

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΔΥΝΑΜΕΙΣ

Μέρος 1ο

Φυσική Β Γυμνασίου
Βασίλης Γαργανουράκης
<http://users.sch.gr/vgargan>

Εισαγωγή

- Στο προηγούμενο κεφάλαιο μελετήσαμε τις κινήσεις των σωμάτων.
- Το επόμενο βήμα είναι να αναζητήσουμε την αιτία που καθορίζει εάν ένα σώμα ηρεμεί ή εκτελεί ένα ορισμένο είδος κίνησης.
- Αυτή η αναζήτηση οδηγεί στην εισαγωγή της έννοιας της **δύναμης** και γενικότερα της έννοιας της **αλληλεπίδρασης**.

Η έννοια της δύναμης

- Όμως τι είναι δύναμη;
 - Αυτό το οποίο αντιλαμβανόμαστε είναι τα αποτελέσματα των δυνάμεων και όχι τις ίδιες τις δυνάμεις.
- Οι δυνάμεις προκαλούν
 - **μεταβολή στην ταχύτητα** των σωμάτων στα οποία ασκούνται.
 - **παραμόρφωση των σωμάτων** στα οποία ασκούνται.

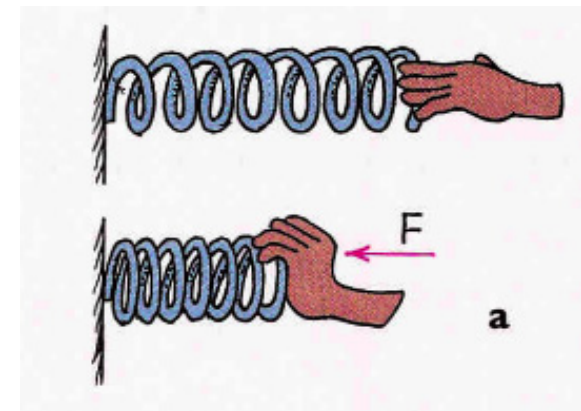
Δύναμη και κίνηση

- Το παιδί τραβάει μια ακίνητη βάρκα προς την ξηρά. Η βάρκα αρχίζει να κινείται, η ταχύτητα της βάρκας μεταβάλλεται.
 - Τότε λέμε ότι **το σκοινί ασκεί δύναμη στη βάρκα.**
- Για να αλλάξουμε την πορεία στο μπαλάκι του τένις, πρέπει να το χτυπήσουμε με τη ρακέτα.
 - Λέμε ότι η **ρακέτα ασκεί δύναμη στο μπαλάκι του τένις**
- **Οι δυνάμεις προκαλούν μεταβολή στην ταχύτητα των σωμάτων στα οποία ασκούνται.**



Δύναμη και παραμόρφωση

- Κρατάμε στα χέρια μας ένα κομμάτι πλαστελίνης και το πιέζουμε. Η πλαστελίνη **παραμορφώνεται**.
 - Λέμε ότι **το χέρι ασκεί δύναμη στην πλαστελίνη**.
- Τραβάμε ένα ελατήριο και το επιμηκύνουμε. Το ελατήριο **παραμορφώνεται**.
 - Λέμε ότι **το χέρι μας ασκεί δύναμη στο ελατήριο**.
- **Οι δυνάμεις προκαλούν παραμόρφωση των σωμάτων στα οποία ασκούνται.**



Κατηγορίες δυνάμεων

- Κατατάσσουμε τις δυνάμεις σε δυο κατηγορίες ανάλογα με το πώς ασκούνται.
 - Δυνάμεις που ασκούνται **κατά την επαφή** δύο σωμάτων (δυνάμεις επαφής)
 - Δυνάμεις που ασκούνται **από απόσταση**.

