

Μηχανική - Ρευστομηχανική

Διδάσκοντες

Παναγιώτα Καραχάλιου

Επίκουρη Καθηγήτρια, pkara@upatras.gr



Χριστόφορος Κροντηράς

Καθηγητής, krontira@physics.upatras.gr



Προτεινόμενη Βιβλιογραφία

ΦΥΣΙΚΗ ΓΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΕΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ, R. Serway, J. Jewett (Μετάφραση Χ. Βάρβογλης), ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ ΕΠΕ



Πανεπιστημιακή Φυσική Τόμος Α΄
Μηχανική Θερμοδυναμική, Young-Freedman, Εκδόσεις Παπαζήση



ΦΥΣΙΚΗ (Τόμος 1 Εκδ.4η), Halliday, Resnick, Walker, Εκδόσεις Gutenberg

Μηχανικές ιδιότητες της ύλης

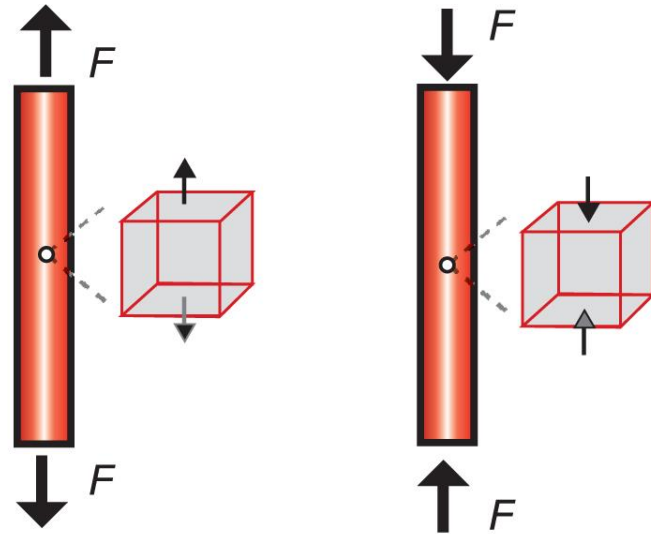
- Το στερεό σώμα αποτελεί εξιδανικευμένο μοντέλο.
- Δεν μπορούμε να αγνοούμε τις σημαντικές συνέπειες της εφαρμογής δυνάμεων (ή ροπών) στα πραγματικά σώματα.
 - ✓ Επιμήκυνση - Θλίψη
 - ✓ Διάτμηση - Στρέψη
 - ✓ Ισοτροπική Παραμόρφωση
- Ελαστικές Παραμορφώσεις
- Νόμος του Hooke
- Ελαστικές σταθερές

Μηχανικές ιδιότητες της ύλης

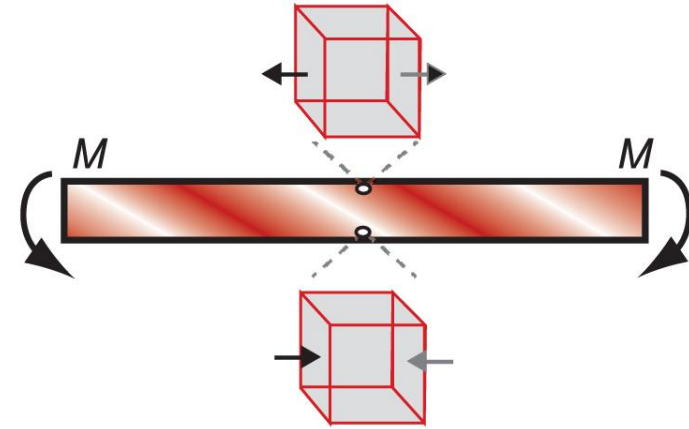
- Για κάθε είδος παραμόρφωσης εισάγουμε ένα μέγεθος που ονομάζουμε **ΤΑΣΗ**.
- Η **ΤΑΣΗ** ορίζεται ως η δύναμη ανά μονάδα επιφανείας που προκαλεί την παραμόρφωση.
- Ένα δεύτερο μέγεθος είναι η **ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ** (ένταση) που εκφράζει ακριβώς την παραμόρφωση που προκαλεί η αντίστοιχη τάση.
- Για μικρές τιμές της τάσης το ένα μέγεθος είναι ανάλογο του άλλου και ο συντελεστής αναλογίας είναι:

$$\frac{\text{Τάση}}{\text{Παραμόρφωση}} = \text{Μέτρο ελαστικότητας}$$

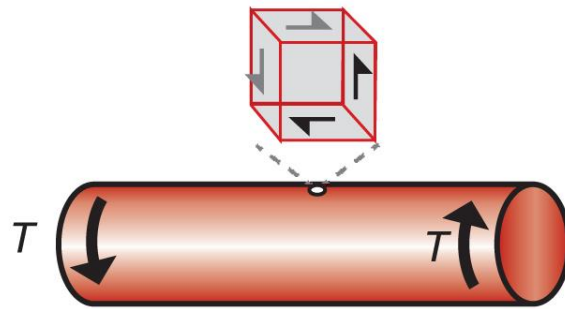
Καταστάσεις φόρτισης και τάσεων



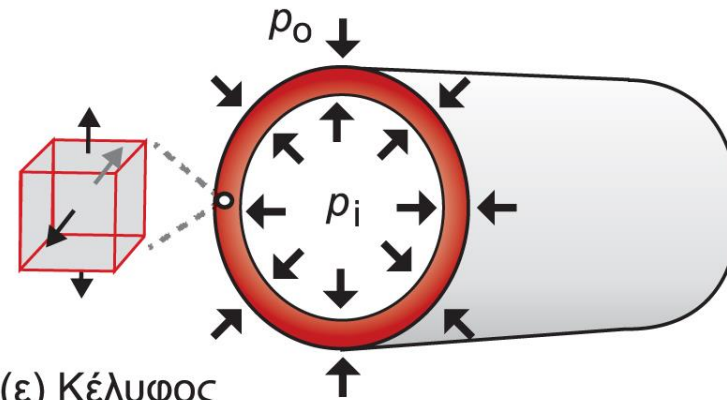
(α) Ελκυστήρας (β) Υποστύλωμα



(γ) Δοκός

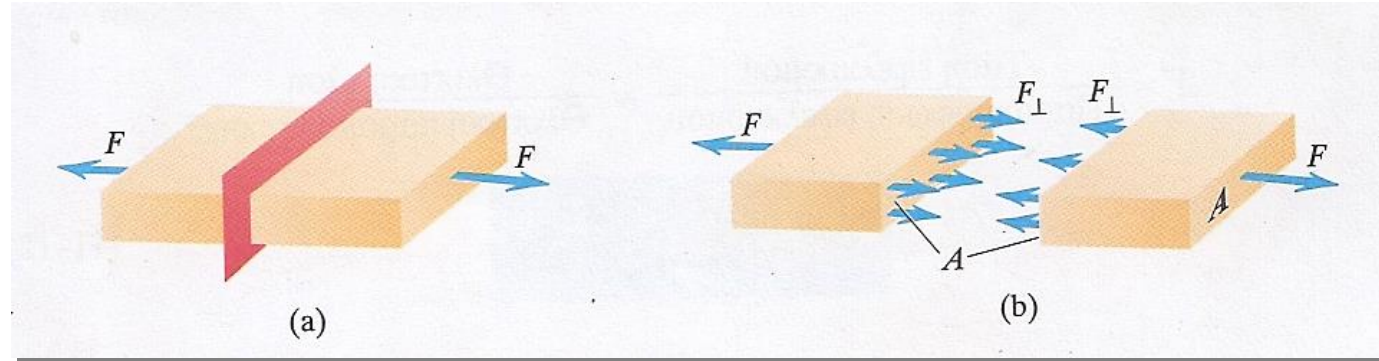


(δ) Άξονας



(ε) Κέλυφος

ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ

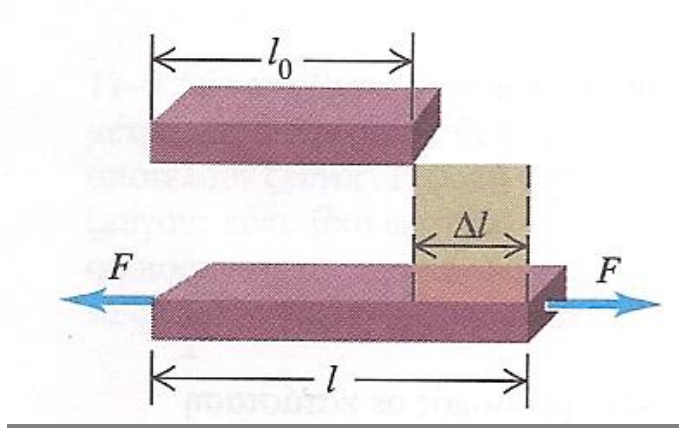


- Αύξηση του μήκους των σωμάτων όταν στα άκρα τους εφαρμόζονται δυνάμεις που τείνουν να το επιμηκύνουν.
- Στο σχήμα φαίνεται μία ράβδος διατομής A η οποία βρίσκεται σε **κατάσταση εφελκυσμού**.
- Το δεξιό τμήμα έλκει το αριστερό και αντίστροφα. Οι δυνάμεις κατανέμονται ομοιόμορφα σε κάθε διατομή.
