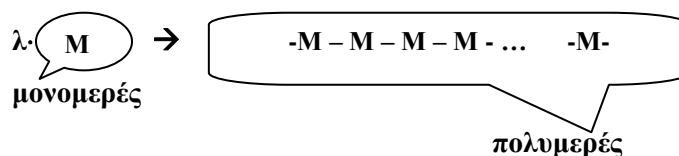


## 4. Αντιδράσεις πολυμερισμού

### Ποια μόρια ονομάζονται μακρομόρια

Τα μακρομόρια είναι μόρια μεγάλου μοριακού βάρους που σχηματίζονται από τη συνένωση (= πολυμερισμό) απλούστερων δομικά μορίων (= μονομερή) σύμφωνα με την αντίδραση:



### Τι ονομάζεται πολυμερισμός

Πολυμερισμός ονομάζεται η χημική αντίδραση της συνένωσης των μονομερών M για το σχηματισμό του πολυμερούς  $\text{-M-M-M-...-M-}$ . Η αντίδραση στη γενική της μορφή γράφεται:



### Τι είναι τα πολυμερή

Τα πολυμερή είναι τα προϊόντα του πολυμερισμού, δηλαδή μακρομόρια που σχηματίζονται από τη συνένωση πολλών μικρών ίδιων δομικά μορίων (τα μονομερή).

Τα πολυμερή διακρίνονται σε **φυσικά πολυμερή** σχηματίζονται κατά τον πολυμερισμό σε ζωντανούς οργανισμούς (π.χ το άμυλο), και σε τεχνητά πολυμερή τα οποία σχηματίζονται στο εργαστήριο. Ένα τέτοιο είναι το πολυβίνυλοχλωρίδιο που χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή μουσικών δίσκων. Τα πολυμερή βρίσκουν εφαρμογή στην κατασκευή πολλών χρήσιμων υλικών. Τα



περισσότερα από τα υφάσματα, χρώματα, γυαλιά που χρησιμοποιούμε σήμερα είναι συνθετικά πολυμερή.

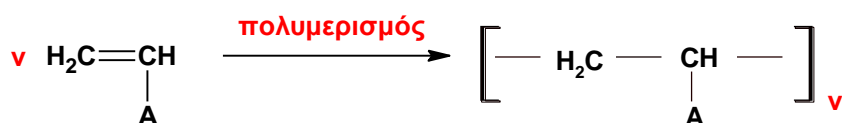
**Θα μελετήσουμε τρία (3) παραδείγματα αντιδράσεων πολυμερισμού.**

## 1. Πολυμερισμός ενώσεων που έχουν το βινύλλιο : $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{A}$

Ένα μεγάλο πλήθος συνθετικών πολυμερών έχει ως μονομερές το μόριο  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{A}$ . Δηλαδή τη ρίζα βινύλλιο  $\text{CH}_2=\text{CH}_2-$  στην οποία το ένα άτομο H έχει αντικατασταθεί από κάποιο άλλο υποκαταστάτη A. το A είναι μονοσθενές στοιχείο ή μονοσθενής ρίζα. Ανάλογα με το ποιο είναι το A προκύπτει και το αντίστοιχο πολυμερές.

Ο πολυμερισμός του αιθυλενίου, που ανήκει σε αυτήν την κατηγορία μονομερών, καθώς και πολλών υποκατεστημένων παραγώγων του ακολουθεί ένα αλυσιδωτό μηχανισμό μέσω ριζών, ο οποίος περιλαμβάνει τρία βασικά στάδια: **την έναρξη, τη διάδοση και τον τερματισμό του πολυμερισμού.**

**Η γενική αντίδραση πολυμερισμού του αιθυλενίου και των παραγώγων του είναι η:**



Ο πολυμερισμός, πολλές φορές, σταματά με την προσθήκη υπεροξειδικής ενώσεως του τύπου:



λ φορές

Με τον τρόπο αυτό μπλοκάρεται το μονομερές και δεν συνεχίζει να πολυμερίζεται.