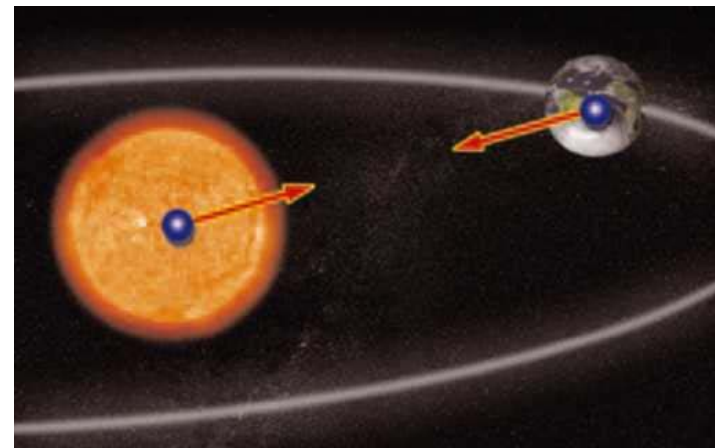
Δυνάμεις επαφής

- **Δυνάμεις επαφής** χαρακτηρίζουμε τις δυνάμεις οι οποίες ασκούνται όταν ένα σώμα βρίσκεται σε επαφή με κάποιο άλλο
 - Οι δυνάμεις που ασκούν τα τεντωμένα σχοινιά ή τα ελατήρια σε σώματα.
 - Οι δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ σωμάτων κατά τις συγκρούσεις τους.
 - Η δύναμη της τριβής ανάμεσα σε δυο επιφάνειες.



Δυνάμεις από απόσταση

- **Δυνάμεις από απόσταση** είναι οι δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ σωμάτων που δεν βρίσκονται σε επαφή:
 - Η βαρυτική δύναμη, όπως για παράδειγμα η δύναμη που ασκεί η γη σε σώματα που δε βρίσκονται στην επιφάνειά της, όπως αλεξιπτωτιστές, αεροπλάνα ή δορυφόροι. Η δύναμη που ασκεί ο ήλιος στη γη
 - Οι ηλεκτρικές δυνάμεις και
 - οι μαγνητικές δυνάμεις.



Μέτρηση της δύναμης

- Για να συγκρίνουμε και να μετρήσουμε δυνάμεις, θα χρησιμοποιήσουμε τα αποτελέσματα που αυτές προκαλούν στα σώματα στα οποία ασκούνται.
 - Για παράδειγμα, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την παραμόρφωση και συγκεκριμένα την επιμήκυνση την οποία μια δύναμη προκαλεί σ' ένα ελατήριο.

Ο διανυσματικός χαρακτήρας της δύναμης

- Ασκούμε μια δύναμη στην αρχικά ακίνητη κασετίνα σπρώχνοντάς την προς τα δεξιά. Η κασετίνα κινείται επίσης προς τα δεξιά.
 - Αν την τραβήξουμε προς τα αριστερά, θα κινηθεί προς τα αριστερά.
- Το αποτέλεσμα της δύναμης (η μεταβολή της ταχύτητας) εξαρτάται από την κατεύθυνση στην οποία ασκείται η δύναμη.

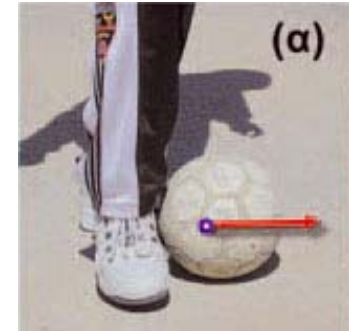


Ο διανυσματικός χαρακτήρας της δύναμης

- Η δύναμη εκτός από μέτρο έχει και κατεύθυνση.
 - είναι διανυσματικό μέγεθος και θα την παριστάνουμε με ένα βέλος που έχει την κατεύθυνση της δύναμης.
- Το σημείο εφαρμογής του διανύσματος που παριστάνει τη δύναμη, είναι το σημείο του σώματος, στο οποίο ασκείται.
 - Αν ένα σώμα θεωρηθεί υλικό σημείο, τότε το σημείο εφαρμογής της δύναμης ταυτίζεται με αυτό.

Βάρος και βαρυτική δύναμη

- Όταν κλοτσάς μια μπάλα αυτή κινείται (η ταχύτητά της μεταβάλλεται)
 - το πόδι σου ασκεί δύναμη στην μπάλα και προκαλεί την κίνησή της.
- Σηκώνεις ένα κουτί σε κάποιο ύψος από την επιφάνεια του εδάφους και το αφήνεις ελεύθερο
 - Ποια δύναμη προκαλεί την κίνηση του κουτιού;
- Αυτή τη δύναμη ο Νεύτωνας την ονόμασε (γήινο) **βάρος ή βαρυτική δύναμη** του σώματος.
 - Το βάρος είναι δύναμη και επομένως η μονάδα μέτρησής του στο SI είναι η μονάδα της δύναμης, δηλαδή το N.



