

## 3 ΠΟΛΥΜΕΡΗ – ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΝΕΑ ΥΛΙΚΑ

### 3.1. Εισαγωγή

Δεν θα ήταν υπερβολή να χαρακτηρίσουμε τον 20<sup>ο</sup> αιώνα ως τον αιώνα των πολυμερών. Τα *πολυμερή* είναι συνθετικές ουσίες των οποίων τα μόρια (τα *συνθετικά μακρομόρια*) έχουν μεγάλη σχετική μοριακή μάζα ( $M_r$ ) και χρησιμοποιούνται ευρύτατα είτε μόνα τους είτε σε σύνθετα υλικά. Με βάση τα πολυμερή και έπειτα από επεξεργασία τους με μια σειρά βελτιωτικές ουσίες (τα *πρόσθετα*), σχηματίζονται τα γνωστά σε όλους μας *πλαστικά*. Η ανακάλυψη των πολυμερών έγινε στα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Όμως η φύση είχε συνθέσει μακρομόρια πριν από εκατομμύρια χρόνια και σε αυτά βασίζεται κυρίως ο φυτικός και ζωικός κόσμος. Κάποια φυσικά πολυμερή, όπως το άμυλο και οι πρωτεΐνες, είναι απαραίτητα για τη ζωή, ενώ άλλα όπως το φυσικό λάστιχο (το καουτσούκ) έχουν τεράστια τεχνολογική και εμπορική σημασία.

Τα πολυμερή μπορεί να είναι (α) *φυσικά προϊόντα* (κυτταρίνη, καζεΐνη), (β) *τροποποιημένα φυσικά προϊόντα* (τεχνητό μετάξι, εβονίτης), (γ) *συνθετικές ουσίες που σχηματίζονται με χημικές αντιδράσεις από πρώτες ύλες με μικρή  $M_r$* . Στην τελευταία αυτή κατηγορία ανήκουν και τα πλαστικά. Και οι τρεις κατηγορίες πολυμερών συνίστανται από μόρια με μεγάλη  $M_r$ .

Στο κεφάλαιο αυτό θα εστιάσουμε στα πιο διαδεδομένα συνθετικά πολυμερή. Στο τέλος θα αναφερθούμε και σε νεώτερα υλικά, τα *νανοϋλικά*.



Διάφορα προϊόντα από πλαστικό

#### Φυσικά πολυμερή

- ☞ Άμυλο
- ☞ Κυτταρίνη
- ☞ Μαλλί
- ☞ Βαμβάκι
- ☞ Ξύλο
- ☞ Μετάξι

#### Συνθετικά πολυμερή

- ☞ Πολυαιθυλένιο
- ☞ PVC
- ☞ Πολυστερίνη
- ☞ Νάιλον
- ☞ Ακρυλικά
- ☞ Μελαμίνη



Το βαμβάκι είναι ένα φυσικό πολυμερές



Ρετσίνι

### Οι φυσικές ρητίνες

Η ρητίνη είναι ένα μείγμα ενώσεων μεγάλης  $M_r$ , που εκρέει από ορισμένα φυτά, ιδίως όταν τραυματιστούν. Οι φυσικές ρητίνες αποτελούνται κυρίως από πολυμερισμένα οργανικά οξέα και εστέρες (βλ. Κεφ. 4) και είναι μη κρυσταλλικές ή ημίρρευστες διαφανείς ουσίες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα φυσικών ρητινών είναι το ρετσίνι και η μαστίχα.



Μαστιχόδεντρο



### **Κολλοειδή: τα πρώτα μεγάλα μόρια**

Στα μέσα του 1800, ο Σκωτσέζος φαρμακοποιός Thomas Graham επινόησε ένα πείραμα για να συγκρίνει τα ποσοστά διάχυσης των διαφορετικών διαλυμένων ουσιών μέσω μιας μεμβράνης. Ο Graham διαπίστωσε ότι ορισμένες διαλυμένες ουσίες, όπως τα άλατα και τα σάκχαρα, θα μπορούσαν να διαχέονται μέσω της μεμβράνης, αλλά άλλες διαλυμένες ουσίες, όπως η κόλλα και η ζελατίνη, όχι. Ο Graham ονόμασε κρυσταλλικές τις ουσίες που μπορούσαν να περάσουν μέσω των οπών της μεμβράνης, ενώ τις ουσίες που δεν περνούσαν τις ονόμασε *κολλοειδή*. Η μελέτη των κολλοειδών έπαιξε έναν σημαντικό ρόλο στην κατανόηση των γιγαντιαίων μορίων.

Δέρματα, κέρατα και ίνες που χρησιμοποιούσαν οι άνθρωποι από τα πρώτα τους βήματα είναι φυσικά πολυμερή. Υπάρχουν μαρτυρίες ότι στην αρχαιότητα ήταν γνωστή και η πίσσα, ενώ κατά τους ρωμαϊκούς χρόνους ήταν γνωστή μια ορυκτή ρητίνη, το ήλεκτρο.

Τον 19<sup>ο</sup> αιώνα, τα μονωτικά περιβλήματα ηλεκτροφόρων καλωδίων κατασκευάζονταν από μια φυσική ρητίνη, τη γουταπέρκα. Την ίδια εποχή, η επίδραση νιτρικού οξέος,  $\text{HNO}_3(\text{aq})$ , στην κυτταρίνη παρήγαγε ένα παχύρρευστο υγρό, που ήταν η βάση του πρώτου συνθετικού νήματος, του ρεγιόν.

Από το 1929, που παρασκευάστηκε το συνθετικό καουτσούκ, οι χημικοί σε όλο τον κόσμο δημιούργησαν νέα πολυμερή, ξεκινώντας από απλές οργανικές ουσίες. Το συνθετικό καουτσούκ χρησιμοποιείται κυρίως για την κατασκευή προστατευτικών καλυμμάτων, ελαστικών αυτοκινήτων, πέδιλων κολυμβήσεως κ.ά. Το νάιλον είναι η πρώτη ύλη για πολλά συνθετικά νήματα.

### 3.2. Κελουλόζη και βακελίτης

Λίγο μετά την ανακάλυψη της νιτροκελουλόζης, ανακαλύφθηκε ότι ένα μερικώς νιτρικό παράγωγο ήταν πιο ασφαλές για χρήση. (Μια οργανική νιτροένωση περιέχει την νιτροομάδα,  $-NO_2$ .) Αυτό το παράγωγο ονομάζεται πυροξυλίνη και έπαιξε έναν πολύ σημαντικό ρόλο στη σύνθεση νέων πολυμερών.

