

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης  
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών  
Προπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Τμήματος ΗΜΜΥ  
Ακαδ. Έτος 2023-2024

ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΥΛΙΚΩΝ

Διάλεξη 6-Μηχανικές ιδιότητες

1

**Μηχανικές ιδιότητες**

**Βασικές έννοιες -Ορισμοί**

- Τάση-Παραμόρφωση
- Ελαστική παραμόρφωση
  - Μέτρο ελαστικότητας
  - Λόγος Poisson
- Πλαστική παραμόρφωση
- όριο διαρροής  $\sigma_y$
- αντοχή σε εφελκυσμό  $\sigma_{ts}$
- παραμόρφωση θραύσης

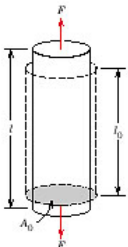
**Στόχος**

- ✓ Ανάπτυξη βασικών εννοιών
- ✓ Παράγοντες που επηρεάζουν τις μηχανικές ιδιότητες των υλικών

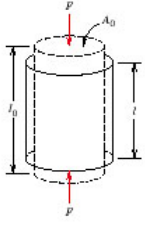
- Ολκιμότητα
- Θραύση
- Σκληρότητα

2

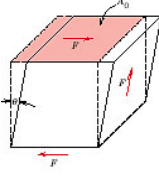
### Τρόποι εφαρμογής φορτίου (δύναμης)



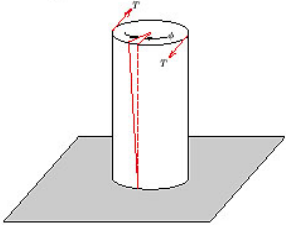
Εφελκυστικό



Θλιπτικό



Διατμητικό



Στρεπτικό

Ένα εφελκυστικό φορτίο παράγει επιμήκυνση  
 Ένα θλιπτικό φορτίο παράγει συστολή

Διατμητική παραμόρφωση  $\gamma = \tan\theta$   
 Στρεπτική παραμόρφωση (γωνία στροφής  $\phi$ )  
 λόγω της εφαρμοζόμενης ροπής

(Οι διακεκομμένες γραμμές αναπαριστούν το αρχικό σχήμα και οι συνεχείς μετά την παραμόρφωση).

3

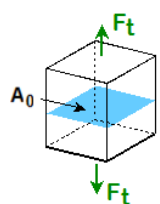
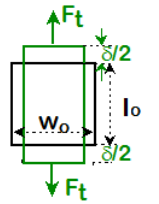
### Τάση-Παραμόρφωση (ορισμοί)

Για τη σύγκριση δειγμάτων, το φορτίο υπολογίζεται στη μονάδα επιφάνειας

**Εφελκυστική Τάση - Θλιπτική Τάση**

**Τάση:**  $\sigma = F/A_0$  (N/m<sup>2</sup>, lb/in<sup>2</sup>)  
 F: φορτίο, A<sub>0</sub>: αρχική επιφάνεια  
 A<sub>0</sub> κάθετη στην F πριν την εφαρμογή φορτίου

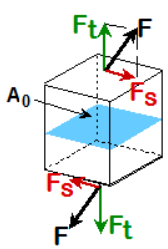
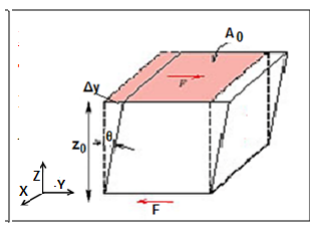
**Εφελκυστική παραμόρφωση:**  $\epsilon = \Delta l/l_0$  (×100 %)  
 Δl: αλλαγή μήκους, l<sub>0</sub>: αρχικό μήκος

**Διατμητική τάση**

**Διατμητική τάση:**  $\tau = F_s/A_0$  (N/m<sup>2</sup>, lb/in<sup>2</sup>)  
 F εφαρμόζεται παράλληλα στην πάνω και κάτω έδρα, αρχικού εμβαδού A<sub>0</sub>.