- Ορίζουμε ως **Τάση Εφελκυσμού**:

$$\text{Τάση εφελκυσμού} = \frac{F_{\perp}}{A} = \sigma$$

$$1 \text{ Pascal} = 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΣ



- Η ποσοστιαία μεταβολή του μήκους (ανηγμένη επιμήκυνση) ονομάζεται **παραμόρφωση εφελκυσμού**. Η Δl κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλο το μήκος

$$\text{Παραμόρφωση εφελκυσμού} = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} = \varepsilon$$

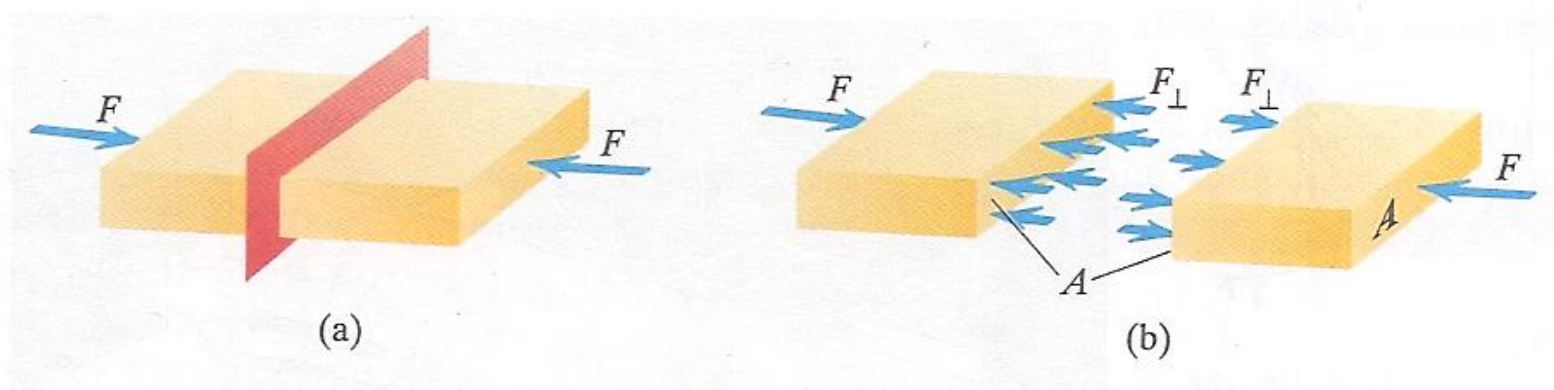
- Για αρκετά μικρή τάση Εφελκυσμού η παραμόρφωση και η τάση είναι ανάλογες μεταξύ τους (Νόμος του Hooke).
- Τότε το αντίστοιχο μέτρο ελαστικότητας Y ονομάζεται **Μέτρο του Young**.