Στα μέσα του 19 αιώνα, ο John Wesley Hyatt διέλυσε μέσα σε πυροξυλίνη ένα μείγμα αιθανόλης-αιθυλαιθέρα (βλ. Κεφ. 4, 4.1 και 4.2) και κατόπιν προσέθεσε καμφορά. Αυτό οδήγησε σε ένα μαλακό και εύπλαστο υλικό, που ο Hyatt το ονόμασε *κελουλόζη* και θεωρείται το πρώτο συνθετικό πολυμερές. Ο γάλλος χημικός Louis Berngaud παρήγαγε ίνες από πυροξυλίνη, πιέζοντάς την να περάσει μέσα από μικροσκοπικές τρύπες. Καθώς περνούσε μέσα από τις τρύπες, ο διαλύτης εξατμιζόταν και έτσι έμενε ένα λείο υλικό που έμοιαζε πολύ με μετάξι και που αργότερα ονομάστηκε *ρεγιόν*.

Ο βελγοαμερικανός χημικός Leo Baekeland σκέφθηκε να συνδυάσει δύο μικρά μόρια (τα *μονομερή*) και να πετύχει τον σχηματισμό ενός νέου μονομερούς, το οποίο στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή ενός πολύ μεγαλύτερου μορίου (του *πολυμερούς*). Για τον σκοπό αυτό, ανέμειξε φαινόλη και φορμαλδεΰδη (βλ. Κεφ. 4, 4.1.γ και 4.3) και παρασκεύασε μια ουσία για την οποία δεν μπορούσε να βρει διαλύτη. Η ουσία είχε μερικές ενδιαφέρουσες ιδιότητες: ήταν εξαιρετικά ανθεκτική και δεν διαλυόταν, αλλά μπορούσε να πλαστεί καθώς σχηματιζόταν. Το 1909, ο Baekeland ανακοίνωσε την ανακάλυψη αυτού του τελείως συνθετικού πολυμερούς που ονόμασε *βακελίτη*. Ο βακελίτης έχει

Βακελίτης: το πρώτο τελείως συνθετικό πολυμερές



Έγχρωμα αντικείμενα με βάση τον βακελίτη

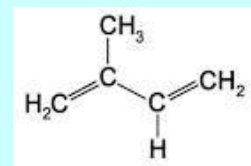
πολλές χρήσεις σε συσκευές ραδιοφώνου και τηλεφώνου.

### 3.3. Ελαστομερή

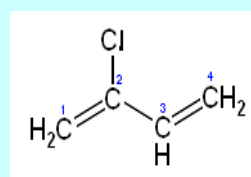
Το φυσικό λάστιχο είναι ένα πολυμερές που παίρνουμε από πολλά τροπικά φυτά. Το μονομερές από το οποίο αποτελείται το φυσικό λάστιχο είναι το *ισοπρένιο*.

Το λάστιχο όπως παράγεται από τη φύση δεν είναι πολύ χρήσιμη ουσία. Αυτό οφείλεται στο ότι σε ζεστό καιρό είναι κολλώδες ενώ σε ψυχρό είναι άκαμπτο. Ο αμερικανός ερευνητής Charles Goodyear ανακάλυψε τυχαία ότι το λάστιχο είχε περισσότερες επιθυμητές ιδιότητες όταν θερμαινόταν μαζί με θείο σε ένα εύρος θερμοκρασιών. Η διεργασία αυτή ονομάστηκε *βουλκανισμός*. Το 1884, ο Goodyear κατοχύρωσε την πατέντα αυτού του προϊόντος.

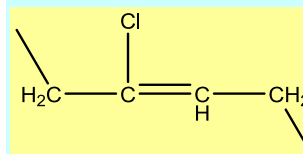
Ωστόσο γύρω στο 1930, οι χημικοί επιδίωξαν να συνθέσουν ουσίες που να μοιάζουν με το λάστιχο, αλλά να έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και επίσης να είναι ανθεκτικές στη βενζίνη και στο πετρέλαιο. Μια τέτοια ουσία παρασκευάστηκε το 1932 από δύο χημικούς τον Wallace Carothers και τον Julius Nieuland. Η ουσία παρασκευαζόταν από το μονομερές *χλωροπρένιο* και ονομάστηκε *νεοπρένιο*. Το χλωροπρένιο μοιάζει με το ισοπρένιο, με τη διαφορά ότι στο μόριο του ισοπρενίου μία μεθυλομάδα αντικαθίσταται από ένα άτομο χλωρίου. Το νεοπρένιο (πολυχλωροπρένιο) έχει εξαιρετικές ελαστικές ιδιότητες. Λόγω αυτών των ιδιοτήτων, το νεοπρένιο και παρόμοια συνθετικά ελαστικά ονομάζονται *ελαστομερή*.



*Ισοπρένιο*



*Χλωροπρένιο*



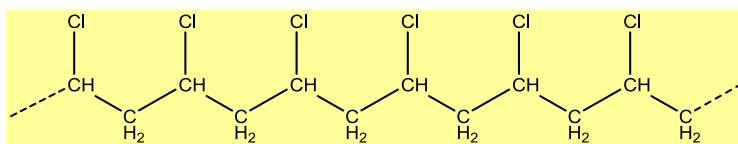
*Νεοπρένιο  
(πολυμερές του  
χλωροπρενίου)*

Μετά από δοκιμές, το νεοπρένιο έδειξε ότι έχει εξαιρετικά ανθεκτικές ιδιότητες στη βενζίνη, γι' αυτό χρησιμοποιείται ως μονωτικό σε πρατήρια καυσίμων.

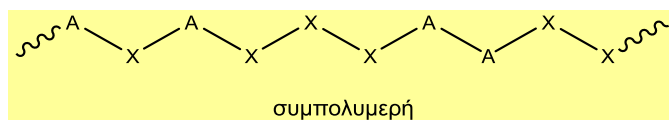
### 3.4. Πλαστικά

Τα *πλαστικά* αποτελούνται από πολυμερή μόρια εξαιρετικά μεγάλου μεγέθους. Είναι αντίστοιχα προς τα μόρια φυσικών προϊόντων, όπως είναι η κυτταρίνη του ξύλου και του μαλλιού. Η ομοιογένεια της μοριακής δομής των συνθετικών πολυμερών προσδίδει σε αυτά βελτιωμένες ιδιότητες, σε αντίθεση προς τα φυσικά προϊόντα του είδους αυτού.