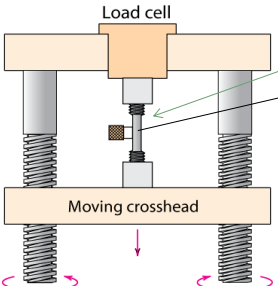
**Διατμητική παραμόρφωση:**  $\gamma = \tan\theta = \Delta y / z_0$  (×100%)  
 θ: Γωνία διάτμησης

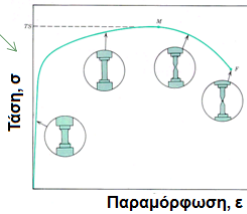
4

**Δοκιμές σε εφελκυσμό – Δοκιμές σε Διάτμηση**

Ο προσδιορισμός βασικών μηχανικών χαρακτηριστικών γίνεται με πειράματα δοκιμής εφελκυσμού όπου καταγράφεται το φορτίο (F) σε συνάρτηση με την επιμήκυνση (ε), οπότε προκύπτει η καμπύλη τάσης – παραμόρφωσης, σ-ε.

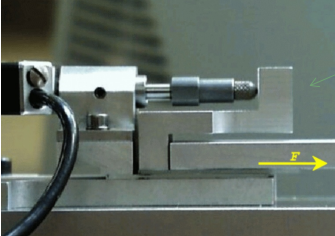


**Δοκιμή σε εφελκυσμό**

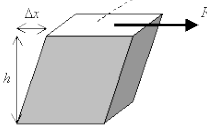


Τάση, σ

Παραμόρφωση, ε



**Δοκιμή σε Διάτμηση**

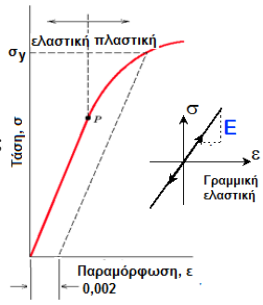


5

**Ελαστική παραμόρφωση**

- Ελαστική παραμόρφωση: Αντιστρεπτή για μικρές παραμορφώσεις  
Αναίρεση φορτίου → επιστροφή υλικού στις αρχικές διαστάσεις
- Πλαστική παραμόρφωση: Μη αντιστρεπτή  
Αναίρεση φορτίου → Μη επιστροφή υλικού στις αρχικές διαστάσεις

**Εφελκυστική παραμόρφωση:**  
E = Μέτρο ελαστικότητας ή μέτρο του Young (N/m<sup>2</sup> ή Pa)  
**Νόμος του Hooke:  $\sigma = E \epsilon$**   
Μεγαλύτερο E → Υλικό δύσκαμπτο  
E (μετάλλων) > E (πολυμερών)



ελαστική πλαστική

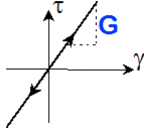
Τάση, σ

Παραμόρφωση, ε

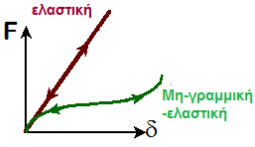
0,002

Γραμμική ελαστική

- Ελαστική Διάτμηση:  $\tau = G \gamma$   
G = Μέτρο διάτμησης (ίδιες μονάδες όπως η τάση σ, N/m<sup>2</sup> ή Pa)



Γραμμική ελαστική



F

δ

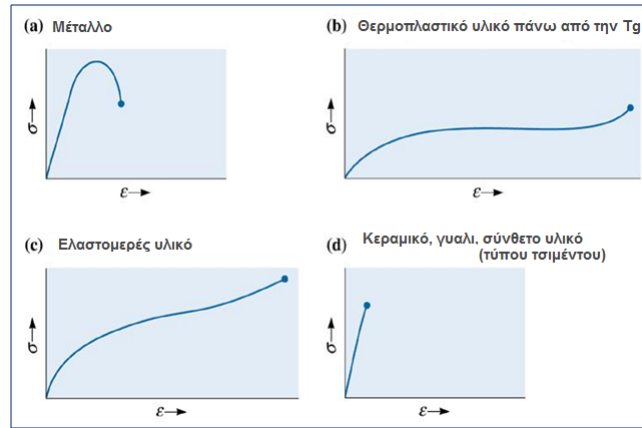
Μη-γραμμική -ελαστική

Για ισότροπα υλικά  $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$

Μη γραμμική ελαστική παραμόρφωση υφίσταται σε μερικά υλικά (πολλά πολυμερή, σύνθετα...) αλλά είναι αντιστρεπτή

