμήμα τους – άρα το **υδρόφοβο** – της ανθρακικής αλυσίδας παραμένει σε μη πολικό περιβάλλον, στο εσωτερικό του μικκυλίου. Το πολικό τμήμα – άρα και **υδρόφιλο** – δηλαδή η ομάδα  $\text{RCOO}^-$  κατευθύνεται προς το πολικό υδατικό περιβάλλον. Μια και η επιφάνεια των μικκυλίων είναι αρνητικά φορτισμένη, αυτά απωθούνται και παραμένουν σε αιώρηση ή διασπορά μέσα στην υδατική φάση.

Η κύρια χρήση των σαπουνιών στηρίζεται στη λεγόμενη **απορρυπαντική τους δράση**. Ο μηχανισμός με τον οποίο αυτοί απομακρύνουν τους ρύπους είναι ανάλογος με εκείνον της διάλυσής τους. Οι περισσότερες «βρωμιές» π.χ. στο δέρμα περιβάλλονται από ένα στρώμα λίπους ή λαδιού. Τα μόρια του νερού από μόνα τους είναι ανήμπορα να διαπεράσουν αυτά τα λιπαρά σφαιρίδια, μια και δε διαπερνούν την ελαιώδη φάση. Έτσι, δεν μπορούν να διασπάρουν τον ρύπο σε μικρότερα τεμαχίδια και να τον απομακρύνουν από την επιφάνεια στην οποία αυτός έχει κολλήσει. Αντίθετα, το αιώρημα του σαπουνιού μπορεί να διαχωρίσει τη «βρωμιά» σε μικρότερα τμήματα, μια και η ανθρακική υδρόφοβη αλυσίδα μπορεί να διέλθει από την ελαιώδη επικάλυψή της. Καθώς αυτό γίνεται, κάθε μεμονωμένο σωματίδιο του ρύπου αναπτύσσει μία εξωτερική στοιβάδα καρβοξυλικών ιόντων και συνεπώς προβάλλεται προς την υδατική φάση πιο συμβατά, θα έλεγε κανείς, μέσω της πολικής αυτής ομάδας. Τα τμήματα πια του ρύπου απωθούνται λόγω του εξωτερικού φορτίου, διασπείρονται προς την υδατική φάση και παίρνουν το δρόμο προς την αποχέτευση.

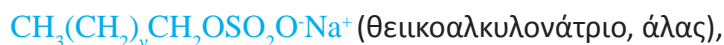


ΣΧΗΜΑ 5.4 Απορρυπαντική δράση σάπωνα.

### Συνθετικά απορρυπαντικά

Τα **συνθετικά απορρυπαντικά** δρουν με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο δρουν και οι σάπωνες. Από άποψη δομής έχουν και αυτά μία μακριά, μη πολική, κορεσμένη, ανθρακική αλυσίδα με μία πολική ομάδα στο τέλος της. Οι πολικές ομάδες των περισσότερων συνθετικών απορρυ-

παντικών είναι θειικοί ή, καλύτερα, σουλφονικοί εστέρες ή θειικά άλατα του Na, π.χ.:



Στα τυπικά απορρυπαντικά το n έχει τιμή ίση με 10-14.

Τα συνθετικά απορρυπαντικά παρουσιάζουν ένα σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των σαπώνων – και αυτό πέρα από το γεγονός ότι αυτά παρασκευάζονται από μη βρώσιμες ύλες – Λειτουργούν το ίδιο καλά και σε “σκληρό νερό”, το οποίο έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε ιόντα  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  και  $\text{Fe}^{3+}$ . Αυτό συμβαίνει διότι τα άλατα των αλκυλοσουλφονικών και όξινων θεικών αλκυλίων με Ca, Mg και Fe είναι διαλυτά στο νερό και συνεπώς τα συνθετικά απορρυπαντικά παραμένουν ενεργά και σε τέτοιο περιβάλλον. Αντίθετα, τα αντίστοιχα άλατα των λιπαρών οξέων σχηματίζουν ιζήματα – τις γνωστές αποθέσεις στα είδη υγιεινής και κουζίνας – και συνεπώς απενεργοποιούνται στο σκληρό νερό.

## Βιολογικός ρόλος των λιπών και ελαίων

Ο κυριότερος ρόλος των λιπών στη διατροφή των θηλαστικών είναι σαν μία πηγή χημικής ενέργειας. Όταν τα γλυκερίδια αυτά μετατραπούν στον οργανισμό σε  $\text{CO}_2$  και  $\text{H}_2\text{O}$ , δηλαδή όταν **μεταβολιστούν**, αποδίδουν διπλάσιο αριθμό θερμίδων ανά g από εκείνες που δίνουν τα σάκχαρα. Αυτό οφείλεται κυρίως στη μεγάλη αναλογία των δεσμών C-H ανά μόριο.

Τα γλυκερίδια είναι διανεμημένα σε όλα σχεδόν τα κύτταρα του σώματος, κυρίως όμως είναι αποθηκευμένα ως **σωματικό λίπος** σε μερικές «αποθήκες» από ειδικό συνδετικό ιστό, γνωστό με το όνομα λιπώδης ιστός. Στον ανθρώπινο οργανισμό τα τριγλυκερίδια μπορούν να συντίθενται και από τα τρία βασικά ήδη τροφών, δηλαδή τις πρωτεΐνες, τα σάκχαρα και κυρίως από τα λίπη και τα έλαια. Οι καταναλωτές στην Ευρώπη και στην Αμερική προτιμούσαν ιστορικά τα **ζωικά** λίπη (βούτυρο) τα οποία είναι στερεά, μια και η βάση τους είναι από κορεσμένα λιπαρά οξέα. Η αύξηση του πληθυσμού αλλά και η διαπίστωση ότι τα λίπη αυτά πέρα από κάποιο όριο είναι επιβλαβή, οδήγησε τόσο στην **υδρογόνωση** όσο και κύρια στην εκτεταμένη χρήση των πολυακορέστων ελαίων.

Κατά την πέψη, τα λίπη και έλαια δεν υδρολύονται στο στόμα ή στο στομάχι. Το ένζυμο **λιπάση**, το οποίο εκκρίνεται από το **πάγκρεας**, καταλύει την υδρόλυση του εστερικού δεσμού στο λεπτό έντερο. Όμως το ένζυμο είναι διαλυτό στο νερό σε αντίθεση με τα λίπη. Με τη βοήθεια όμως των χολικών αλάτων, τα οποία εκκρίνει το συκώτι, επιτυγχάνεται ο κατακερματισμός των σταγόνων των ελαίων σε ελαχιστότατα σταγονίδια, τα οποία έχουν μεγάλη επιφάνεια και επιτρέπουν το υδατοδιαλυτό ένζυμο να δράσει. Η δράση δηλαδή των χολικών αυτών αλάτων μοιάζει πολύ με εκείνη των απορρυπαντικών.

- Ένα κοινό στερεό συνθετικό απορρυπαντικό έχει την παρακάτω μέση σύσταση:

θειικό αλκυλβενζολνάτριο	18%
τριπολυφωσφορικό νάτριο	50%
αφροματοποιητή	3%
λαμπρυντικό	3%
αποκονιστικό	3%
νερό και ανόργανο πληρωτικό	20%.

- Η παρουσία του τριπολυφωσφορικού νατρίου σε μεγάλη αναλογία στα συνθετικά απορρυπαντικά δημιούργησε το φαινόμενο του ευτροφισμού. Η προσπάθεια αντικατάστασής του με  $\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})_3$ , νιτριλοτριοξικό οξύ, NTA, δεν ευοδώθηκε, μια και αυτό αποδείχτηκε καρκινογόνο.

## (5.3.) Πρωτεΐνες

### Εισαγωγή

Από τα λεγόμενα **βιοπολυμερή**, τρεις είναι οι κύριες ομάδες: οι **πολυσακχαρίτες**, οι **πρωτεΐνες** και τα **πυρηνικά ή νουκλεϊνικά οξέα**. Από αυτές, όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο των υδατανθράκων, οι πολυσακχαρίτες δρουν κατά κύριο λόγο ως «αποθήκες» ενέργειας (άμυλο και γλυκογόνο) και στα φυτά ως δομικό υλικό (κυτταρίνη). Τα νουκλεϊνικά οξέα έχουν ως κύρια αποστολή την αποθήκευση και μεταφορά **πληροφοριών**. Οι πρωτεΐνες έχουν, όμως, ποικίλες αποστολές. Ως **ένζυμα** και **ορμόνες** οι πρωτεΐνες καταλύουν και ρυθμίζουν τις αντιδράσεις οι οποίες γίνονται στο ανθρώπινο σώμα. Ως **μύες** και **τένοντες** προμηθεύουν στο σώμα τα μέσα για την κίνησή του. Ως **δέρμα** και **μαλλί** του δίνουν την εξωτερική κάλυψη και προστασία. Ως **αιμοσφαιρίνη** μεταφέρουν όλο το απαραίτητο  $O_2$  και στις πιο απομακρυσμένες «γωνιές» του σώματος. Σαν **αντισώματα** προμηθεύουν στον οργανισμό τα μέσα προστασίας από διάφορες ασθένειες. Σε συνδυασμό δε με άλλες ουσίες στα **οστά**, του παρέχουν ένα σκελετικό σύστημα στήριξης.

Με μία τόσο μεγάλη ποικιλία αρμοδιοτήτων που έχουν οι πρωτεΐνες δεν πρέπει να εκπλήσεται κανείς από το γεγονός ότι υπάρχουν πολλές πρωτεΐνες οι οποίες διαφέρουν σε σχήμα και σε μέγεθος. Με μέτρο σύγκρισης τα περισσότερα από τα μόρια τα οποία έχουν αναφερθεί, ακόμη και οι πλέον μικρές πρωτεΐνες έχουν μεγάλες σχετικές μοριακές μάζες. Η **λυσσοζύμη**, ένα ένζυμο, είναι μία σχετικά μικρή πρωτεΐνη η οποία όμως έχει σχετική μοριακή μάζα 14 600. Οι περισσότερες πρωτεΐνες έχουν σχετικές μοριακές μάζες κατά πολύ μεγαλύτερες από αυτό. Όσον αφορά το σχήμα τους, αυτό καλύπτει μία ευρεία γκάμα που ξεκινά από τις σφαιροειδείς πρωτεΐνες, όπως η αιμοσφαιρίνη, μέχρι τα ελικοειδή νημάτια της **α-κερατίνης** (τρίχα, νύχι, μαλλί) και τις φυλλοειδείς επιστρώσεις του μεταξιού.

Παρόλα αυτά και τις διαφορές μεγέθους, σχήματος, αποστολής, όλες οι πρωτεΐνες έχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά μέσω των οποίων αποκαλύπτεται η δομή τους και αιτιολογούνται οι ιδιότητές τους.

### Αμινοξέα - Πρωτεΐνες

Τα διάφορα **πολυμερή**, συνθετικά ή βιολογικά, από την άποψη του τρόπου δημιουργίας τους κατατάσσονται σε δύο ομάδες. Στην πρώ-

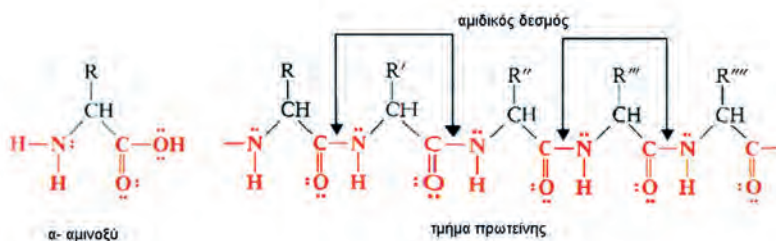
#### • Πρωτεΐνες ή λευκώματα

Καθαρή κυτταρίνη είναι το βαμβάκι. Το μεταξύ και το μαλλί είναι καθαρές πρωτεΐνες.

#### • Νηματοειδείς πρωτεΐνες όπως η κερατίνη και το γλυκογόνο.

Σφαιροειδείς πρωτεΐνες όπως τα ένζυμα, η αιμοσφαιρίνη. Η διάμετρος των ενζύμων είναι περί τα 20 Å (2 nm).

τη ομάδα ανήκουν τα **πολυμερή προσθήκης**, τα οποία παράγονται με βάση αντιδράσεις προσθήκης, π.χ. το πολυαιθυλένιο από το αιθυλένιο (βλέπε πλαστικά). Στη δεύτερη ομάδα ανήκουν τα **πολυμερή συμπύκνωσης**. Αυτά τα πολυμερή, όπως δηλώνει και το όνομά τους, προκύπτουν από αντιδράσεις συμπύκνωσης. Αυτές είναι αντιδράσεις όπου τα μόρια της **μονομερούς** ουσίας ενώνονται μεταξύ τους μέσω διαμοριακών αποσπάσεων μικρών μορίων, όπως νερού ή αλκοόλης. Μεταξύ των πλέον σημαντικών πολυμερών συμπύκνωσης είναι και τα **πολυαμίδια**. Σ' αυτά τα μονομερή είναι **α-αμινοξέα** τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με ταυτόχρονη απόσπαση  $H_2O$  και δημιουργία του **αμιδικού ή πεπτιδικού δεσμού**.



Οι πρωτεΐνες λοιπόν είναι τα σημαντικότερα βιολογικά πολυαμίδια και οι μονομερείς τους μονάδες είναι περίπου 20 διαφορετικά αμινοξέα. Ο ανθρώπινος οργανισμός προσλαμβάνει πρωτεΐνες από κάποιες τροφές και μέσω υδρόλυσης τις διασπά στις αρχικές τους μονάδες, τα αμινοξέα. Στη συνέχεια στα κύτταρά του και σε ιστούς επανασυνθέτει «ανθρώπινες» αυτήν τη φορά πρωτεΐνες.

Η ακριβής αλληλουχία των διαφόρων αμινοξέων κατά μήκος της πρωτεϊνικής αλυσίδας ονομάζεται **πρωτογενής δομή** της πρωτεΐνης και είναι ιδιαίτερης σημασίας για το ρόλο που αυτή θα διαδραματίσει. Για να μπορεί μία πρωτεΐνη να εκτελέσει την αποστολή της, πρέπει η πρωτογενής αυτή δομή της να είναι «ορθή». Αν αυτή είναι ορθή, τότε είναι δυνατό η πολυαμιδική αλυσίδα να κάμπτεται σε κάποιες ιδιαίτερες θέσεις ώστε να της δίνεται το σχήμα το οποίο απαιτείται για την εκτέλεση αυτή. Αυτή η κάμψη της αλυσίδας οδηγεί σε πολύ ψηλότερα επίπεδα πολυπλοκότητας, η οποία καλείται δευτερογενής και τριτογενής δομή της πρωτεΐνης.

