

ΜΙΧΑΗΛ Π. ΜΙΧΑΗΛ

ΣΕΙΡΑ ΑΣΕΠ

# ΦΥΣΙΚΗ

ΓΝΩΣΤΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ  
ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΠΕ04

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ & ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ  
ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΜΕ ΠΛΗΡΕΙΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ

- ΜΗΧΑΝΙΚΗ
- ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΡΕΥΣΤΩΝ
- ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ
- ΟΠΤΙΚΗ
- ΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΑ
- ΚΒΑΝΤΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ
- ΑΤΟΜΙΚΗ
- ΠΥΡΗΝΙΚΗ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2006

**Τίτλος βιβλίου:** Φυσική - Γνωστικό αντικείμενο φυσικών κατηγορία ΠΕ04

**Συγγραφέας:** Μιχαήλ Π. Μιχαήλ

**Copyright:** ©  **ΑΝΙΚΟΥΛΑ**  
Θεσσαλονίκη 2006

**ISBN:** 960-87293-3-5

**Εκδόσεις**

  
**ΑΝΙΚΟΥΛΑ**  
ΒΙΒΛΙΑ • ΕΚΔΟΣΕΙΣ

**Κεντρική Διάθεση:**

Δημητρίου Γούναρη 44,  
Τηλ.: 2310-235297, Fax: 2310-265126, Θεσσαλονίκη  
Εγνατία 148, Τηλ: 2310-239537, 54621 Θεσσαλονίκη  
Εγνατία 156, Τηλ: 2310-861917, εντός Πανεπιστημίου  
Μακεδονίας, Θεσ/νίκη  
e-mail: anikoula@otenet.gr

Απαγορεύεται η αναδημοσίευση ή αναπαραγωγή του παρόντος έργου στο σύνολό του ή τμημάτων του με οποιονδήποτε τρόπο, καθώς και η μετάφραση ή διασκευή του ή εκμετάλλευσή του με οποιονδήποτε τρόπο αναπαραγωγής έργου λόγου ή τέχνης, σύμφωνα με τις διατάξεις του ν.2121/1993 και της Διεθνούς Σύμβασης Βέρνης Παρισιού, που κυρώθηκε με το ν. 100/1975. Επίσης απαγορεύεται η αναπαραγωγή της στοιχειοθεσίας, σελιδοποίησης, εξωφύλλου και γενικότερα της όλης αισθητικής εμφάνισης του βιβλίου, με φωτοτυπικές, ηλεκτρονικές ή οποιεσδήποτε άλλες μεθόδους, σύμφωνα με το άρθρο 51 του ν. 2121/1993.

*Το βιβλίο αφιερώνεται  
στη γυναίκα μου Μαρίνα  
και στα παιδιά μου Ελένη και Πελοπίδα.*



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

<b>1. ΜΗΧΑΝΙΚΗ</b>	
1.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ	1
1.2 ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ	9
<b>2. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ</b>	
2.1 ΡΕΥΣΤΑ ΣΕ ΚΙΝΗΣΗ	13
2.2 ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΞΙΣΩΣΗ ΒΕΡΝΟΥΛΛΙ	17
2.3 ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΡΕΥΣΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΤΡΙΒΗ- ΞΕΩΔΕΣ ΝΟΜΟΣ POISEUILLE	28
<b>3. ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ</b>	
3.1 ΕΙΔΗ ΚΥΜΑΤΩΝ	33
3.2 ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑΣ Ή ΥΠΕΡΘΕΣΗΣ ΚΥΜΑΤΩΝ	36
3.3 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΥΜΑΤΟΣ ΣΕ ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟ ΜΕΣΟ	37
3.4 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ	40
3.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΕΝΤΑΣΗ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ	43
3.6 ΣΤΑΣΙΜΑ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΚΥΜΑΤΑ	51
3.7 ΣΤΑΣΙΜΑ ΚΥΜΑΤΑ ΣΕ ΗΧΗΤΙΚΟΥΣ ΣΩΛΗΝΕΣ	56
3.8 Η ΚΛΙΜΑΚΑ DECIBEL	61
3.9 ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΗΧΟΥ	65
3.10 ΑΡΧΗ ΤΟΥ HUYGENS	66
3.11 ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ	69
<b>4. ΟΠΤΙΚΗ</b>	
4.1 Η ΑΡΧΗ ΤΟΥ FERMAT	89
4.2 ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΙ ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ ΦΑΚΟΙ	91
4.3 ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑ ΤΟΥ YOUNG	142
4.4 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΕΝΤΑΣΗΣ ΣΕ ΕΙΚΟΝΕΣ ΣΥΜΒΟΛΗΣ	146
<b>5. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΟΤΗΤΑΣ</b>	
5.1 ΣΥΣΤΟΛΗ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ	153
5.2 ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ	154
5.3 ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΤΟΥ LORENTZ	154
5.4 ΣΧΕΤΙΚΙΣΤΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ DOPPLER	158