Οι πολυμερείς ουσίες είναι μεγαλομοριακές, που τα μόρια τους έχουν γραμμική (αλυσωτή) δομή. Τα πολυμερή αποτελούνται είτε από όμοιες μεταξύ τους ομάδες δομής π.χ. το πολυβινυλοχλωρίδιο από την βινυλομάδα  $-\text{CH}_2-\text{CHCl}$ :



είτε από διαφορετικές εναλλασσόμενες ομάδες. Στη δεύτερη περίπτωση, τα πολυμερή λέγονται και συμπολυμερή. Παρακάτω δίνεται σχηματικά μια κατηγορία συμπολυμερών:



Συνήθως, τα μόρια που προκύπτουν είναι μεγάλες αλυσίδες από άτομα, κυρίως άνθρακα και υδρογόνου. Οι χημικές αντιδράσεις που οδηγούν στον σχηματισμό των πολυμερών προϊόντων μπορεί να διαιρεθούν σε δύο κατηγορίες:

- Αντιδράσεις πολυμερισμού
- Αντιδράσεις πολυσυμπύκνωσης

Στο κεφάλαιο αυτό θα περιοριστούμε μόνο σε αντιδράσεις πολυμερισμού, ενώ στο κεφάλαιο των βιομορίων (Κεφ. 7, 7.3) θα γίνει αναφορά στην πολυσυμπύκνωση.

Με τον όρο **πλαστικά** εννοούμε μακροσκοπικά υλικά, ενώ με τον όρο **πολυμερή** αναφερόμαστε σε ουσίες (ενώσεις) μεγάλης  $M_r$ .

Τα πλαστικά είναι εύπλαστα υλικά (εξού και το όνομα πλαστικά). Με τη βοήθεια συχνά προσθέτων ουσιών διαμορφώνονται σε αντικείμενα διαφορετικών σχημάτων και ποικίλων χρωμάτων και σχημάτων.

### 3.5. Πολυμερισμός

Πολυμερισμός ονομάζεται η συνένωση πολλών μικρών μορίων, που ονομάζονται μονομερή, προς σχηματισμό ενός μεγαλύτερο μορίου, με  $M_r$  ακριβώς πολλαπλάσια της  $M_r$  του μονομερούς, που ονομάζεται πολυμερές.

Με τη μέθοδο αυτή παρασκευάζονται πολυμερείς ουσίες που έχουν την ίδια σύσταση με τα αρχικά μονομερή. Κατά τον πολυμερισμό σχηματίζονται προϊόντα διπλάσιας, τριπλάσιας, ... πολλαπλάσιας  $M_r$ . Τα πολυμερή που παράγονται με αυτό τον τρόπο έχουν διαφορετικές φυσικές και χημικές ιδιότητες από τις αρχικές ενώσεις (τα μονομερή). Η ποιότητα και οι ιδιότητες των πολυμερών που παρασκευάζονται με πολυμερισμό επηρεάζονται από διάφορους φυσικούς και χημικούς παράγοντες από τους οποίους σπουδαιότεροι είναι:

- ✚ το μονομερές
- ✚ η θερμοκρασία
- ✚ η πίεση
- ✚ το περιβάλλον στο οποίο γίνεται ο πολυμερισμός (π.χ. όξινο περιβάλλον)
- ✚ η παρουσία ουσιών (των εκκινητών ή καταλυτών) που προκαλούν την έναρξη του πολυμερισμού.

#### 3.5.α. Πολυμερισμός ακόρεστων υδρογονανθράκων και παραγώγων τους

##### *Πολυμερισμός αλκενίων*

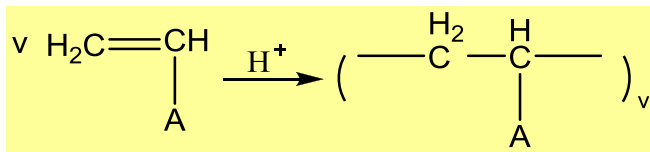
Αποτέλεσμα αντιδράσεων προσθήκης στον διπλό δεσμό είναι και οι αντιδράσεις πολυμερισμού των αλκενίων που πραγματοποιούνται συνήθως σε

Τα πολυμερή που συντίθενται από τη συνένωση μικρού αριθμού μικρών μορίων λέγονται ολιγομερή, π.χ. το μόριο που δημιουργείται από τη συνένωση δύο ίδιων μορίων λέγεται διμερές (και όμοια τριμερές κ.ο.κ.)



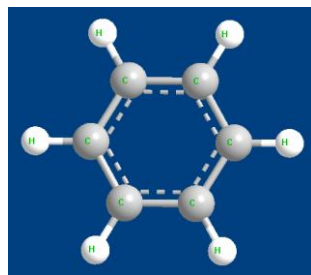
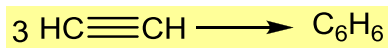


όξινο περιβάλλον, π.χ. παρουσία θειικού οξέος (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) που δρά καταλυτικά:



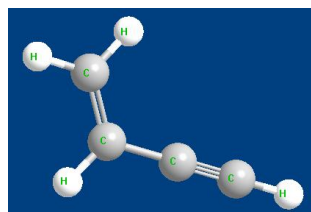
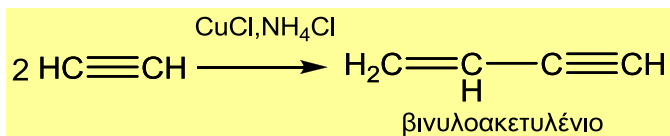
### Πολυμερισμός αλκινίων

Σε κατάλληλες συνθήκες, ο πολυμερισμός του ακετυλενίου μπορεί να οδηγήσει σε βενζόλιο (τριμερισμός):



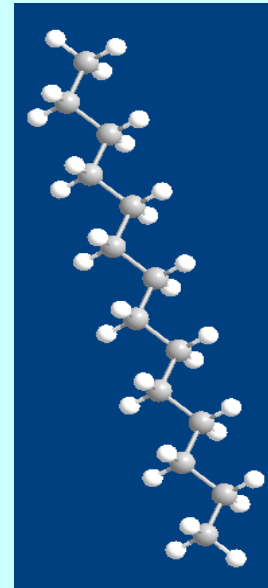
βενζόλιο

Ή σε βινυλοακετυλένιο (διμερισμός):