**Πίνακας 18-1.** Αναφέρονται οι ομάδες A, τ' αντίστοιχα μονομερή και πολυμερή που προκύπτουν και η χρήση τους.

A	Μονομερές	Πολυμερές	Χρήση
H-	Αιθυλένιο $\text{CH}_2=\text{CH}_2$	πολυαιθυλένιο $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_v$	Πλαστικές σακούλες, πλαστικά παιχνίδια
$\text{CH}_3-$	Προπένιο	πολυπροπένιο	Πλαστικά σχοινιά

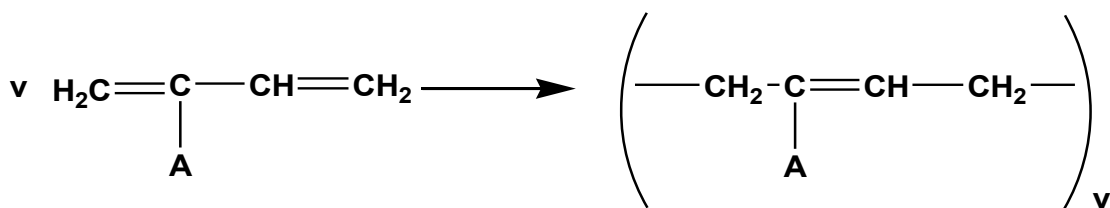




	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$	$\left[ \text{--- H}_2\text{C --- CH ---} \right]_v$   $\text{CH}_3$	
Cl-	<b>Βινυλοχλωρίδιο</b> $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}$   Cl	<b>Πολυβινυλοχλωρίδιο</b> $\left[ \text{--- H}_2\text{C --- CH ---} \right]_v$   Cl	Δίσκοι, πλαστικά , χρώματα
Φαινύλιο Ph-	<b>Στυρόλιο</b> $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}$   Ph	<b>Πολυστυρόλιο</b> $\left[ \text{--- H}_2\text{C --- CH ---} \right]_v$   Ph	Πλαστικά δάπεδα
CN-	<b>Ακρυλονιτρίλιο</b> $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}$   CN	<b>Πολυακρυλονιτρίλιο</b> $\left[ \text{--- H}_2\text{C --- CH ---} \right]_v$   CN	Συνθετική υφάνσιμη ύλη (orlon)

## 2. Πολυμερισμός 1,4.

Την αντίδραση αυτή την δίνουν τα **συζυγή αλκαδιένα**, δηλαδή υδρογονάνθρακες που περιέχουν στο μόριό τους εναλλάξ απλούς και διπλούς δεσμούς , καθώς και τα παράγωγά τους, σύμφωνα με το σχήμα :



**Πίνακας 18-2.** Αναφέρονται οι ομάδες A, τ' αντίστοιχα μονομερή και πολυμερή που προκύπτουν και η χρήση τους.

A	Μονομερές	Πολυμερές	Χρήση
CH <sub>3</sub> -	<b>2-μεθυλο-1,3-βουταδιένιο</b> ή <b>ισοπρένιο</b>	$\left( \text{--- H}_2\text{C --- C}=\text{CH --- CH}_2\text{---} \right)_v$   CH <sub>3</sub>	Η cis <sup>1</sup> δομή: <b>φυσικό</b> <b>καουτσούκ</b> και <b>συνθετικό</b> <b>καουτσούκ</b>

<sup>1</sup> Η cis και η trans είναι δομές που εμφανίζουν οι ακόρεστες οργανικές ενώσεις με διπλό δεσμό. Η μελέτη τους Δεν περιλαμβάνεται στην ύλη.



	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}=\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$		Η trans δομή: <b>γουταπέρκα.</b>
Cl-	<b>2-χλωρο-1,3-βουταδιένιο</b> $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C}=\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 \\   \\ \text{Cl} \end{array}$	<b>νεοπρένιο</b> $\left( \text{---H}_2\text{C---}\underset{\text{Cl}}{\text{C}}=\text{CH---CH}_2\text{---} \right)_v$	Τεχνητό καουτσούκ.
H-	<b>1,3-βουταδιένιο</b> $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$	<b>Buna</b> $\left( \text{---H}_2\text{C---CH}=\text{CH---CH}_2\text{---} \right)_v$	Τεχνητό καουτσούκ.