5.5 ΣΧΕΤΙΚΙΣΤΙΚΗ ΟΡΜΗ	158
5.6 ΣΧΕΤΙΚΙΣΤΙΚΟ ΕΡΓΟ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	160
5.7 ΑΝΑΛΛΟΙΟΤΗΤΑ	162
<b>6. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΒΑΝΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ</b>	
6.1 ΦΩΤΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ	175
6.2 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ COMPTON	185
6.3 ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΜΕΛΑΝΟΣ ΣΩΜΑΤΟΣ	191
6.4 ΚΥΜΑΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ (LOUIS DE BROGLIE)	197
6.5 Η ΕΞΙΣΩΣΗ ΤΟΥ SCHRÖDINGER	203
6.6 ΠΗΓΑΔΙΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ	210
6.7 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΣΗΡΑΓΓΑΣ	217
6.8 ΚΒΑΝΤΙΚΟΣ ΑΡΜΟΝΙΚΟΣ ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ	219
<b>7. ΑΤΟΜΙΚΗ ΜΟΡΙΑΚΗ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΗΣ ΥΛΗΣ</b>	
7.1 ΤΟ ΑΤΟΜΟ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ	223
7.2 ΚΥΜΑΤΟΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΑΤΟΜΟ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ	224
7.3 ΚΒΑΝΤΙΚΟΙ ΑΡΙΘΜΟΙ	228
7.4 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ZEEMAN	231
7.5 ΤΟ SPIN ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΟΥ	236
7.6 ΑΚΤΙΝΕΣ Χ	255
7.7 ΘΕΩΡΙΑ ΕΛΕΥΘΕΡΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ ΣΤΑ ΜΕΤΑΛΛΑ	257
7.8 ΘΕΩΡΙΑΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΖΩΝΩΝ ΣΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	265
7.9 LASERS	278
<b>8. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ</b>	
8.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΤΟΥ ΠΥΡΗΝΑ	285
8.2 ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΣΤΡΟΦΟΡΜΗ	287
8.3 ΣΥΖΕΥΞΗ ΣΠΙΝ - ΤΡΟΧΙΑΚΗΣ ΣΤΡΟΦΟΡΜΗΣ	289
8.4 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ ΠΥΡΗΝΑ	290
8.5 ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΣΤΡΟΦΟΡΜΗ ΕΝΟΣ ΠΥΡΗΝΑ	292
8.6 ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΡΟΠΗ ΤΟΥ ΠΥΡΗΝΑ	297
8.7 ΕΛΛΕΙΜΜΑ ΜΑΖΑΣ - ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ - ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ / ΝΟΥΚΛΕΟΝΙΟ- ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ	301
8.8 ΠΥΡΗΝΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ	311
8.9 ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ	313
8.10 ΠΥΡΗΝΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ	329

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

---

Ως υποψήφιος του διαγωνισμού του ΑΣΕΠ για τους εκπαιδευτικούς, μπήκα και εγώ στη δοκιμασία αυτών των «πρωτότυπων» Πανελλαδικών εξετάσεων.

