



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Υλικά

Ενότητα 4: Αρχή της επαλληλίας και ανισοτροπία

*Νικόλαος Ζαχαρόπουλος
Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης
Προϊόντων και Συστημάτων*



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



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



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

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



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

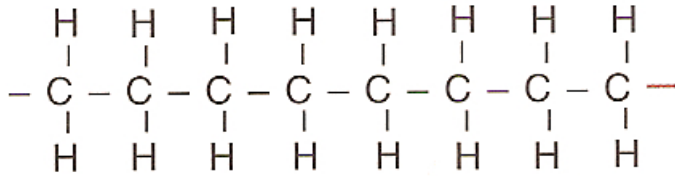


ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

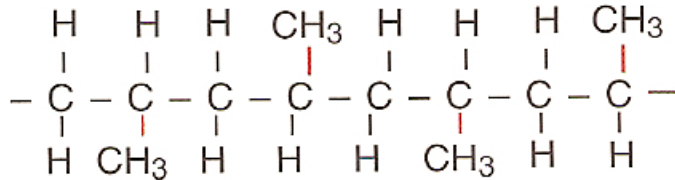
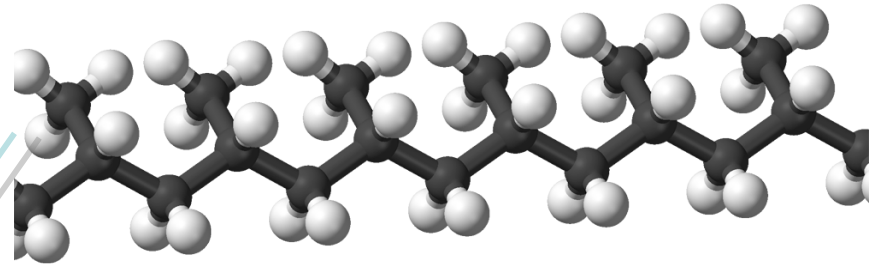
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



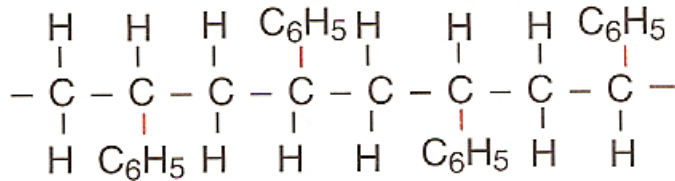
Κοινά πολυμερή (1)



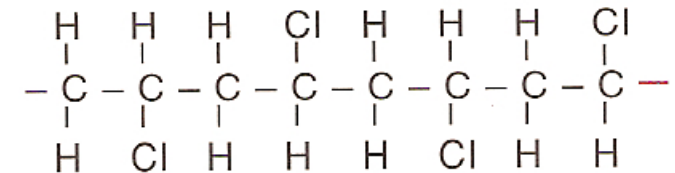
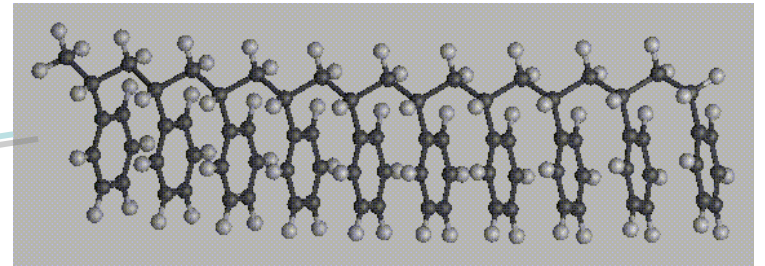
Polyethylene, **PE**