Υδρόλυση των πρωτεϊνών με οξέα ή βάσεις δίνει ένα μίγμα των διαφόρων αμινοξέων που τις συνιστούν. Από τις φυσικές πρωτεΐνες μπορούν να προκύψουν 22 διαφορετικά αμινοξέα. Το πλέον κοινό χαρακτηριστικό αυτών είναι ότι όλα διαθέτουν την L - στερεοχημική απεικόνιση στο α- άτομο του C (πλην της **γλυκίνης**  $NH_2CH_2COOH$ ).

Τα 22 αμινοξέα τα οποία προκύπτουν από την υδρόλυση των φυσικών πρωτεϊνών μπορούν να ταξινομηθούν σε 5 υποομάδες, ανάλογα με τη φύση του R στο γενικό τους τύπο  $NH_2CH(R)COOH$ . Αυτά δίνονται στον πίνακα 5.3 στο τέλος της παραγράφου. Μόνον 20 από τα 22 αμινοξέα χρησιμοποιούνται πρακτικά από τα κύτταρα, όταν αυτά συν-

- Ο αμιδικός δεσμός, ο οποίος συνδέει τα αμινοξέα στις πρωτεΐνες, ονομάζεται συνήθως **πεπτιδικός δεσμός**. Αν το προκύπτουν πολυμερές έχει  $Mr < 10\ 000$ , τότε λέγεται **πολυπεπτιδίο**. Αν έχει μεγαλύτερο, είναι μία **πρωτεΐνη**. Ο διαχωρισμός είναι αρκετά αυθαίρετος και υπάρχουν αλληλοκαλύψεις. Πρακτικά τα πολυπεπτιδία και οι πρωτεΐνες είναι **πολυαμίδια**.

- Οι πρωτεΐνες και τα πολυπεπτιδία γενικότερα μπορούν να παρασταθούν και μέσα από τα συντομευμένα ονόματα των αμινοξέων που τις αποτελούν. Έτσι π.χ. το διπεπτιδίο **γλυκυβαλίνη** παριστάνεται ως **Γλυ-Βαλ**. Το διπεπτιδίο **βαλιγλυκίνη** ως **Βαλ-Γλυ**. Σε κάθε περίπτωση το αμινοξύ του οποίου η  $-COOH$  εμπλέκεται σε αμιδικό δεσμό μπαίνει πρώτο.

- Μία μορφή αναιμίας γνωστή ως δρεπανοκυτταρική οφείλεται στο ότι η αιμοσφαιρίνη του ασθενούς διαφέρει από την κανονική κατά 1 αμινοξύ. Το γλουταμινικό οξύ έχει αντικατασταθεί στη βαλίνη.

- Ο L. Pauling πήρε το βραβείο Nobel το 1954 για τη μελέτη της σπειροειδούς δομής των πεπτιδίων.

- Η αλληλουχία των αμινοξέων στην παραγωγή των πρωτεϊνών ακολουθεί οδηγίες οι οποίες δίνονται από το γενετικό κώδικα των νουκλεϊνικών οξέων.

θέτουν πρωτεΐνες. Δύο από τα αμινοξέα συντίθενται δευτερογενώς, αφού δημιουργηθεί η πεπτιδική αλυσίδα. Η *υδρόξυπρολίνη* (παρούσα κυρίως στο κολλαγόνο) συντίθεται από την *προλίνη* και η *κυστίνη* (παρούσα στις περισσότερες των πρωτεϊνών) από την *κυστεΐνη*.

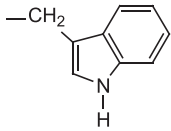
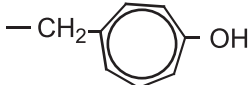
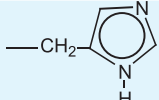
Τα αμινοξέα μπορούν να συντίθενται από όλους τους ζωντανούς οργανισμούς, ζώα και φυτά. Παρόλα αυτά, πολλά ανώτερα ζώα παρουσιάζουν αδυναμία στο να συνθέτουν όλα τα απαραίτητα αμινοξέα για τη σύνθεση των πρωτεϊνών τους. Ως εκ τούτου αυτά τα «ανώτερα» ζώα απαιτούν κάποια αμινοξέα ως μέρος της καθημερινής τους διατροφής. Για τον ενήλικα άνθρωπο υπάρχουν 8 τέτοια *απαραίτητα αμινοξέα* τα οποία και υποσημειώνονται στον πίνακα με την ένδειξη (α).

Πολλά αμινοξέα αντιδρούν με νιτρώδες οξύ,  $\text{HNO}_2$  ή καλύτερα  $\text{HONO}$ , και δίνουν ποσοτικά αέριο  $\text{N}_2$  (μέθοδος Van Slyke για τον ποσοτικό προσδιορισμό αμινοξέων). Βασική προϋπόθεση για θετική αντίδραση είναι να περιέχει στο μόριό του μία πρωτοταγή αμινομάδα. Έτσι το β-αμινοξύ  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$  θα δίνει:



ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3 Τα αμινοξέα των πρωτεϊνών

Δομή του <b>R</b>	Όνομα	Σύντμηση
-H	Γλυκίνη	Gly
-CH <sub>3</sub>	Αλανίνη	Ala
-CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Βαλίνη (Α)	Val
-CH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Λευκίνη	Leu
$\begin{array}{c} -\text{CHCH}_2\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Ισολευκίνη (Α)	Ile
$-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5$	Φαινυλαλανίνη (Α)	Phe
-CH <sub>2</sub> CONH <sub>2</sub>	Ασπαργίνη	Asn

$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CONH}_2$	Γλουταμίνη	Gln
	Τριπτοφάνη (A)	Trp
$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{HN}-\text{CH}_2-\text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \end{array}$	Προλίνη	Pro
πλήρης δομή		
$-\text{CH}_2\text{OH}$	Σερίνη	Ser
$-\text{CH}(\text{CH}_3)\text{OH}$	Θρεονίνη	Thr
	Τυροζίνη	Tyr
$\begin{array}{c} \text{HOOC}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{HN}-\text{CH}-\text{CH} \\   \quad   \\ \text{CH}_2 \quad \text{OH} \end{array}$	Υδροξυπρολίνη	Hyp
πλήρης δομή		
$-\text{CH}_2\text{SH}$	Κυστεΐνη	Cys
$\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{S} \\   \\ -\text{CH}_2-\text{S} \end{array}$	Κυστίνη	Cys-Cys
$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{SCH}_3$	Μεθιονίνη (A)	Met
$-\text{CH}_2\text{COOH}$	Ασπαρτικό οξύ	Asp
$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	Γλουταμικό οξύ	Glu
$-(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$	Λυσίνη (A)	Lys
$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-NH}-\overset{\text{NH}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}_2$	Αργινίνη	Arg
	Ιστιδίνη	His

## Ο βιοχημικός ρόλος των πρωτεϊνών

Οι πρωτεΐνες είναι βασικά συστατικά όλων των ζωντανών κυττάρων. Διακρίνονται, από χημική σκοπιά, από τους υδατάνθρακες και τα λίπη, μια και περιέχουν  $\approx 16\%$  N πέρα από τα C, H και O. Οι πρωτεΐνες έχουν ως γενική αποστολή να κατασκευάζουν και να συντηρούν ιστούς. Επίσης σχηματίζουν ένζυμα, **αντισώματα** και κάποιες **ορμόνες**. Ρυθμίζουν ορισμένες σωματικές λειτουργίες, όπως την κίνηση των υγρών, την ισορροπία οξέων-βάσεων κ.λπ.

Οι πρωτεΐνες υδρολύονται στον οργανισμό με την επίδραση ενζύμων γνωστών ως **πρωτεολυτικά ένζυμα** ή **πρωτεάσες**. Τα προϊόντα της υδρόλυσης αυτής ποικίλλουν ανάλογα με το είδος του ενζύμου. Έτσι οι **πρωτεϊνάσες** (π.χ. **πειψίνη**) δίνουν πεπτίδια, ενώ οι **πεπτιδάσες** αμινοξέα.

Αν το ενεργειακό ισοζύγιο ενός οργανισμού είναι αρνητικό, αυτός μπορεί να χρησιμοποιήσει και πρωτεΐνες για την παραγωγή ενέργειας πέρα από τις βασικές του "αποθήκες", που είναι οι υδατάνθρακες και τα λίπη. Η μέση ενεργειακή απόδοση των πρωτεϊνών είναι της τάξεως των  $4 \text{ Kcal g}^{-1}$ , μικρότερη δηλαδή εκείνης των λιπών και των σακχάρων. Οι πρωτεΐνες κατά το μεταβολισμό τους δεν οξειδώνονται προς  $\text{CO}_2$  και  $\text{H}_2\text{O}$  (όπως οι υδατάνθρακες και τα λίπη) αλλά μεταπίπτουν σε **ουρία**,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ . Αυτό εξηγεί και τη σχετικά χαμηλή τους θερμιδομετρική απόδοση.

- Καθημερινά 20-30 g πρωτεϊνών είναι απαραίτητα στον ανθρώπινο οργανισμό για την παραγωγή των άλλων χημικών τα οποία συντηρούν τη ζωή. Πολλοί υγιεινολόγοι συνιστούν 44 g για μία μέση γυναίκα και 56 g για ένα μέσο άνδρα.

- 600 mL γάλα περιέχουν 20 g πρωτεϊνών, 1 αυγό 6 g και 1 κοτόπουλο (στήθος) 52 g.

- Η πειψίνη διασπά μόνο το 10% των πεπτιδικών δεσμών της πρωτεΐνης. Δημιουργεί έτσι πεπτίδια με σχετικές μοριακές μάζες από 300 έως 600.

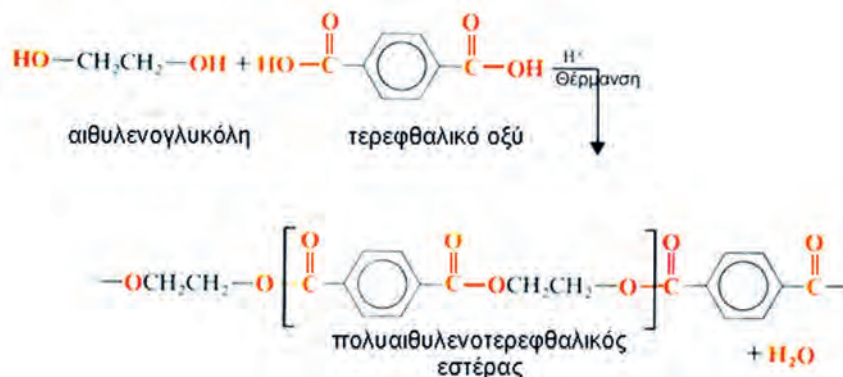
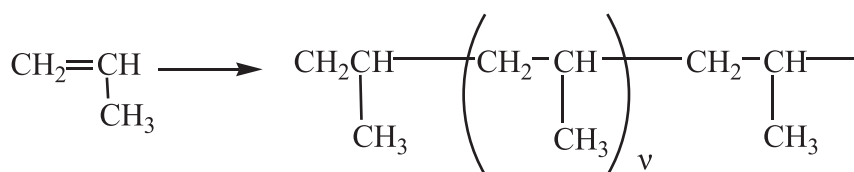


## (5.4.) Πολυμερή («πλαστικά»)

### Γενικά - κατάταξη

Τα πολυμερή είναι ενώσεις οι οποίες συνίστανται από πολύ μεγάλα μόρια τα οποία είναι φτιαγμένα από ένα μεγάλο αριθμό **επαναλαμβανόμενων υπομονάδων**. Η μοριακή αυτή (υπο)μονάδα, η οποία χρησιμοποιείται στη σύνθεση του πολυμερούς, ονομάζεται **μονομερές** και οι αντιδράσεις μέσω των οποίων το μονομερές ενώνεται προς το μεγαλομόριο λέγονται **αντιδράσεις πολυμερισμού**. Ο ορισμός αυτός αφορά τα λεγόμενα **πολυμερή προσθήκης**, μια και αυτά παράγονται από αντιδράσεις σύνθεσης ή προσθήκης. Μία δεύτερη περίπτωση πολυμερών είναι τα λεγόμενα **πολυμερή συμπύκνωσης** τα οποία, όπως ήδη αναφέρθηκε (βλέπε παράγραφο πρωτεϊνών) παράγονται από αντιδράσεις συμπυκνώσεως. Σ' αυτές οι μονομερείς ομάδες ενώνονται με διαμοριακή απόσπαση μικρών μορίων, όπως το  $H_2O$ .

Ανάλογα λοιπόν με την αντίδραση παρασκευής τους τα πολυμερή διακρίνονται σε πολυμερή προσθήκης και συμπύκνωσης. Από ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα δίνεται παρακάτω.



Από άποψη προέλευσης τα πολυμερή μπορούν να διακριθούν σε πολυμερή τα οποία παράγει η φύση, τα λεγόμενα **βιοπολυμερή** και τα **συνθετικά** και τεχνητά πολυμερή. Ήδη έχουν αναφερθεί διάφορα βιοπολυμερή, όπως π.χ. τα παράγωγα της γλυκόζης (άμυλο και κυτταρίνη) καθώς και τα μετάξι και μαλλί σαν πρωτεΐνες (πολυαμίδια ή πολυπεπίδια). Πολλά από τα συνθετικά ή τεχνητά πολυμερή, επειδή

• Ο όρος πλαστικά αφορά μία μεγάλη κατηγορία πολυμερών και δίνεται για διάκριση από συνθετικά ελαστικά και συνθετικές υφάνσιμες ίνες.

Πολυμερισμός προπενίου ως παράδειγμα **πολυμερούς προσθήκης**.

Πολυμερισμός συμπύκνωσης με προϊόν πολυεστέρα.

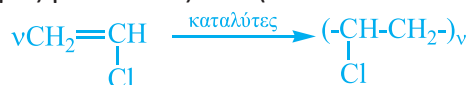
είναι παράγωγα του εργαστηρίου και της βιομηχανίας και όχι της φύσης δεν είναι «βιοαποσυντιθέμενα» πλαστικά. Και τούτο διότι, μια και δεν τα παράγει η φύση δεν τα αναγνωρίζει και δεν έχει τον τρόπο να τα αποβάλει ή απορροφήσει ή να τα αφομοιώσει. Βέβαια πολλά από αυτά τα υλικά είναι καύσιμα, αν και η πύρωση ή *πυρόλυσή* τους δεν είναι πάντα πρόσφορη μέθοδος απόρριψης, μια και προκαλεί σοβαρή μόλυνση του αέρα. Οι προσπάθειες τείνουν αφενός μεν στην παρασκευή βιοαποσυντιθεμένων πλαστικών, αφετέρου δε στην *ανακύκλωση* των πλαστικών απορριμμάτων.