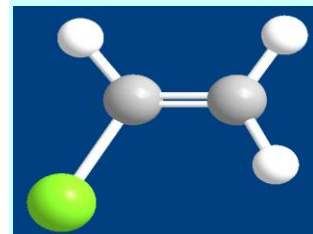
βινυλοακετυλένιο

(Η ρίζα CH<sub>2</sub>=CH- ονομάζεται βινύλιο)

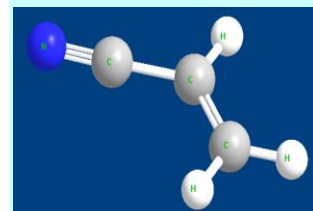


πολυαιθυλένιο

Ανάλογα με τις συνθήκες διεργασίας παράγονται πολυμερή διαφορετικής M<sub>n</sub>, με ποικίλες ιδιότητες. Αυτά διαμορφώνονται σε αντικείμενα διαφορετικών σχημάτων και ποικίλων χρωμάτων και σχημάτων



βινυλοχλωρίδιο



ακρυλονιτρίλιο



**Τα μονομερή και οι χρήσεις κοινών πολυμερών**

<i>Μονομερές</i>	<i>Πολυμερές</i>	<i>Χρήση</i>
$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$ αιθένιο	$(-\overset{\text{H}_2}{\text{C}}-\overset{\text{H}_2}{\text{C}}-)_v$ πολυαιθυλένιο ή πολυαιθένιο	πλαστικές σακούλες ή δοχεία
$\begin{array}{c} \text{HC}=\text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$ προπένιο	$(-\overset{\text{H}}{\text{C}}-\overset{\text{H}_2}{\text{C}}-)_v$ $\quad  $ $\quad \text{CH}_3$ πολυπροπυλένιο ή πολυπροπένιο	πλαστικά σχοινιά, αδιάβροχα, κεσεδάκια γιαουρτιών, σωληνάρια οδοντόκρεμων
$\begin{array}{c} \text{HC}=\text{CH}_2 \\   \\ \text{Cl} \end{array}$ βινυλοχλωρίδιο	$(-\overset{\text{H}}{\text{C}}-\overset{\text{H}_2}{\text{C}}-)_v$ $\quad  $ $\quad \text{Cl}$ πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)	δίσκοι γραμμοφώνου (δίσκοι βινυλίου), πλαστικοί σωλήνες αποχέτευσης
$\begin{array}{c} \text{HC}=\text{CH}_2 \\   \\ \text{CN} \end{array}$ ακρυλονιτρίλιο	$(-\overset{\text{H}}{\text{C}}-\overset{\text{H}_2}{\text{C}}-)_v$ $\quad  $ $\quad \text{CN}$ πολυακρυλονιτρίλιο	τεχνητό μαλλί
$\begin{array}{c} \text{HC}=\text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$ στυρόλιο	$(-\overset{\text{H}}{\text{C}}-\overset{\text{H}_2}{\text{C}}-)_v$ $\quad  $ $\quad \text{C}_6\text{H}_5$ πολυστυρόλιο ή πολυστυρένιο	διογκωμένα πλαστικά για μόνωση (διογκωμένη πολυστερίνη)

## Είδη πολυμερών

Ανάλογα με τις ιδιότητές τους, τα πολυμερή διακρίνονται σε:

**α) Πλαστικά**, που σε μεγάλες θερμοκρασίες μαλακώνουν (*εύκαμπτα πλαστικά*) και σε μεγάλη κλίμακα θερμοκρασιών σχηματίζουν ανθεκτικά στερεά υλικά (*άκαμπτα πλαστικά*).

**β) Ελαστομερή**, που διατηρούν τις ελαστικές τους ιδιότητες όταν η θερμοκρασία μεταβάλλεται.



Θήκες από καουτσούκ

**γ) Λάκες και χρώματα**, που είναι ανθεκτικά στην τριβή και που ενώνονται σταθερά με το ξύλο, το γυαλί, το μέταλλο και δεν αποχωρίζονται από αυτά όταν συμβούν θερμικές ή ατμοσφαιρικές αλλαγές.

**δ) Συνθετικές ίνες**, που μαλακώνουν σε θερμοκρασία πάνω από 200°C και σε τέτοιες θερμοκρασίες μπορεί να σχηματίσουν στερεά νήματα.

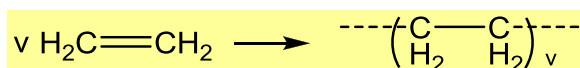
Λόγω της μεγάλης ποικιλίας των ιδιοτήτων τους, όλα τα παραπάνω πολυμερή μπορεί σε πολλές περιπτώσεις να αντικαταστήσουν τα μαύρα και τα έγχρωμα μέταλλα, το ξύλο, την πέτρα, το κόκκαλο, το γυαλί και άλλα υλικά. Ορισμένα συνθετικά πολυμερή χρησιμοποιούνται επίσης ως υποκατάστατα του πλάσματος του αίματος και για τη βελτίωση του εδάφους.



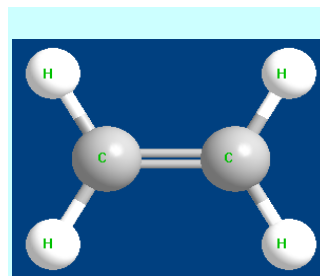
### 3.6. Το πολυαιθυλένιο

Το αιθένιο ή αιθυλένιο ( $C_2H_4$ ,  $CH_2=CH_2$ ) είναι ένα άχρωμο, άγευστο και άοσμο αέριο. Ανήκει στην ομόλογη σειρά των αλκενίων. Είναι προϊόν της βιομηχανίας πετρελαίου. Λόγω της ποικιλομορφίας των προϊόντων της χημικής βιομηχανίας που μπορούν να προκύψουν από αυτό, θεωρείται ο σημαντικότερος γι' αυτήν υδρογονάνθρακας. Στις ΗΠΑ παράγονται ετησίως περισσότεροι από 24 εκατομμύρια τόνοι αιθένιο και 14 εκατομμύρια τόνοι προπένιο, ως πρώτες ύλες για την παρασκευή πλαστικών.