Polypropylene, **PP**

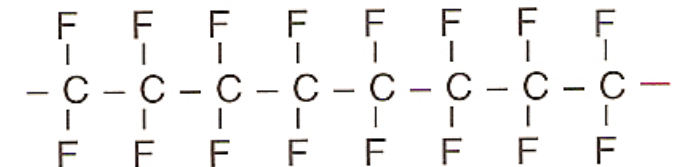


Polystyrene, **PS**

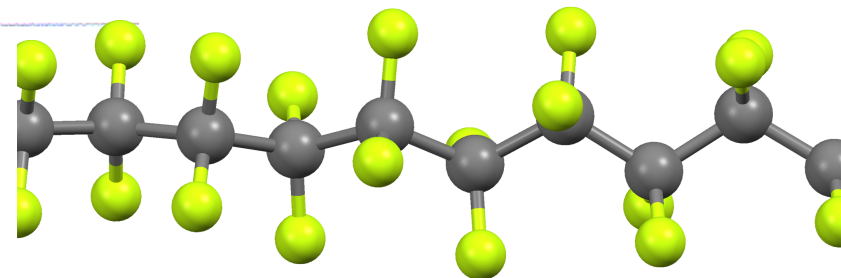


Polyvinyl chloride, **PVC**

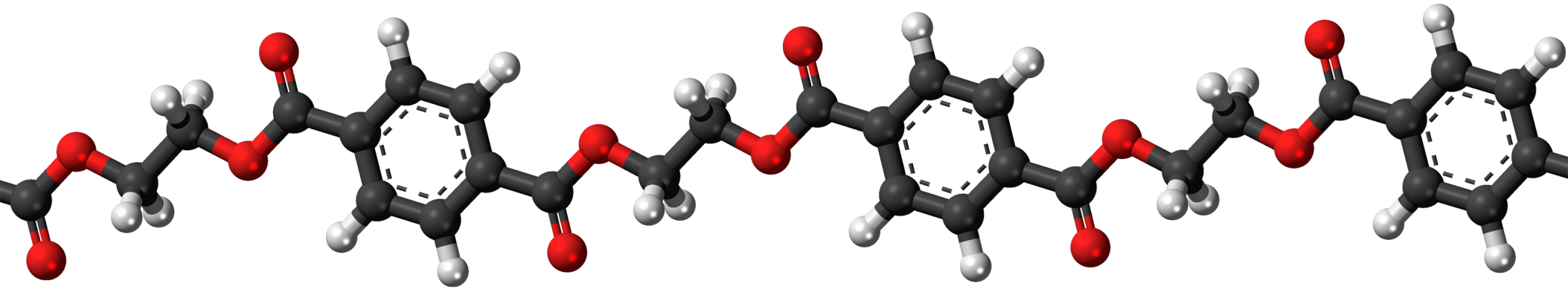
ισοτακτικό – δεν παράγεται
εμπορικά



Polytetrafluoroethylene, **PTFE**



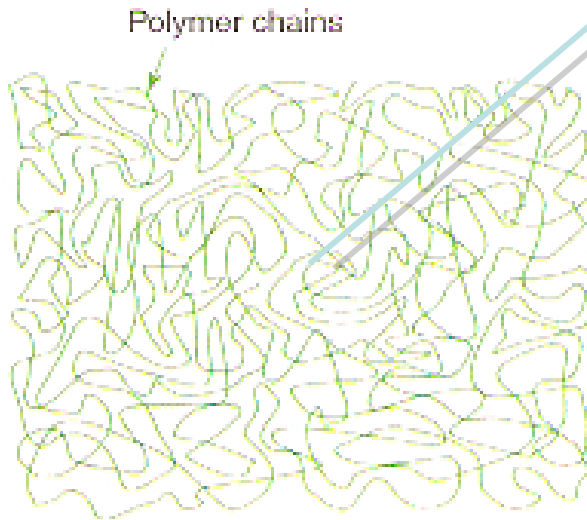
Κοινά πολυμερή (2)



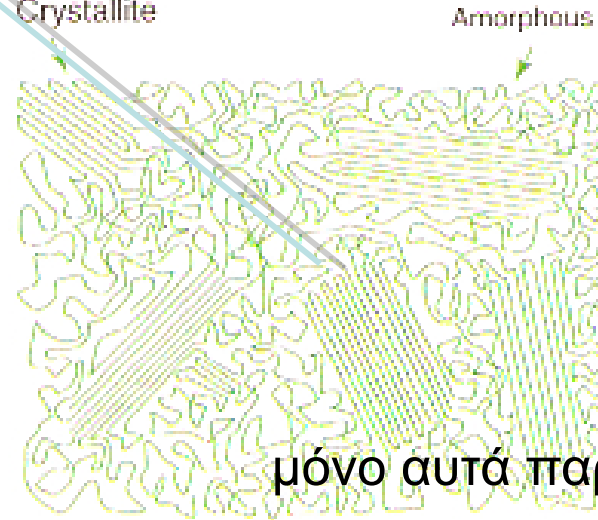
PET (polyethylene terephthalate)