### 3. Τι ονομάζεται συμπολυμερισμός;

**Ο πολυμερισμός που γίνεται με δύο ή περισσότερα είδη μονομερούς ονομάζεται συμπολυμερισμός.**

Η κατανομή των μονομερών στο συμπολυμερές μπορεί να είναι είτε *τυχαία*, είτε *αυστηρά εναλλασσόμενη κατά μήκος της αλυσίδας*.

#### Buna S

Ένα προϊόν συμπολυμερισμού είναι το **Buna S** που χρησιμοποιείται ως τεχνητό καουτσούκ. Τα μονομερή που συνδυάζονται για το παραγωγή του είναι το 1,3-βουταδιένιο και το στυρόλιο. Η ονομασία του Buna S προέρχεται από τα αρχικά Bu για το βουταδιένιο, na για το Na παρουσία του οποίου γίνεται ο συμπολυμερισμός και S για το στυρόλιο.

#### Buna N,

Αντίστοιχα από το συμπολυμερισμό του 1,3-βουταδιενίου και του ακρυλονιτριλίου ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN}$ ) παράγεται το **Buna N**, που χρησιμοποιείται ως τεχνητό καουτσούκ.



# ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

**A. Το κεφάλαιο αυτό είναι σημαντικό για τη θεωρία του. Πρέπει να ξέρεις πολύ καλά τους ορισμούς των:**

1. πολυμερισμός
2. πολυμερή
3. είδη πολυμερών
4. γενική αντίδραση πολυμερισμού
5. πολυμερισμός ενώσεων με ρίζα το βινύλιο (ποιες είναι, ποια είναι τα μονομερή, ποια τα πολυμερή και οι χρήσεις τους)
6. γενική αντίδραση πολυμερισμού ενώσεων με ρίζα το βινύλιο
7. τον ορισμό του πολυμερισμού 1,4 καθώς και να ξέρετε να ξεχωρίζετε αν μία ένωση μπορεί να δώσει ή όχι τέτοιον πολυμερισμό
8. τον ορισμό των συζυγών αλκαδιενίων
9. πολυμερισμός ενώσεων συζυγών αλκαδιενίων (ποιες είναι, ποια είναι τα μονομερή, ποια τα πολυμερή και οι χρήσεις τους)
10. γενική αντίδραση πολυμερισμού συζυγών αλκαδιενίων
11. τον ορισμό του συμπολυμερισμού
12. Τι είναι το Buna S και το Buna N

## B. Παραγωγή πολυμερών.

Στις ασκήσεις αυτές σας δίνουν κάποια αρχική ύλη, προκειμένου να παρασκευάσετε ένα συγκεκριμένο πολυμερές. Ακλουθείτε τα γενικά βήματα:

Αρχική ύλη  $\rightarrow$  κατάλληλες αντιδράσεις  $\rightarrow$  μονομερές  $\xrightarrow{\text{ΠΟΛΥΜΕΡΙΣΜΟΣ}}$  πολυμερές

## Λυμένα παραδείγματα

1. Να κάνετε σωστά την αντιστοίχιση:

	Συμπολυμερές		Συστατικά συμπολυμερούς
A	Buna S	1.	1,3- βουταδιένιο και ακρυλονιτρίλιο
B	Buna N	2.	1,3-βουταδιένιο και στυρόλιο

**Απάντηση:**



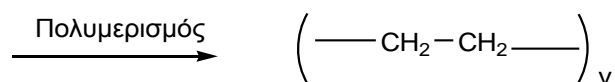
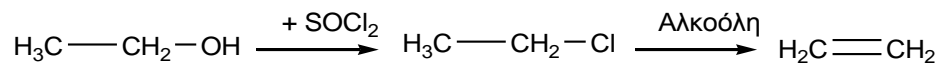
A→2. και B→1.

