



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Υλικά

Ενότητα 5: Απόκλιση από την γραμμική ελαστικότητα - πραγματικά και ονομαστικά μεγέθη

*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



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



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

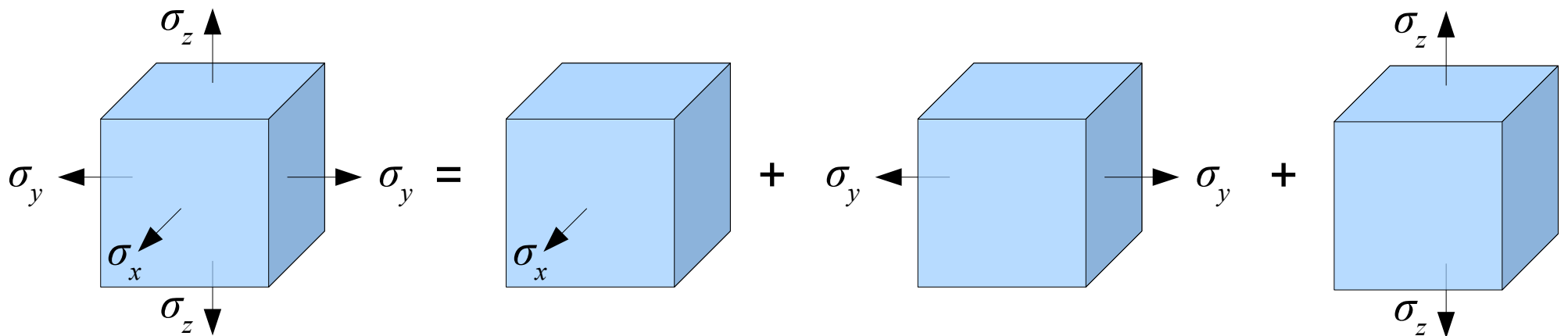
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Αρχή της επαλληλίας

το αποτέλεσμα μιας σύνθετης καταπόνησης (εντατικής κατάστασης) είναι το άθροισμα των αποτελεσμάτων από κάθε απλή εντατική κατάσταση χωριστά



$$\sigma_x: \quad \underline{\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E}}$$

$$\varepsilon_y = -\nu \varepsilon_x = -\nu \frac{\sigma_x}{E}$$

$$\varepsilon_z = -\nu \varepsilon_x = -\nu \frac{\sigma_x}{E}$$

$$\sigma_y: \quad \varepsilon_y = \frac{\sigma_y}{E}$$

$$\varepsilon_z = -\nu \varepsilon_y = -\nu \frac{\sigma_y}{E}$$

$$\underline{\varepsilon_x = -\nu \varepsilon_y = -\nu \frac{\sigma_y}{E}}$$

$$\sigma_z: \quad \varepsilon_z = \frac{\sigma_z}{E}$$

$$\varepsilon_x = -\nu \varepsilon_z = -\nu \frac{\sigma_z}{E}$$

$$\underline{\varepsilon_y = -\nu \varepsilon_z = -\nu \frac{\sigma_z}{E}}$$

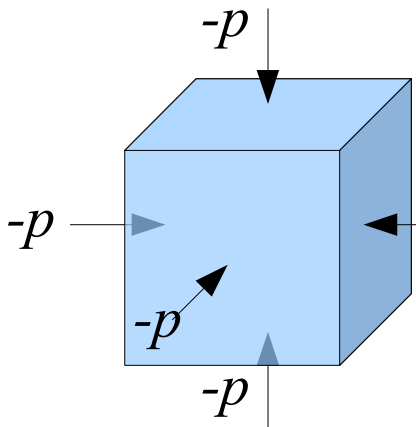
$$\varepsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} - \frac{\nu \sigma_y}{E} - \frac{\nu \sigma_z}{E}$$

$$\varepsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} - \frac{\nu \sigma_z}{E} - \frac{\nu \sigma_x}{E}$$

$$\varepsilon_z = \frac{\sigma_z}{E} - \frac{\nu \sigma_x}{E} - \frac{\nu \sigma_y}{E}$$

Αρχή της επαλληλίας : σχέση μεταξύ μέτρων ελαστικότητας

ένα παράδειγμα σύνθετης εντατικής κατάστασης είναι η υδροστατική πίεση



$$\varepsilon_x = -\frac{p}{E} + \frac{\nu p}{E} + \frac{\nu p}{E} = -\frac{p}{E}(1 - 2\nu)$$

$$\varepsilon_y = -\frac{p}{E}(1 - 2\nu) \quad \varepsilon_z = -\frac{p}{E}(1 - 2\nu)$$

$$K = -\frac{dp}{\left(\frac{dV}{V}\right)} \approx -\frac{p}{\left(\frac{\Delta V}{V}\right)}$$