Διάταξη των πολυμερικών αλυσίδων

θερμοπλαστικά

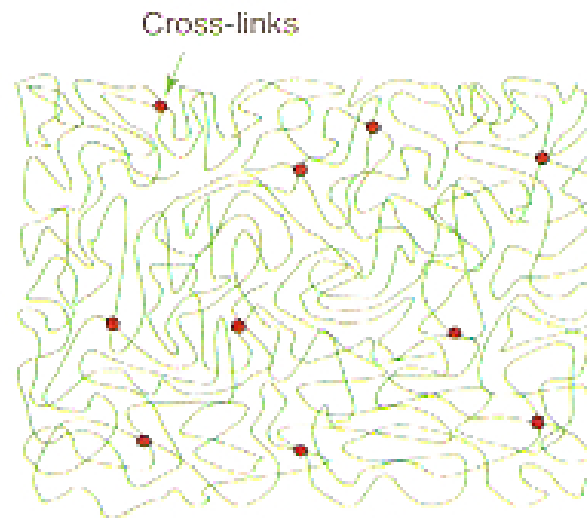


(a) Non-cross-linked

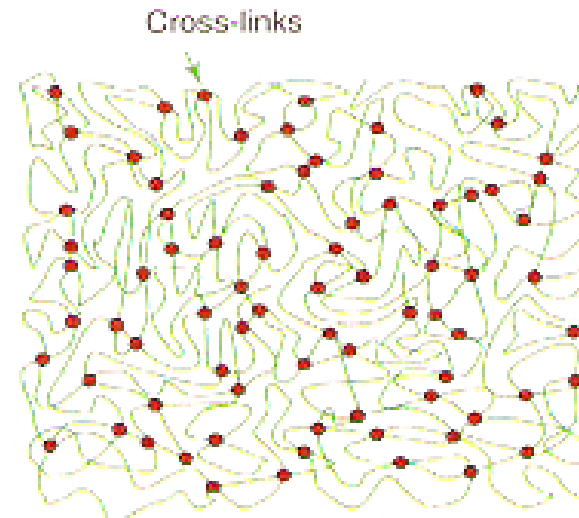


(b) Partly crystalline

μόνο αυτά παρουσιάζουν T_m



(c) Slightly cross-linked

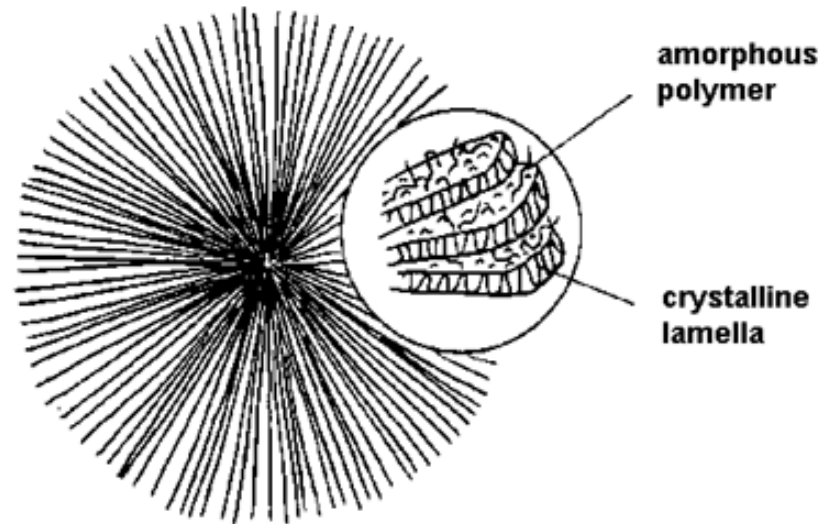
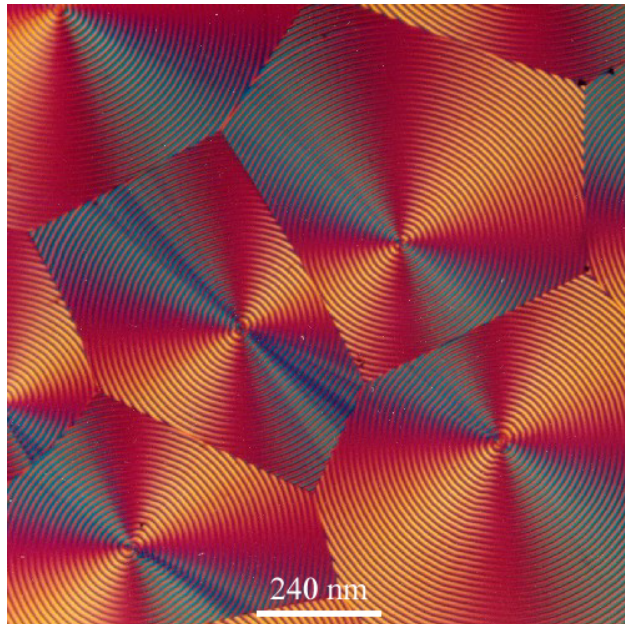
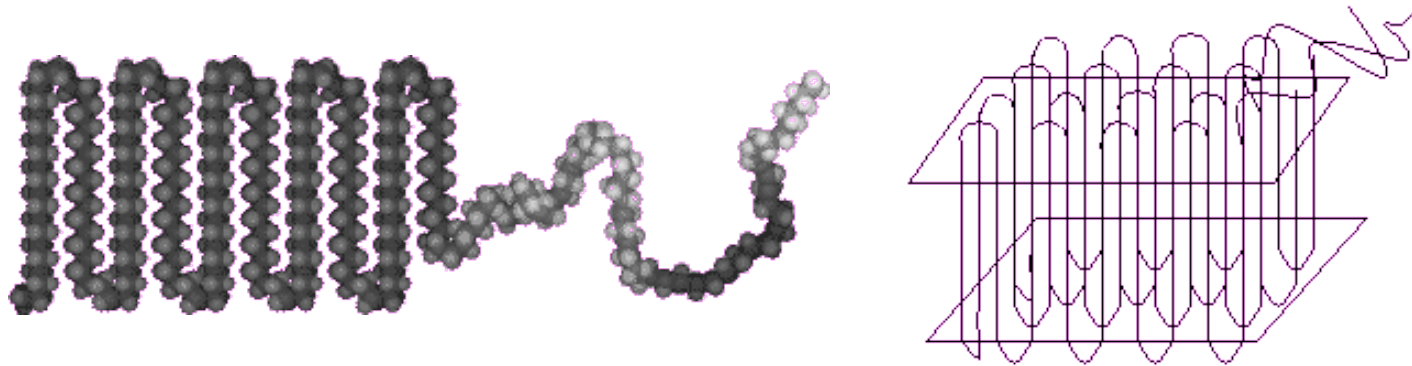