$$Y = \frac{\text{Τάση εφελκυσμού}}{\text{Παραμόρφωση εφελκυσμού}} = \frac{\text{Θλιπτική τάση}}{\text{Θλιπτική παραμόρφωση}}$$

$$Y = \frac{F_{\perp} / A}{\Delta l / l_0} = \frac{l_0}{A} \frac{F_{\perp}}{\Delta l}$$

$$\sigma = Y \varepsilon$$

ΘΛΙΨΗ



$$\begin{array}{l} \text{Τάση συμπίεσης ή} \\ \text{Θλιπτική Τάση} \end{array} = \frac{F_{\perp}}{A}.$$

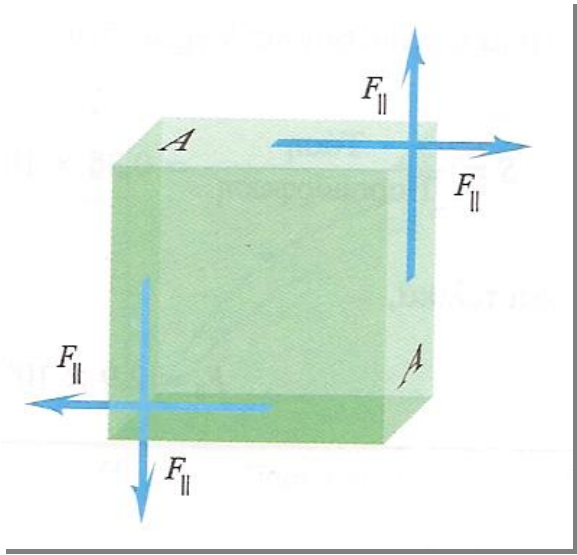
- Για αρκετά μικρή τάση Θλίψης η παραμόρφωση και η τάση είναι ανάλογες μεταξύ τους (Νόμος του Hooke).
- Τότε το αντίστοιχο μέτρο ελαστικότητας Y ονομάζεται **Μέτρο του Young**.

$$Y = \frac{\text{Τάση εφελκυσμού}}{\text{Παραμόρφωση εφελκυσμού}} = \frac{\text{Θλιπτική τάση}}{\text{Θλιπτική παραμόρφωση}},$$

$$Y = \frac{F_{\perp} / A}{\Delta l / l_0} = \frac{l_0}{A} \frac{F_{\perp}}{\Delta l}.$$