2. Με πρώτη ύλη την αιθανόλη να παρασκευάσετε:

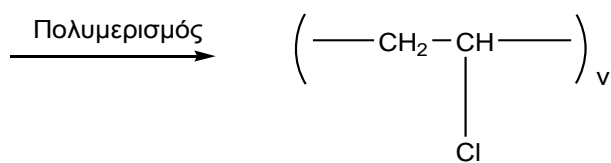
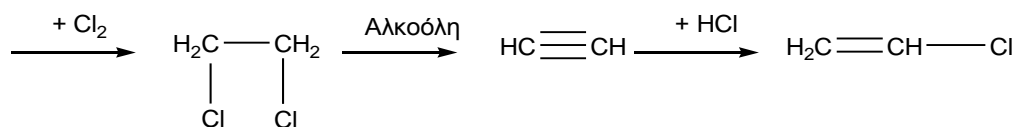
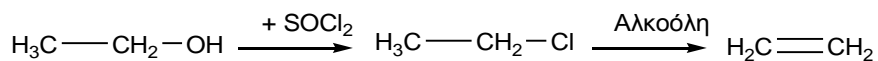
- i. πολυαιθυλένιο
- ii. πολυβινυλοχλωρίδιο

**Απάντηση:**

i.



ii.



## Μάθημα 18 - ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

- 18-1. Αντίδραση πολυμερισμού 1,4 δίνει:
- το 1,2-βουταδιένιο
  - το 1,3-βουταδιένιο
  - τόσο το πρώτο όσο και το δεύτερο
  - κανένα από τα δύο
- 18-2. Το τεχνητό καουτσούκ Buna N παράγεται με συμπολυμερισμό:
- 1,3- βουταδιένιου και ακρυλονιτρίλιου
  - 2-μεθυλο-1,3- βουταδιένιου και ακρυλονιτρίλιου
  - 1,3- βουταδιένιου και στυρολίου
  - 2-χλώρι-1,3- βουταδιένιου και στυρολίου
- 18-3. Το τεχνητό καουτσούκ Buna S παράγεται με συμπολυμερισμό:
- 1,3- βουταδιένιου και ακρυλονιτρίλιου
  - 2-μεθυλο-1,3- βουταδιένιου και ακρυλονιτρίλιου
  - 1,3- βουταδιένιου και στυρολίου
  - 2-χλώρο-1,3- βουταδιένιου και στυρολίου

Να συμπληρωθούν οι λέξεις που συμπληρώνουν σωστά τις προτάσεις

- 18-4. Ένα τμήμα του τεχνητού πολυμερούς είναι το :  $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CN})-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CN})-\text{CH}_2\text{CH}(\text{CN})-$ . Το αντίστοιχο μονομερές είναι το..... Α.
- 18-5. Ο πολυμερισμός που γίνεται με δύο ή περισσότερα είδη μονομερών ονομάζεται .....
- 18-6. Αντιδράσεις πολυμερισμού 1,4 δίνουν τα ..... αλκαδιένια και τα παράγωγα τους.
- 18-7. τα πολυμερή που είναι γιγαντιαία μόρια παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τις ..... (μηχανικές ) τους ιδιότητες
- 18-8. Ο πολυμερισμός του αιθυλενίου καθώς και πολλών υποκατεστημένων παραγώγων του ακολουθεί ένα αλυσιδωτό μηχανισμό μέσω ριζών, ο οποίος περιλαμβάνει τρία βασικά στάδια: την ....., τη ..... και τον ..... του πολυμερισμού.
- 18-9. Στον παρακάτω πίνακα να συμπληρώσετε τα ονόματα και τους χημικούς τύπους των μονομερών.

Χημικός τύπος	Ονομασία
$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	αιθυλένιο





..... .....	προπένιο
CH <sub>2</sub> =CH- Cl	..... .....
..... .....	ακρυλονιτ ρίλιο
..... .....	1,3- βουταδιένιο

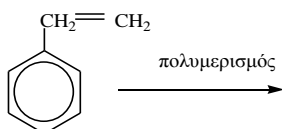
18-10. Στον παρακάτω πίνακα να συμπληρώσετε τα ονόματα και τους χημικούς τύπους των μονομερών

.....	πολυαιθυλένιο
$\left( -\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \right)_v$	.....
$(-\text{CH}_2-\text{CHCl}-)_v$	Πολυβινυλοχλωρίδι ο

18-11. Συμπληρώστε την αντίδραση:



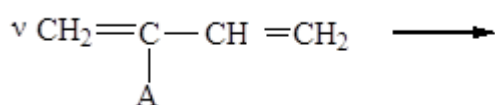
18-12. Συμπληρώστε την αντίδραση:



18-13. Η κατανομή των μονομερών στο συμπολυμερές είναι είτε ....., είτε αυστηρά εναλλασσόμενη κατά μήκος της αλυσίδας.