(d) Highly cross-linked

ελαστομερή

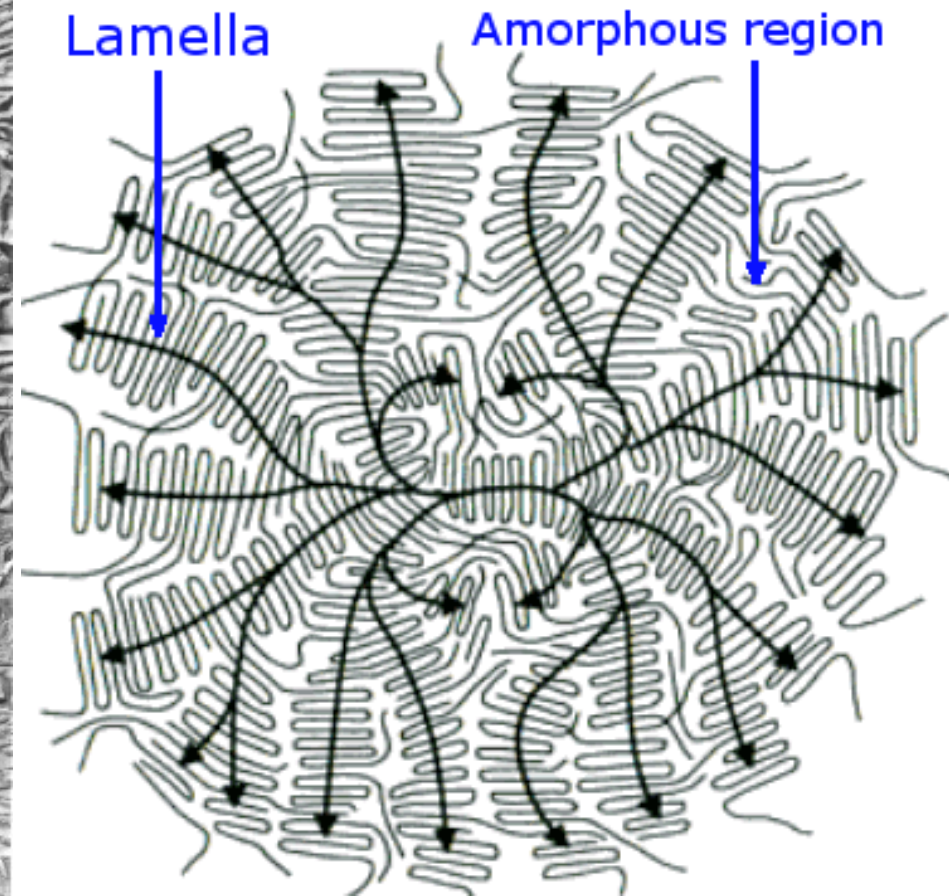
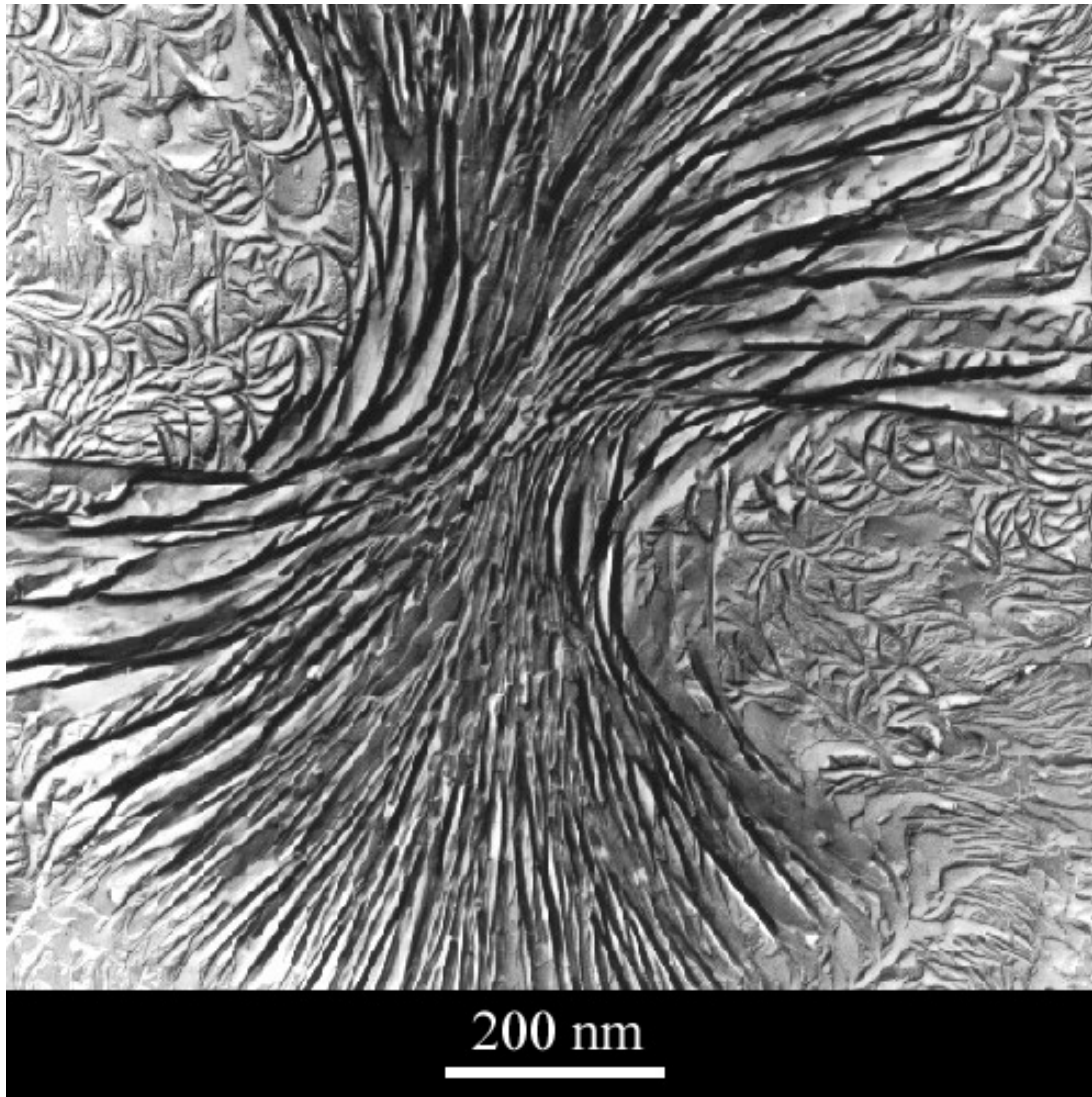
θερμοσκληρυνώμενα