Επειδή για χρόνια υπήρξα φροντιστής, η ενασχόλησή μου με την ύλη της Φυσικής του Γυμνασίου και του Λυκείου υπήρξε συνεχής και στενή. Θεώρησα λοιπόν καλή ιδέα να επιχειρήσω να καταγράψω όλα εκείνα τα επιπλέον κομμάτια της ύλης, που διέκρινα ότι δεν διδάσκονται στο Σχολείο. Το βιβλίο γράφτηκε στοχεύοντας σ' αυτό.

Αποτελεί, έτσι, μια συγκεντρωμένη κατάθεση της επιπλέον γνώσης στα συγκεκριμένα θέματα Φυσικής που αναφέρονται στα περιεχόμενα και που είναι απαραίτητα για το διαγωνισμό του ΑΣΕΠ.

Ελπίζω, ειλικρινά, η θεωρία καθώς και οι ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής που πραγματεύεται το βιβλίο να βοηθήσουν όλους τους συναδέλφους Φυσικούς να πετύχουν στην προσπάθειά τους.

Μιχαήλ Π. Μιχαήλ  
Φυσικός





# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΜΗΧΑΝΙΚΗ

---

- Στοιχεία ελαστικότητας των στερεών
- Ταλαντώσεις, Φυσικό - Στροφικό εκκρεμές

### §1.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ

#### A. Τάση εφελκυσμού και παραμόρφωση στερεών

✓ Γενικά για μικρές τιμές τάσης και παραμόρφωσης, αποδεικνύεται ότι η παραμόρφωση ενός στερεού είναι **ανάλογη** της τάσης που εξασκούμε σ' αυτό. Δηλαδή:

**Παραμόρφωση  $\propto$  Τάσης.**

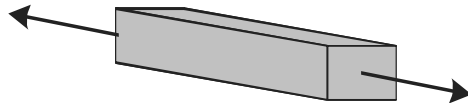
✓ Ο συντελεστής αναλογίας ονομάζεται μέτρο ελαστικότητας του στερεού. Έτσι όσο πιο δυνατά τεντώνουμε κάτι, τόσο περισσότερο επιμηκύνεται και το αντίθετο, ακόμη όσο πιο πολύ το συμπιέζουμε τόσο συστέλλεται. Έτσι έχουμε:

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

(Που αποτελεί υπό προϋποθέσεις το νόμο του Hooke )

#### α) Τάση:

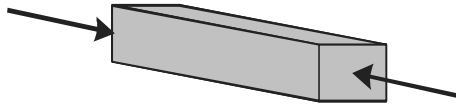
Έστω ότι στο δοκό του σχήματος εξασκούμε στις δυο πλάγιες έδρες του εμβαδού  $A$  δύναμη  $F_{\perp}$  που κατανέμεται ο-



μοιόμορφα. Τότε ο λόγος της δύναμης  $F_{\perp}$  που ασκείται κάθετα στην έδρα εμβαδού  $A$  προς το εμβαδό  $A$ , ονομάζεται τάση εφελκυσμού ( $T$ )

$$\text{Τάση εφελκυσμού} = \frac{F_{\perp}}{A} \quad \text{ή} \quad T = \frac{F_{\perp}}{A} \quad (\text{S. I } 1 \text{ Pascal} = 1 \text{Pa} = 1 \text{ N/m}^2)$$

✓ Αν οι δυνάμεις τείνουν να συνθλίψουν τη δοκό λέμε ότι έχουμε τάση συμπίεσης ή θλίψης.



**β) Παραμόρφωση:**

Αν μια δοκός έχει αρχικό μήκος  $\ell_0$  τότε η ποσοστιαία μεταβολή του μήκους της  $\frac{\Delta \ell}{\ell_0} = \frac{\ell - \ell_0}{\ell_0}$  ονομάζεται παραμόρφωση εφελκυσμού, όταν ασκείται τάση εφελκυσμού. Άρα

$$\text{παραμόρφωση εφελκυσμού} = \frac{\ell - \ell_0}{\ell_0} = \frac{\Delta \ell}{\ell_0} \text{ (καθαρός αριθμός)}$$

Η επιμήκυνση  $\Delta \ell$ , θα πρέπει να θεωρήσουμε ότι κατανέμεται σ' όλη τη ράβδο και όχι μόνο στα άκρα της.