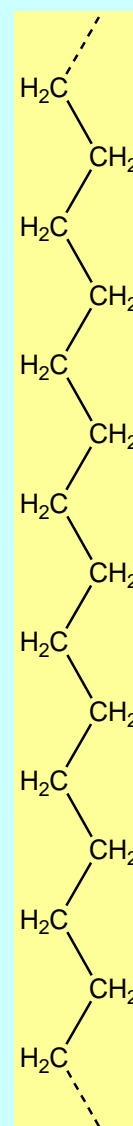
Όταν το αιθυλένιο υποβάλλεται σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση παρουσία καταλυτών, τα μόριά του μπορούν να ενωθούν μεταξύ τους σε μια πολύ μακριά αλυσίδα, αποτελούμενη από μια αλληλουχία  $-CH_2-CH_2-$ . Με τον τρόπο αυτό, σχηματίζεται το πολυαιθυλένιο που είναι ένα θερμοπλαστικό υλικό. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να μαλακώνει με τη θέρμανση και να παίρνει διάφορα σχήματα.



Το πολυαιθυλένιο απαντάται καθημερινά στη ζωή του ανθρώπου. Μόνο στις ΗΠΑ παράγονται περίπου δέκα εκατομμύρια τόνοι ετησίως. Χρησιμοποιείται στις πλαστικές σακούλες, στα πλαστικά μπουκάλια, στις τηλεοράσεις, στη βιοϊατρική, στα παιχνίδια και σε ένα σωρό άλλα πράγματα. Αυτή η μεγάλη ποικιλία στη χρήση του οφείλεται στις εξαιρετικές ιδιότητες του πολυμερούς.

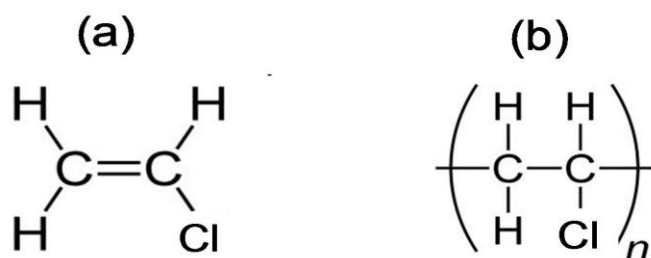


Μια από τις πιο σημαντικές ουσίες που λαμβάνεται κατά τη διάσπαση των υδρογονανθράκων του πετρελαίου είναι το αιθυλένιο.



### 3.7. Το πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)

Αν και το πολυαιθυλένιο είναι ένα πολύ χρήσιμο πολυμερές, το πολυβινυλοχλωρίδιο ή PVC είναι περισσότερο ευμετάβλητο υλικό και παρασκευάζεται από το μονομερές βινυλοχλωρίδιο.

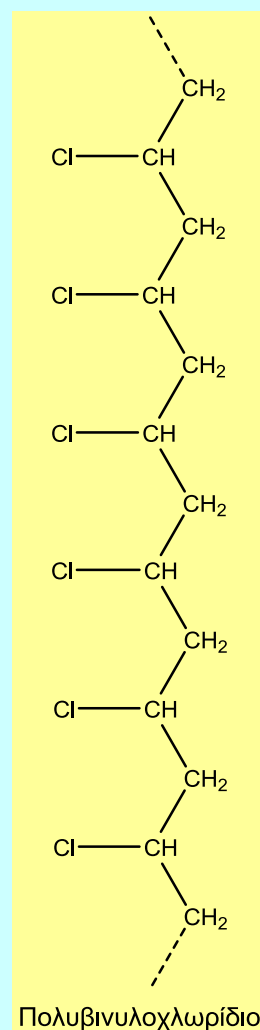
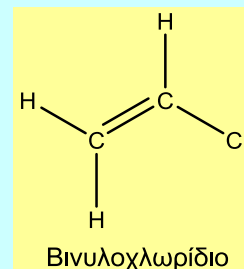
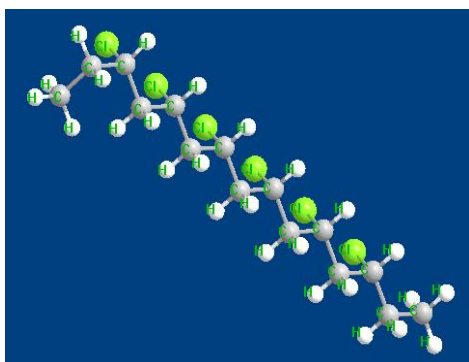


βινυλοχλωρίδιο (a)

πολυβινυλοχλωρίδιο (b)

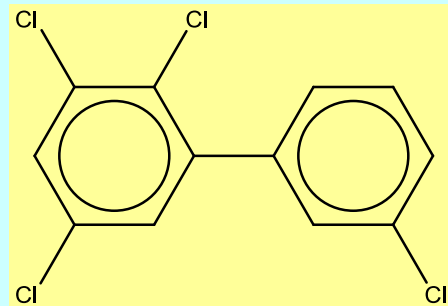
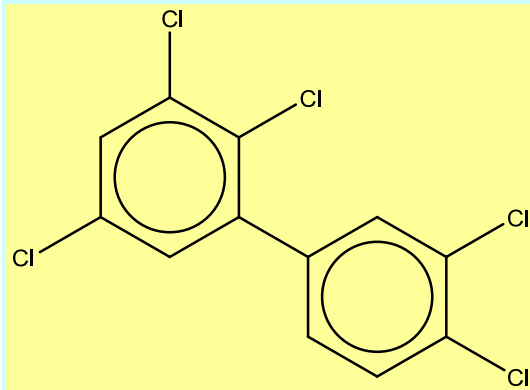
Η μόνη διαφορά του βινυλοχλωριδίου με το αιθυλένιο είναι ότι ένα άτομο χλωρίου έχει υποκαταστήσει ένα άτομο υδρογόνου στο αιθυλένιο. Το βινυλοχλωρίδιο είναι ένα υδατοδιαλυτό αέριο σε θερμοκρασία δωματίου, το οποίο πολυμερίζεται εύκολα υπό πίεση και θερμοκρασία.

Το πολυμερές προϊόν είναι ένα άκαμπτο συνθετικό υλικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως επικαλυπτικό πατωμάτων, σε ανθεκτικά μπουκάλια, σε καθαρά πλαστικά περιτυλίγματα και σε συνθετικά δέρματα. Το PVC μπορεί εύκολα να μεταβληθεί σε πολλά σχήματα. Μπορεί ακόμη και να χρωματιστεί.



## Πλαστικοποιητές

Οι πλαστικοποιητές είναι ουσίες που αποτελούνται από μικρά οργανικά μόρια, π.χ. πολυχλωρικά διφαινύλια, που προστίθενται στα πολυμερή σε αναλογίες από 1 έως 50%, καθιστώντας τα πιο μαλακά και πιο εύκαμπτα.