Κρυσταλλικότητα στα πολυμερή (1)



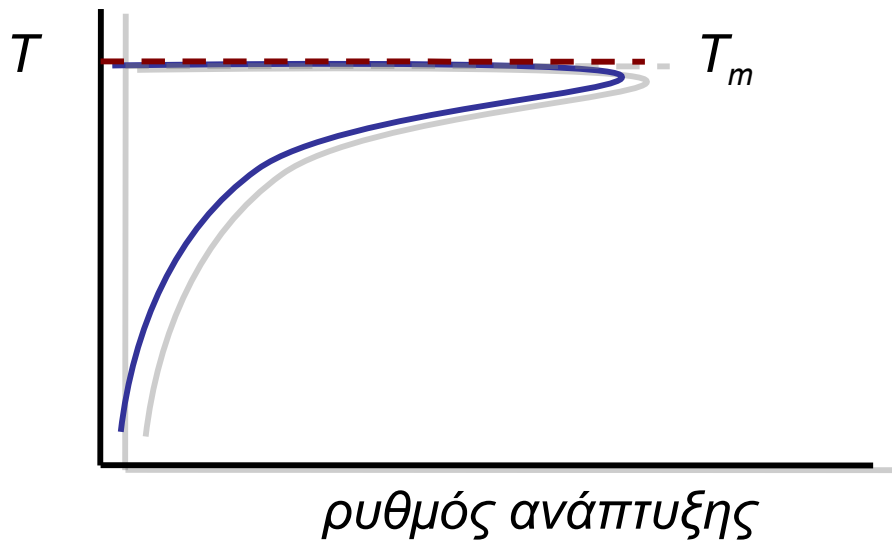
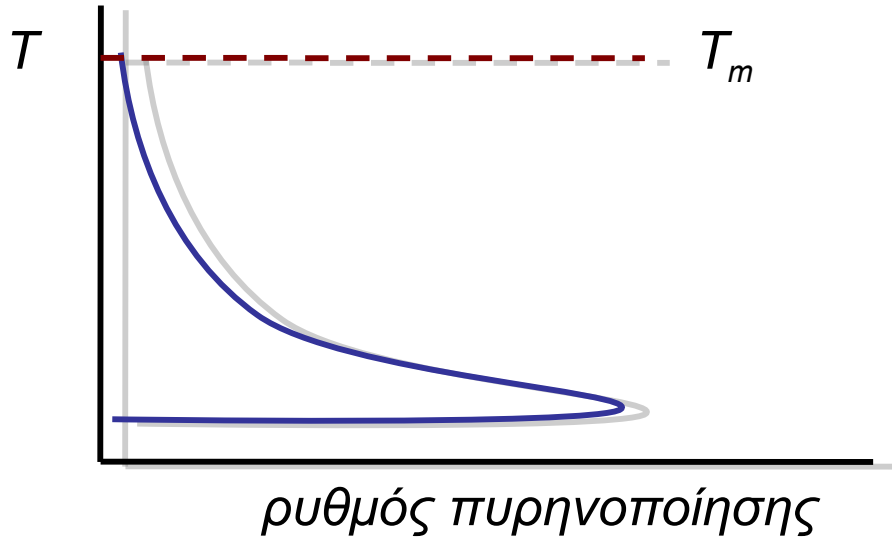
<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/polymers/spherulites.php>

Κρυσταλλικότητα στα πολυμερή (2)

