



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Υλικά

Ενότητα 2: Δομή υλικών και κρυσταλλογραφική περιγραφή

*Νικόλαος Ζαχαρόπουλος
Τμήμα Μηχανικών Σχεδίασης
Προϊόντων και Συστημάτων*



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

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

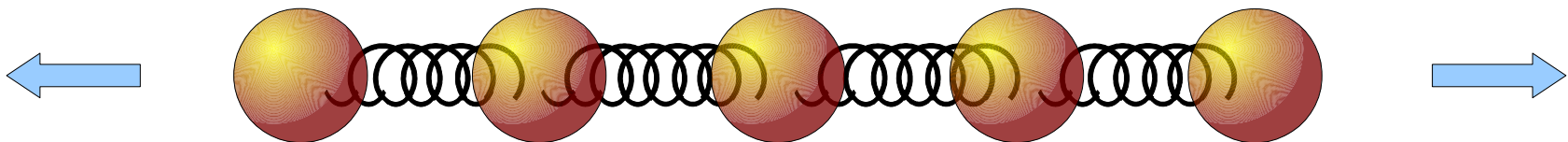


Σχέση ιδιοτήτων – δομής: ελαστική συμπεριφορά

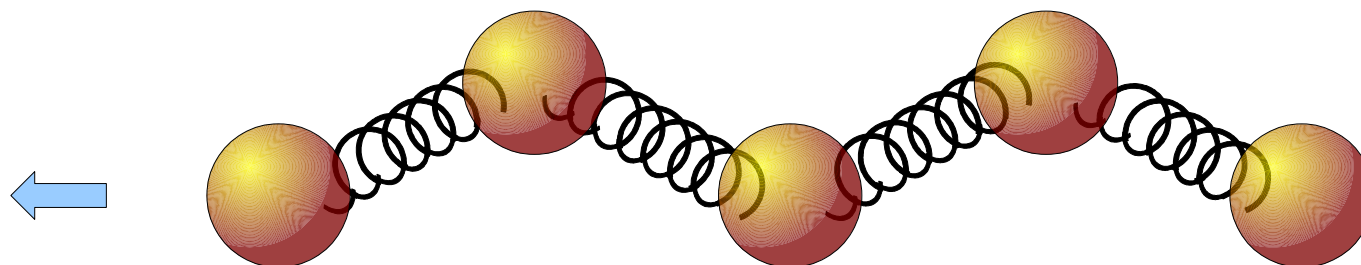
Η *ακαμψία του υλικού* εκφράζει την αντίσταση σε ελαστική παραμόρφωση ($\leq 0.1\%$)

Η αντίσταση σε ελαστική παραμόρφωση οφείλεται (εξάιρεση : ελαστομερή) στην αντίσταση των διατομικών δεσμών σε έκταση ή συμπίεση

Οι διατομικοί δεσμοί στην ελαστική περιοχή συμπεριφέρονται ως γραμμικά ελατήρια



Η αντίσταση σε ελαστική παραμόρφωση εξαρτάται κι από την σχετική διάταξη των ατόμων (δομή)