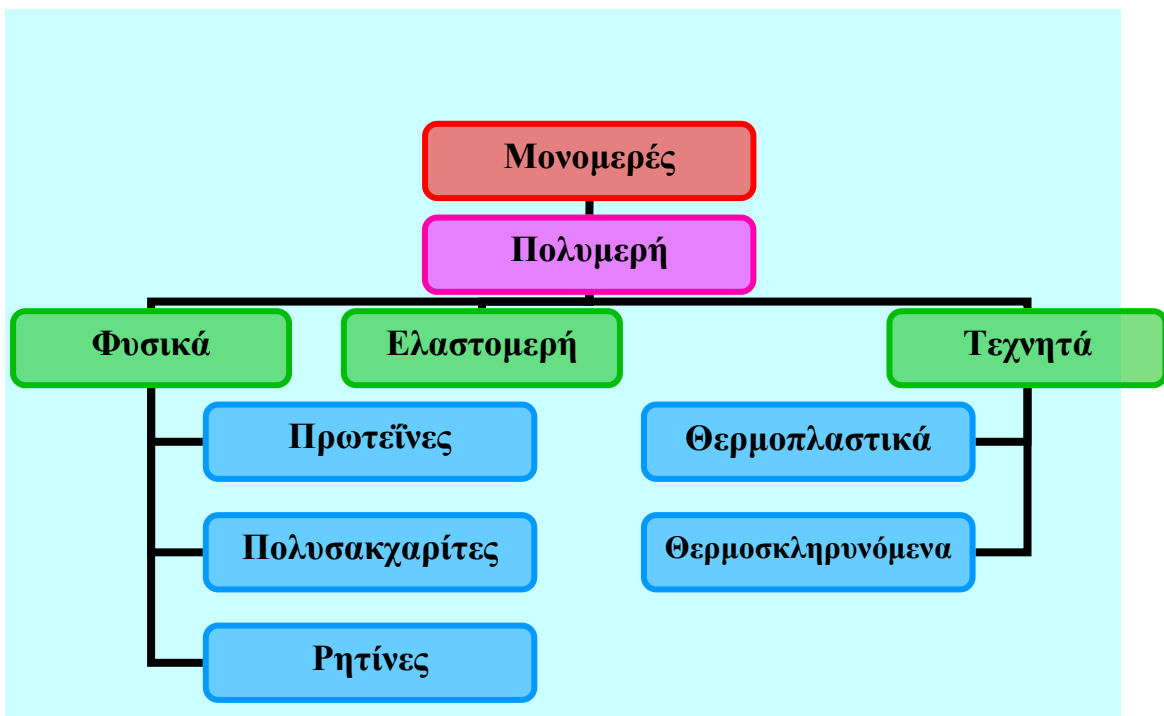
Χωρίς τους πλαστικοποιητές, τα πολυμερή θα ήταν ουσίες σκληρές, εύθρυπτες και δύσκολα θα μπορούσαν να μορφοποιηθούν και να αποκτήσουν τις επιθυμητές ιδιότητες.

## Θερμοπλαστικά

Ορισμένα πλαστικά μαλακώνουν και τήκονται όταν θερμαίνονται, ενώ ξαναγίνονται σκληρά όταν ψυχθούν. Αυτή η μετατροπή μπορεί να γίνει όσες φορές χρειαστεί. Παραδείγματα: το πολυαιθυλένιο, το πολυβυνιλοχλωρίδιο και το νάιλον.

## Θερμοσκληρυνόμενα πλαστικά

Είναι τα πλαστικά που μαλακώνουν και τήκονται μόνο την πρώτη φορά που θερμαίνονται. Αν ξαναθερμανθούν, γίνονται σκληρά. Παραδείγματα είναι η μελαμίνη και ο βακελίτης.



*Από το μονομερές στα πολυμερή και στις διάφορες κατηγορίες πολυμερών*

**Πλεονεκτήματα των πολυμερών:**

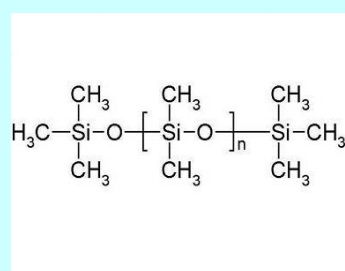
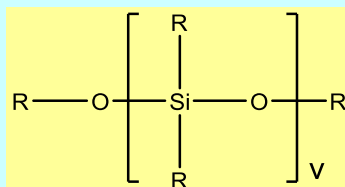
- ❑ Είναι φθηνά και παρασκευάζονται εύκολα.
- ❑ Είναι πιο ελαφριά από το ξύλο, το γυαλί και το μέταλλο.
- ❑ Δεν διαβρώνονται από τον αέρα ή το νερό και δεν προσβάλλονται από οξέα ή βάσεις.
- ❑ Δεν είναι αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος, γι' αυτό χρησιμοποιούνται ως μονωτές.
- ❑ Μπορεί να πάρουν διάφορα σχήματα.
- ❑ Είναι ανθεκτικά.

**Μειονεκτήματα των πολυμερών:**

- ❑ Διασπώνται δύσκολα, γι' αυτό αποτελούν ρύπους για το περιβάλλον.
- ❑ Είναι εύφλεκτα.
- ❑ Όταν καίγονται, παράγονται τοξικά αέρια.

## Οι Σιλικόνες

Οι σιλικόνες (ή πολυσιλοξάνια) ανήκουν στις πολυμερείς ενώσεις του πυριτίου. Τα μακρομόρια σχηματίζονται από τις αλυσίδες των ατόμων πυριτίου–οξυγόνου.



Τα σιλάνια είναι οι αντίστοιχες προς τα αλκάνια ενώσεις του πυριτίου. Ανάλογα με τον βαθμό πολυμερισμού, το είδος των οργανικών ομάδων, την ύπαρξη ή όχι διακλαδώσεων, οι φυσικές ιδιότητες των πολυσιλοξανίων ποικίλουν ευρύτατα.