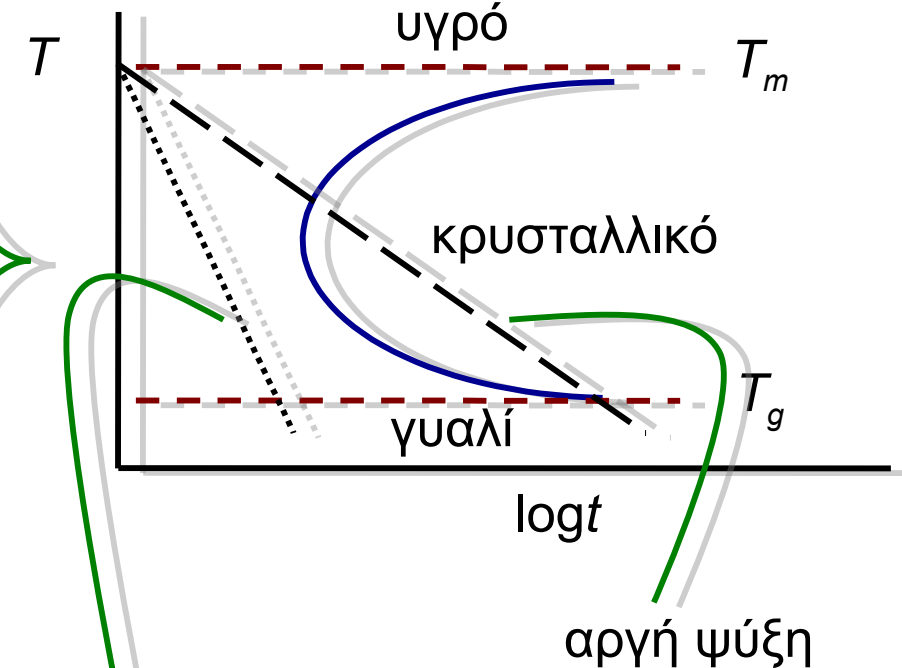


Κρυσταλλικότητα στα πολυμερή (3)