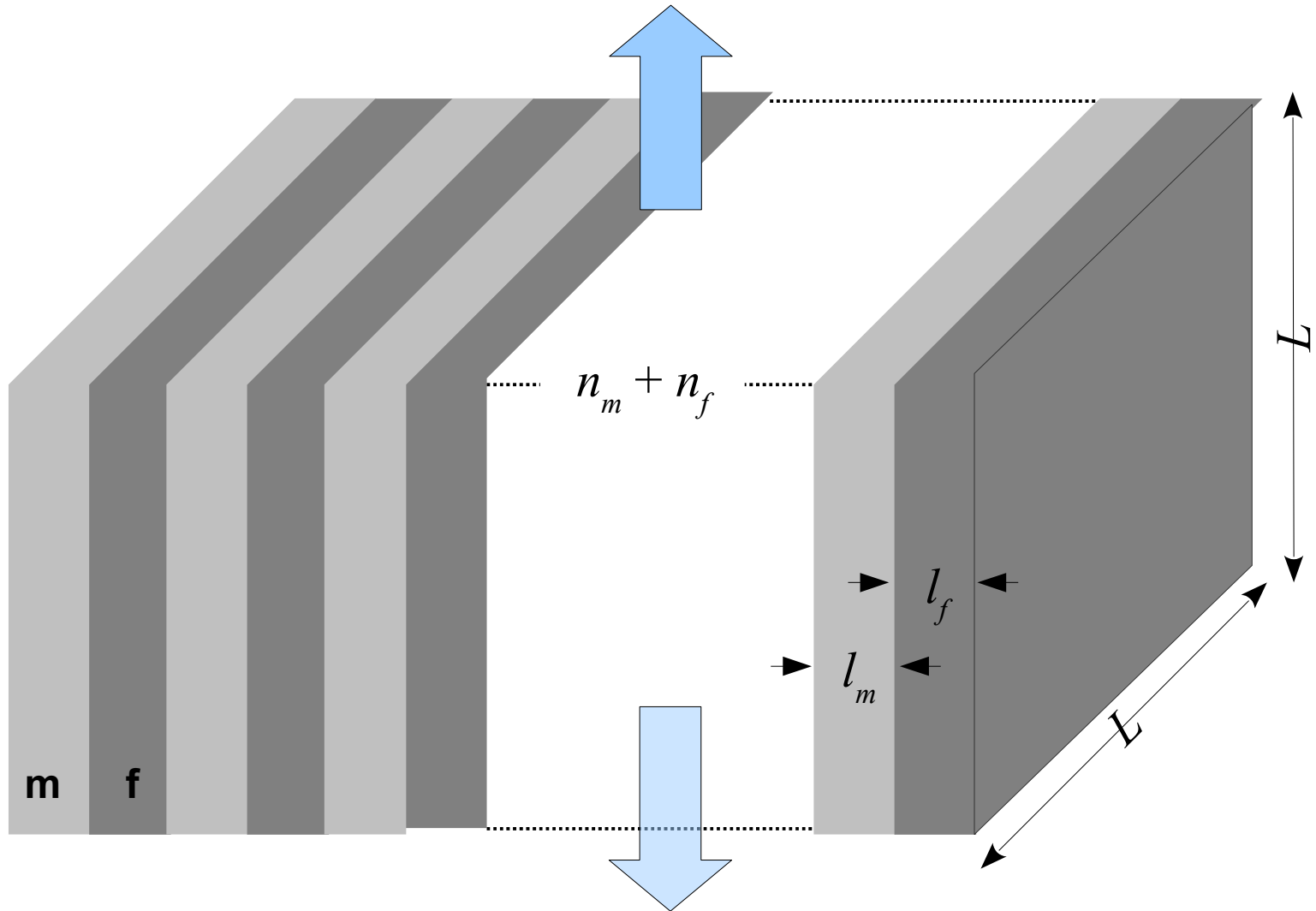
$$\begin{aligned} &\approx \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z \\ &= \frac{-3p}{E}(1 - 2\nu) \\ K &= \frac{p}{\frac{3p(1 - 2\nu)}{E}} \\ &= \frac{E}{3(1 - 2\nu)} \end{aligned}$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{V_{\text{τελικός}}}{V_{\text{τελικός}}} - 1 = \frac{(l_x + \Delta l_x)(l_y + \Delta l_y)(l_z + \Delta l_z)}{l_x l_y l_z} - 1$$

$$= \frac{l_x(1 + \varepsilon_x)l_y(1 + \varepsilon_y)l_z(1 + \varepsilon_z)}{l_x l_y l_z} - 1$$