$$\sigma = E \epsilon$$

Διατμητική Τάση και Διατμητική Παραμόρφωση

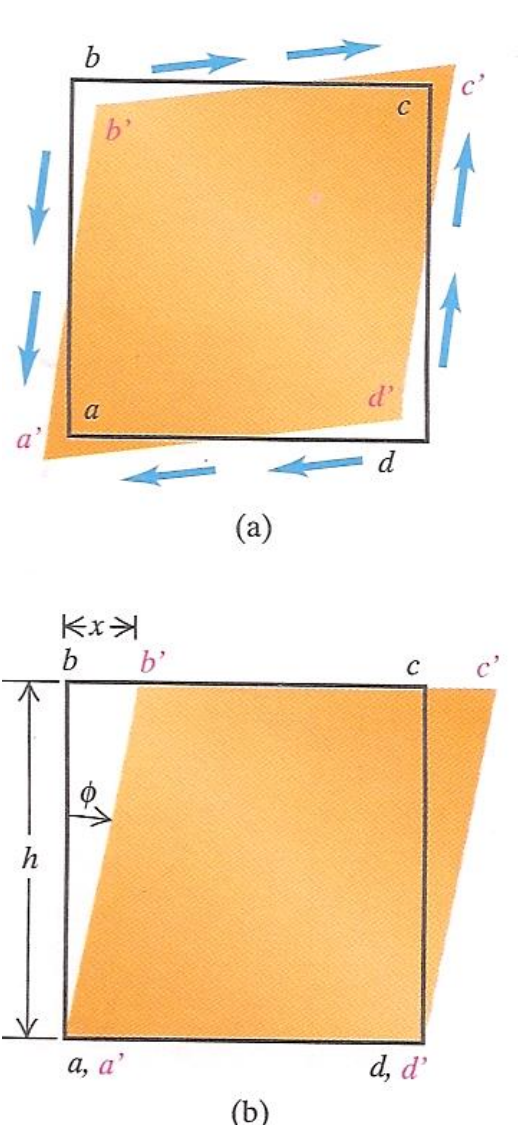


➤ Το σώμα υφίσταται **Διατμητική Τάση**. Η τάση αυτή ορίζεται ως η δύναμη που ασκείται εφαπτομενικά σε κάποια επιφάνεια του σώματος δια του εμβαδού της επιφάνειας.

$$\text{Διατμητική Τάση} = \frac{F_{II}}{A}$$

- Οι διατμητικές ή εφελκυστικές τάσεις μπορούν να εφαρμοστούν μόνο σε **στερεά υλικά** και **όχι** σε υγρά ή αέρια.
- Ένα ρευστό, υγρό ή αέριο, ρέει ελεύθερα όταν επιχειρήσουμε να ασκήσουμε σε αυτό κάποια διατμητική (ή εφελκυστική) τάση επομένως δεν μπορούμε να ορίσουμε τη διατμητική (ή εφελκυστική) τάση σε ένα ρευστό.

Διατμητική Τάση και διατμητική Παραμόρφωση



➤ Το περίγραμμα $abcd$ παριστάνει ένα κυβικό τμήμα ενός στερεού, π.χ μετάλλου, πριν την εφαρμογή της διατμητικής τάσης. Το $a'b'c'd'$ παριστάνει το ίδιο τμήμα μετά την εφαρμογή.

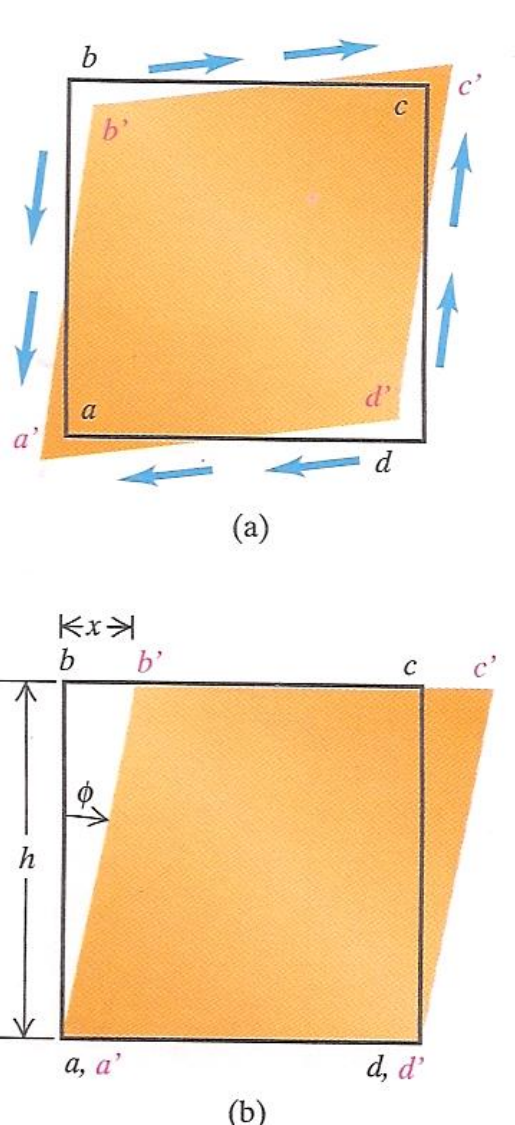
➤ Στο (a) τα κέντρα των δύο τμημάτων συμπίπτουν. Στο (b) το παραμορφωμένο τμήμα έχει μετατοπιστεί ώστε οι πλευρές ad και $a'd'$ να συμπίπτουν.