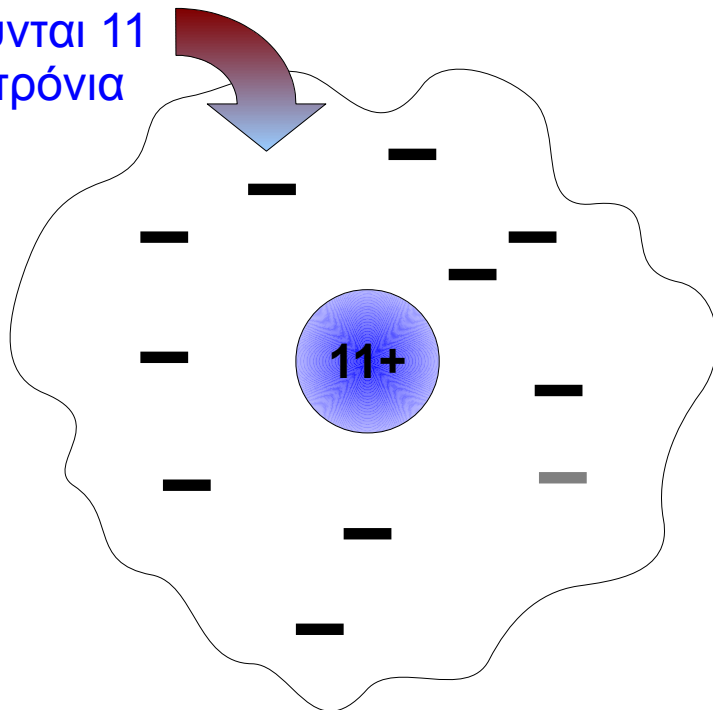


*μικρότερη δύναμη
για την ίδια
απομάκρυνση*

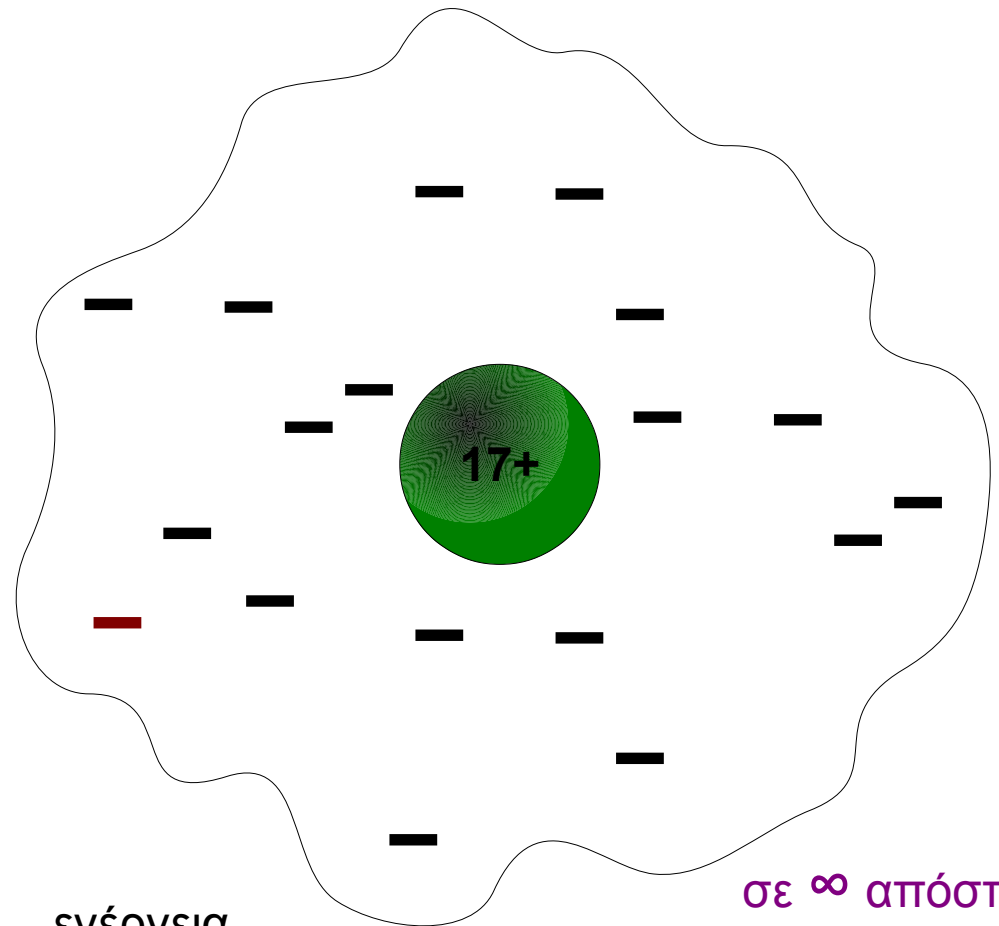
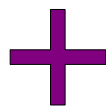
Διατομικοί δεσμοί - παράδειγμα: Na^+Cl^-