Ανάλογα τώρα με τη συμπεριφορά τους κατά τη θέρμανσή τους, διακρίνονται σε *θερμοστατικά* και *θερμοπλαστικά*. Τα θερμοπλαστικά μαλακώνουν με τη θέρμανσή τους και μάλιστα με κατάλληλη πίεση μορφοποιούνται σε διάφορα σχήματα. Επανέρχονται δε, όταν ψυχθούν στην αρχική τους κατάσταση. Τα θερμοστατικά συνήθως σκληραίνουν με θέρμανση και δεν επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση, όταν ψυχθούν.

### Πολυμερή προσθήκης

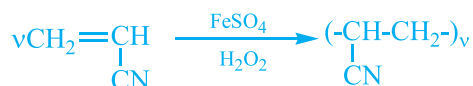
Από το μηχανισμό της αντίδρασης πολυμερισμού προσθήκης φαίνεται ότι οι καλύτερες πρώτες ύλες (μονομερή) είναι τα αλκένια. Έτσι πράγματι τα πρώτα και πολύ σπουδαία πολυμερή προέκυψαν από το  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$  και  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$  (πολυαιθυλένιο και πολυπροπυλένιο αντίστοιχα).

Το χλωροαιθένιο ή βινυλοχλωρίδιο,  $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ , πολυμεριζόμενο δίνει ένα πολυμερές γνωστό ως PVC (ΠολυΒινυλοΧλωρίδιο):



Το PVC έχει μέση σχετική μοριακή μάζα 1 500 000 και είναι ένα σκληρό και ανθεκτικό υλικό. Με τη μορφή αυτή χρησιμοποιείται για την παρασκευή σωλήνων, δίσκων φωνογράφου (pick-up) κ.λπ. Αν αναμειχθεί με εστέρες, μπορεί να γίνει πιο μαλακό (για το λόγο αυτό οι εστέρες λέμε ότι δρουν σαν πλαστικοποιητές). Το πλαστικοποιημένο PVC χρησιμοποιείται για την παρασκευή "δέρματος βινυλικού" από το οποίο κατασκευάζονται πλαστικά αδιάβροχα, πετάσματα μπάνιου (κουρτίνες) κ.λπ.

Πολυμερισμός του *ακρυλονιτριλίου*,  $\text{CH}_2=\text{CHCN}$ , δίνει το πολυακρυλονιτρίλιο το οποίο διαλυόμενο σε κατάλληλο διαλύτη (το διμεθυλοφορμαμίδιο) μπορεί να δώσει συνθετικές υφάνσιμες ίνες (Orlon).



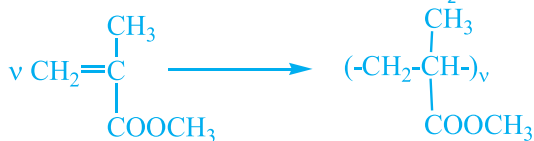
Το Teflon παράγεται από τον πολυμερισμό του τετραφθοροαιθυλενίου,  $\text{CF}_2=\text{CF}_2$  παρουσία  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  και  $\text{H}_2\text{O}$ . Το Teflon έχει σημείο τήξης  $327^\circ\text{C}$  που είναι ασυνήθιστα υψηλό για πολυμερές προσθήκης. Είναι αδρανές στα χημικά αντιδραστήρια και έχει πολύ μικρό συντελεστή τριβής.

- Φυσικό προϊόν: προϊόν το οποίο παράγει η φύση.
- Συνθετικό προϊόν: προϊόν το οποίο έχει την ίδια χημική σύσταση με το φυσικό και ανάλογες ιδιότητες (απομίμηση της φύσης από τον άνθρωπο).
- Τεχνητό προϊόν: δεν έχει την ίδια σύσταση με το φυσικό και βέβαια έχει διαφοροποιημένες ιδιότητες.

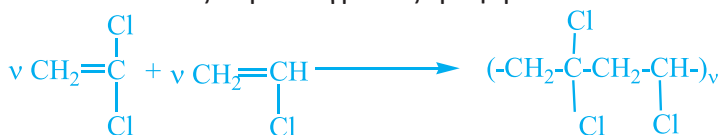
- Το πρώτο από τα θερμοστατικά πολυμερή ήταν ο κελουλοίτης (παράγωγο της κυτταρίνης), το οποίο ανακαλύφθηκε στην προσπάθεια εύρεσης υλικού που θα αντικαθιστούσε το ελεφαντόδοντο στις μπάλες του μπιλιάρδου.

- Πολυαιθυλένιο μικρής πυκνότητας έχει  $M_r$  μεταξύ 50 000 και 300 000. Το μεγαλύτερης πυκνότητας περί τα 3 000 000.

Ένα πολυμερές με εξαιρετικές οπτικές ιδιότητες παράγεται από τον πολυμερισμό του μεθακρυλικού μεθυλίου,  $\text{CH}_2=\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COOCH}_3$ .



Από τον **συμπολυμερισμό** βινυλοχλωριδίου και 1,1-διχλωρο-αιθυλενίου (βινυλιδενχλωρίδιο) παράγεται το κυριότερο υλικό κατασκευής ειδών συσκευασίας περιτυλίγματος τροφίμων:



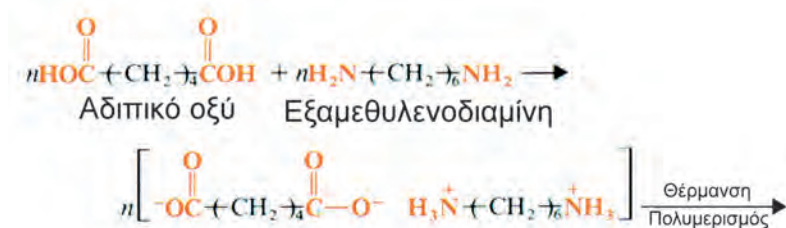
Οι ιδιότητες των πολυμερών προσθήκης, όπως η κρυσταλλική ή όχι δομή τους, το σημείο τήξης ή καλύτερα μαλάκυσής τους, η πυκνότητα και οι μηχανικές τους ιδιότητες εξαρτώνται σε μέγιστο βαθμό από τις συνθήκες παραγωγής τους. Αυτές τελικά διαμορφώνουν τη στερεοχημεία του πολυμερούς. Με τη χρήση των λεγομένων καταλυτών Ziegler–Natta είναι πλέον δυνατός ο στερεοχημικός έλεγχος του παραγόμενου πολυμερούς.

### Πολυμερή συμπύκνωσης

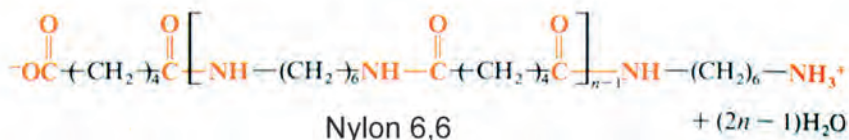
Εκτός από τις πρωτεΐνες που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο, τα πλέον σημαντικά πολυμερή συμπύκνωσης είναι τα **πολυαμιδιά**, οι **πολυεστέρες** και οι **ρητίνες της φορμαλδεΐδης**.

#### Τα πολυαμιδιά ( $-\text{NH}-\text{CO}-$ )<sub>v</sub>

Η έρευνα για ένα συνθετικό υλικό με ιδιότητες ανάλογες με εκείνες του **μεταξιού** οδήγησαν στην ανακάλυψη μιας ολόκληρης οικογένειας **συνθετικών πολυαμιδίων** γνωστών με το γενικό όνομα Nylon. Ένα από τα πιο σημαντικά Nylon είναι το Nylon 6,6. Αυτό μπορεί να παρασκευαστεί από ένα δικαρβονικό οξύ με έξι άτομα άνθρακα (το πρώτο 6 στην ονομασία), το **αδιπικό οξύ** και από μία **διαμίνη** με έξι άτομα άνθρακα (το δεύτερο 6...), την **εξαμεθυλενοδιαμίνη**. Στη βιομηχανική παραγωγή αυτές οι δύο ενώσεις αντιδρούν σε ισομοριακές αναλογίες ώστε να δώσουν ένα 1:1 άλας. Στη συνέχεια το άλας αυτό (λέγεται και άλας του Nylon) θερμαίνεται στους 270 °C και σε πίεση ≈ 17 atm, οπότε πολυμερίζεται προς το πολυαμίδιο (Nylon).



• Οι Ziegler και Natta μοιράστηκαν το βραβείο Nobel Χημείας το 1963.



Το Nylon 6,6 το οποίο παράγεται με αυτές τις συνθήκες έχει σχετική μοριακή μάζα  $\approx 10\,000$  και σημείο τήξης  $\approx 250\text{ }^\circ\text{C}$ . Όταν τακεί μπορεί να μορφοποιηθεί σε ίνες οι οποίες στη συνέχεια επιμηκύνονται μηχανικά σε μήκος 4<sup>ο</sup> του αρχικού τους. Αυτή η επεξεργασία αυξάνει πολύ τις μηχανικές του ιδιότητες.



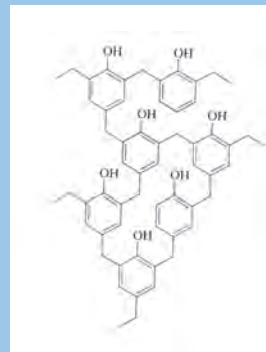
Ένας από τους σπουδαιότερους πολυεστέρες είναι και ο **πολυαιθυλέντερεφθαλικός**, ο οποίος δόθηκε ως παράδειγμα πολυμερούς συμπύκνωσης. Εκτός από την παραπάνω αντίδραση, ο πολυεστέρας αυτός μπορεί να παρασκευαστεί και με αντίδραση **μετεστεροποίησης** και μετά πολυμερισμό του νέου εστέρα. Έτσι, αρχικά θερμαίνεται ( $\approx 200\text{ }^\circ\text{C}$ ) διμέθυλο τερεφθαλικός εστέρας με περίσσεια **αιθυλένο γλυκόλης** (το γνωστό και ως αντιψυκτικό στα ψυγεία των αυτοκινήτων). Έτσι προκύπτει ο νέος εστέρας, ο οποίος στη συνέχεια πολυμερίζεται προς τον πολυαιθυλεντερεφθαλικό πολυεστέρα. Με μορφή υφανσίμων, συνθετικών ινών είναι γνωστός με τα ονόματα Dacron και Terylene.



Μία ουρεθάνη παράγεται από την αντίδραση μιας αλκοόλης με ένα **ισοκυανικό ομόλογο**:  $\text{R}-\text{OH} + \text{O}=\text{C}=\text{N}-\text{R}' \rightarrow \text{R}-\text{O}-\text{CO}-\text{NH}-\text{R}'$  (ουρεθάνη). Οι πολυουρεθάνες συνήθως παράγονται με αντίδραση μιας **διόλης** (πολυμερές με πρωτοταγείς  $-\text{OH}$  με ένα διισοκυανικό παράγωγο, το οποίο συνήθως είναι το **τολουόλο-2,4-δισοκυανικό**. Προσθήκη μικρής ποσότητας νερού στο μίγμα που πολυμερίζεται προκαλεί μερική υδρόλυση του  $\text{R}-\text{N}=\text{C}=\text{O}$  προς  $\text{CO}_2$ . Αυτό δημιουργεί τον **αφρό της πολυουρεθάνης**.

### Πολυμερή φορμαλδεΐδης- φαινόλης

Ένα από τα πρώτα συνθετικά πολυμερή τα οποία παρήχθησαν ήταν και ένα πολυμερές (ή ρητίνη) γνωστό ως **βακελίτης**. Αυτός παράγεται με αντίδραση συμπύκνωσης μεταξύ φαινόλης  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  και  $\text{HCH}=\text{O}$  με καταλύτες οξέα ή βάσεις. Το παραγόμενο πολυμερές έχει πολύ υψηλό σημείο τήξης και είναι μονωτικό του ηλεκτρισμού.



Η δομή του βακελίτη.

## (5.5.) Υφάνσιμες ίνες

Υφάνσιμες ύλες είναι εκείνες οι οποίες με κατάλληλη επεξεργασία μπορούν να μετατραπούν σε ίνες από τις οποίες παρασκευάζονται νήματα και υφάσματα. Υφάνσιμες ίνες υπάρχουν: **φυσικές** (ο αμίαντος από τις ανόργανες, βαμβάκι, λινάρι, η κάνναβη από φυτικές και το μετάξι από ζωικές), **τεχνητές** (όπως αναγεννημένη φυτική κυτταρίνη και καζεΐνη του γάλακτος ζωική), **συνθετικές** (πολυαμίδια, πολυεστέρες κ.λπ.).

Εκτός από τα **πλαστικά** και τα **ελαστικά** ή ελαστομερή, ο πολυμερισμός χρησιμοποιήθηκε και για την παραγωγή συνθετικών υφανσίμων ινών. Ο άνθρωπος από νωρίς χρησιμοποίησε για την ένδυσή του τις τρεις κύριες φυσικές ίνες. **Μαλλί και μετάξι**, τα οποία όπως αναφέρθηκε είναι πρωτεϊνικής δομής, και **βαμβάκι** το οποίο είναι καθαρή κυτταρίνη (υδατάνθρακας). Οι μεγάλες όμως ανάγκες οδήγησαν στην έρευνα και δημιουργία συνθετικών και τεχνητών ινών, οι οποίες αποτελούν πλέον το αντικείμενο ενός μεγάλου βιομηχανικού κλάδου.

Για την παρασκευή τεχνητών υφανσίμων ινών δοκιμάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν σε γενικές γραμμές όλα τα προϊόντα πολυμερισμού. Κυρίως όμως χρησιμοποιήθηκαν **πολυαμίδια, πολυεστέρες και πολυακρυλονιτρίλια**.

Η πλέον γνωστή συνθετική ίνα είναι το Νylon 6,6, το οποίο είναι ένα **πολυαμίδιο**, όπως ήδη αναφέρθηκε. Ειπώθηκε επίσης ότι δεν υπάρχει “ένα μόνο” Νylon. Το αρχικό Νylon 6,6 μετεξελίχθη σε Νylon 10,10 στο οποίο τα μονομερή (καρβοξυλικό οξύ και αμίνη) έχουν από 10 άτομα άνθρακα. Το Νylon 6 αποδείχτηκε πάντως το πλέον πετυχημένο, το οποίο προκύπτει από ένα μόνο μονομερές με 6 άτομα **C** και περιέχει στο ένα άκρο του την **-COOH** και στο άλλο την **-NH<sub>2</sub>**.