Ιδιότητες του Βάρους

- Μια μπάλα που ανυψώνεται έχει βάρος;
 - Αν το σώμα δεν είχε βάρος δεν θα επέστρεφε ποτέ στη Γη
 - Η Γη ασκεί βαρυτική δύναμη σ' οποιοδήποτε σώμα που βρίσκεται στο έδαφος, πέφτει ή ανυψώνεται.
- Μια μπάλα που ανυψώνεται στη σελήνη έχει βάρος;
 - Όλοι οι πλανήτες ασκούν βαρυτική δύναμη σ' οποιοδήποτε σώμα που βρίσκεται στο έδαφος τους, πέφτει ή ανυψώνεται κοντά στην επιφάνεια τους.

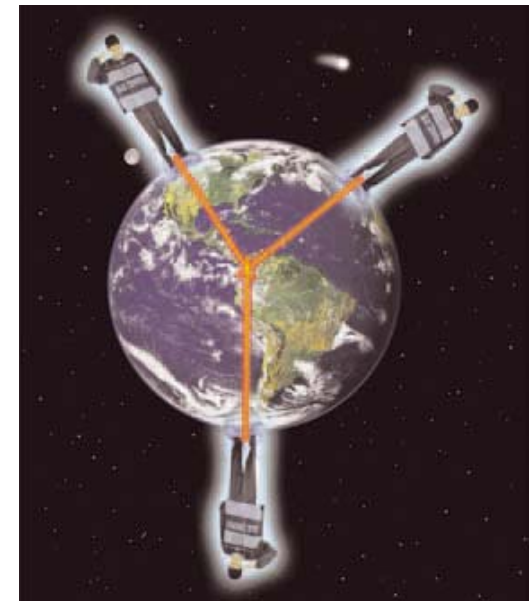
Βάρος σε διαφορετικούς πλανήτες

- Τι σχέση θα έχει το βάρος της μπάλας στη Σελήνη και στη Γη;
 - Η βαρυτική έλξη εξαρτάται από τη μάζα του πλανήτη.
 - Η Σελήνη έχει 6 φορές μικρότερη μάζα από την Γη.
 - Η βαρυτική δύναμη στη Σελήνη θα είναι 6 φορές μικρότερη από τη γήινη βαρυτική δύναμη.
 - Το βάρος της μπάλας στη Σελήνη θα είναι 6 φορές μικρότερο από το βάρος της στη Γη.
- Τι σχέση θα έχει το βάρος της μπάλας στο Δία και στη Γη;
 - Ο Δίας έχει 3 φορές μεγαλύτερη μάζα από την Γη.
 - Το βάρος της μπάλας στο Δία θα είναι 3 φορές μεγαλύτερο από το βάρος της στη Γη.

Κατεύθυνση του Βάρους

- Γιατί δεν χύνονται οι θάλασσες στο διάστημα;
- Σε κάθε τόπο ενός πλανήτη το βάρος έχει
 - τη διεύθυνση της ακτίνας του πλανήτη
 - φορά προς το κέντρο του.
- Μπορείτε τώρα να εντοπίσετε της διαφορές Μάζας και Βάρους;

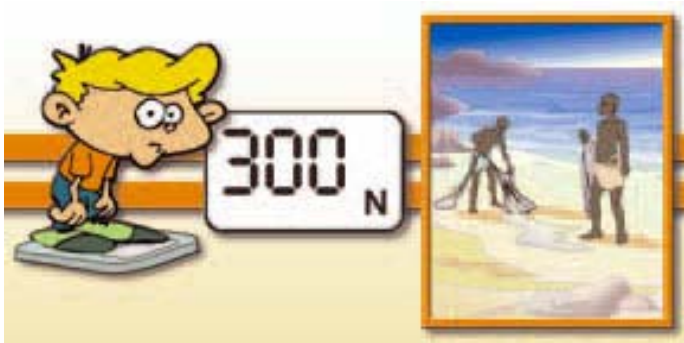
Μάζα	Βάρος
Δείχνει την ποσότητα ύλης ενός σώματος	Είναι η βαρυτική δύναμη που ασκεί η Γη στο σώμα
Είναι μονόμετρο μέγεθος	Είναι διανυσματικό μέγεθος
Παραμένει ίδια παντού στο σύμπαν	Αλλάζει από τόπο σε τόπο
Μονάδα είναι το 1 kg	Μονάδα είναι το 1 N