Για να σχηματιστεί ένα μόριο NaCl πρέπει καταρχάς να αφαιρεθεί ένα “χαλαρά” δεσμευμένο ηλεκτρόνιο του ατομικού Na και να προστεθεί στο ατομικό Cl

κάπου εδώ
κινούνται 11
ηλεκτρόνια



ενέργεια
σχηματισμού Na^+
 $+ 5.14 \text{ eV}$



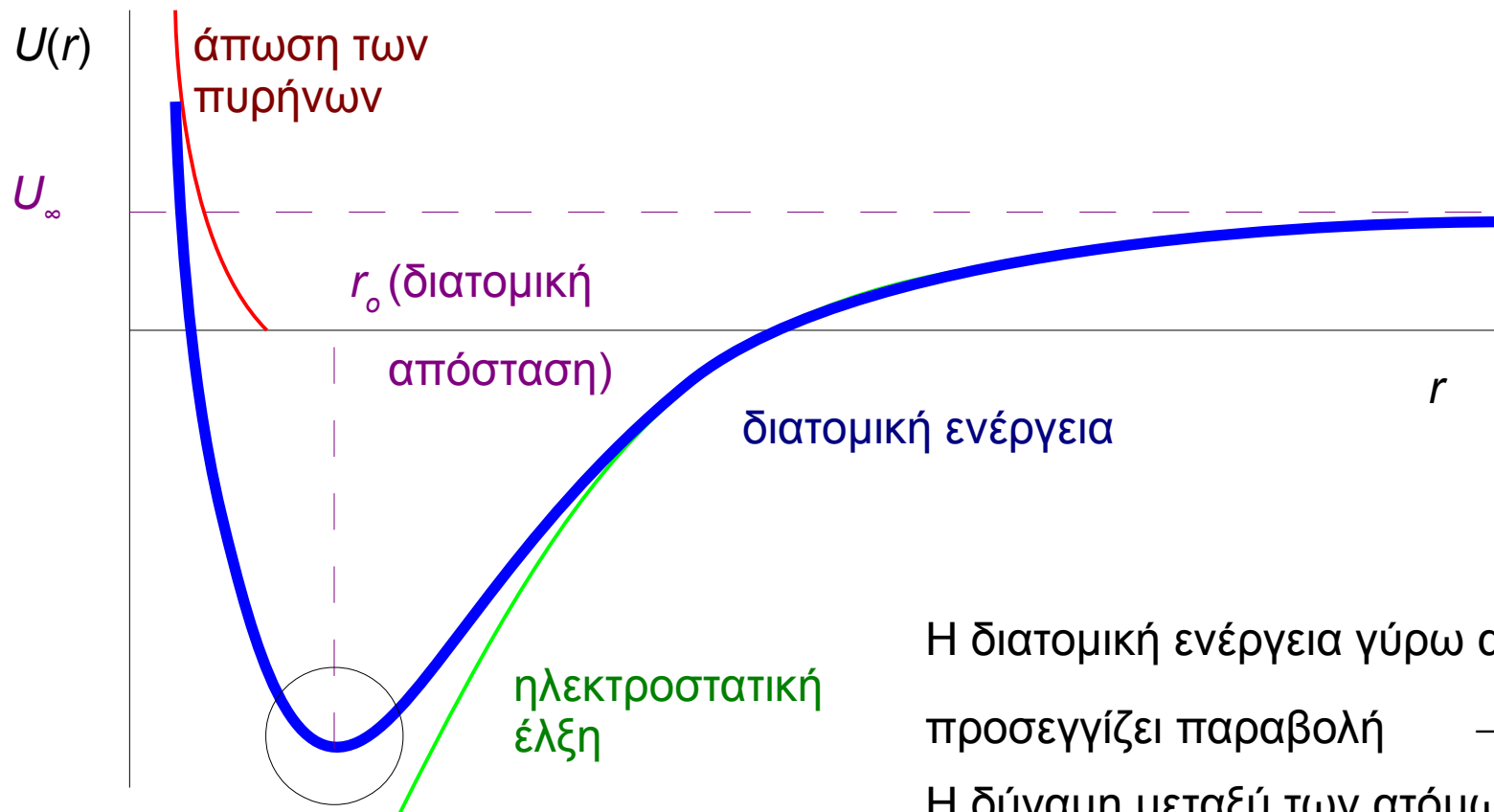
ενέργεια
σχηματισμού Cl^-
 $- 4.02 \text{ eV}$



