

## ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΣΤΕΡΕΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

Για να ισορροπεί ένα αρχικά ακίνητο στερεό σώμα στο οποίο ασκούνται πολλές ομοεπίπεδες δυνάμεις, θα πρέπει:

Πρώτον η συνισταμένη δύναμη να είναι μηδέν, δηλαδή:

$$\Sigma \vec{F} = \vec{0} \quad \text{ή} \quad \begin{cases} \Sigma F_x = 0 \\ \Sigma F_y = 0 \end{cases}$$

Δεύτερον το αλγεβρικό άθροισμα των ροπών ως προς οποιοδήποτε σημείο του επιπέδου τους να είναι μηδέν, δηλαδή:  $\Sigma \tau = 0$

**Σημείωση:** Όταν για ένα αρχικά ακίνητο σώμα ισχύουν ταυτόχρονα:

- i)  $\Sigma \vec{F} = \vec{0}$  και  $\Sigma \tau \neq 0$ , το σώμα κάνει στροφική κίνηση.
- ii)  $\Sigma \vec{F} \neq \vec{0}$  και  $\Sigma \tau = 0$ , το σώμα κάνει μεταφορική κίνηση.
- iii)  $\Sigma \vec{F} \neq \vec{0}$  και  $\Sigma \tau \neq 0$ , το σώμα κάνει και μεταφορική και στροφική κίνηση.
- iv)  $\Sigma \vec{F} = \vec{0}$  και  $\Sigma \tau = 0$ , το σώμα ισορροπεί.

### Άλλες εκφράσεις για την Ισορροπία στερεού σώματος

Ένα στερεό που:

- είναι **ακίνητο** ή
- **κινείται με σταθερή ταχύτητα και δε στρέφεται** ή
- **δεν εκτελεί μεταφορική κίνηση αλλά στρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα** ή
- **κινείται με σταθερή ταχύτητα και στρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα** λέμε ότι ισορροπεί.
- Ένα στερεό, που μπορεί να στρέφεται γύρω από σταθερό άξονα περιστροφής, ισορροπεί αν ισχύει ότι  $\Sigma \vec{\tau} = 0$  (ως προς τον σταθερό άξονα περιστροφής) και το αντίστροφο.
- Αν το στερεό είναι ελεύθερο, μπορεί να εκτελέσει σύνθετη κίνηση: μεταφορά και περιστροφή γύρω από ελεύθερο άξονα που διέρχεται από το κέντρο μάζας του στερεού. Ένα ελεύθερο στερεό ισορροπεί αν ισχύει ότι

$$\Sigma \vec{F} = \vec{0} \quad \text{ή} \quad \begin{cases} \Sigma F_x = 0 \\ \Sigma F_y = 0 \end{cases}$$

και

$$\Sigma \vec{\tau} = 0$$

(ως προς οποιοδήποτε σημείο ή ελεύθερο άξονα περιστροφής) και το αντίστροφο.

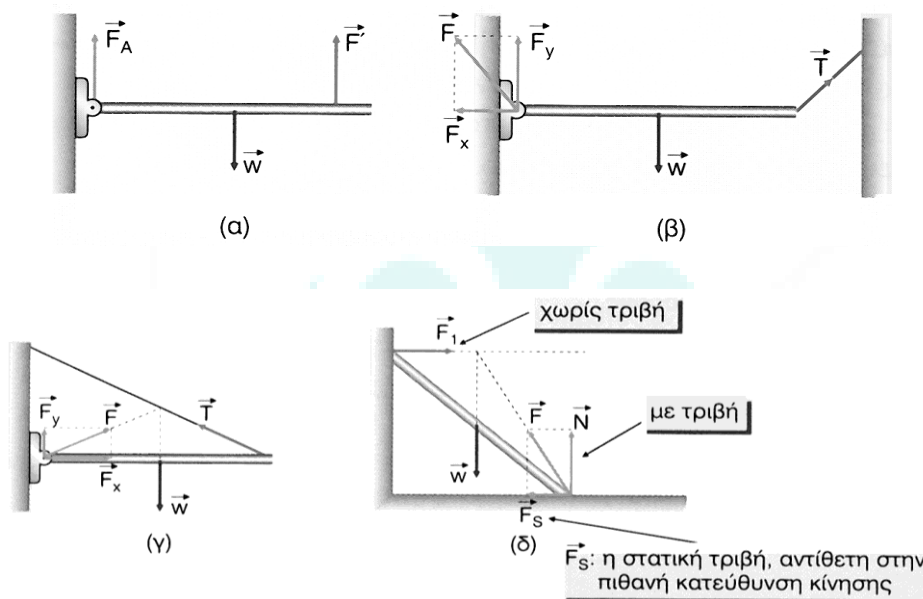
### ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΕΠΑΦΗΣ

1. Οι δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ των στερεών σωμάτων είναι κάθετες στο επίπεδο επαφής όταν δεν υπάρχει τριβή.
2. Η δύναμη από νήμα σε ένα σώμα (τάση νήματος) έχει τη διεύθυνση του νήματος και φορά από το σώμα προς το σημείο στήριξης του νήματος.

### ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ

1. Στην οριακή περίπτωση όπου δύο σώματα βρίσκονται στην οριακή κατάσταση να πάψουν να εφάπτονται, η δύναμη που ασκείται μεταξύ τους θεωρείται ότι μηδενίζεται

2. Όταν σε ένα σώμα ασκούνται μόνο δύο δυνάμεις, τότε αυτές είναι αντίθετες ( $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ ) ώστε να επαληθεύεται η συνθήκη  $\Sigma \vec{F} = \vec{0}$ .
3. Όταν σε ένα σώμα ασκούνται περισσότερες από δύο (έστω  $\lambda$ ) δυνάμεις
- Αν γνωρίζουμε ότι οι  $(\lambda - 1)$  δυνάμεις είναι παράλληλες, τότε και η τελευταία δύναμη θα είναι παράλληλη με τις άλλες (Σχήμα α).
  - Αν γνωρίζουμε ότι οι  $(\lambda - 1)$  δυνάμεις (ή οι φορείς τους) τέμνονται σε ένα σημείο, τότε και ο φορέας της τελευταίας δύναμης θα διέρχεται από το σημείο τομής (Σχήματα β, γ, δ). Οι παρατηρήσεις αυτές είναι χρήσιμες όταν θέλουμε να υπολογίσουμε δύναμη από άρθρωση ή δύναμη από τοίχωμα (στην περίπτωση που δεν αναφέρεται ότι είναι λείο).

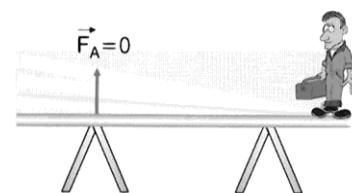


4. Από τη 2<sup>η</sup> συνθήκη ισορροπίας γνωρίζουμε ότι το αλγεβρικό άθροισμα των ροπών είναι μηδενικό ως προς οποιοδήποτε σημείο. Αξιοποιούμε αυτήν την ιδιότητα εφαρμόζοντας τη συνθήκη  $\Sigma \tau = 0$  ως προς έναν άξονα απ' όπου διέρχεται μία άγνωστη δύναμη. Η ροπή της δύναμης αυτής θα είναι μηδέν.

### ΟΡΙΑΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΑΝΑΤΡΟΠΗΣ ΡΑΒΔΟΥ ΠΟΥ ΣΤΗΡΙΖΕΤΑΙ ΣΕ ΥΠΟΣΤΗΡΙΓΜΑ.

Τη στιγμή ακριβώς που χάνεται η επαφή με το ένα υποστήριγμα, οπότε η ράβδος ανατρέπεται, εφαρμόζουμε τη 2<sup>η</sup> συνθήκη ισορροπίας ( $\Sigma \tau = 0$ ) ως προς άξονα περιστροφής ο οποίος διέρχεται από το άλλο υποστήριγμα.

Η ροπή της δύναμης  $\vec{F}_A$  είναι μηδενική αφού διέρχεται από τον άξονα περιστροφής.



### ΥΠΕΡΠΗΔΗΣΗ ΕΜΠΟΔΙΟΥ

Τη στιγμή που η σφαίρα πρόκειται να υπερπηδήσει το εμπόδιο, χάνεται η επαφή της με το οριζόντιο έδαφος ( $\vec{F}_1 = 0$ ), και η σφαίρα περιστρέφεται ως προς το σημείο επαφής της Ε με το εμπόδιο.

Εφαρμόζουμε τη 2<sup>η</sup> συνθήκη ισορροπίας ως προς το σημείο Ε (οπότε η ροπή της δύναμης  $\vec{F}_E$  από το εμπόδιο είναι μηδενική). Για την οριακή περίπτωση υπερπήδησης θα έχουμε ότι η ροπή της δύναμης που ωθεί τη σφαίρα είναι οριακά μεγαλύτερη από τη ροπή του βάρους:  $\tau_F(E) \geq \tau_W(E)$