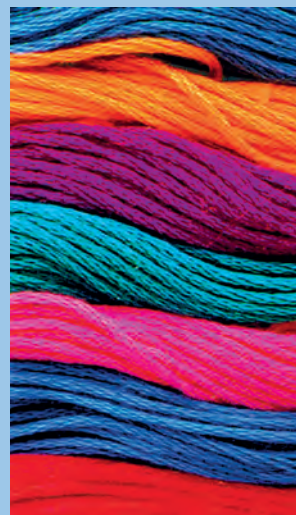
Μετά τα πολυαμίδια η έρευνα οδήγησε στην παρασκευή ινών από **πολυεστέρες** και **ακρυλικά**. Από τους πολυεστέρες κυριότερος εκπρόσωπος είναι ο παραγόμενος από τη συμπύκνωση τερεφθαλικού οξέος με την αιθυλενογλυκόλη. Το προϊόν (Terylene, Dacron) πλησιάζει περισσότερο τις ιδιότητες του μαλλιού και σ’ αυτό υπερτερεί του Νylon. Δεν έχει όμως την ελαστικότητα του τελευταίου.

Τα ακρυλικά (Orlon, Acrilan) είναι πολυμερή του ακρυλονιτρίλιου και πλησιάζουν τις ιδιότητες μιας καλής ποιότητας μαλλιού. Ένα εξελιγμένο προϊόν στην κατηγορία αυτή είναι ένα **συμπολυμερές** ακρυλονιτρίλιου με **CH<sub>2</sub>=CCl<sub>2</sub>** του οποίου οι ιδιότητες πλησιάζουν εκείνες του μεταξιού. Επιπλέον είναι ανθεκτικό στη φλόγα και δεν αναφλέγεται.

Ίνες αναπτύχθηκαν και από τα πολυαιθυλένιο και πολυπροπυλένιο

• Η πλέον γνωστή τεχνητή κυτταρινούχος υφάνσιμη ύλη είναι το τεχνητό μετάξι (rayon).

• Τεχνητό μαλλί είναι η λαβιτάλη από καζεΐνη και φορμόλη.



Η ετήσια παραγωγή των υφανσίμων συνθετικών ινών για τις αρχές της δεκαετίας του '90 είναι περίπου 45 000 000 τόνοι. Οι πολυεστέρες είναι το 40%, τα Νylon το 35 % και τα ακρυλικά το υπόλοιπο.

για ειδικότερες χρήσεις. Γενικότερα οι τεχνητές ίνες έχουν το πλεονέκτημα να παρουσιάζουν *εξειδικευμένες ιδιότητες*, οι οποίες καλύπτουν ευρύ φάσμα αναγκών. Αυτό ίσως είναι και το κυριότερο πλεονέκτημά τους έναντι των φυσικών ινών.

Όπως καταλαβαίνει κανείς, οι διαφορές των υφανσίμων υλών και ινών θα πηγάζουν από τις διαφορές στη χημική τους σύσταση. Έτσι π.χ. το μετάξι είναι πρωτεϊνικής φύσης, ενώ το τεχνητό μετάξι (rayon) είναι υδατάνθρακας. Το μαλλί είναι ζωική πρωτεΐνη, ενώ η λανιτάλη ξεκινά από πρωτεΐνη γάλακτος. Το βαμβάκι είναι καθαρή κυτταρίνη (υδατάνθρακας), ενώ το terylene πολυεστέρας. Οι φυσικές ίνες απορροφούν νερό (όπως ιδρώτα) σε γενικές γραμμές ευκολότερα από τις συνθετικές και συνεπώς μπορούν να βαφούν και να φινιριστούν με τη βοήθεια ουσιών διαλυτών στο νερό. Αντίθετα, οι συνθετικές επειδή δεν προσροφούν νερό, απαιτούν πολυπλοκότερες επεξεργασίες και ακριβότερα υλικά. Επίσης, οι φυσικές ίνες αντέχουν σε υψηλότερες θερμοκρασίες από τις συνθετικές και δε διαλύονται σε πολλούς οργανικούς διαλύτες, πράγμα το οποίο διευκολύνει το λεγόμενο στεγνό καθάρισμα.

## Γνωρίζεις ότι...



Προϊόντα από πολυαιθυλένιο

### Η ανακάλυψη του πολυαιθυλενίου

Χωρίς καμιά αμφιβολία το πιο πετυχημένο πολυμερές από αυτά που αναπτύχθηκαν τη δεκαετία του '30 ήταν το πολυαιθυλένιο. Η ανακάλυψή του ήταν τυχαία και έγινε στα πλαίσια ενός προγράμματος βασικής έρευνας στα εργαστήρια της βιομηχανίας ICI στην Αγγλία.

Ως τις αρχές του 1930 δεν είχαν γίνει πολλές έρευνες γύρω από την επίδραση υψηλών πιέσεων πάνω στις χημικές αντιδράσεις. Η ICI αποφάσισε να κάνει μία βασική έρευνα αντιδράσεων υπό πίεση 1000 atm για να «δει τι θα γίνει». Έτσι το 1933 οι Dr. Gibson και Fawcett άρχισαν να μελετούν την αντίδραση μεταξύ αιθυλενίου και βενζαλδεΐδης περιμένοντας το σχηματισμό μιας σύμπλοκης ένωσης μεταξύ τους. Το πείραμα ξεκίνησε την Παρασκευή 24 Μαρτίου και όταν επέστρεψαν τη Δευτέρα διαπίστωσαν ότι υπήρχε διαρροή στη συσκευή και όλη η αλδεΐδη είχε φύγει. Ξεσκεπάζοντας το θερμαντικό μανδύα διαπίστωσαν ότι στο εσωτερικό της διάταξης είχε σχηματισθεί ένα κηρώδες υλικό. Στη μηνιαία τους αναφορά έγραψαν: «Μελετήθηκε η αντίδραση μεταξύ αιθυλενίου και βενζαλδεΐδης στους 170 °C και 2 000 atm πίεση. Μία ποσότητα κηρώδους πολυμερούς του αιθυλενίου σχηματίστηκε». Η εργασία γύρω από το θέμα αυτό σταμάτησε. Το πολυαιθυλένιο είχε ανακαλυφθεί αλλά δεν είχε εξερευνηθεί...

Οι ίδιοι, σχολιάζοντας τα γεγονότα αυτά το 1964, έγραψαν: «Ανατρέχοντας στα τότε γεγονότα, κάνει εντύπωση το σταμάτημα των εργασιών γύρω από αυτήν την ενδιαφέρουσα ανακάλυψη η οποία είχε μόνο ακαδημαϊκό ενδιαφέρον εκείνη την εποχή. Όμως τότε η επιστήμη των συνθετικών πολυμερών ήταν ακόμη στα σπάργανα και κανείς δεν ονειρευόταν τη σημερινή τεράστια τεχνολογική και εμπορική εξέλιξή τους. Την εποχή εκείνη τα μόνα θερμοπλαστικά πολυμερή ήταν το πολυμεθυλομεθακρυλικό και το πολυστυρένιο, υλικά και τα δύο πολύ σκληρά και πολύ διαφορετικά από το μαλακό, διαφανές πολυμερές του αιθυλενίου το οποίο είχαμε ανακαλύψει...»

Δύο χρόνια αργότερα επαναλήφθηκε το πείραμα προσπαθώντας να ανεβάσουν την πίεση στις 2 000 atm. Δεν πέτυχαν όμως την πίεση αυτή και απλά διαβίβαζαν, όσο αέριο αιθυλένιο είχαν, στη συσκευή πιστεύοντας ότι υπήρχε διαρροή. Έψυξαν στη συνέχεια το δοχείο χωρίς όμως να το ανοίξουν αμέσως (δηλαδή κρατώντας την πίεσή του σταθερή). Ανοίγοντάς το τελικά το βρήκαν γεμάτο από μία άσπρη σκόνη που ήταν το πολυμερές. Αργότερα βρέθηκε ότι, αν η πίεση ελαττωθεί πριν από την ψύξη, τότε το πολυμερές παράγεται στην κηρώδη μορφή των Gibson και Fawcett.

## Ανακεφαλαίωση

1. Η έρευνα έδειξε ότι τα πολυμερή είναι μεγαλομοριακές ενώσεις οι οποίες αποτελούνται από μία επαναλαμβανόμενη βασική μονάδα. Έτσι π.χ. η κυτταρίνη έχει για βασική μονάδα τη γλυκόζη.
2. Οι υδατάνθρακες θεωρήθηκαν αρχικά ως ενώσεις του C με μόρια νερού. Επίσης ονομάστηκαν και σάκχαρα, γιατί ορισμένες από αυτές έχουν γλυκιά γεύση.
3. Οι υδατάνθρακες με βάση τις περιεχόμενες χαρακτηριστικές ομάδες διακρίνονται σε πολυυδροξυαλδεΐδες και πολυυδροξυκετόνες.
4. Οι υδατάνθρακες με βάση τα προϊόντα υδρόλυσης διακρίνονται σε ολιγοσακχαρίτες (μόνο, δι ... σακχαρίτες) και πολυσακχαρίτες, οι οποίοι υδρολυόμενοι δίνουν πάνω από 10 μόρια μονοσακχαριτών.
5. Οι μονοσακχαρίτες κατατάσσονται με βάση τη χαρακτηριστική ομάδα σε αλδόζες και κετόζες και με τον αριθμό ατόμων C τα οποία έχουν. Έτσι π.χ. η γλυκόζη είναι μία αλδοεξόζη, ενώ η φρουκτόζη είναι μία κετοεξόζη.
6. Μία από τις χημικές ιδιότητες των μονοσακχαριτών η οποία χρησιμοποιείται για την ταυτοποίησή τους είναι ο αναγωγικός τους χαρακτήρας. Οι αλδόζες και οι α-υδροξυκετόζες ανάγουν ήπια οξειδωτικά, όπως τα αντιδραστήρια Fehling και Tollens δίνοντας χαρακτηριστικά ιζήματα.
7. Οι υδατάνθρακες συνθέτονται στα πράσινα φυτά με τη **φωτοσύνθεση**. Αυτή είναι μία πολύπλοκη διαδικασία η οποία χρησιμοποιεί την ηλιακή ενέργεια, για να ανάγει ή να δεσμεύσει το CO<sub>2</sub>. Οι υδατάνθρακες στα φυτά είναι η κύρια “αποθήκη” της ηλιακής ενέργειας και μέσω αυτών αυτή μεταφέρεται και στα ζώα ως τροφή.
8. Ο μεταβολισμός των υδατανθράκων είναι και αυτός με τη σειρά του ένα σύνολο ενζυματικά καταλυομένων αντιδράσεων, στις οποίες κάθε στάδιο-βήμα που δίνει ενέργεια (εξώθερμο ή καλύτερα **εξωεργονικό**) είναι μία οξείδωση. Η απόδοσή τους είναι περίπου 4 kcal·g<sup>-1</sup>
9. Τα λίπη και τα έλαια είναι εστέρες της γλυκερίνης με ανώτερα μονοκαρβονικά οξέα κορεσμένα (λίπη) ακόρεστα (έλαια).
10. Η σαπωνοποίηση των λιπών και των ελαίων είναι η υδρόλυσή τους σε αλκαλικό περιβάλλον. Έτσι παράγονται τα άλατα των οξείων με Na ή K τα οποία αποτελούν τους σάπωνες.



11. Η κύρια χρήση των σαπουνιών στηρίζεται στη λεγόμενη *απορρυπαντική τους δράση*. Ο μηχανισμός με τον οποίο αυτοί απομακρύνουν τους ρύπους είναι ανάλογος με εκείνον της διάλυσής τους. Το αιώρημα του σαπουνιού μπορεί να διαχωρίσει τη «βρωμιά» σε μικρότερα τμήματα, μια και η ανθρακική, υδρόφοβη, αλυσίδα μπορεί να διέλθει από την ελαιώδη επικάλυψή της.
12. Τα *συνθετικά απορρυπαντικά* δρουν με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο δρουν και οι σάπυνες. Από άποψη δομής έχουν και αυτά μία μακριά μη πολική, κορεσμένη, ανθρακική αλυσίδα με μία πολική ομάδα στο τέλος της. Οι πολικές ομάδες των περισσότερων συνθετικών απορρυπαντικών είναι θειικοί ή καλύτερα σουλφονικοί εστέρες ή θειικά άλατα του Na.
13. Ο κυριότερος ρόλος των λιπών στη διατροφή των θηλαστικών είναι ως πηγή χημικής ενέργειας. Αποδίδουν σε μέσο όρο  $9 \text{ kcal}\cdot\text{g}^{-1}$ .
14. Οι πρωτεΐνες είναι τα σημαντικότερα βιολογικά πολυαμίδια και οι μονομερείς τους μονάδες είναι περίπου 20 διαφορετικά αμινοξέα. Τα αμινοξέα αυτά συνδέονται με πεπτιδικό δεσμό κάνοντας τις πρωτεΐνες πολυπεπίδια.
15. Οι πρωτεΐνες εκτελούν πολλές αποστολές, όπως να κατασκευάζουν και να συντηρούν ιστούς. Μεταβολίζονται σε ουρία αποδίδοντας περίπου  $4 \text{ kcal}\cdot\text{g}^{-1}$ .
16. Τα πολυμερή προσθήκης είναι ενώσεις οι οποίες συνίστανται από πολύ μεγάλα μόρια τα οποία είναι φτιαγμένα από έναν μεγάλο αριθμό *επαναλαμβανομένων υπομονάδων*. Η μοριακή αυτή (υπο)μονάδα ονομάζεται *μονομερές* και οι αντιδράσεις μέσω των οποίων το μονομερές ενώνεται προς το μεγαλομόριο, λέγονται αντιδράσεις πολυμερισμού.
17. Τα *πολυμερή συμπίκνωσης* παράγονται από αντιδράσεις συμπίκνωσης. Σ' αυτές οι μονομερείς ομάδες ενώνονται με διαμοριακή απόσπαση μικρών μορίων όπως το  $\text{H}_2\text{O}$ .
18. Πολυμερή προσθήκης είναι τα πολυαιθυλένιο, πολυπροπυλένιο, πολυβινυλοχλωρίδιο, πολυακρυλονιτρίλιο. Η στερεοδομή του πολυμερούς μπορεί να ελέγχεται με καταλύτες.
19. Τα πλέον σημαντικά πολυμερή συμπίκνωσης είναι τα πολυαμίδια, οι πολυεστέρες και οι ρητίνες της φορμαλδεΐδης. Από τα πολυαμίδια σπουδαιότερα είναι τα Nylon και από τους πολυεστέρες ο πολυαιθυλενοτερεφθαλικός. Η ουρεθάνη παράγεται από την αντίδραση μιας αλκοόλης με ένα ισοκυανικό ομόλογο. Ο βακελίτης είναι ένα συμπολυμερές φαινόλης και φορμαλδεΐδης.