Παρόμοια ορίζεται και η θλιπτική παραμόρφωση μόνο που τότε είναι  $\Delta \ell < 0$ .

Για μικρές τιμές τάσης εφελκυσμού ή θλίψης η παραμόρφωση είναι ανάλογη της τάσης (Νόμος Hooke)

Τότε το αντίστοιχο μέτρο ελαστικότητας ονομάζεται μέτρο του Young ( $Y$ ) Έτσι

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

$$Y = \frac{\frac{F_{\perp}}{A}}{\frac{\Delta \ell}{\ell_0}} \Rightarrow Y = \frac{F_{\perp} \ell_0}{A \Delta \ell}$$

## ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

1. Το όριο θραύσης ενός υλικού είναι  $T = \frac{10^7}{2\pi}$  Pa. Ένα σύρμα κυκλικής διατομής από το υλικό αυτό υπόκειται σε δύναμη εφελκυσμού  $F_1 = 500$  N χωρίς να θραυστεί. Η ελάχιστη διάμετρος του σύρματος είναι:
- α)  $10^{-2}$  m
  - β)  $10^{-6}$  m
  - γ)  $10^{-3}$  m
  - δ)  $2 \cdot 10^{-2}$  m

**Απάντηση:**

$$\text{Ισχύει } T = \frac{F_{\perp}}{A} \Rightarrow A = \frac{F_{\perp}}{A} = \frac{500}{10^7} \cdot 2\pi = 10^3 \pi \cdot 10^{-7} = 10^{-4} \pi \text{ m}^2.$$

$$\text{Όμως } A = \pi R^2 \Rightarrow 10^{-4} \pi = \pi R^2 \Rightarrow R = 10^{-2} \text{ m ή } 1 \text{ cm.}$$

$$\text{Άρα } \delta = 2R = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m.}$$

2. Ένας ανελκυστήρας έχει  $m = 600$  kg και κρέμεται από συρματόσχοινο μήκους  $\ell_0 = 3$  m και διατομής  $A = 0,2$  cm<sup>2</sup>. Αν η επιμήκυνση του συρματόσχοινου εξαιτίας του φορτίου είναι  $\Delta \ell = 0,2$  cm =  $2 \cdot 10^{-3}$  m

i) Τότε η τάση είναι:

A)  $2 \cdot 10^8$  Pa

**B)  $3 \cdot 10^8$  Pa**

Γ)  $3 \cdot 10^8$  N

Δ)  $3 \cdot 10^8$

**Απάντηση:**

$$\text{Ισχύει } T = \frac{F_{\perp}}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{6000}{2 \cdot 10^{-5}} = 3 \cdot 10^8 \text{ Pa.}$$

ii) Τότε η παραμόρφωση του συρματόσχοινου είναι:

A)  $10^{-3}$  m

B)  $\frac{2}{3} \cdot 10^{-3}$  m

Γ)  $\frac{2}{3} \cdot 10^{-3}$

Δ)  $2 \cdot 10^{-3}$  m

**Απάντηση:**

Ισχύει Παραμόρφωση =  $\frac{\Delta \ell}{\ell_0} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{3}$  και είναι καθαρός αριθμός (αδιάστατο μέγεθος)

iii) Τότε το μέτρο Young είναι:

A)  $4,5 \cdot 10^{11}$  Pa

B)  $3 \cdot 10^8$  Pa

Γ)  $3 \cdot 10^8$  N

Δ)  $4,5 \cdot 10^{11}$  N

**Απάντηση:**

Ισχύει  $Y = \frac{\text{Τάση}}{\text{Παραμόρφωση}} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 3}{2 \cdot 10^{-3}} = 4,5 \cdot 10^{11}$  Pa

Επειδή η παραμόρφωση είναι καθαρός αριθμός το μέτρο Young, έχει και αυτό τις τιμές της τάσης δηλαδή N /m<sup>2</sup> ή Pa.