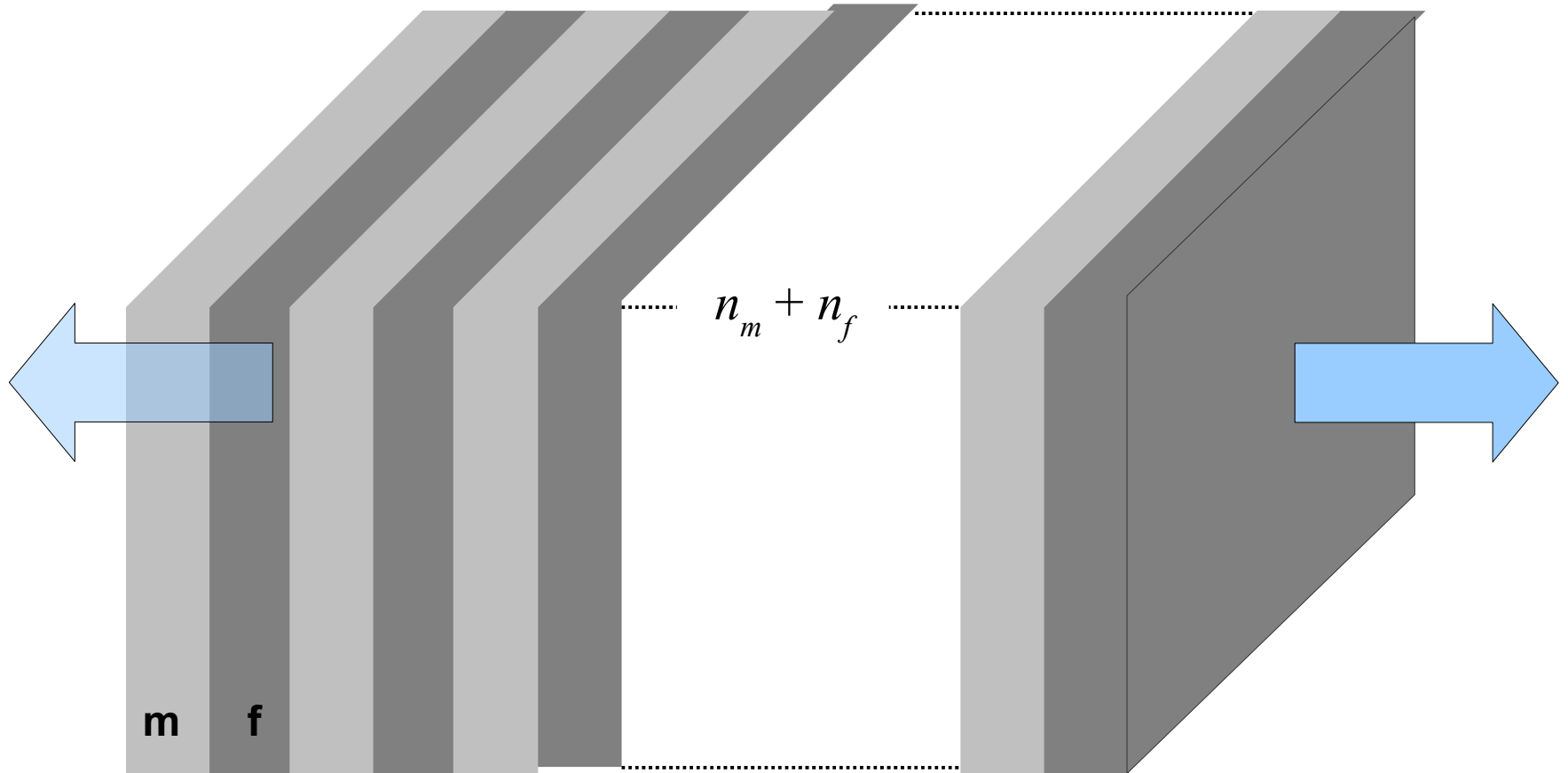
$$= 1 + \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z + \varepsilon_x \varepsilon_y + \varepsilon_y \varepsilon_z + \varepsilon_z \varepsilon_x + \varepsilon_x \varepsilon_y \varepsilon_z - 1$$