σε ∞ απόσταση

1.12 eV

Διατομική ενέργεια



$$S_o = \left(\frac{d^2 U}{d r^2} \right)_{r=r_o}$$

ακαμψία δεσμού
(σταθερά ελατηρίου)

Η διατομική ενέργεια γύρω από το r_o προσεγγίζει παραβολή \rightarrow
Η δύναμη μεταξύ των ατόμων μεταβάλλεται γραμμικά με την απομάκρυνση

$$F = S_o (r - r_o)$$

Δεσμοί και στοίβαξη

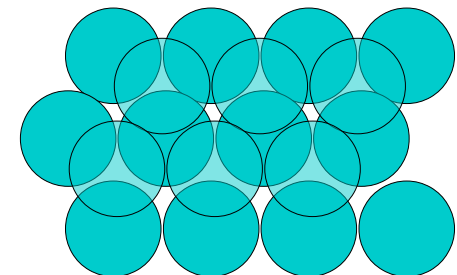
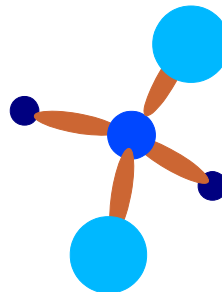
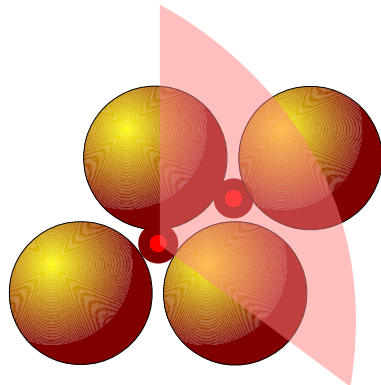
Κεραμικά και μέταλλα συγκροτούνται αποκλειστικά από κύριους δεσμούς :

- Ιοντικοί και ομοιοπολικοί στα κεραμικά
- Μεταλλικοί και ομοιοπολικοί στα μέταλλα

Ο ιοντικός δεσμός είναι αποτέλεσμα ηλεκτροστατικής έλξης – ο δεσμός είναι μέσης εμβέλειας (δεν αφορά μόνο κοντινούς γείτονες) και *μη κατευθυντικός* : η στοίβαξη περιορίζεται από το *σχετικό μέγεθος των ιόντων* και την *τήρηση ηλεκτρικής ουδετερότητας*