\* Όσο πιο μεγάλη η σταθερά του Y τόσο πιο δύσκολα επιμηκύνεται ή συμπιέζεται η ράβδος, το σύρμα κ. λ.π

\* Όταν ένα σύρμα τεντώνεται ή συνθλίβεται τότε μεταβάλλεται και το πλάτος του (η διάμετρος). Η εκατοστιαία μεταβολή του πλάτους του είναι  $\frac{\Delta w}{w_0}$  όπου  $w_0$  είναι η αρχική διάμετρος του σύρματος

Ισχύει  $\frac{\Delta w}{w_0} = -\sigma \frac{\Delta \ell}{\ell_0}$  όπου η σταθερά  $\sigma$  ονομάζεται λόγος του Πουασόν (Poisson) και είναι διαφορετική για κάθε υλικό και για συνήθη υλικά έχει τιμές  $0,1 \leq \sigma \leq 0,4$ .

### B. Ισοτροπική τάση και παραμόρφωση

✓ Όταν ένα στερεό σώμα βυθίζεται σ' ένα ρευστό τότε η πίεση του ρευστού ορίζεται ως:

$$P = \frac{F}{A}$$

όπου  $F_{\perp}$  είναι η κάθετη δύναμη στην επιφάνεια εμβαδού  $A$ . Η πίεση είναι μονόμετρο μέγεθος και έχει μέτρο (S I)  $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ .

Όταν ένα σώμα δέχεται ομοιόμορφη πίεση σ' όλα τα σημεία της επιφάνειάς του, τότε δε μεταβάλλονται οι διαστάσεις του προς κάποια κατεύθυνση, αλλά μεταβάλλεται ο όγκος του σώματος. Η τάση τότε ονομάζεται ισοτροπική και η παραμόρφωση ονομάζεται ισοτροπική παραμόρφωση.

✓ Τότε υπό την επίδραση της πίεσης έχουμε μεταβολή όγκου του στερεού κατά  $\Delta V$ .

Η ποσοστιαία (ανηγμένη) μεταβολή όγκου του στερεού ορίζεται ως  $\frac{\Delta V}{V_0}$  όπου  $V_0$  είναι ο αρχικός όγκος του στερεού.

✓ Τότε το μέτρο ελαστικότητας όγκου ( $B$ ) σ' ένα στερεό ή υγρό για μικρές σχετικά πιέσεις (οπότε ισχύει ο νόμος του Hooke), μπορεί να θεωρηθεί σταθερό και ορίζεται ως  $B = \frac{-\Delta p}{\frac{\Delta V}{V_0}}$  όπου το  $\Delta p$  παίζει το ρόλο της τάσης.

Όταν  $\Delta p > 0$  τότε  $\Delta V < 0$ , αυτό υποδηλώνει και το αρνητικό πρόσημο της σχέσης.

Οπότε το μέτρο ελαστικότητας όγκου θα είναι πάντα θετικό ( $B > 0$ )

✓ Ισχύει  $p = p_0 + \Delta p \Rightarrow \Delta p = p - p_0$  και  $V = V_0 + \Delta V \Rightarrow \Delta V = V - V_0$

✓ Σ' ένα αέριο η τιμή του Β εξαρτάται από την αρχική πίεση ( $P_0$ ) του αερίου.

✓ **Συμπιεστότητα (Κ)**, ονομάζεται το αντίστροφο του μέτρου ελαστικότητας όγκου (Β) δηλαδή  $K = \frac{1}{B} = - \frac{\Delta V/V_0}{\Delta p}$ . Αν  $\Delta p = 1 \text{ atm}$  τότε  $K = - \frac{\Delta V}{V_0} \text{ atm}^{-1}$ .