Παράδειγμα

- Πως βρίσκω το βάρος αν ξέρω τη μάζα;
 - Στην επιφάνεια της Γης $W_{\Gamma\text{H}} = m_{(Kg)} \cdot 10$
- Ένα αγόρι έχει μάζα 30kg.
 - Ποιο είναι το βάρος του στην επιφάνεια της Γης;

$$W_{\Gamma\text{H}} = m_{(Kg)} \cdot 10 = 30Kg \cdot 10 = 300N$$

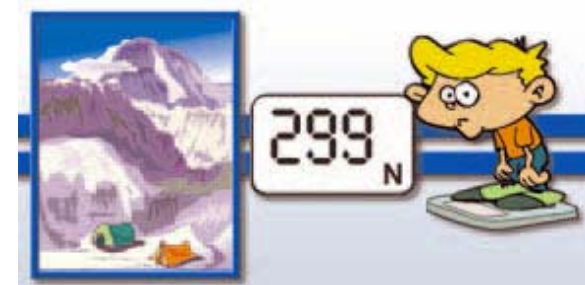


Αλλαγή Βάρους με το υψόμετρο

- Ποιο είναι το βάρος του στην επιφάνεια της Σελήνης;

$$W_{\text{ΣΕΛΗΝΗ}} = \frac{W_{\text{ΓΗ}}}{6} = \frac{300\text{N}}{6} = 50\text{N}$$

- Ποιο είναι το βάρος του στην επιφάνεια του Δία;
- Το βάρος ενός σώματος **ελαττώνεται** όσο αυξάνεται το ύψος του από την επιφάνεια ενός πλανήτη.
 - Το παιδί του προηγούμενου παραδείγματος, θα έχει βάρος περίπου 299 N στην κορυφή του Έβερεστ.



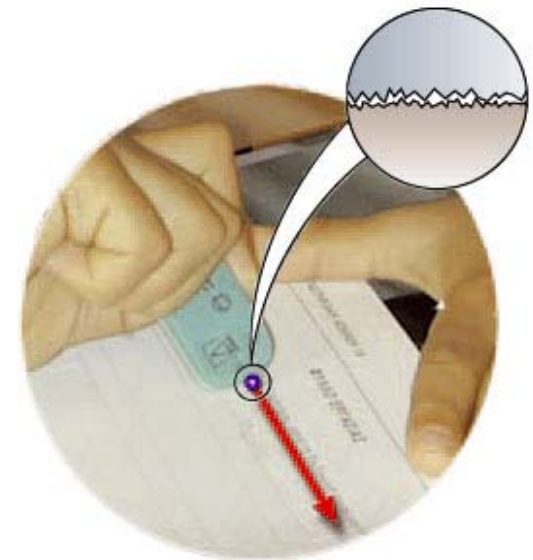
Τριβή

- Σπρώξε το βιβλίο σου της Φυσικής πάνω στο θρανίο.
 - Αυτό αρχίζει να κινείται και ύστερα από λίγο σταματά.
 - Ποια δύναμη προκάλεσε το σταμάτημα του βιβλίου;
- Κίνησε τη γόμα σου πάνω στη σελίδα του τετραδίου σου.
 - Ποια είναι η δύναμη αντιστέκεται στην κίνηση της γόμας;
- Η δύναμη που ασκείται και στις δυο παραπάνω περιπτώσεις και αντιστέκεται στην κίνηση των σωμάτων ονομάζεται **τριβή**.



Τριβή

- **Τριβή είναι η δύναμη που ασκείται από ένα σώμα σε ένα άλλο όταν βρίσκονται σε επαφή και το ένα κινείται ή τείνει να κινηθεί σε σχέση με το άλλο.**
 - Η τριβή εμφανίζεται πάντα ανάμεσα σε δύο επιφάνειες.
- Που οφείλεται η τριβή;
 - Η Τριβή οφείλεται στις ανωμαλίες των επιφανειών των αντικειμένων που βρίσκονται σε επαφή.
 - Ακόμη και οι επιφάνειες που φαίνεται να λείες, έχουν ανωμαλίες όταν τις δούμε στο μικροσκόπιο.