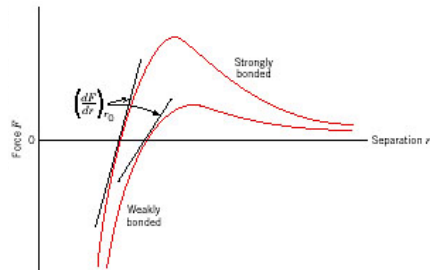
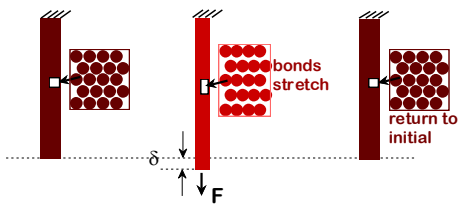
6

**Καμπύλες ελαστικής εφελκυστικής παραμόρφωσης – τάσης,  $\sigma$  -  $\epsilon$**   
 για διαφορετικούς τύπους υλικών (ποιοτικές)  
 (Παραμορφώσεις ανεξάρτητες του χρόνου-Στιγμαίεες παραμορφώσεις)

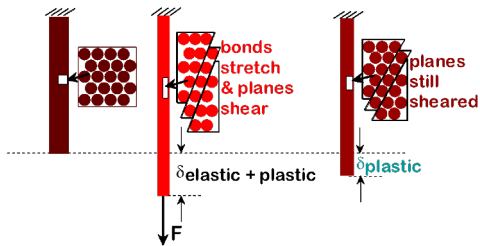


7

**Ελαστική παραμόρφωση σε Ατομική κλίμακα**



**Πλαστική παραμόρφωση σε Ατομική κλίμακα**



8

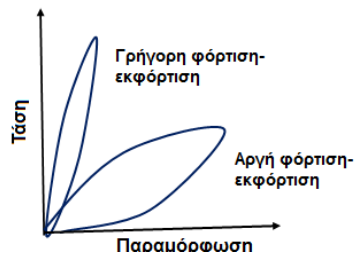
**Ανελαστικά υλικά-Ανελαστικότητα (χρονικά εξαρτώμενες)**

**Ανελαστική παραμόρφωση** : διαρκεί κάποιο χρόνο, μπορεί να συνεχίζεται ακόμη και μετά την αναίρεση του φορτίου

Ανελαίσθητες στα μέταλλα, σε μερικά πλαστικά πολύ μεγάλες

Οι «διαδρομές» φόρτισης και αποφόρτισης δεν συμπίπτουν με αποτέλεσμα να εμφανίζεται στην καμπύλη σ-ε ένας βρόγχος υστέρησης μεταξύ φόρτισης και αποφόρτισης.

Το εμβαδόν του βρόγχου ταυτίζεται με την ενέργεια ανά μονάδα όγκου που εκλύεται από το σύστημα υπό μορφή θερμότητας.



9

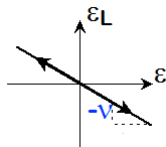
**Ελαστική παραμόρφωση-Λόγος Poisson**

Εφελκυσμός → πλευρική συρρίκνωση

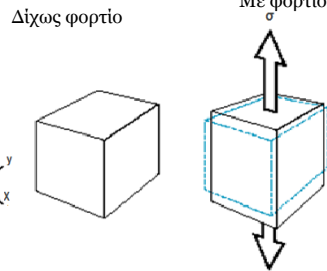
Θλίψη → πλευρική επέκταση

Λόγος του Poisson ν : Λόγος της πλευρικής παραμόρφωσης προς την αξονική παραμόρφωση