Κινητική θεωρία

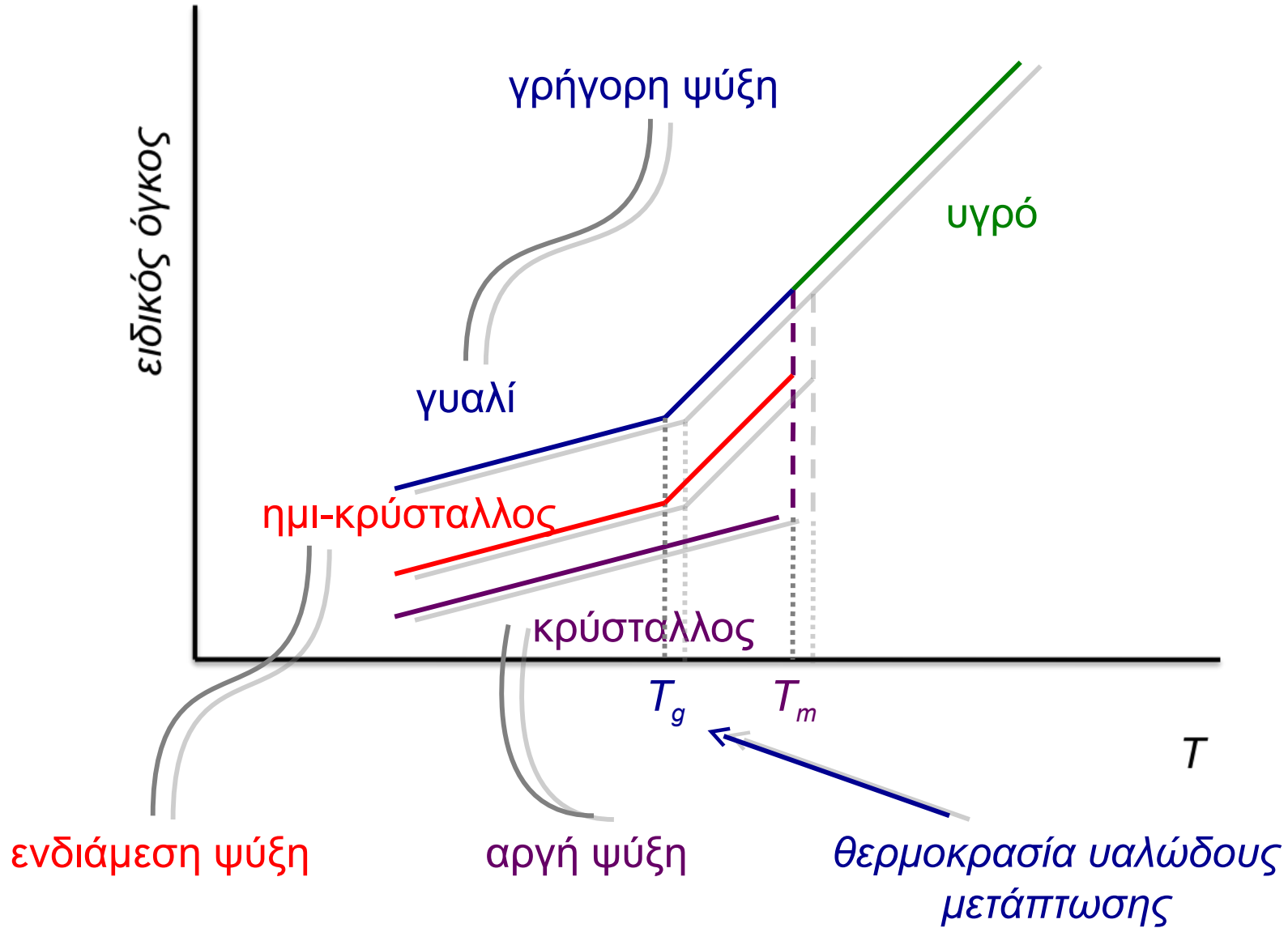


Διάγραμμα TTT
(μετασχηματισμού
θερμοκρασίας – χρόνου)



ταχεία ψύξη:
υπέρψυχρο υγρό

Κρυσταλλικότητα στα πολυμερή (4)



4 βασικές καταστάσεις πολυμερών

ατακτικό PS
(άμορφο)

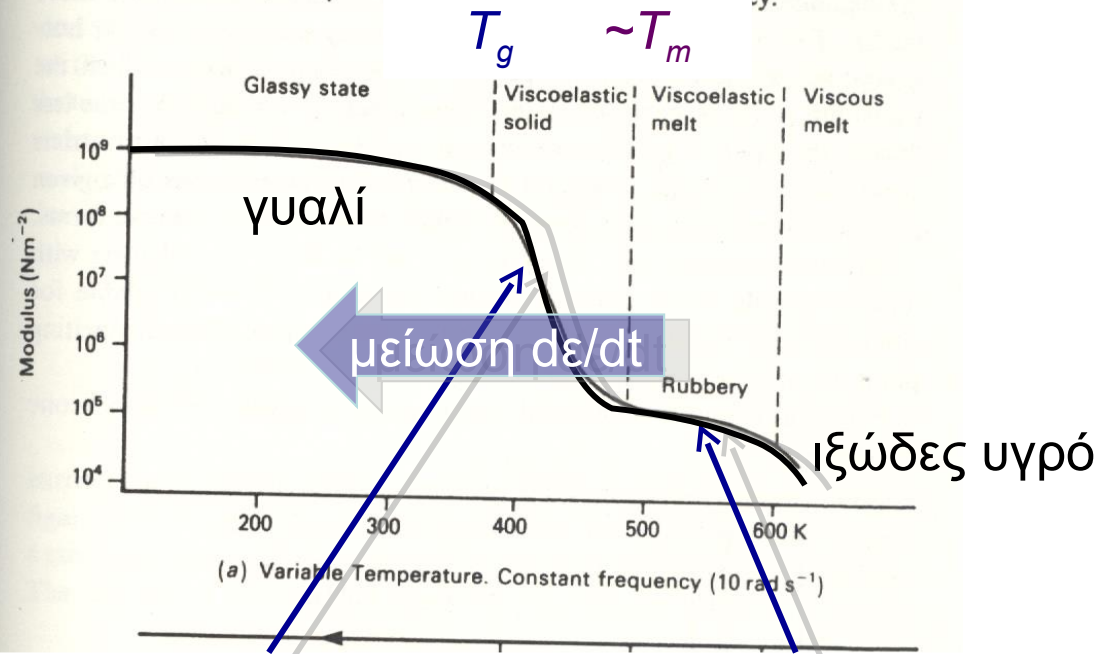
η θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης επηρεάζεται κυρίως από την ευλυγισία της πολυμερικής αλυσίδας και την στερεοχημική στοίβαξη

παράδειγμα «στριμωγμένων» αλυσίδων:
διμεθυλικές σιλκόνες (silly – putty)

πλαστικοποιητές τις αραιώνουν

PE
(ημι-κρυσταλλικό)

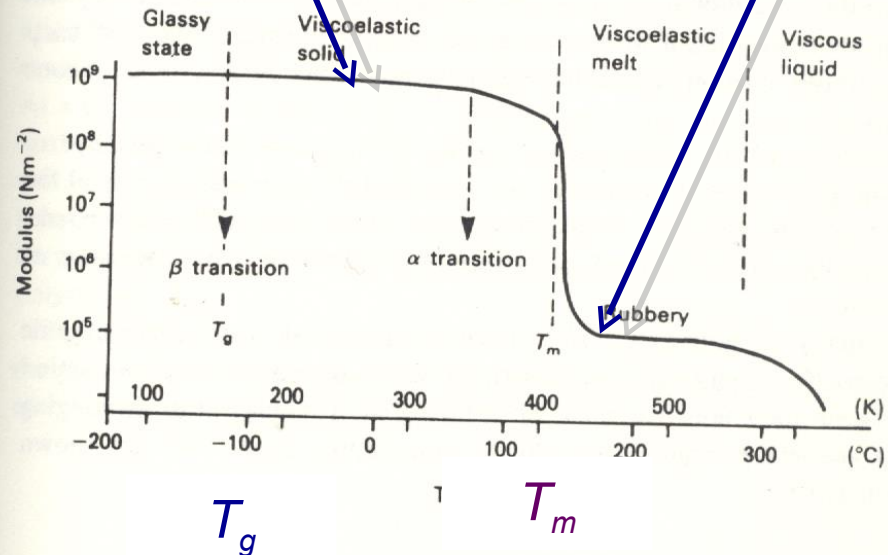
Figure 13.7. Four states of polystyrene. (a) Constant frequency, $\sim 10 \text{ rad s}^{-1}$ variable temperature. (b) Constant temperature (470 K), variable frequency. Data provided by Dr M. R. Mackley.