Δηλαδή το Κ ισούται με την εκατοστιαία ελάττωση όγκου του σώματος όταν η μεταβολή της πίεσης είναι 1 atm.

( Προσέξτε ότι το Β μετριέται σε Pa ενώ το Κ σε  $\text{Pa}^{-1}$  ).

---

### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

---

**3.** Ο όγκος του νερού σ' ένα δοχείο είναι  $V_0 = 1 \text{ l} = 10^{-3} \text{ m}^3 = 1000 \text{ cm}^3$ .

Το μέτρο ελαστικότητας όγκου για το νερό είναι  $B = 2 \cdot 10^9 = \text{Pa}$ .

Αν η πίεση που ασκείται στο νερό, αυξηθεί κατά  $\Delta p = 200 \text{ atm} = 2 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$ , τότε η ελάττωση όγκου του νερού είναι:

A)  $- 1 \text{ cm}^3$

B)  $- 10 \text{ cm}^3$

Γ) 0

Δ)  $- 0,1 \text{ cm}^3$

**Απάντηση:**

$$\text{Ισχύει } B = \frac{-\Delta p}{\frac{\Delta V}{V_0}} \Rightarrow \frac{\Delta V}{V_0} = - \frac{\Delta p}{B} \Rightarrow \Delta V = - \frac{\Delta p}{B} V_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta V = - \frac{2 \cdot 10^7}{2 \cdot 10^9} \cdot 1000 \Rightarrow \Delta V = - 10 \text{ cm}^3.$$

4. Ένα υδραυλικό πιεστήριο, περιέχει λάδι αρχικού όγκου  $V_0 = 200 \ell$ . Αν η συμπίεστικότητα του λαδιού είναι  $\kappa = 2 \cdot 10^{-5} \text{atm}^{-1}$  και η μεταβολή όγκου του λαδιού είναι  $\Delta V = -0,2 \ell$ , τότε η αντίστοιχη μεταβολή της πίεσης είναι

- α) 500 atm
- β) 5 atm
- γ)  $5 \cdot 10^6 \text{Pa}$
- δ)  $50 \text{N/m}^2$

**Απάντηση:**

$$\text{Ισχύει } \beta = \frac{-\Delta p}{\frac{\Delta V}{V_0}} \text{ και } \kappa = \frac{1}{\beta} \Rightarrow \kappa = -\frac{\Delta V/V_0}{\Delta p} \Rightarrow \Delta p = -\frac{\Delta V}{V_0} \frac{1}{\kappa} \Rightarrow$$

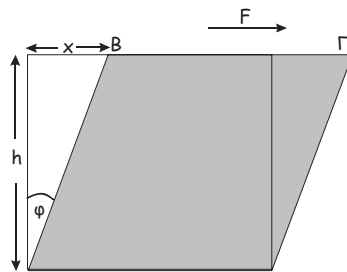
$$\Rightarrow \Delta p = \frac{2 \cdot 10^{-1}}{2 \cdot 10^{-2}} \frac{1}{2 \cdot 10^{-5}} = \frac{10^{-3} \cdot 10^5}{2} = 50 \text{ atm.}$$

$$1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 10^5 \text{ Pa, άρα } \Delta p = 50 \cdot 10^5 = 5 \cdot 10^6 \text{ Pa.}$$

### Γ. Διατμητική τάση και παραμόρφωση

(Στρέψη στερεού)

Έστω ότι στο κυβικό στερεό σώμα του σχήματος εξασκείται η δύναμη  $F$ , παράλληλα στην πλευρά  $B\Gamma$  και το στρέφει κατά γωνία  $\varphi$ .



Τότε η **διατμητική τάση** ορίζεται ως:

$$\text{Διατμητική τάση} = \frac{F_{//}}{A}.$$

Είναι δηλαδή η τάση που ασκείται επαπτομενικά σε μια επιφάνεια του σώματος και προκαλεί στρέψη του σώματος.