Εντατική κατάσταση ίσης παραμόρφωσης



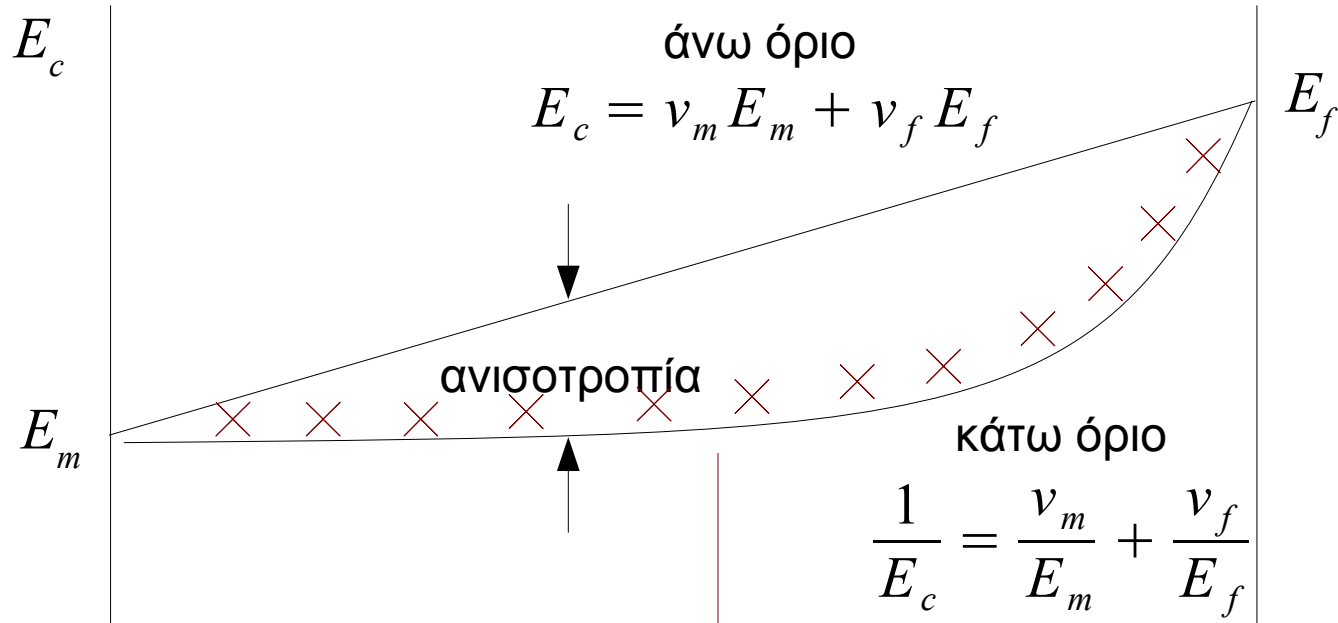
$$F = \sum_{i=1}^{n_m} F_i + \sum_{i=1}^{n_f} F_j \Rightarrow \frac{F}{(n_m l_m + n_f l_f) L} = \frac{\sum_{i=1}^{n_m} F_i + \sum_{i=1}^{n_f} F_j}{(n_m l_m + n_f l_f) L} \dots \Rightarrow E_c = v_m E_m + v_f E_f$$

Εντατική κατάσταση ίσης τάσης

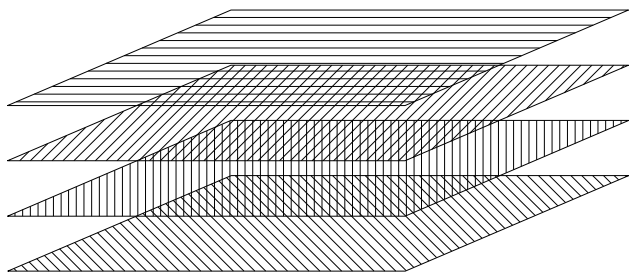


$$\Delta l_c = \sum_{i=1}^{n_m} \Delta l_i + \sum_{i=1}^{n_f} \Delta l_j \Rightarrow \frac{\Delta l_c}{(n_m l_m + n_f l_f)} = \frac{\sum_{i=1}^{n_m} \Delta l_i + \sum_{i=1}^{n_f} \Delta l_j}{(n_m l_m + n_f l_f)} \dots \Rightarrow \frac{1}{E_c} = \frac{\nu_m}{E_m} + \frac{\nu_f}{E_f}$$

Όρια ακαμψίας σύνθετων



στρώσεις $0^\circ/45^\circ/90^\circ/135^\circ$



εξομάλυνση ανισοτροπίας
στο επίπεδο

τιμές για σύνθετα διασποράς