➤ Οι διατμητικές τάσεις σε πολύ καλή προσέγγιση δεν μεταβάλλουν τα μήκη των πλευρών, όσες διαστάσεις είναι παράλληλες στη διαγώνιο ac αυξάνουν σε μήκος ενώ οι παράλληλες στην bd μειώνονται.

➤ Η διατμητική παραμόρφωση ονομάζεται και **γωνία στρέψης**.

$$\text{Διατμητική παραμόρφωση} = \frac{x}{h} = \tan \varphi \approx \varphi$$

Διατμητική Τάση και διατμητική Παραμόρφωση

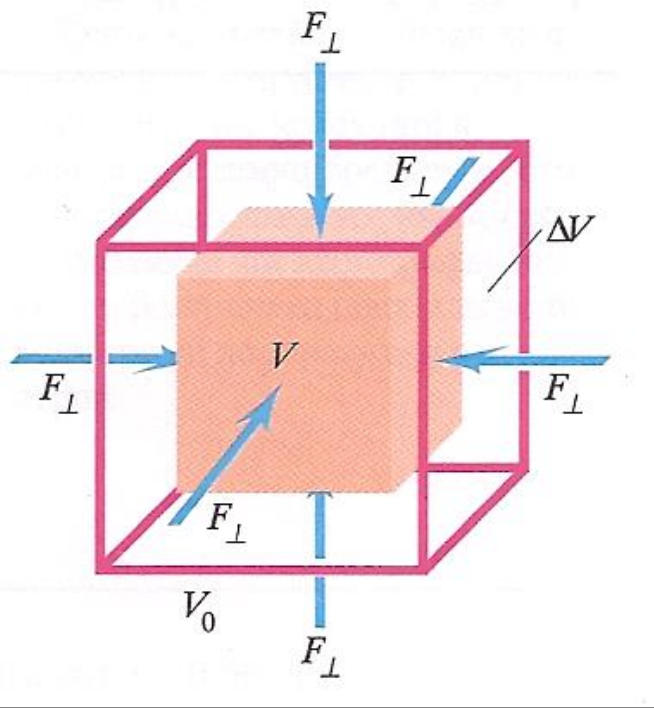


➤ Αν οι δυνάμεις είναι αρκετά μικρές ώστε να ικανοποιείται ο Νόμος του Hooke τότε η διατμητική παραμόρφωση είναι ανάλογη της διατμητικής τάσης και το αντίστοιχο μέτρο ελαστικότητας ονομάζεται **μέτρο διάτμησης G** και δίδεται από την σχέση:

$$S = \frac{\text{Διατμητική τάση}}{\text{Διατμητική παραμόρφωση}} = \frac{\frac{F_{II}}{A}}{\frac{x}{h}} = \frac{h F_{II}}{A x} = \frac{F_{II}}{A \phi}$$

➤ Το μέτρο διάτμησης ονομάζεται και **μέτρο δυσκαμψίας** ή **μέτρο στρέψης**.

Μέτρο ελαστικότητας όγκου και συμπιεστότητα



➤ Μεταβολή του όγκου των σωμάτων όταν εφαρμόζονται δυνάμεις σε όλες τις πλευρές του.