Ακόμη η **διατμητική παραμόρφωση** ορίζεται ως:

$$\text{Διατμητική παραμόρφωση} = \frac{x}{h} = \epsilon\varphi \text{ (αδιάστατο μέγεθος)}$$

✓ Αν  $x \ll h$  τότε  $\epsilon\varphi \approx \varphi$  και άρα η διατμητική παραμόρφωση ταυτίζεται τότε με τη γωνία στρέψης  $\varphi$ .

✓ Για δυνάμεις αρκετά μικρές και για στερεά σώματα ισχύει ο νόμος του Hooke δηλαδή η διατμητική παραμόρφωση είναι ανάλογη της διατμητικής τάσης. Έτσι ορίζουμε το μέτρο διάτμησης  $S$  ως εξής: (ή στρέψης)

$$S = \frac{\text{τάση}}{\text{παραμόρφωση}} = \frac{F_{//}/A}{x/h} = \frac{hF_{//}}{A \cdot x} = \frac{F_{//}}{A \cdot \epsilon\varphi} \text{ και για μικρές γωνίες}$$

$$S = \frac{F_{//}}{A \cdot \varphi}$$

✓ Το  $S$  ορίζεται μόνο στα στερεά σώματα.

---

### ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

---

**5.** Μια σιδερένια δοκός, τετράγωνης διατομής έχει πλευρά μήκους 0,5 m και πάχους 0,2 m.

Κατά τη διάρκεια ενός σεισμού, ασκούνται διατμητικές τάσεις. Αν η οριζόντια μετατόπιση της δοκού κατά τη διάρκεια ενός σεισμού είναι  $x = 0,2$  mm και αν για το σίδηρο το μέτρο διάτμησης είναι  $S = 7 \cdot 10^{10}$  Pa, τότε η δύναμη  $F$  ( $F_{//}$ ) που ασκήθηκε παράλληλα σε κάθε πλευρά της δοκού είναι:

- A) 28N
- B) 2,8 N
- Γ)  $2,8 \cdot 10^6$  N
- Δ)  $0,7 \cdot 10^6$  N



**Απάντηση:**

$$\text{Ισχύει } S = \frac{F_{//}/A}{x/h} \Rightarrow S = \frac{h \cdot F_{//}}{A \cdot x} \Rightarrow F_{//} = \frac{A \cdot x \cdot S}{h}.$$

Όμως  $A = 0,5 \cdot 0,2 = 10^{-1} \text{ m}^2$ ,  $x = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ ,  $h = 5 \cdot 10^{-1} \text{ m}$  άρα

$$F_{//} = \frac{10^{-1} \cdot 2 \cdot 10^{-4} \cdot 7 \cdot 10^{10}}{5 \cdot 10^{-1}} \Rightarrow F_{//} = 2,8 \cdot 10^6 \text{ N}.$$

## §1.2 ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

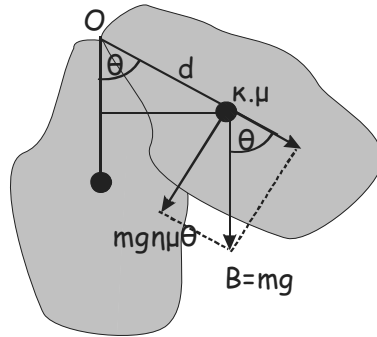
### Α. Το φυσικό εκκρεμές

✓ Φυσικό εκκρεμές είναι οποιοδήποτε πραγματικό εκκρεμές, που αποτελείται από ένα επίπεδο στερεό σώμα με πεπερασμένο μέγεθος, που κρέμεται από ένα σταθερό άξονα, ο οποίος δε διέρχεται από το κέντρο μάζας του, ενώ μπορεί να περιστρέφεται ελεύθερα γύρω απ' αυτόν τον άξονα.