Η δυνατότητα ρύθμισης των φυσικών χαρακτηριστικών τους, σε συνδυασμό με την εξαιρετική χημική αδράνειά τους, καθιστούν τα πολυσιλοξάνια πολύτιμα σύγχρονα υλικά με πλήθος εφαρμογών:

*διαλύτες,*

*στεγανοποιητικά υλικά και σπρέι αδιαβροχοποίησης,*

*θερμοανθεκτικές ηλεκτρικές μονώσεις,*

*κόλλες,*

*υγρά φρένων,*

*γυαλιστικά σπρέι αυτοκινήτου,*

*υγρά αντλιών υψηλού κενού,*

*καλλυντικά,*

*ενθέματα πλαστικής χειρουργικής,*

*υλικά διαστημικής τεχνολογίας (π.χ. διαστημικές στολές).*



### 3.8. Νεότερα συνθετικά υλικά

Στο εμπόριο διατίθενται διάφορα νεότερα συνθετικά υλικά που ανήκουν στα επιτεύγματα της χημικής βιομηχανίας. Κυκλοφορούν σε υγρή κατάσταση μέσα σε δοχεία. Εκδηλώνουν τις συγκολλητικές τους ιδιότητες, όταν αναμειχθούν με ένα άλλο υγρό, το οποίο καλείται καταλύτης.

Παρασκευάζονται από διάφορες συνθετικές ρητίνες και από σιλικόνες. Έχουν μεγαλύτερη συγκολλητική ικανότητα και προσφύονται ισχυρότατα πάνω σε οποιαδήποτε επιφάνεια. Είναι στεγανά στο νερό και δεν επηρεάζονται από τα ελαφρά οξέα, τα λίπη, τα έλαια και άλλες χημικές ουσίες. Γενικά μπορούν να καταστούν πολύ χρήσιμα υλικά, αν ελαττωθεί το κόστος παραγωγής τους.

Τα συνθετικά υλικά χρησιμοποιούνται στα δομικά έργα με συνεχώς αυξανόμενο ρυθμό, αντικαθιστώντας κλασικά δομικά υλικά, όπως είναι το ξύλο, το γυαλί κ.ά.

Τα συνθετικά υλικά που χρησιμοποιούνται στα δομικά έργα σπανίως είναι αμιγή πολυμερή. Συνήθως περιέχουν διάφορα πρόσθετα (μέσα ενίσχυσης, μέσα πλήρωσης, πλαστικοποιητές, χρώματα κ.ά.), τα οποία προσδίδουν στα τελικά προϊόντα τις επιθυμητές ιδιότητες.

Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται για την παρασκευή των συνθετικών ουσιών είναι το πετρέλαιο, το φυσικό φωταέριο και οι γαιάνθρακες.



### 3.9. Πολυμερή και περιβάλλον

#### *Διαχείριση των απορριμμάτων*

Τα προηγούμενα χρόνια αλλά και σήμερα απασχολεί τους ειδικούς, την κοινωνία και τους πολιτικούς το πρόβλημα που προκαλείται από τη μη ανακύκλωση των πλαστικών. Ένα παιχνίδι φτιαγμένο από πολυαιθυλένιο ή ένα μπουκάλι φτιαγμένο από PVC μπορεί να έχουν διάρκεια ζωής χιλιάδες χρόνια. Σίγουρα θα μπορούσαμε να θάβουμε αυτά τα υλικά και να μην τα βλέπουμε πια. Αλλά από τη στιγμή που θα έχουν θαφτεί, παραμένουν ουσιαστικά αμετάβλητα. Μήπως θα μπορούσαμε να απαλλαγούμε από αυτά καίγοντάς τα; Η αλήθεια είναι ότι τα περισσότερα καίγονται, παράγοντας όμως τοξικά αέρια. Φαίνεται πως η μοναδική λύση στο πρόβλημα είναι η δημιουργία πλαστικών που θα αποσυντίθεται μετά την πάροδο ορισμένου χρόνου (*βιοδιασπώμενα πολυμερή*) είτε η ανακύκλωση των πλαστικών.

Πράγματι, τα πλαστικά μπορεί να ανακυκλώνονται.\* Έτσι από τα θερμοπλαστικά μπορούμε να πάρουμε με μηχανική ανακύκλωση είτε τα ίδια είτε μικρότερες ποσότητες από τις αρχικές ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή τους. Εξάλλου, από τα θερμοσκληρυνόμενα πλαστικά μπορούμε να πάρουμε με *πυρόλυση* (θέρμανση σε υψηλή θερμοκρασία απουσία αέρα) τα μονομερή τους και γενικότερα πετροχημικά προϊόντα, καθώς και ενέργεια. Σκοπός είναι, αφενός η μείωση των

Η σημαντικότερη πηγή πρώτων υλών για την παραγωγή πολυμερών είναι το πετρέλαιο. Καθώς εξαντλούνται όλο και περισσότερο οι φυσικοί πόροι, η διαθεσιμότητα σε πολλά πολυμερή θα ελαττώνεται. Ο κόσμος μας εξαρτάται από τα πολυμερή σε μεγάλο βαθμό. Τι θα γίνει λοιπόν όταν τα πετρέλαιο θα εκλείψει;

---

\*Ένα χρήσιμο βιβλίο για την ανακύκλωση των πλαστικών είναι το: Ε. Μπόκαρης, «Τεχνολογία ανακύκλωσης πλαστικών». Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη, 2012.

προκαλούμενων αρνητικών επιπτώσεων, αφετέρου η διατήρηση, η εξοικονόμηση και η προστασία των φυσικών πόρων που απαιτούνται για τη σύνθεση των πολυμερών.

### ***Κίνδυνος πυρκαγιάς***

Επειδή τα πλαστικά και γενικά τα πολυμερή είναι εύφλεκτα υλικά, αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για πρόκληση φωτιάς. Σύμφωνα με στατιστικά δεδομένα των ΗΠΑ, περίπου 2.000.000 άνθρωποι κάθε χρόνο τραυματίζονται ή καίγονται λόγω ατυχημάτων που σχετίζονται με συνθετικά υλικά. Επίσης τα κτήρια που έχουν πλαστική επένδυση και άλλα συνθετικά υλικά είναι πολύ επικίνδυνα σε περίπτωση φωτιάς, όχι μόνο γιατί καίγονται εύκολα, αλλά και λόγω των τοξικών αερίων που απελευθερώνονται κατά την καύση τους και τα οποία σε μεγάλες ποσότητες είναι θανατηφόρα.