ιξωδελαστικό στερεό
(δερμάτινο)

ιξωδελαστικό υγρό
(λαστιχένιο)

at constant frequency $\sim 10 \text{ rad s}^{-1}$. The polymer is monodisperse linear PE, i.e. of uniform molecular mass 130 000. Data provided by Dr M. R. Mackley.



Τι συμβαίνει με τα ελαστομερή; (1)

(α) τα ελαστομερή έχουν τεράστια εκτασιμότητα:
400% αντί για -το πολύ- 1% για συνήθη στερεά

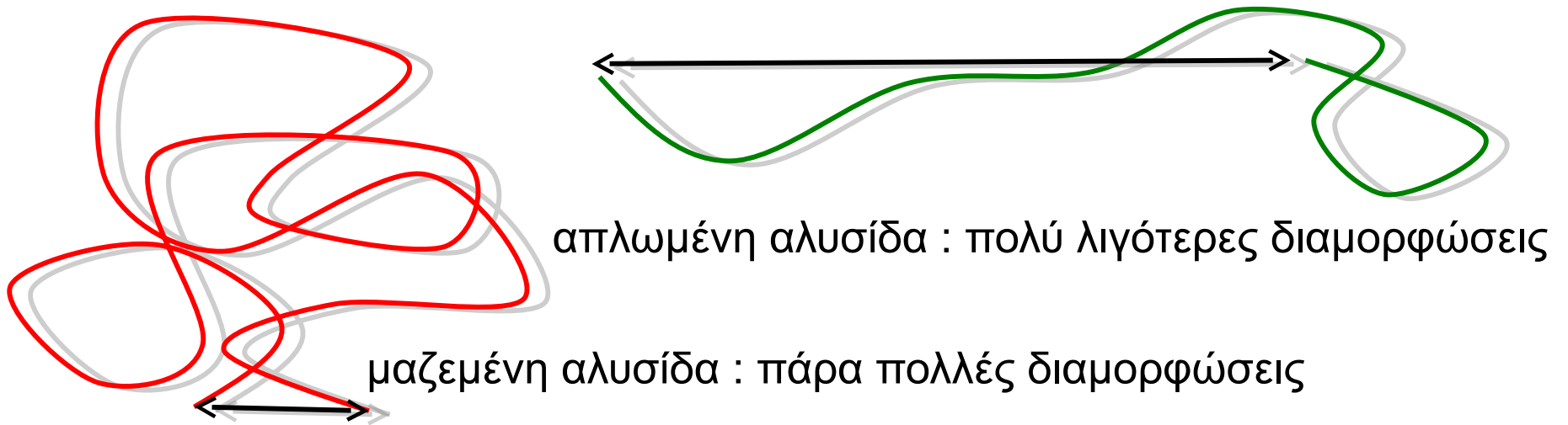
(β) το μέτρο ελαστικότητας αυξάνεται με την θερμοκρασία!

} σαν αέριο
σε
συμπίεση

ευκολία περιστροφής της αλυσίδας γύρω από «σκελετικούς» δεσμούς
(ισοδύναμα : λιωμένοι δεσμοί *van der Waals*)

εντροπικά ελατήρια: $S = k \ln P$

P η πιθανότητα μιας διαμόρφωσης, ευθέως ανάλογη του αριθμού των διαμορφώσεων



πλήρως εκτεταμένη αλυσίδα : μία μοναδική διαμόρφωση

Τι συμβαίνει με τα ελαστομερή; (2)

$$S = k \ln P = \text{σταθερά} - k \beta^2 r^2$$

k , σταθερά Boltzmann

β , $1/(\text{πιθανότερη απόσταση των άκρων})$

r , απόσταση των άκρων

το έργο της παραμόρφωσης, $f dr$, εφόσον ο όγκος δεν μεταβάλλεται, είναι η διαφορά στην ελεύθερη ενέργεια Helmholtz, $dA = d(U - TS)$

$$f = \partial U / \partial r - T \partial S / \partial r = \partial U / \partial r + 2kT\beta^2 r$$

μεταβολή στην εσωτερική ενέργεια: ξετύλιγμα μέσω περιστροφής γύρω από τους σκελετικούς δεσμούς –
μπορούμε να την αγνοήσουμε

$$E = 2/3 kT / Nv$$

- α) η δύναμη είναι ανάλογη της απομάκρυνσης (Hooke)
- β) η δύναμη είναι ανάλογη της θερμοκρασίας
- γ) η δύναμη είναι ανάλογη του $\beta^2 = 3/2 1/N\lambda^2$, δηλ. του $1/N$

όγκος του τμήματος της αλυσίδας μεταξύ δεσμών διασταύρωσης