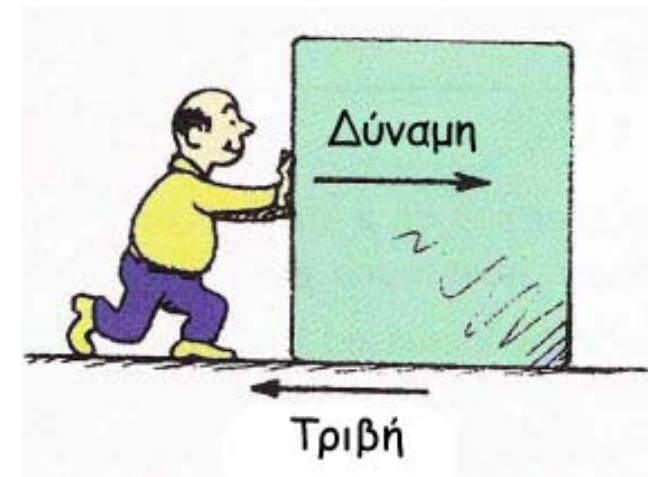
Καλή Τριβή και Κακή Τριβή

- Καλή Τριβή
 - μας βοηθάει να βαδίσουμε.
 - απαραίτητη για την κίνηση ενός αυτοκινήτου.
- Κακή Τριβή
 - αντιστέκεται στην κίνηση των σωμάτων (κίνηση του έλκηθρου, του κολυμβητή).

ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	ΤΡΙΒΗ
Ατσάλι σε Ατσάλι	0.57
Αλουμίνιο σε Ατσάλι	0.47
Χαλκός σε Ατσάλι	0.36
Λάστιχο σε Τσιμέντο	0.8
Ξύλο σε Ξύλο	0.2
Γυαλί σε Γυαλί	0.4
Κυρωμένο ξύλο σε Χιόνι	0.1
Μέταλλο σε Μέταλλο (με λιπαντικό)	0.06
Πάγος σε πάγος	0.03
Ανθρώπινες Αρθρώσεις	0.003

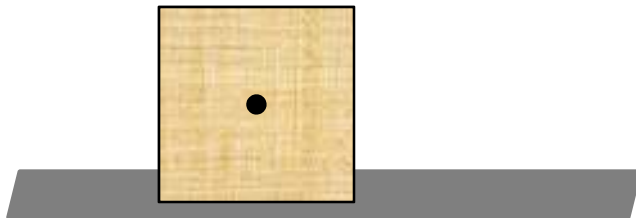
Διεύθυνση της Τριβής και Λεία επιφάνεια

- Η διεύθυνση της τριβής είναι
 - παράλληλη προς τις επιφάνειες που εφάπτονται
 - έχει φορά τέτοια ώστε να αντιστέκεται στην ολίσθηση της μιας επιφάνειας πάνω στην άλλη
- Όταν στη Φυσική λέμε **λεία επιφάνεια** εννοούμε ότι για αυτή την επιφάνεια ισχύει $T=0$
 - Στην πραγματικότητα δεν υπάρχει επιφάνεια που να ισχύει $T=0$.
 - Είναι ένα φανταστικό κατασκεύασμα για να απλοποιήσουμε τις ασκήσεις.



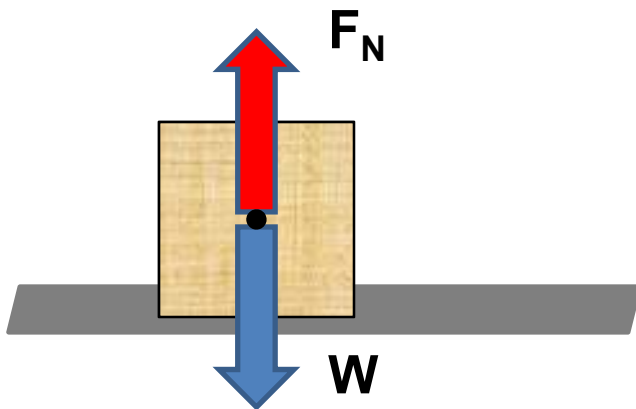
Πως σχεδιάζουμε Δυνάμεις

- Σ' ένα σώμα είναι δυνατόν να ασκούνται περισσότερες από μια δυνάμεις. Για να τις σχεδιάσουμε όλες, ακολουθούμε την παρακάτω πορεία:
 - Επιλέγουμε το σώμα που μας ενδιαφέρει (π.χ. αυτοκίνητο). Υπενθυμίζουμε ότι αντιμετωπίζουμε όλα τα σώματα ως υλικά σημεία.
 - Όλες οι δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα, σχεδιάζονται ώστε να ξεκινούν **από το κέντρο του σώματος**.