### **3.10. Βιοδιασπώμενα πολυμερή**

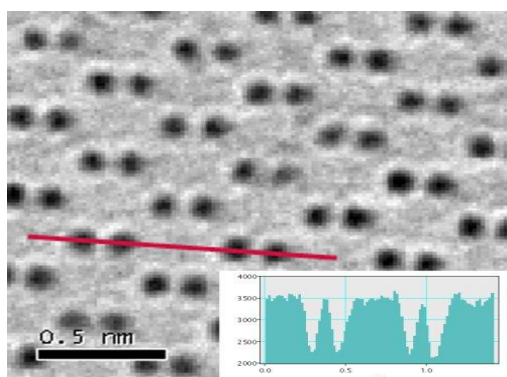
Η διαδικασία που εκτελείται στη φύση προκειμένου να διασπαστεί μια ουσία καλείται *βιοδιάσπαση* ή *περιβαντολογική διάσπαση*. Αυτή είναι συνήθως μια πολύπλοκη αλληλουχία διεργασιών, οι οποίες πραγματοποιούνται στη βιόσφαιρα από μικροοργανισμούς, ένζυμα ή ακόμα και με την επίδραση του φωτός.

Η χρήση βιοδιασπώμενων πολυμερών δίνει άμεση λύση στο πρόβλημα των πλαστικών αποβλήτων. Μια κρίσιμη παράμετρος για τον χαρακτηρισμό ενός πολυμερούς ως βιοδιασπώμενου ή όχι αποτελεί ο *χρόνος βιοδιάσπασης*.

### 3.11. Νανοτεχνολογία και νανοϋλικά

Η δυνατότητα και ικανότητα της επιστήμης και της τεχνολογίας να ερευνούν και να δουλεύουν σε όλο και μικρότερη κλίμακα οδήγησε στην τεχνολογική επανάσταση της «Νανοεπιστήμης» και της «Νανοτεχνολογίας». Οι πρόσφατοι αυτοί όροι χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τη μελέτη, κατασκευή και χρήση δομών ύλης σε κλίμακα μεγέθους μεταξύ 1 και 100 nm (νανομέτρων).

Στην ανάπτυξη της νανοτεχνολογίας σημαντικό ρόλο έπαιξε και παίζει η μεγάλη ανάπτυξη των ηλεκτρονικών μικροσκοπίων. Εξάλλου, σταθμός θεωρείται η ανακάλυψη των φουλερενίων, που είναι δομές άνθρακα, σε μορφή σφαίρας και σε μορφή σωλήνα (νανοσωλήνες άνθρακα), με χαρακτηριστικές ιδιότητες.



Εικόνα επιφάνειας του μετάλλου γερμάνιο (Ge) ληφθείσα με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

Η κατασκευή νανοδομών παράγει υλικά (νανοϋλικά) με νέες και βελτιωμένες ιδιότητες για χρήση: στην οικοδομική, σε αντιδιαβρωτικές επιστρώσεις, σε ηλιακούς επίπεδους συλλέκτες, για σκληρότερα και ανθεκτικότερα εργαλεία κοπής, στους φωτοκαταλυτικούς καθαριστές αέρα, για ανθεκτικότερες ιατρικές συσκευές, για χημικούς καταλύτες, καθώς και στη βιομηχανία μεταφορών.

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

δηλαδή ένα δισεκατομμυριοστό του μέτρου. Για σύγκριση με τις ατομικές διαστάσεις, το 1 nm είναι περίπου ίσο με το μήκος 10 ατόμων υδρογόνου σε σειρά, ενώ μακροσκοπικά με περίπου το 1/80000 του πάχους μιας ανθρώπινης τρίχας.

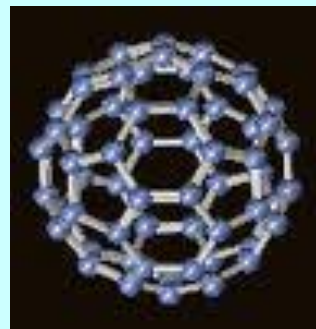


Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο

"There's plenty of room at the bottom."

«(Η φύση) αφήνει μεγάλα περιθώρια στο κάτω μέρος της (σε ατομικό επίπεδο.)»

*Richard Feynman*



### Τα φουλλερένια

Η εξάχνωση του γραφίτη (που είναι μια μορφή άνθρακα) με ακτινοβολία λέιζερ έδωσε συγκροτήματα με άρτιο αριθμό ατόμων άνθρακα από 38 – 120 άτομα, η παρουσία των οποίων έχει διαπιστωθεί με τη φασματοσκοπία μαζών. Το φάσμα έδειξε ότι οι κορυφές που ανταποκρίνονται στα C<sub>60</sub> και C<sub>70</sub> ήταν οι επικρατέστερες. Μελέτες τόσο πειραματικές όσο και θεωρητικές επιβεβαίωσαν ότι το μόριο C<sub>60</sub> έχει δομή παραμορφωμένου εικοσαέδρου (όπως μια μπάλα ποδοσφαίρου) και ονομάζεται φουλλερένιο-60 (fullerene-60).

Σε αντίθεση με τον γραφίτη (από σύντηξη του οποίου σχηματίζεται το φουλλερένιο) και που αποτελείται από επίπεδα στρώματα εξαμελών δακτυλίων, το φουλλερένιο παρουσιάζει σφαιρική δομή. Στο φουλλερένιο C<sub>60</sub> όλα τα άτομα C είναι ισοδύναμα. Το φουλλερένιο πήρε το όνομά του από τον Αμερικανό αρχιτέκτονα Buckminster Fuller, ο οποίος είχε σχεδιάσει παρόμοιου σχήματος γαιοδαιτικά θολωτά οικοδομήματα.

### Νανοηλεκτρονική και υπολογιστές

Ένας ιδιαίτερος κλάδος της νανοτεχνολογίας είναι η νανοηλεκτρονική. Αυτή σκοπεύει στην κατασκευή μικρότερων και ταχύτερων υπολογιστών, με τεράστια αποθηκευτική δυνατότητα και με ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον, ο τρόπος αποθήκευσης και μεταφοράς δεδομένων θα αλλάξει ριζικά. Η μνήμη των υπολογιστών θα αποκτήσει μεγαλύτερη πυκνότητα, τα αποθηκευτικά μέσα θα διαθέτουν αποθηκευτικές δυνατότητες που θα μετρούνται σε terabyte (TB). 1 TB =  $1 \times 10^{12}$  B (ένα τρισεκατομμύριο byte) ή 1000 GB (gigabyte). Παράλληλα, η μείωση του όγκου των συσκευών θα είναι κατακόρυφη. Παρόμοια επιτεύγματα θα καταγραφούν και στους συναφείς με την πληροφορική κλάδους: τις τηλεπικοινωνίες και την τηλεματική.