$$\nu = -\frac{\epsilon_x}{\epsilon_z} = -\frac{\epsilon_y}{\epsilon_z}$$



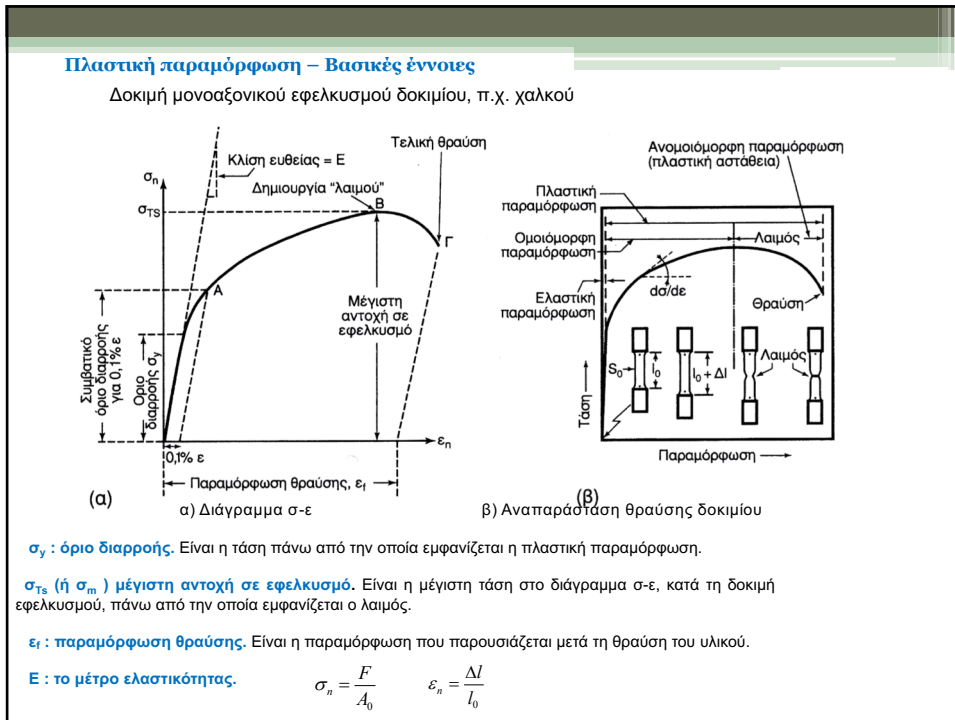
Πρόσημο: πλευρική παραμόρφωση αντίθετη με την διαμήκη παραμόρφωση



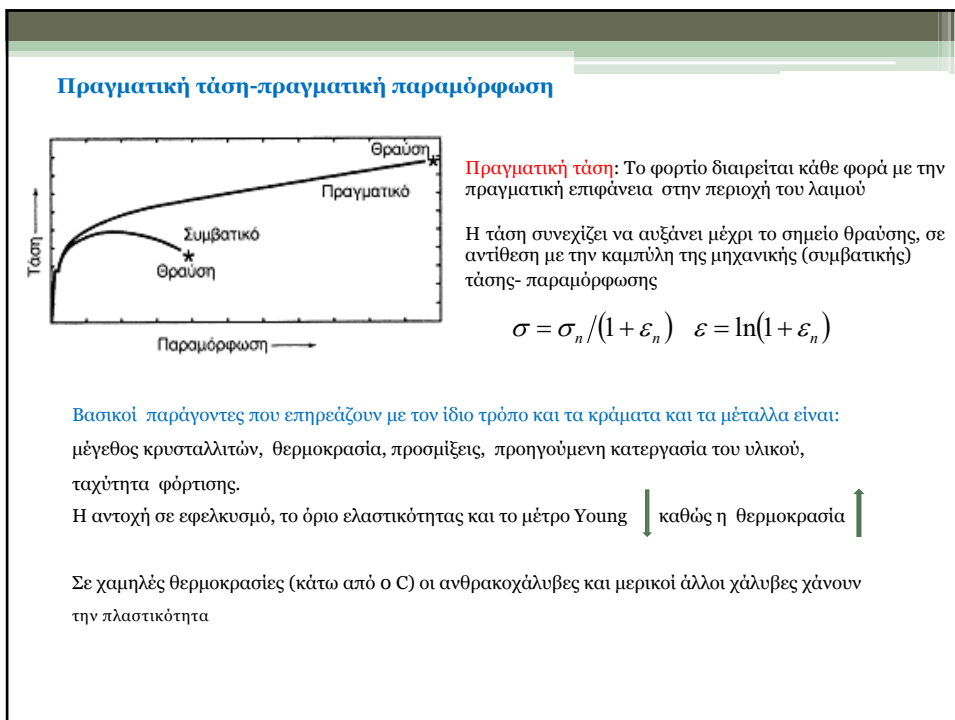
- τιμή για ισότροπα υλικά (πολυκρυσταλλικά):  
 μέταλλα ν ~ 0.33  
 κεραμικά: ~0.2  
 πολυμερή: ~0.40  
 Μέγιστη τιμή ν = 0.50