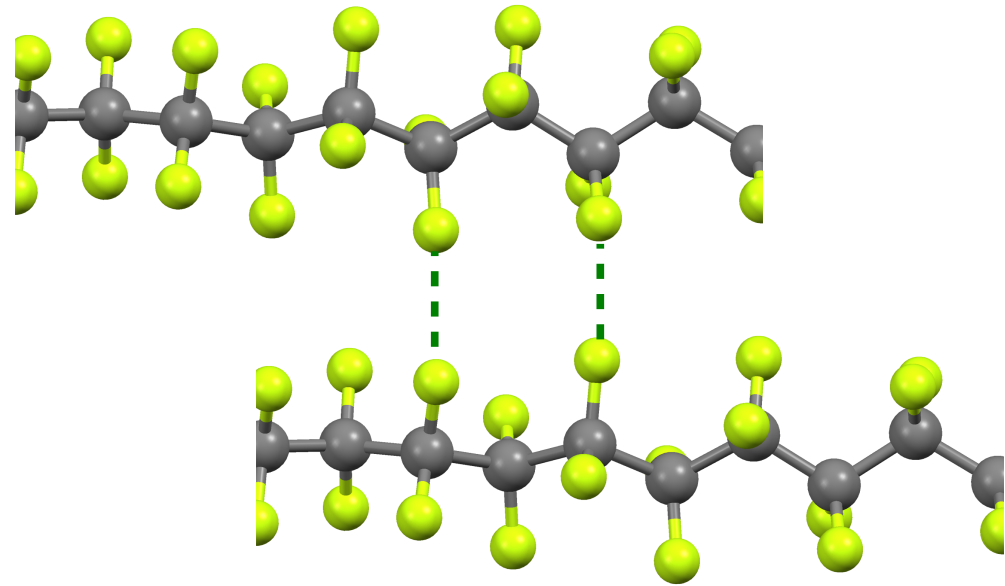
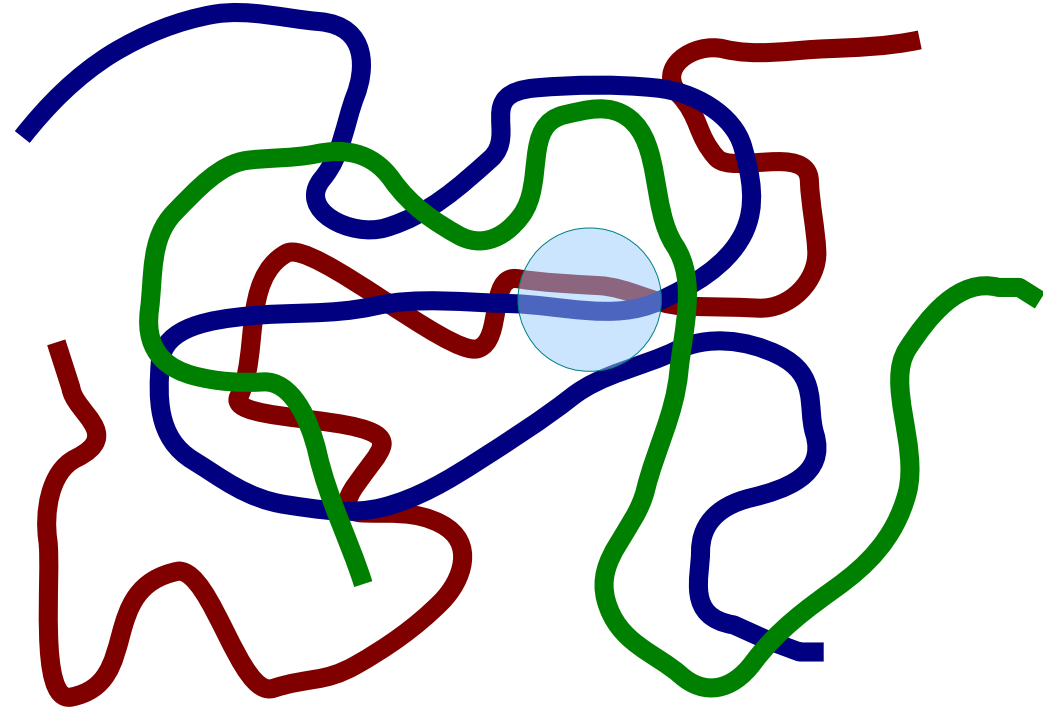
Ο ομοιοπολικός δεσμός είναι *κατευθυντικός* και *εντοπισμένος* στα άτομα που συμμετέχουν : σχηματίζουν πολύ συγκεκριμένες γεωμετρίες και η δομή είναι πολύ ανοιχτή

Ο μεταλλικός δεσμός είναι *μη κατευθυντικός* και σχηματίζεται με την συμμετοχή όλων των ατόμων του κρυστάλλου : διατάσσονται πυκνά



Δευτερεύοντες δεσμοί

Στους δευτερεύοντες δεσμούς ωφείλεται η συνοχή των πολυμερών – περιγράφουν διπολική έλξη μεταξύ αφόρτιστων ατόμων (δεσμοί υδρογόνου, van der Waals)