➤ Η Πίεση παίζει τον ρόλο της Τάσης:

$$p = \frac{F_{\perp}}{A}$$

➤ Η αντίστοιχη παραμόρφωση ονομάζεται *ανηγμένη μεταβολή όγκου*.

$$\text{Ανηγμένη μεταβολή ογκου} = \frac{\Delta V}{V_0}$$

➤ Το αντίστροφο του Μέτρου Ελαστικότητας Όγκου ονομάζεται *Συμπιεστότητα k* .

$$k = \frac{1}{B} = -\frac{\Delta V / V_0}{\Delta p} = -\frac{1}{V_0} \frac{\Delta V}{\Delta p}$$

➤ Όταν ισχύει ο Νόμος του Hooke η ανηγμένη μεταβολή όγκου είναι ανάλογη προς την τάση δηλαδή την μεταβολή της πίεσης.

$$\text{μετρο ελαστικοτητας ογκου} = B = -\frac{\Delta p}{\Delta V / V_0}$$

➤ Το αρνητικό πρόσημο δηλώνει ότι η αύξηση της πίεσης συνεπάγεται ελάττωση του όγκου.

➤ Η Συμπιεστότητα δίνει την *ποσοστιαία μεταβολή του όγκου* όταν η πίεση αυξάνει κατά μία μονάδα. Οι μονάδες του είναι αντίστροφες μονάδες πίεσης, δηλαδή επιφάνεια ανά μονάδα δύναμης.

Μέτρα Ελαστικότητας

Υλικό	Μέτρο Young Y (Pa)	Μέτρο διάτμησης S (Pa)	Μέτρο ελαστικότητας όγκου B (Pa)
Αργίλιο	$0,70 \times 10^{11}$	$0,30 \times 10^{11}$	$0,70 \times 10^{11}$
Ορείχαλκος	$0,91 \times 10^{11}$	$0,36 \times 10^{11}$	$0,61 \times 10^{11}$
Χαλκός	$1,1 \times 10^{11}$	$0,42 \times 10^{11}$	$1,4 \times 10^{11}$
Γυαλί	$0,55 \times 10^{11}$	$0,23 \times 10^{11}$	$0,37 \times 10^{11}$
Σίδηρος	$1,9 \times 10^{11}$	$0,70 \times 10^{11}$	$1,0 \times 10^{11}$
Μόλυβδος	$0,16 \times 10^{11}$	$0,056 \times 10^{11}$	$0,077 \times 10^{11}$
Νικέλιο	$2,1 \times 10^{11}$	$0,77 \times 10^{11}$	$2,6 \times 10^{11}$
Χάλυβας	$2,0 \times 10^{11}$	$0,84 \times 10^{11}$	$1,6 \times 10^{11}$
Βολφράμιο	$3,6 \times 10^{11}$	$1,5 \times 10^{11}$	$2,0 \times 10^{11}$

(α)

Εφελκυστική τάση $\sigma = F/A$
συνήθεις μονάδες MPa

Παραμόρφωση

Εφελκυστική παραμόρφωση
 $\epsilon = (L - L_0)/L_0$

Ελαστική παραμόρφωση

Κλίση E
 $\sigma = E \epsilon$
E = Μέτρο του Young

(β)

Διατμητική τάση $\tau = F_s/A$
συνήθεις μονάδες MPa

Διατμητική παραμόρφωση $\gamma = w/L_0$

Κλίση G

Κλίση G
 $\tau = G \gamma$
G = μέτρο Διάτμησης

(γ)

Πίεση p συνήθεις μονάδες MPa

Παραμόρφωση όγκου (διαστολή ή συστολή)
 $\Delta = (V - V_0)/V_0$

Κλίση K

Κλίση K
 $B = \frac{p}{\Delta}$
B = μέτρο Όγκου

Ελαστικότητα και Πλαστικότητα