Ανισότροπα υλικά: Τα μεγέθη E, ν εξαρτώνται από την κρυσταλλική διεύθυνση, π.χ. μονοκρυσταλλικά

10



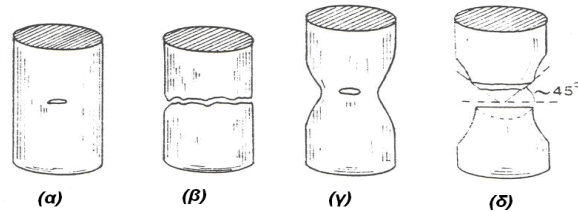
11



12

### Θραύση

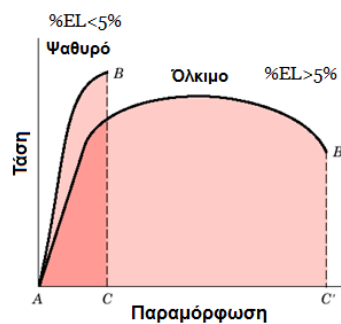
Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες: **ψαθυρή θραύση** και **πλαστική θραύση**



Στην ψαθυρή, (α) και (β), η θραύση εμφανίζεται χωρίς προηγούμενη πλαστική παραμόρφωση  
 Στην πλαστική (γ) προηγείται ο σχηματισμός μιας στένωσης, ύστερα από πλαστική παραμόρφωση  
 και ακολουθεί η θραύση, (δ) σχηματίζοντας έναν κώνο στο ένα από το δύο κομμάτια, με γενέτιρες  
 σε 45 μοίρες με τη διατομή.

13

### Εφελκυστικές ιδιότητες-Ολκιμότητα



Ολκιμότητα → Μέτρο πλαστικής παραμόρφωσης στη θραύση

$$\% \text{ Επμήκυνση } \quad \%EL = \left( \frac{l_f - l_0}{l_0} \right) \times 100$$

$$\% \text{ Μείωση επιφάνειας } \quad \%RA = \left( \frac{A_0 - A_f}{A_0} \right) \times 100$$

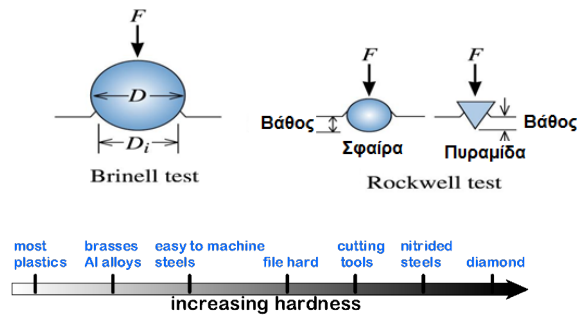
14

## Σκληρότητα

Μετράει την αντίσταση που προβάλλει ένα υλικό στη προσπάθεια τοπικής παραμόρφωσης της επιφάνειάς του

· Η δύναμη  $F$  που εξασκείται από ένα γνωστό βάρος (1-1000g) μεταφέρεται κατάλληλα σε μία διάταξη που καταλήγει σε μια αιχμή (εντυπωτής) που με τη σειρά της πιέζει την επιφάνεια του δείγματος δημιουργώντας μια κοιλότητα

Διάφοροι τρόποι ελέγχου σκληρότητας: Brinell, Rockwell, Vickers →  
 Διάφοροι τρόποι μέτρηση της κοιλότητας: διαμέτρου ή του βάθους



15



ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ  
 ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ

16