20. Υφάνσιμες ύλες είναι εκείνες οι οποίες με κατάλληλη επεξεργασία μπορούν να μετατραπούν σε ίνες από τις οποίες παρασκευάζονται νήματα και υφάσματα. Υφάνσιμες ίνες υπάρχουν: **φυσικές** (ο **αμίαντος** από τις ανόργανες, βαμβάκι, λινάρι, η κάνναβη από φυτικές και το μετάξι από ζωικές), **τεχνητές** (όπως αναγεννημένη κυτταρίνη, φυτική και καζεΐνη του γάλακτος ζωική), **συνθετικές** (πολυαμίδια, πολυεστέρες).

## Λέξεις-κλειδιά

- μεγαλομόρια
- δομική μονάδα
- υδατάνθρακες
- σάκχαρα
- πολυυδροξυαλδεΐδες
- πολυυδροξυκετόνες
- ολιγοσακχαρίτες
- πολυσακχαρίτες
- μονοσακχαρίτες
- αλδόζες
- κετόζες
- εξόζες
- γλυκεριναλδεΐδη
- ταυτοποίηση
- σύνθεση
- Fehling
- Benedict
- Tollens
- φωτοσύνθεση
- μεταβολισμός
- άμυλο
- γλυκογόνο
- κυτταρίνη
- λιπίδια
- τριγλυκερίδια
- λίπη
- έλαια
- σαπωνοποίηση
- σάπωνες
- υδρόφιλο
- υδρόφοβο
- απορρυπαντικά
- αλκυλοσουλφονικά
- εξαλάτωση
- μετάξι
- βιοπολυμερή
- πρωτεΐνες
- λευκώματα
- ορμόνες
- ένζυμα
- αμινοξέα
- πεπτιδικός δεσμός
- πολυαμίδια
- πρωτογενής δομή
- γλυκίνη
- αλανίνη
- πλαστικά
- πολυμερές
- μονομερές
- πολυμερή προσθήκης
- πολυαιθυλένιο
- πολυπροπυλένιο
- πολυακρυλικό
- συμπολυμερισμός
- πολυμερή συμπύκνωσης
- πολυαμίδια
- nylon
- πολυεστέρες
- πολυουρεθάνες
- βακελίτης
- υφάνσιμες ίνες
- μαλλί
- orlon

## Ερωτήσεις - Ασκήσεις - Προβλήματα

### Ερωτήσεις επανάληψης

1. Ποιες ενώσεις λέγονται μεγαλομοριακές;
2. Τι είναι οι δομικές μονάδες των μεγαλομοριακών ενώσεων;
3. Από πού προέρχεται η ονομασία υδατάνθρακες;
4. Όλα τα σάκχαρα έχουν γλυκιά γεύση;
5. Πώς ταξινομούνται τα σάκχαρα με βάση τις χαρακτηριστικές τους ομάδες;
6. Ποια σάκχαρα καλούνται απλά και ποια υδρολυόμενα;
7. Τι είναι οι ολιγοσακχαρίτες και τι οι πολυσακχαρίτες;
8. Τι είναι η γλυκόζη και τι η σακχαρόζη;
9. Δώστε δύο παραδείγματα πολυσακχαριτών.
10. Δώστε από ένα παράδειγμα αλδοπεντόζης και κετοεξόζης.
11. Ποιο είναι το απλούστερο σάκχαρο;
12. Ποια σάκχαρα ονομάζονται αναγόμενα;
13. Ποιο είναι το αντιδραστήριο του Fehling;
14. Ποια δοκιμασία δίνει ως προϊόν το κάτοπτρο Ag;
15. Τι χρώμα έχει το ίζημα που προκύπτει από το αντιδραστήριο του Fehling;
16. Τι καλείται ταυτοποίηση μιας ένωσης;
17. Τι είναι η φωτοσύνθεση και τι ο μεταβολισμός ενός σακχάρου;
18. Ποια είναι σε μέσο όρο η θερμοδομετρική αξία ενός g υδατάνθρακα;
19. Ποια είναι τα βιοπολυμερή;
20. Τι είναι ο πεπτιδικός δεσμός;
21. Ποια η διαφορά πολυπεπτιδίων από πρωτεΐνες;
22. Τι είναι ο πολυμερισμός συμπύκνωσης και σε τι διαφέρει από εκείνον της προσθήκης;
23. Τι καλείται πρωτογενής δομή στα αμινοξέα;
24. Δώστε παραδείγματα πρωτεϊνών καθώς και τις λειτουργίες που επιτελούν.
25. Τι είναι από άποψη δομής το βαμβάκι, το μαλλί και το Nylon;

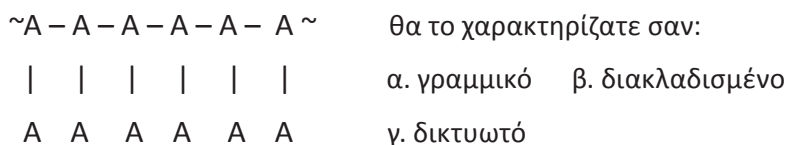


26. Τι είναι τα πολυαμίδια;
27. Δώστε ένα παράδειγμα πολυεστέρα και των εφαρμογών του.
28. Τι περιλαμβάνει ο όρος πλαστικά;
29. Δώστε από δύο παραδείγματα πολυμερών προσθήκης.
30. Τι είναι ο συμπολυμερισμός; Δώστε ένα παράδειγμα.
31. Δώστε ένα παράδειγμα πολυεστέρα και μιας πολυουρεθάνης.
32. Τι είναι ο βακελίτης και ποια η κύρια ιδιότητά του;
33. Να αναφέρετε παραδείγματα φυσικών, τεχνητών και συνθετικών υφανσίμων ινών.
34. Να αναφέρετε δύο πλεονεκτήματα των φυσικών ινών έναντι των συνθετικών.

### Ασκήσεις - Προβλήματα

#### α. Συνθετικά πολυμερή

35. Παρακάτω δίνονται τα εμπορικά ονόματα ορισμένων πολύ γνωστών πολυμερών (πλαστικών). Δώστε τα αντίστοιχα μονομερή:  
α. PVC    β. Στυρόλιο    γ. Πολυπροπυλένιο    δ. Teflon  
ε. Orlon    στ. Plexiglas
36. Τα πολυμερή συμπύκνωσης τα οποία προκύπτουν από δύο ή περισσότερα μονομερή λέγονται:  
α. ετεροπολυμερή    β. ομοπολυμερή    γ. συμπολυμερή  
δ. ελαστικά    ε. πλαστικά
37. Το μόριο που θα αποσπασθεί κατά τη συμπύκνωση των HOCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH και C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OOC - C<sub>6</sub>H<sub>5</sub> - COOC<sub>2</sub>H<sub>5</sub> (διαιθυλοτερεφθαλικός εστέρας) είναι:  
α. H<sub>2</sub>O    β. CH<sub>3</sub>OH    γ. CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH    δ. C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>
- \*38. Υπάρχουν ανάμεσα στα άλλα και δύο πολυπροπυλένια. Το ένα είναι μαλακό, με χαμηλό σημείο τήξης και μικρή αντοχή. Το άλλο είναι μεγάλης αντοχής και υψηλού σημείου τήξης. Σε ποιο από τα δύο πιστεύετε ότι τα μόριά του είναι πιο «τακτικά» συνδεδεμένα ή πιο κρυσταλλικά;
39. Στα πολυμερή προσθήκης η σχετική μοριακή μάζα του πολυμερούς είναι ακριβώς ..... της  $M_r$  του .....
40. Ένα πολυμερές που έχει την παρακάτω δομή:



41. Τι είναι σωστότερο να ορίζεται ως *βαθμός πολυμερισμού* ( $n$  ή  $i$ ): ο αριθμός των μονομερών που αποτελούν το πολυμερές ή ο αριθμός των μονομερών που αποτελούν μία αλυσίδα του πολυμερούς;
42. Τα υλικά τα οποία επανακτούν το αρχικό τους σχήμα μετά από μία παραμόρφωση λέγονται:  
 α. πλαστικά    β. ελαστομερή    γ. θερμοπλαστικά    δ. ίνες
43. Ποια είναι η σχετική μοριακή μάζα του PVC, αν ένα μόριο του πολυμερούς αποτελείται από 2 500 μόρια του μονομερούς;
44. Η αντίδραση  $RCO - OH + H - NHR' \rightarrow ROC - NHR' + H_2O$  είναι μία αντίδραση:  
 α. πολυμερισμού    β. συμπύκνωσης  
 γ. εστεροποίησης    δ. προσθήκης
45. Στην παραπάνω αντίδραση και κυρίως στη φάση του πολυμερισμού απομακρύνεται κατάλληλα το νερό. Αυτό γίνεται:  
 α. Για να παράγεται άνυδρο προϊόν.  
 β. Για να μη διασπάται το προϊόν.  
 γ. Για να επιταχύνεται η αντίδραση λόγω αύξησης της συγκέντρωσης των αντιδρώντων.  
 δ. Για να μετατοπίζεται η ισορροπία προς τα «δεξιά».
46. Το μονομερές του  $(-CH_2 - CH = CH - CH_2 -)_n$  είναι:  
 α.  $CH_3CH=CHCH_3$     β.  $CH=CH_2CH_2CH_3$     γ.  $CH_2=CH-CH=CH_2$
47. Ποια είναι η σχετική μοριακή μάζα πολυμερούς που αποτελείται από 2000 μόρια του μονομερούς  $CH_2=CH-CH=CH_2$ ;

$$M_r = 156\ 250$$

$$M_r = 108\ 000$$

## β. Πρωτεΐνες

48. Το προϊόν της αντίδρασης:  
 $H_2N-CH_2-CO-OH + H-NH-CH_2COOH \rightarrow H_2N-CH_2-CO-NH-CH_2-COOH$   
 είναι:    α. μία πρωτεΐνη    β. ένας εστέρας  
 γ. ένα πολυπεπτίδιο    δ. ένα διπεπτίδιο
49. Μεταξύ των αμινοξέων *αλανίνη*,  $NH_2-CH(CH_3)-COOH$  και *γλυκίνη*, πόσα και ποια διπεπτίδια μπορούν να δημιουργηθούν; Σε τι τύχον διαφέρουν;
- \*50. Πόσα διπεπτίδια μπορούν να προκύψουν από συνδυασμό 20 διαφορετικών αμινοξέων; Θυμηθείτε ότι μεταξύ 2 προκύπτουν δύο, μεταξύ τριών 9 κ.ο.κ.

$$2^2 = 4 \text{ αμινοξέα}$$

51. Οι πρωτεΐνες μπορούν να θεωρηθούν φυσικά ..... ή πολυμερή.....
- \*52. Η  $C_2H_5NH_2$ , το  $CH_3COOH$  και το  $NH_2CH_2COOH$  έχουν αντίστοιχα σημεία τήξης  $-81$ ,  $17$  και  $233$  °C. Αυτό οφείλεται στις διαφορετικές μοριακές τους μάζες ή στην ύπαρξη διαφορετικών δυνάμεων άρα και δεσμών μεταξύ των μορίων τους; Τι είδους δυνάμεις αναμένετε να υπάρχουν στα δύο τελευταία;
53. Ένα αμινοξύ το οποίο απομονώθηκε από έναν ιστό ζώου αναλύθηκε και βρέθηκε να περιέχει 18,65% N. Το αμινοξύ αυτό είναι:
- α. η γλυκίνη β. η αλανίνη  
γ. η σερίνη ( $HO - CH_2 - CH(NH_2) - COOH$ )
54. Ποσότητα  $CH_3CH(NH_2)COOH$  (αλανίνη) θερμαίνεται με διάλυμα  $HNO_2$ , οπότε παράγονται  $448\text{ cm}^3 N_2$  αναγόμενα σε πρότυπες συνθήκες (μέθοδος Van Slyke). Υπολογίστε την ποσότητα της αλανίνης.

1,78 g

### γ. Υδατάνθρακες

55. Η αντίδραση  $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$ , είναι μία:
- (γλυκόζη) (φρουκτόζη)
- α. φωτοσύνθεση β. καύση γ. υδρόλυση δ. ισομερείωση
56. Στη φύση απαντούν περίπου 20 μονοσακχαρίτες εκ των οποίων ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζουν η *γλυκόζη* και η *φρουκτόζη*. Και οι δύο έχουν μοριακό τύπο  $C_6H_{12}O_6$ , αλλά διαφέρουν στη δομή τους, δηλαδή στο δομικό, συντακτικό τύπο τους. Συνεπώς είναι ενώσεις:
- α. πολυμερείς β. ισομερείς γ. μονομερείς δ. διμερείς
- \*57. Η *αμυλόζη* που είναι το κύριο συστατικό του *αμύλου* βρέθηκε να έχει  $M_r$  ίσο με  $4,5 \cdot 10^5$ . Αυτή είναι πολυμερές της γλυκόζης προς την οποία και υδρολύεται:  $(C_6H_{10}O_5)_v + vH_2O \rightarrow v C_6H_{12}O_6$ . Από πόσες λοιπόν *γλυκοζιτικές* μονάδες αποτελείται η συγκεκριμένης προέλευσης αμυλόζη;
58. Να αντιστοιχίσετε τους παρακάτω υδατάνθρακες με τις κατηγορίες στις οποίες ανήκουν
- |                      |                |
|----------------------|----------------|
| $C_{12}H_{22}O_{11}$ | πολυσακχαρίτης |
| $C_6H_{12}O_6$       | τρισακχαρίτης  |
| $(C_6H_{10}O_5)_v$   | εξόζη          |
| $C_{18}H_{32}O_{16}$ | δισακχαρίτης   |
59. Στα φυτά η περίσσεια της παραγόμενης γλυκόζης αποθηκεύεται ως ....., ενώ στα ζώα η αποθήκευση γίνεται στο συκώτι και τους μύες ως .....