Η φυσική σημασία του μέτρου του Young

Το μέτρο του Young εκφράζει την ακαμψία του υλικού σε εφελκυσμό :

$$\sigma = E \varepsilon \quad \text{Νόμος του Hooke}$$

Η διατομική δύναμη για απομάκρυνση $(r - r_o)$: $F = S_o (r - r_o)$

Η παραμόρφωση για απομάκρυνση $(r - r_o)$: $\varepsilon = (r - r_o) / r_o$

Άρα ο νόμος του Hooke μπορεί να διατυπωθεί :

$$\frac{S_o (r - r_o)}{r_o^2} = E \frac{(r - r_o)}{r_o}$$

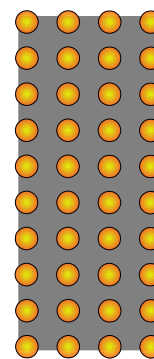
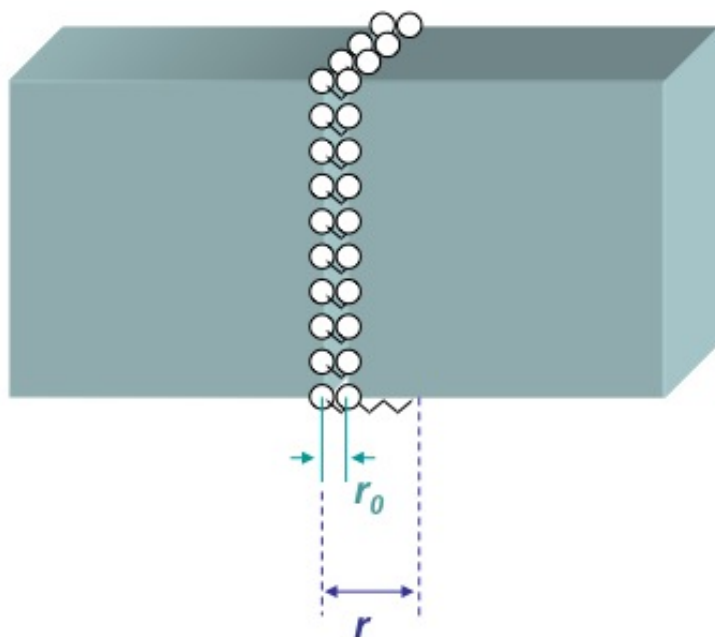
και να αναδειχθεί η φυσική σημασία του μέτρου του Young :

$$E = \left(\frac{S_o}{r_o} \right)$$

Μοντέλο γραμμικά ελαστικής παραμόρφωσης

Υποθέτουμε ότι τα άτομα στο υλικό είναι διατεταγμένα στους κόμβους ενός κυβικού πλέγματος και η απόσταση μεταξύ τους είναι r_0 (απόσταση ισορροπίας).

Όταν στο υλικό εφαρμοστεί τάση σ , τα άτομα απομακρύνονται από την θέση ισορροπίας στον άξονα της τάσης κατά $(r - r_0)$.