18-14. Το αιθυλένιο όταν πολυμερίζεται σχηματίζει το πολυμερές ..... και χρησιμοποιείται για να παράγονται διάφορα υλικά όπως ..... και πλαστικά παιχνίδια.

18-15. Συμπληρώστε την αντίδραση:



18-16. Τα προϊόντα του πολυμερισμού 1, 4 προέρχονται από μονομερές ενώσεις της μορφής. Στο μονομερές 1,3-βουταδιένιο που είναι αυτής της μορφής το Α είναι το .....



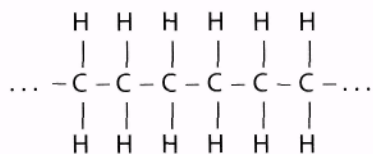


18-17. Το 1,3-πενταδιένιο μπορεί να δώσει αντίδραση πολυμερισμού 1,4.  $\Sigma - \Lambda$

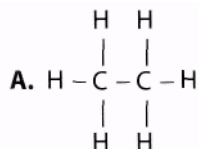
18-18. Το 1,4-πενταδιένιο μπορεί να δώσει αντίδραση πολυμερισμού 1,4.  $\Sigma - \Lambda$

**Ασκήσεις**

18-19. Δίνεται ο συντακτικός τύπος του πολυμερούς:



Το μονομερές, από το οποίο σχηματίστηκε, είναι:



Να γραφεί η αντίδραση πολυμερισμού.

18-20. Πολυμερές προσθήκης, που αποτελείται μόνο από άνθρακα και υδρογόνο, έχει σχετική μοριακή μάζα 56000.

Ο αριθμός των μορίων του μονομερούς που σχημάτισαν ένα μόριο πολυμερούς είναι 2000. Ο αριθμός των ατόμων υδρογόνου στο μόριο του μονομερούς είναι διπλάσιος από τον αριθμό των ατόμων του άνθρακα.

**α.** Να βρεθεί η σχετική μοριακή μάζα του μονομερούς. **β.** Να βρεθεί ποιο είναι το μονομερές. **γ.** Να γραφεί η εξίσωση πολυμερισμού.

18-21. Πολυμερές προσθήκης, που αποτελείται μόνο από άνθρακα και υδρογόνο, έχει σχετική μοριακή μάζα 56000.

Ο αριθμός των μορίων του μονομερούς που σχημάτισαν ένα μόριο πολυμερούς είναι 1000.

**α.** Να βρεθεί η σχετική μοριακή μάζα του μονομερούς.

**β.** Να βρεθεί ποιο είναι το μονομερές, αν είναι γνωστό ότι η αντίδραση πολυμερισμού ακολουθεί το μηχανισμό του πολυμερισμού 1,4.

**γ.** Να γραφεί η εξίσωση πολυμερισμού.

18-22. Σε ποσότητα αιθενίου γίνεται προσθήκη ισομοριακής ποσότητας  $\text{Cl}_2$  και το οργανικό προϊόν της αντίδρασης

κατεργάζεται με αιθανολικό διάλυμα  $\text{KOH}$ . Το προϊόν της τελευταίας αντίδρασης κατεργάζεται με ισομοριακή ποσότητα  $\text{HCl}$ . Το νέο οργανικό προϊόν σε κατάλληλες συνθήκες πολυμερίζεται με αποτέλεσμα να σχηματίζονται 1000 kg πολυμερούς. **α.** Να βρεθούν η μάζα του αιθενίου και η μάζα του χλωρίου που αντέδρασαν. **β.** Να γραφούν οι σχετικές αντιδράσεις.

18-23. Να βρεθεί η μάζα κατάλληλου κορεσμένου διχλωροπαραγώγου των υδρογονανθράκων που πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή 10,8 kg Buna.