Στη θέση ισορροπίας το κ.β είναι ακριβώς κάτω από το σημείο περιστροφής  $O$ . Όταν όμως εκτρέψουμε το σώμα κατά μια μικρή γωνία  $\theta$ , τότε το βάρος  $m$  προκαλεί ροπή επαναφοράς και ισχύει

$$\tau = - m \cdot g \cdot \eta \mu \theta \cdot d$$

όπου  $d$  είναι η απόσταση του (κ.β), σημείο εφαρμογής της δύναμης (Βάρος) από τον άξονα περιστροφής  $O$ .



Για μικρές γωνίες  $\eta \mu \theta \approx \theta$  άρα  $\tau = - m g \cdot d \cdot \theta$  και η κίνηση είναι κατά προσέγγιση αρμονική.

Όμως  $\Sigma \tau = \tau = I \alpha = I \frac{d^2 \theta}{dt^2}$ . Άρα  $I \frac{d^2 \theta}{dt^2} = - m g \cdot d \cdot \theta \Rightarrow$

$$\Rightarrow I \frac{d^2 \theta}{dt^2} + m g d \theta = 0.$$

Η λύση αυτής της διαφορικής εξίσωσης περιγράφει ταλάντωση της οποίας η γωνιακή εκτροπή  $\theta$ , δίνεται από τη σχέση

$$\theta = \theta_0 \eta \mu (\omega t + \varphi_0).$$

Αν για  $t = 0$   $\theta = \theta_0$  τότε  $\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$  rad και  $\theta = \theta_0 \sin \omega t$

Επειδή για το απλό εκκρεμές  $\Sigma F = -D X \Rightarrow m \frac{d^2 x}{dt^2} + D X = 0$

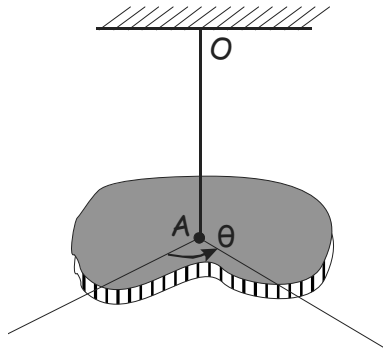
με  $x = x_0 \eta\mu(\omega t + \theta)$  και  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{D}}$  ενώ  $D = m \omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{D}{m}}$ .

Θα έχουμε  $m \rightarrow I$  και  $D \rightarrow m g d$ ,  $T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}}$  και  $\omega = \sqrt{\frac{mgd}{I}}$ .

### Β. Στροφικό εκκρεμές

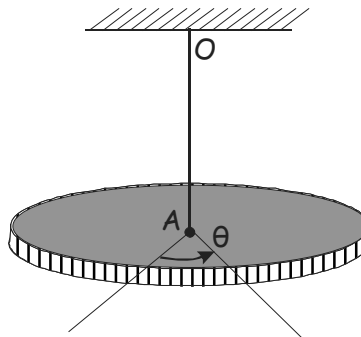
#### Στροφικές ή γωνιακές ταλαντώσεις

✓ Το στροφικό εκκρεμές αποτελείται από ένα σώμα, που κρέμεται από ένα σύρμα (ίνα), ή σπειροειδές ελατήριο (όπως τα ελατήρια των παλιών ρολογιών χεριού). Αυτό γίνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε το σύρμα να περνά από το κέντρο μάζας (Α), του σώματος και να είναι κάθετο στο επίπεδο του σώματος.



Για απλούστευση θεωρούμε ότι το σώμα είναι ένας κυκλικός δίσκος.

Όταν το σώμα περιστραφεί κατά γωνία  $\theta$  από τη θέση ισορροπίας του, τότε το σύρμα συστρέφεται και εξασκεί στο σώμα ροπή στρέψης ( $\tau$ ), γύρω από το σύρμα (ΟΑ). Η ροπή αυτή αντιτίθεται στη στρέψη κατά γωνία  $\theta$ , και το μέτρο της είναι ανάλογο προς αυτή, δηλαδή ισχύει:



$$\tau = - \kappa \cdot \theta,$$

όπου  $\kappa$  είναι η στροφική σταθερά ή ο συντελεστής στρέψης του σύρματος με μονάδα μέτρησης στο S. I (N. m ).