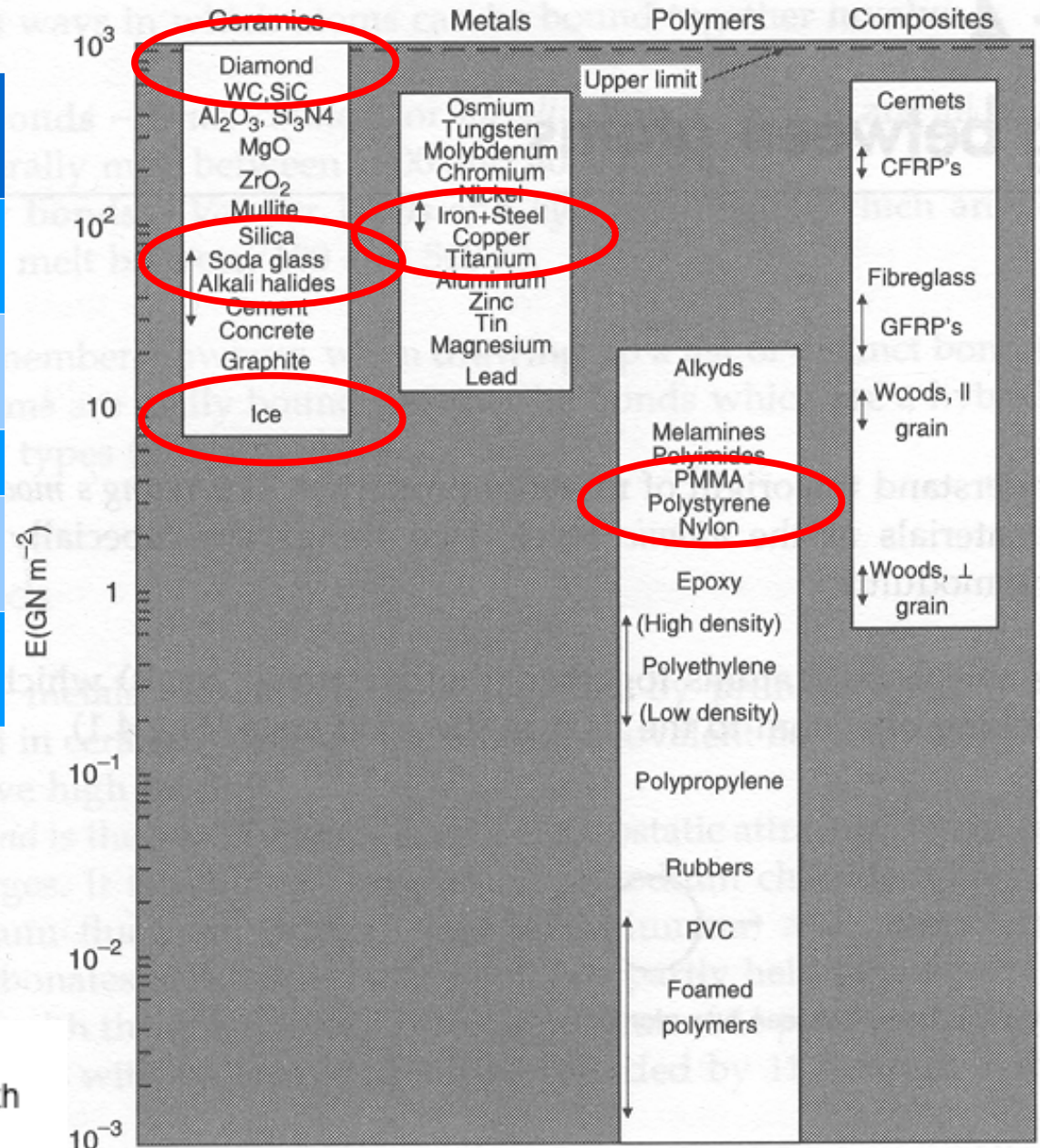
επίπεδο ατόμων
όπου ασκείται η σ

Η απομάκρυνση είναι ανάλογη της δύναμης F που προκαλεί η τάση σ ανά άτομο, $F = \sigma \cdot r_0^2$, όπου r_0^2 το εμβαδό που αντιστοιχεί σε κάθε άτομο.

Επαλήθευση σε πραγματικά υλικά

Είδος δεσμού	Υλικό	S_o (N/m)	E (GPa)
ομοιοπολικός	διαμάντι	50 – 180	200 – 1000
μεταλλικός	χαλκός	15 – 75	60 – 300
ιοντικός	αλάτι	8 – 24	32 – 96
υδρογόνου	πάγος	2 – 3	8 – 12
van der Waals	πολυμερή	0.5 – 1	2 – 4

$$r_o = 2.5 \times 10^{-10} \text{ m}$$



M.F. Ashby and D.R.H. Jones,
Engineering Materials 1, Butterworth
 – Heinemann, Oxford, 1980