60. Μία από τις σπουδαιότερες **ζυμώσεις** (ενζυματικές διασπάσεις) που υφίστανται ορισμένα ζάχαρα είναι και η **οινοπνευματική**:  $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 CH_3CH_2OH + 2 CO_2$ . Το παραγόμενο  $CO_2$  απομακρύνεται από το διάλυμα προκαλώντας έτσι μείωση βάρους του διαλύματος που ζυμώθηκε. Άρα η απώλεια βάρους % του σακχάρου θα είναι:

α. 88% β. 48,8% γ. 52% δ. 44% ε. 24,4%

61. Με ποια σειρά αντιδράσεων είναι δυνατόν με πρώτη ύλη γλυκόζη να παρασκευαστεί οξικός αιθυλεστέρας; Να αναφέρετε συνθήκες για κάθε προτεινόμενη αντίδραση.

\*\*62. Σε περίσσεια διαλύματος του Benedict προστίθενται 50,0 mL ενός διαλύματος  $C_6H_{12}O_6$ . Καταπίπτει έτσι ερυθρό ίζημα  $Cu_2O$ , το οποίο πυρώνεται στον αέρα και μετατρέπεται σε  $CuO$ . Αυτό τελικά ζυγίζει 3,18 g. Να υπολογίσετε την % w/v περιεκτικότητα του σακχαρούχου διαλύματος.

7,2% w/v

\*\*63. Από 1 000 Kg σακχαρότευτλα, τα οποία περιέχουν 15% σε βάρος καλαμοσάκχαρο, λαμβάνεται με σειρά ποσοτικών αντιδράσεων οινοπνευματικό διάλυμα 94 αλκοολικών βαθμών. Αν η πυκνότητα ρ της αλκοόλης είναι  $0,8 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$  να υπολογίσετε τον όγκο του διαλύματος.

107,3 L

\*64. Οι σπόροι από το φυτό ηλιοτρόπιο περιέχουν ανά 28 g (μία **ουγκιά**) 7 g πρωτεΐνες, 5 g σάκχαρα και 12 g λίπους. Πόσα Kcal παίρνει κάποιος τρώγοντας 10 g από τους «ηλιόσπορους» αυτούς;

55,8 Kcal.

#### δ. Λίπη, έλαια, σαπούνια, απορρυπαντικά

65. Οι εστέρες της γλυκερίνης με ανώτερα οργανικά οξέα είναι τα ..... και τα ..... . Οι εστέρες κατώτερων ή μέσων αλκοολών με κατώτερα ή μέσα οξέα είναι τα ..... ή essences.

66. Η ένωση:



|



|



Είναι η:

α. τριελαΐνη

β. τριελαϊκός εστέρας της γλυκερίνης

γ. ελαΐνη

δ. όλα αυτά

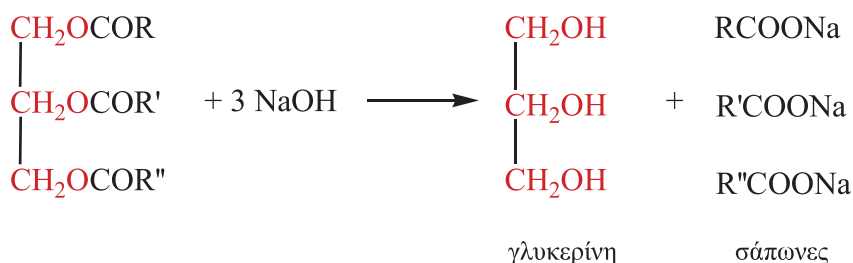
67. Η αντίδραση  $(C_{17}H_{33}COO)_3C_3H_5 + H_2 \rightarrow (C_{17}H_{35}COO)_3C_3H_5$  είναι:

α. πολυμερισμός β. υδρογόνωση γ. σαπωνοποίηση δ. υδρόλυση

68. Το 9-οκταδιενικό οξύ ( για την ακρίβεια το cis-) είναι το

α. παλμιτικό β. το ελαϊκό γ. το στεατικό δ. οξικό

69. Η παρακάτω αντίδραση δίνει το γενικό σχήμα μιας αντίδρασης σαπωνοποίησης:



Η αντίδραση αυτή είναι ποσοτική, δηλαδή από 1 mol γλυκεριδίου παράγεται 1 mol γλυκερίνης. Αν όμως η αντίδραση γίνει σε ουδέτερο περιβάλλον, τότε παράγεται 1/3 mol γλυκερίνης. Τότε η *απόδοση* αυτής θα είναι:

α. 66,6%    β. 33,3%    γ. 0,333    δ. 11,1%

70. Τα συνθετικά απορρυπαντικά υπερέχουν ως προς τα σαπούνια διότι: (Επιλέξτε τα σωστά)

α. είναι πιο δυσδιάλυτα,  
 β. δρουν και σε σκληρό νερό,  
 γ. έχουν συναγωνισμό κόστος, μια και χρησιμοποιούν ως πρώτες ύλες πετρέλαιο και  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  
 δ. παρουσιάζουν αλκαλική αντίδραση,  
 ε. δε χρησιμοποιούν ως πρώτες ύλες ουσίες που έχουν θρεπτική αξία.

71. Τα σαπούνια με κάλιο, δηλαδή τα με K άλατα των λιπαρών οξέων είναι πιο απαλά και πιο διαλυτά από εκείνα με νάτριο. Χρησιμοποιούνται στις κρέμες ξυρίσματος και στα υγρά σαπούνια. Να γράψετε την αντίδραση σαπωνοποίησης της τριστεαρίνης με KOH.

72. Ένα πλυντήριο περιέχει 40 L νερό το οποίο είναι πολύ σκληρό και περιέχει 0,1 mol  $\text{Ca}^{2+}$  ανά L. Πόσα g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (το οποίο είναι αποσκληρυντικό) χρειάζονται για να απομακρύνουν την ποσότητα αυτή του Ca; Ποια ποσότητα σαπουνιού σε σκόνη [ $\text{NaOCO}(\text{CH}_2)_{16}\text{CH}_3$ ] με σχετική μοριακή μάζα 306 καταναλώνεται για την καταβύθιση της ποσότητας αυτής του Ca;

416 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

1232 g σαπουνιού.

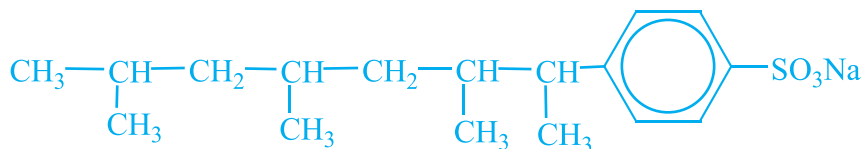
73. Γιατί δε θα χρησιμοποιούσατε για την παρασκευή σαπουνιού:

α. λιπαρά οξέα με λιγότερα από 12 άτομα C,  
 β. λιπαρά οξέα με πάνω από 18 άτομα C,  
 γ. οξέα με μεγάλη ανθρακική αλυσίδα για υγρά σαπούνια.

74. Μετά το 1970, πάνω από το 75% των απορρυπαντικών πλυντηρίων περιέχουν ένζυμα. Μπορείτε να κάνετε μια γενική αιτιολόγηση για την προσθήκη αυτή; Να εστιάσετε την προσοχή σας στη χρήση των ενζύμων *λιπάση* και *πρωτεάση*.



75. Η παρακάτω ένωση δε συνιστάται ως απορρυπαντικό διότι:



- α. προκαλεί πολύ μεγάλο αφρισμό,  
 β. δε διαλύεται στο νερό,  
 γ. δε βιοαποσυντίθεται από τα ένζυμα.

### Δραστηριότητα

Η λακτόζη είναι ένας δισακχαρίτης που βρίσκεται στο γάλα. Παρόλο που το γάλα θεωρείται «σωματοφύλακας της υγείας», πολλοί ενήλικοι σε όλο τον κόσμο δεν μπορούν να πιουν γάλα, διότι δεν το χωνεύουν. Ο λόγος είναι ότι τα άτομα αυτά στερούνται της λακτάσης. Στα άτομα αυτά όταν πιουν γάλα, η λακτόζη σωρεύεται στο λεπτό έντερο, μια και δεν υπάρχει μηχανισμός απορρόφησης αυτού του δισακχαρίτη.

Η συσσώρευση αυτή προκαλεί «φούσκωμα», κράμπες και διάρροια.

Συνδυάζοντας χημεία και φυσιολογία απαντήστε:

- α. Γιατί η λακτόζη δεν περνά μέσα από τη μεμβράνη των επιθηλίων κυττάρων του εντέρου στο κυτταρικό υγρό;  
 β. Γιατί αυτή η αυξημένη συγκέντρωση σακχάρου στο έντερο προκαλεί την υπερβολική είσοδο νερού σε αυτό με αποτέλεσμα να προκαλεί διάρροια;  
 γ. Πώς όλα αυτά αποφεύγονται από την παρουσία του κατάλληλου ενζύμου;

### Απαντήσεις στις ασκήσεις πολλαπλής επιλογής και σωστού - λάθους

- |                                |                           |                   |
|--------------------------------|---------------------------|-------------------|
| 36. γ                          | 46. γ                     | 60. β             |
| 37. με το ψηλό σ.τ.            | 48. δ                     | 65. λίπη, έλαια,  |
| 39. πολλαπλάσιο του μονομερούς | 51. Πολυπεπτίδια ή αμίδια | αιθέρια έλαια     |
| 40. γ                          | 52. Δεσμός Η              | 66. δ             |
| 41. το δεύτερο                 | 53. α                     | 67. β             |
| 42. β                          | 55. γ                     | 68. β             |
| 44. β                          | 56. β                     | 69. β και γ       |
| 45. γ και δ                    | 59. άμυλο, γλυκογόνο      | 70. β και γ και ε |
|                                | 75. β                     |                   |



# ( ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α )

ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ ΟΡΩΝ

ΕΡΕΥΤΗΡΙΟ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΟΝΟΜΑΤΩΝ

# ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ ΟΡΩΝ

## A

**Ακόρεστες ενώσεις:** οι ενώσεις στις οποίες δύο τουλάχιστον άτομα άνθρακα συνδέονται μεταξύ τους με διπλό ή τριπλό δεσμό.

**Άκυκλες:** οι ενώσεις στις οποίες τα άτομα του άνθρακα ενώνονται σε ευθεία ή διακλαδισμένη ανθρακική αλυσίδα. Οι ενώσεις αυτές ονομάζονται αλειφατικές (ή λιπαρές).

**Αλεικυκλικές:** όλες οι μη αρωματικές ισοκυκλικές ενώσεις.

**Αλκαδιένια:** υδρογονάνθρακες με δύο διπλούς δεσμούς στο μόριό τους.

**Αλκάνια:** οι κορεσμένοι υδρογονάνθρακες.

**Αλκένια:** οι υδρογονάνθρακες με ένα διπλό δεσμό στο μόριό τους.

**Αλκίνια:** υδρογονάνθρακες με ένα τριπλό δεσμό στο μόριό τους.

**Αλκοόλες:** οργανικές ενώσεις με χαρακτηριστική ομάδα το υδροξύλιο (OH).

**Αλκοολική ζύμωση:** η παρασκευή οινοπνεύματος από τη γλυκόζη παρουσία ενζύμου.

**Αλκύλια:** κορεσμένες μονοσθενείς ρίζες, που έχουν γενικό τύπο  $C_nH_{2n+1}-$ , συμβολίζονται με R-.

**Αριθμός οκτανίου:** δείκτης ποιότητας βενζίνης.

**Αρωματική ένωση:** οργανική ένωση που περιέχει ένα τουλάχιστον βενζολικό πυρήνα.

**Ατμοσφαιρική ρύπανση:** η αλλοίωση της ποιοτικής και ποσοτικής σύστασης του ατμοσφαιρικού αέρα που μπορεί να έχει βλαβερές συνέπειες.

## B

**Βενζίνη:** μίγμα υδρογονανθράκων με 5 έως 12 άτομα άνθρακα στο μόριό τους. Οι μέσες τιμές των ιδιοτήτων της βενζίνης πλησιάζουν αυτές του οκτανίου.

**Βενζοϊκό οξύ:** το απλούστερο αρωματικό οξύ, προκύπτει θεωρητικά με υποκατάσταση ενός ατόμου υδρογόνου του βενζολίου με καρβοξύλιο. Παρουσιάζει δύο κατηγορίες αντιδράσεων: τις αντιδράσεις του αρωματικού δακτύλιου και τις αντιδράσεις της πλευρικής ομάδας (του καρβοξυλίου).

**Βενζόλιο:** ο κύριος εκπρόσωπος των αρωματικών υδρογονανθράκων. Στο βενζολικό δακτύλιο τα άτομα του άνθρακα συνδέονται μεταξύ τους με δεσμό ενδιάμεσο του απλού και διπλού δεσμού.

**Βιομόρια:** χημικά μόρια που υπάρχουν στους ζωντανούς οργανισμούς.

## Γ

**Γαλακτικό οξύ:** ως υδροξυοξύ δίνει αντιδράσεις οξέος (λόγω του καρβοξυλίου) και αντιδράσεις αλκοόλης (λόγω του υδροξυλίου).

**Γαλακτική ζύμωση:** διεργασία που βρίσκει εφαρμογή στη βιομηχανία για την παρασκευή γαλακτικού οξέος.

## Δ

**Διύλιση:** η κατεργασία μετατροπής του αργού πετρελαίου σε εμπορεύσιμα προϊόντα.

## Ε

**Εμπειρικός τύπος:** δείχνει από ποια στοιχεία αποτελείται η ένωση και την αναλογία των ατόμων στο μόριο αυτής.

**Ετεροκυκλικές:** ονομάζονται οι κυκλικές ενώσεις στις οποίες ο δακτύλιος σχηματίζεται όχι μόνο από άτομα άνθρακα, αλλά και από άτομα άλλου στοιχείου, συνήθως O, N.

**Εστεροποίηση:** η αντίδραση οξέος με αλκοόλη.

## Η

**Ηλεκτρόνια σθένους:** ηλεκτρόνια εξωτερικής στιβάδας που καθορίζουν τη χημική συμπεριφορά του ατόμου.

## Ι

**Ισοκυκλικές:** ονομάζονται οι κυκλικές ενώσεις στις οποίες ο δακτύλιος σχηματίζεται αποκλειστικά και μόνο από άτομα άνθρακα.

**Ισομέρεια:** το φαινόμενο κατά το οποίο δύο ή και περισσότερες ενώσεις με τον ίδιο μοριακό τύπο έχουν διαφορές στις ιδιότητές τους.

## Κ

**Καρβοξυλικά οξέα:** οργανικά οξέα που περιέχουν τη ρίζα καρβοξύλιο (-COOH).

**Καταλύτης αυτοκινήτου:** συσκευή που περιορίζει μέσω χημικών αντιδράσεων μερικά επικίνδυνα συστατικά των καυσαερίων.

**Καύση:** η αντίδραση μιας ουσίας με οξυγόνο ή αέρα που συνοδεύεται από παραγωγή φωτός και θερμότητας.

**Καύσιμα:** ουσίες που όταν καίγονται, αποδίδουν σημαντικά και εκμεταλλεύσιμα ποσά ενέργειας.

**Κορεσμένες ενώσεις:** ενώσεις στις οποίες όλα τα άτομα άνθρακα συνδέονται μεταξύ τους με απλούς δεσμούς.

**Κυκλικές:** ενώσεις στο μόριο των οποίων υπάρχει ένας τουλάχιστον δακτύλιος, δηλαδή σχηματίζεται κλειστή αλυσίδα.

## M

**Μοριακός τύπος:** είναι ο χημικός τύπος που δείχνει τον ακριβή αριθμό των ατόμων των διαφόρων στοιχείων στο μόριο της ένωσης.

## N

**Νάφθα:** το κλάσμα της απόσταξης του αργού πετρελαίου μεταξύ βενζίνης και κηροζίνης.

## Ξ

**Ξίδι:** το διάλυμα του οξικού οξέος.

## O

**Οινόπνευμα:** Η σπουδαιότερη κορεσμένη μονοσθενής αλκοόλη (αιθανόλη  $C_2H_5OH$ ). Μεγάλες ποσότητες αυτού παρασκευάζονται από το αιθυλένιο. Χρησιμοποιείται κυρίως στα αλκοολούχα ποτά, καθώς και ως πρώτη ύλη για την σύνθεση οργανικών ενώσεων.

**Ομόλογη σειρά:** ένα σύνολο οργανικών ενώσεων, των οποίων τα μέλη (οργανικές ενώσεις) έχουν τα εξής κοινά χαρακτηριστικά:

1. Έχουν τον ίδιο γενικό μοριακό τύπο.
2. Όλα τα μέλη έχουν ανάλογη σύνταξη και περιέχουν την ίδια χαρακτηριστική ομάδα.
3. Έχουν παρόμοιες χημικές ιδιότητες, καθώς η χημική συμπεριφορά τους εξαρτάται από τη σύνταξη του μορίου και τις χαρακτηριστικές ομάδες.
4. Οι φυσικές τους ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με τη σχετική μοριακή τους μάζα ( $M_r$ ) και τη θέση της χαρακτηριστικής ομάδας.
5. Έχουν παρόμοιες παρασκευές.
6. Κάθε μέλος διαφέρει από το προηγούμενο και το επόμενο του κατά την ομάδα  $-CH_2-$ .

**Ομοιοπολικός δεσμός:** ο δεσμός που δημιουργείται με αμοιβαία συνεισφορά ηλεκτρονίων.

**Όξινη βροχή:** η βροχή που έχει pH μικρότερο του 5,6 που είναι το pH της καθαρής βροχής.

**Όξινος χαρακτήρας:** κοινές ιδιότητες των οξέων.

**Οργανικά οξέα:** τα οξέα που περιέχουν την ομάδα του καρβοξυλίου.

**Οργανική Χημεία:** η χημεία των ενώσεων του άνθρακα.

## P

**Περιεκτικότητα διαλύματος:** το μέγεθος που δείχνει την ποσότητα της διαλυμένης ουσίας σε ορισμένη ποσότητα διαλύματος.

**Πετρέλαιο:** υγρό ορυκτό που αποτελείται κυρίως από υγρούς υδρογονάνθρακες στους οποίους είναι διαλυμένοι αέριοι και στερεοί υδρογονάνθρακες.

**Πετροχημεία:** ο κλάδος της βιομηχανικής χημείας που περιλαμβάνει το σύνολο των μεθόδων παραγωγής χημικών προϊόντων με πρώτη ύλη το πετρέλαιο.

**Πολυμερισμός:** η συνένωση μικρών μορίων, που ονομάζονται μονομερή, προς σχηματισμό ενός μεγαλύτερου μορίου που ονομάζεται πολυμερές.

**Πρωτεΐνες:** βιολογικά μακρομόρια που προέρχονται από την συνένωση αμινοξέων μέσω πεπτιδικού δεσμού.

**Πυρόλυση:** η θέρμανση υδρογονανθράκων και γενικότερα ουσιών, παρουσία καταλυτών και απουσία αέρα.

## S

**Σάπωνες:** μίγματα αλάτων, μακράς αλυσίδας, καρβοξυλικών οξέων με Na ή K.

**Σαπωνοποίηση:** η υδρόλυση, παρουσία βάσεων, των τριγλυκεριδίων που δίνει γλυκερίνη και σάπωνες.

**Στερεοϊσομερή:** ενώσεις με ίδιο μοριακό και συντακτικό τύπο αλλά διαφορετικό στερεοχημικό.

**Στοιχειακή χημική ανάλυση:** το σύνολο των εργασιών που γίνονται για τον προσδιορισμό της χημικής σύστασης μιας ένωσης. Περιλαμβάνει την ποιοτική και ποσοτική στοιχειακή ανάλυση.

**Συντακτικά ισομερή:** ενώσεις με ίδιο μοριακό αλλά διαφορετικό συντακτικό τύπο. Διακρίνονται σε ισομερή αλυσίδας, θέσης και ομόλογης σειράς.

## Y

**Υδατάνθρακες:** πολυυδροξυαλδεΐδες και πολυυδροξυκετόνες.

**Υφάνσιμες ύλες:** με κατάλληλη επεξεργασία

μπορούν να μετατραπούν σε ίνες από τις οποίες παρασκευάζονται νήματα και υφάσματα.

## Φ

**Φαινόλη ή υδροξυβενζόλιο:** η απλούστερη αρωματική αλκοόλη. Τα μεγαλύτερα ποσά της σήμερα παρασκευάζονται από το πετρέλαιο.

**Φυσικό αέριο:** μίγμα υδρογονανθράκων που συνυπάρχει με το πετρέλαιο και έχει ως κύριο συστατικό του το μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ).

**Φωτοσύνθεση:** η σύνθεση των υδρογονανθράκων στα φυτά με ταυτόχρονη παραγωγή οξυγόνου από την αντίδραση του  $\text{CO}_2$  με το  $\text{H}_2\text{O}$  και με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας.

**Φωτοχημική ρύπανση:** η ρύπανση που προκαλείται από την μετατροπή πρωτογενών ρυπαντών σε δευτερογενείς υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας.





# ( ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β )

## ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ



# Περιοδικός Πίνακας των Στοιχείων

- Μέταλλα
- Αμέταλλα
- Μεταλλοειδή
- Ευγενή αέρια

18  
VIIA

2	He	4.00260
10	Ne	20.1797
18	Ar	39.948
36	Kr	83.80
54	Xe	131.29
86	Rn	(222)

1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIB	VIII	IIIB	IVB	VB	VIIB
3	4	11	12	13	14	15	16	17	18	25	26	27
Li	Be	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	Mn	Fe	Co
6.941	9.01218	22.9898	24.3050	26.9815	28.0855	30.9738	32.066	35.4527	39.948	54.9381	55.847	58.9332
19	20	19	20	31	32	33	34	35	36	41	42	43
K	Ca	K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Nb	Mo	Tc
39.0983	40.078	39.0983	40.078	69.723	72.61	74.9216	78.96	79.904	83.80	92.9064	95.94	(98)
37	38	37	38	49	50	51	52	53	54	73	74	75
Rb	Sr	Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	Ta	W	Re
85.4678	87.62	85.4678	87.62	114.818	118.710	121.75	127.60	126.904	131.29	180.948	183.85	186.207
55	56	55	56	81	82	83	84	85	86	105	106	107
Cs	Ba	Cs	Ba	Tl	Pb	Po	Bi	At	Rn	Db	Sg	Bh
132.905	137.327	132.905	137.327	204.383	207.2	(209)	208.980	(210)	(222)	(262)	(263)	(264)
87	88	87	88	204.383	207.2	(209)	208.980	(210)	(222)	104	105	106
Fr	Ra	Fr	Ra	204.383	207.2	(209)	208.980	(210)	(222)	Rf	Db	Sg
(223)	226.025	(223)	226.025	204.383	207.2	(209)	208.980	(210)	(222)	(261)	(262)	(263)

ΠΕΡΙΟΔΟΣ

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
140.115	140.908	144.24	(145)	150.36	151.965	157.25	158.925	162.50	164.930	167.26	168.934	173.04	174.967
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
232.038	231.036	238.029	237.048	(244)	(243)	(247)	(247)	(251)	(252)	(257)	(258)	(259)	(260)

\* Λανθανίδες:

† ΑΚΤΙΝΙΔΕΣ:

# ( ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ )

## ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΜΑΖΕΣ ΟΡΙΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥΣ

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΑΤΟΜΙΚΩΝ ΜΑΖΩΝ ΜΕ ΤΕΣΣΕΡΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΨΗΦΙΑ

Σχετικές Ατομικές Μάζες ορισμένων στοιχείων (για υπολογισμούς)		
Άζωτο	N	14
Άνθρακας	C	12
Αργίλιο	Al	27
Άργυρος	Ag	108
Ασβέστιο	Ca	40
Βάριο	Ba	137
Βρώμιο	Br	80
Θείο	S	32
Ιώδιο	I	127
Κάλιο	K	39
Κασσίτερος	Sn	119
Μαγγάνιο	Mn	55
Μαγνήσιο	Mg	24
Μόλυβδος	Pb	207
Νάτριο	Na	23
Νικέλιο	Ni	59
Οξυγόνο	O	16
Πυρίτιο	Si	28
Σίδηρος	Fe	56
Υδράργυρος	Hg	201
Υδρογόνο	H	1
Φθόριο	F	19
Φώσφορος	P	31
Χαλκός	Cu	63,5
Χλώριο	Cl	35,5
Χρώμιο	Cr	52
Ψευδάργυρος	Zn	65

## ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΑΤΟΜΙΚΕΣ ΜΑΖΕΣ (A<sub>r</sub>) ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΜΕ ΤΕΣΣΕΡΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΨΗΦΙΑ

Η σύγκριση έγινε με βάση το ισότοπο <sup>12</sup>C που έχει A<sub>r</sub> =12 ακριβώς

Ατομ. Αριθ.	Όνομα	Σύμβολο	A <sub>r</sub>	Ατομ. Αριθ.	Όνομα	Σύμβολο	A <sub>r</sub>
1	Υδρογόνο	H	1.008	53	Ιώδιο	I	126.9
2	Ήλιο	He	4.003	54	Ξένο	Xe	131.3
3	Λίθιο	Li	6.941	55	Καίσιο	Cs	132.9
4	Βηρύλλιο	Be	9.012	56	Βάριο	Ba	137.3
5	Βόριο	B	10.81	57	Λανθάνιο	La	138.9
6	Άνθρακας	C	12.01	58	Δημήτριο	Ce	140.1
7	Άζωτο	N	14.01	59	Πρασινοδύμιο	Pr	140.9
8	Οξυγόνο	O	16.00	60	Νεοδύμιο	Nd	144.2
9	Φθόριο	F	19.00	61	Προμήθειο	<sup>145</sup> Pm	144.9
10	Νέο	Ne	20.18	62	Σαμάριο	Sm	150.4
11	Νάτριο	Na	22.99	63	Ευρώπιο	Eu	152.0
12	Μαγνήσιο	Mg	24.31	64	Γαδολίνιο	Gd	157.3
13	Αργίλιο			65	Τέρβιο	Tb	158.9
	(Αλουμίνιο)	Al	26.98	66	Δυσπρόσιο	Dy	162.5
14	Πυρίτιο	Si	28.09	67	Όλμιο	Ho	164.9
15	Φωσφόρος	P	30.97	68	Έρβιο	Er	167.3
16	Θείο	S	32.07	69	Θούλιο	Tm	168.9
17	Χλώριο	Cl	35.45	70	Υττέρβιο	Yb	173.0
18	Αργό	Ar	39.95	71	Λουτήτιο	Lu	175.0
19	Κάλιο	K	39.10	72	Άφνιο	Hf	178.5
20	Ασβέστιο	Ca	40.08	73	Ταντάλιο	Ta	180.9
21	Σκάνδιο	Sc	44.96	74	Βολφράμιο	W	
22	Τιτάνιο	Ti	47.88		(Τουγκστένιο)		183.9
23	Βανάδιο	V	50.94	75	Ρήνιο	Re	186.2
24	Χρώμιο	Cr	52.00	76	Όσμιο	Os	190.2
25	Μαγγάνιο	Mn	54.94	77	Ιρίδιο	Ir	192.2
26	Σίδηρος	Fe	55.85	78	Λευκόχρυσος	Pt	
27	Κοβάλτιο	Co	58.93		(Πλατίνα)		195.1
28	Νικέλιο	Ni	58.69	79	Χρυσός	Au	197.0
29	Χαλκός	Cu	63.55	80	Υδράργυρος	Hg	200.6
30	Ψευδάργυρος	Zn	65.39	81	Θάλλιο	Tl	204.4
31	Γάλλιο	Ga	69.72	82	Μόλυβδος	Pb	207.2
32	Γερμάνιο	Ge	72.59	83	Βισμούθιο	Bi	209.0
33	Αρσενικό	As	74.92	84	Πολώνιο	<sup>210</sup> Po	210.0
34	Σελήνιο	Se	78.96	85	Άστατο	<sup>210</sup> At	210.0
35	Βρώμιο	Br	79.90	86	Ραδόνιο	<sup>222</sup> Rn	222.0
36	Κρυπτό	Kr	83.80	87	Φράγκιο	<sup>223</sup> Fr	223.0
37	Ρουβίδιο	Rb	85.47	88	Ράδιο	<sup>226</sup> Ra	226.0
38	Στρόντιο	Sr	87.62	89	Ακτίνιο	<sup>227</sup> Ac	227.0
39	Ύτριο	Y	88.91	90	Θόριο	Th	232.0
40	Ζιρκόνιο	Zr	91.22	91	Πρωτακτίνιο	<sup>231</sup> Pa	231.0
41	Νιόβιο	Nb	92.21	92	Ουράνιο	U	238.0
42	Μολυβδαίνιο	Mo	95.94	93	Ποσειδώνιο	<sup>237</sup> Np	
43	Τεχνητίο	<sup>99</sup> Tc	98.91		(Νεπτούνιο)		237.0
44	Ρουθήνιο	Ru	101.1	94	Πλουτώνιο	<sup>239</sup> Pu	239.1
45	Ρόδιο	Rh	102.9	95	Αμερίκιο	<sup>243</sup> Am	243.1
46	Παλλάδιο	Rd	106.4	96	Κιούριο	<sup>247</sup> Cm	247.1
47	Άργυρος	Ag	107.9	97	Μπικρέλιο	<sup>247</sup> Bk	247.1
48	Κάδμιο	Cd	112.4	98	Καλιφόρνιο	<sup>252</sup> Cf	252.1
49	Ίνδιο	In	114.8	99	Αϊνσταϊνιο	<sup>252</sup> Es	252.1
50	Κασσίτερος	Sn	118.7	100	Φέρμιο	<sup>257</sup> Fm	257.1
51	Αντιμόνιο	Sb	121.8	101	Μεντελέβιο	<sup>256</sup> Md	256.1
52	Τελλούριο	Te	127.6	102	Νομπέλιο	<sup>259</sup> No	259.1
				103	Λωρένσιο	<sup>260</sup> Lr	260.1

# ( ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ )

**ΘΕΜΕΛΙΩΔΗ ΜΕΓΕΘΗ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ  
ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑ ΚΑΙ ΥΠΟΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑ ΜΟΝΑΔΩΝ**

Μέγεθος	Σύμβολο μεγέθους	Ονομασία μονάδας	Σύμβολο μονάδας
Μήκος	l	μέτρο	m
Μάζα	m	χιλιόγραμμα	kg
Χρόνος	t	δευτερόλεπτο	s
Θερμοκρασία	T	κέλβιν	K
Ποσότητα ουσίας	n	μολ	mol
Ποσότητα ηλεκτρισμού	I	αμπέρ	A
Φωτεινή Ισχύς	I <sub>u</sub>	καντέλα	cd

Πρόθεμα	Σύμβολο	Σχέση με τη βασική μονάδα	Παράδειγμα
Mega-	M	10 <sup>6</sup>	1Mm = 10 <sup>6</sup> m
kilo-	k	10 <sup>3</sup>	1km = 10 <sup>3</sup> m
deci-	d	10 <sup>-1</sup>	1dm = 10 <sup>-1</sup> m
centi-	c	10 <sup>-2</sup>	1cm = 10 <sup>-2</sup> m
milli-	m	10 <sup>-3</sup>	1mm = 10 <sup>-3</sup> m
micro-	μ	10 <sup>-6</sup>	1μm = 10 <sup>-6</sup> m
nano-	n	10 <sup>-9</sup>	1nm = 10 <sup>-9</sup> m
pico-	p	10 <sup>-12</sup>	1pm = 10 <sup>-12</sup> m

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## Ελληνόγλωσση

- \* Α.Γ. Βάρβογλης, «**Χημείας Απόσταγμα**», Εκδ. Τροχαλία, 1992.
- \* Α.Γ. Βάρβογλης, «**Η Κρυφή Γοητεία της Χημείας**», Εκδ. Τροχαλία, 1994.
- \* Α.Γ. Βάρβογλης, «**Μεγάλοι Χημικοί**», Εκδ. Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 1995.
- \* Α.Γ. Βάρβογλης και Ν. Ε. Αλεξάνδρου, «**Οργανική Χημεία**», 4<sup>η</sup> έκδοση, Θεσσαλονίκη, 1970.
- \* Δ. Γάκης, «**Ασκήσεις Χημικής Ισορροπίας σε Υδατικά Διαλύματα**», Εκδ. ΕΜΠ, 1980.
- \* Δ. Γάκης, Α. Κάλλης, Κ. Καφετζόπουλος, Σ. Κονιδάρης, Δ. Κούρτης, «**Χημεία Β' Λυκείου**», ΟΕΔΒ, Αθήνα, 1996.
- \* Δ. Γάκης, Α. Κάλλης, Κ. Καφετζόπουλος, Σ. Κονιδάρης, Δ. Κούρτης, «**Χημεία Β' Λυκείου, Λύσεις Ασκήσεων**», ΟΕΔΒ, Αθήνα, 1997.
- \* Τ. Γεωργιάδου, Κ. Καφετζόπουλος, Ν. Πρόβης, Ν. Σπυρέλλης, Δ. Χηνιάδης, «**Χημεία Β' Γυμνασίου**», ΟΕΔΒ, Αθήνα, 1998.
- \* Τ. Γεωργιάδου, Κ. Καφετζόπουλος, Ν. Πρόβης, Ν. Σπυρέλλης, Δ. Χηνιάδης, «**Χημεία Γ' Γυμνασίου**», ΟΕΔΒ, Αθήνα 1998.
- \* Δ. Θεοδωρόπουλος, Π. Θεοδωρόπουλος, Κ. Παπαζήσης, «**Ονοματολογία-Ισομέρεια**», Εκδ. Πελεκάνος, 1995.
- \* Δ. Θεοδωρόπουλος, Π. Θεοδωρόπουλος, «**Μαθήματα Οργανικής Χημείας**», Εκδ. Πελεκάνος, 1997.
- \* Δ. Θεοδωρόπουλος, Π. Θεοδωρόπουλος, Κ. Κομνηνός, «**Μαθήματα Γενικής Χημείας**», Εκδ. Σαββάλα, 1995.
- \* Π. Θεοδωρόπουλος, Δ. Θεοδωρόπουλος, Κ. Παπαζήσης, «**Ασκήσεις Χημείας Α' Λυκείου**», Εκδ. Πελεκάνος, 1996.
- \* Ε. Καπετάνου, Α. Μαυρόπουλος, «**Χημεία Β' Ενιαίου Λυκείου**», ΟΕΔΒ, 1998.
- \* Β. Καρώνης, Α. Μπομπέτσης, Δ. Υφαντής, «**Εργαστήριο Χημείας - Γ' Τάξη ΕΠΛ**», ΟΕΔΒ, 1992.
- \* Β. Καρώνης, Α. Μπομπέτσης, Δ. Υφαντής, «**Εργαστήριο Χημείας Γ' Τάξη ΕΠΛ - Τετράδιο Πειραμάτων**», ΟΕΔΒ, 1992.
- \* Δ. Κατάκης - Γ. Πνευματικάκης «**Πανεπιστημιακή Ανόργανος Χημεία**», ΟΕΔΒ, 1983.
- \* Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας, «**Αξιολόγηση των μαθητών της Α' Λυκείου στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών**», ΟΕΔΒ, Αθήνα, 1997.
- \* Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας, «**Αξιολόγηση των μαθητών της Α' Λυκείου (γενικές οδηγίες και στοιχεία μεθοδολογίας)**», ΟΕΔΒ, Αθήνα, 1997.
- \* Ν.Δ. Κλούρας, «**Βασική Ανόργανη Χημεία**», Εκδ. Π. Τρακλός-Ε. Κωσταράκη, Αθήνα, 1998.
- \* Θ.Σ. Κουσούρης, Α.Μ. Αθανασάκης, «**Περιβάλλον, Οικολογία, Εκπαίδευση**», Εκδ. Σαββάλα, 1994.

- \* Σ. Λιοδάκης, «**Ασκήσεις Ανοργάνου Χημείας**», Εκδ. ΕΜΠ, 1982.
- \* Σ. Λιοδάκης, «**Εισαγωγικά Μαθήματα Αναλυτικής Χημείας**», Εκδ. ΕΜΠ, 1999.
- \* Ζ. Λοΐζος, «**Γενική Χημεία**», Εκδ. ΕΜΠ, 1997.
- \* Γ. Μανουσάκης, «**Γενική και Ανόργανη Χημεία**», Εκδ. Αφοί Κυριακίδη, 2<sup>η</sup> έκδοση, 1994.
- \* Κ. Μανωλκίδης, Κ. Μπέζας, «**Χημεία Γενική και Ανόργανη**», Αθήνα, 1993.
- \* Α. Μαυρόπουλος, Ε. Καπετάνου, «**Χημεία Α' Ενιαίου Λυκείου**», ΟΕΔΒ, 1998.
- \* Α. Μπομέτσης, Π. Καλλίτσης, «**Εργαστήριο Χημείας Β' Τάξη ΕΠΛ**», ΟΕΔΒ, 1986.
- \* Α. Μπομέτσης, Π. Καλλίτσης, «**Εργαστήριο Χημείας Β' Τάξη ΕΠΛ - Τετράδιο Πειραμάτων**», ΟΕΔΒ, 1986.
- \* J. Mc Murry «**Οργανική Χημεία, Τόμος Ι**», Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 1998.
- \* Morrison και Boyd «**Οργανική Χημεία**», Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 1991.
- \* Γ.Κ. Παρισσάκης, «**Βασικές Αρχές Αναλυτικής Χημείας**», Εκδ. Παπασωτηρίου, 1996.
- \* Γ.Κ. Παρισσάκης, «**Εργαστηριακές Ασκήσεις Ανοργάνου Χημείας**», Εκδ. Παπασωτηρίου, 1996.
- \* Ε. Παπαχριστοδούλου, Β Λοΐζου, Γ. Παπαχρυσόστομου, Κ. Κουμίδης «**Οργανική Χημεία Γ' Λυκείου**», Λευκωσία, 1998.
- \* Π.Ο. Σακελλαρίδης, «**Γενική Χημεία**», Αθήνα, 1981.
- \* Α. Σταυρόπουλου, «**Φυσικές Επιστήμες**», Εκδ. Α. Σταμούλης, 1988.
- \* Κ.Α. Τσίπης, «**Χημεία Ι, Άτομα & Μόρια**», Εκδ. Ζήτη, 1996.
- \* Κ.Α. Τσίπης, «**Χημεία ΙΙ, Καταστάσεις της ύλης**», Εκδ. Ζήτη, 1997.
- \* P.W. Atkins, «**Η Δημιουργία**», Εκδ. Κάτοπτρο, 1993.
- \* P.W. Atkins, «**Το περιοδικό βασίλειο**», Εκδ. Κάτοπτρο, 1995.
- \* R.P. Feynman, «**Έξι εύκολα κομμάτια**», Εκδ. Κάτοπτρο, 1998.
- \* Morrison and Boyd, «**Οργανική Χημεία**», 4<sup>η</sup> έκδοση, Εκδ. Παν. Ιωαννίνων, 1988.
- \* Nuffield Advanced Science, «**Χημεία - Θέματα 1 έως 11**», Εκδ. Γ.Α. Πνευματικού, 1998.

### **Ξενόγλωσση**

- \* D. Abbot, «**Advanced Level Chemistry Basic Exercises**», J. M. Dent and Sons Ltd., London, 1967.
- \* P.W. Atkins, J.A. Beran, «**General Chemistry**», 2<sup>nd</sup> Ed., Freeman and Company, 1990.
- \* P.W. Atkins, L. Jones, «**Chemistry**», 3<sup>rd</sup> Ed., Freeman and Company, 1997.
- \* P.W. Atkins, «**Molecules**», W.H. Freeman and Company, New York, 1987.
- \* Becker-Wentworth, «**General Chemistry**», Houghton Mifflin Co, Boston, 1980.
- \* J.E. Brady, «**General Chemistry**», John Wiley and Sons, 5<sup>th</sup> Ed., 1990.

- \* T. Brown, H. Le May, B. Bursten, "**Chemistry - The Central Science**", 7<sup>th</sup> Ed., Prentice - Hall, 1997.
- \* Chadwick., "**Chemistry**", George Allen & Unwin Ltd., London, 1977.
- \* R. Chang, "**Chemistry**", 6<sup>th</sup> Ed., Mc Grow-Hill, 1998.
- \* G.W. Daub, W. Seese, "**Basic Chemistry**", Prentice-Hall, 1996.
- \* D.D. Ebbing, "**General Chemistry**" 5<sup>th</sup> Ed., Houghton Mifflin Co, 1996.
- \* W. Eisner, et al. "**Elemente Chemie I**", Ernst Klett Verlag, Stuttgart, 1986.
- \* M. Freemantle, "**Chemistry in Action**", Mac Milan Education, London, 1987.
- \* R.G. Gillespie, D. Humphreys, N.C. Baird, E.A. Robinsen, "**Chemistry**", 2<sup>nd</sup> Ed., Allyn and Bacon, Massachusetts, 1989.
- \* G. Hill, "**Chemistry Counts**", Hodder and Stoughton, London, 1986.
- \* G. Hill and J. Holman, "**Chemistry in Context**", 4<sup>th</sup> Ed., Nelson, 1995.
- \* J.W. Hill and D.K. Kolb, "**Chemistry for Changing Times**", Prentice - Hall, 1998.
- \* J.W. Hill and R.H. Petrucci, "**General Chemistry**", Prentice - Hall, 1996.
- \* N.R. Kneen, M.J. Rogers, P. Simpson, "**Chemistry**", Addison-Wesley Ltd., 1972.
- \* J.C. Kotz and P. Treichel, "**Chemistry and Chemical Reactivity**", 3<sup>rd</sup> Ed., Saunders College Publishing, USA, 1996.
- \* P. Lebrun, A. Cunnington, R. Vogel, "**Chimie 1<sup>er</sup> D.E.**", Hatier, 1979.
- \* T. Lister and J. Renshaw, "**Understanding Chemistry**", 2<sup>nd</sup> Ed., Stanley Thornes Ltd., 1991.
- \* H. Meislich, H. Nechamkin, J. Sharefkin, "**Organic Chemistry**", McGraw - Hill, 1977.
- \* F.J. Moore, "**A History of Chemistry**", McGraw-Hill, 1939.
- \* Murray S. Peter, "**Principles of Organic Chemistry**", 2<sup>nd</sup> Ed., Heinemann Educational, 1977.
- \* E.N. Rausden, "**A-Level Chemistry**", Stanley Thornes Ltd., 1985.
- \* J.L. Rosenberg, "**College Chemistry**", 5<sup>th</sup> Ed., McGraw Hill Book Company, 1972.
- \* Richards, Cram, Hammond, "**Elements of Organic Chemistry**", McGraw - Hill, 1967.
- \* K.K. Sharma, D.S. Sharma, "**Problems in Organic Chemistry**", Vikas Publishing House Ltd., 1994.
- \* P. Yurkanis Bruice, "**Organic Chemistry**", Prentice - Hall, 1992.
- \* S. Zumdahl, "**Chemical Principles**", Houghton Mifflin, 3<sup>rd</sup> Ed., 1998.



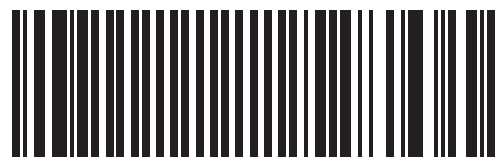
Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946,108, Α').

*Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.*

Κωδικός Βιβλίου: 0-22-0217

ISBN 978-960-06-4819-5

**ITYE**  
"ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ"  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ & ΕΚΔΟΣΕΩΝ



(01) 000000 0 22 0217 4