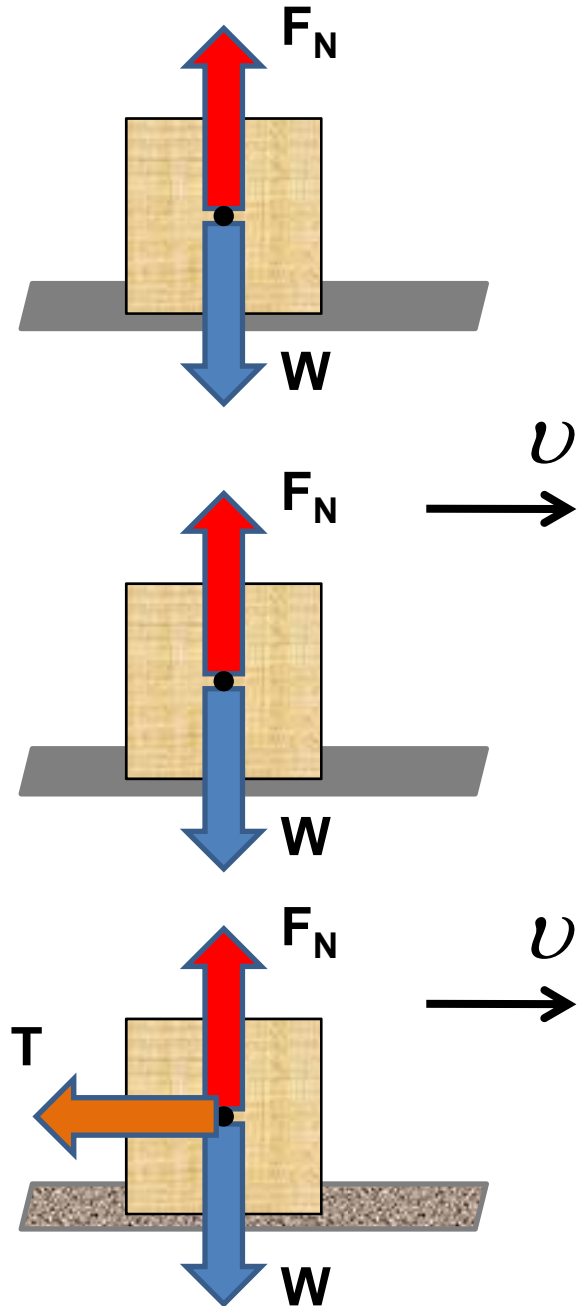
Πως σχεδιάζουμε Δυνάμεις

- Σχεδιάζουμε τις δυνάμεις από απόσταση που ασκούνται στο σώμα (π.χ. το βάρος του).
- Εντοπίζουμε όλα τα υπόλοιπα σώματα με τα οποία αυτό βρίσκεται σε επαφή (π.χ. δρόμος). Κάθε ένα από αυτά του ασκεί δύναμη.
- Στη συνέχεια θα ξεχωρίσουμε δύο περιπτώσεις ανάλογα με το αν κινείται το σώμα ή όχι



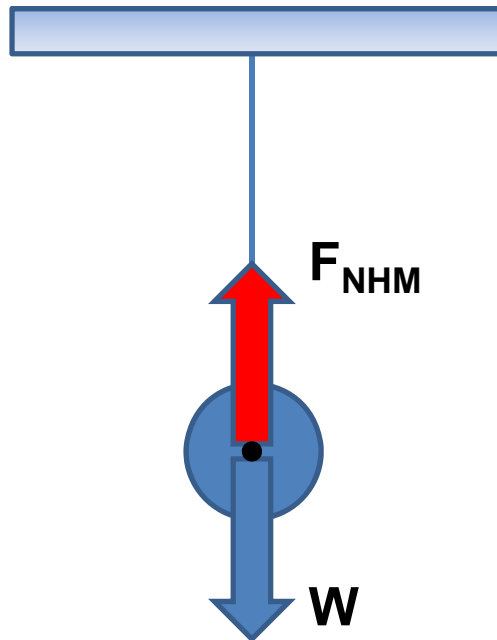
Πως σχεδιάζουμε Δυνάμεις

- Αν δεν κινείται το σώμα
 - Δεν υπάρχει άλλη δύναμη
- Αν κινείται σε **λεία επιφάνεια** ($T=0$)
 - Δεν υπάρχει άλλη δύναμη
- Αν κινείται σε **τραχειά επιφάνεια** ($T \neq 0$)
 - Υπάρχει η δύναμη της τριβής



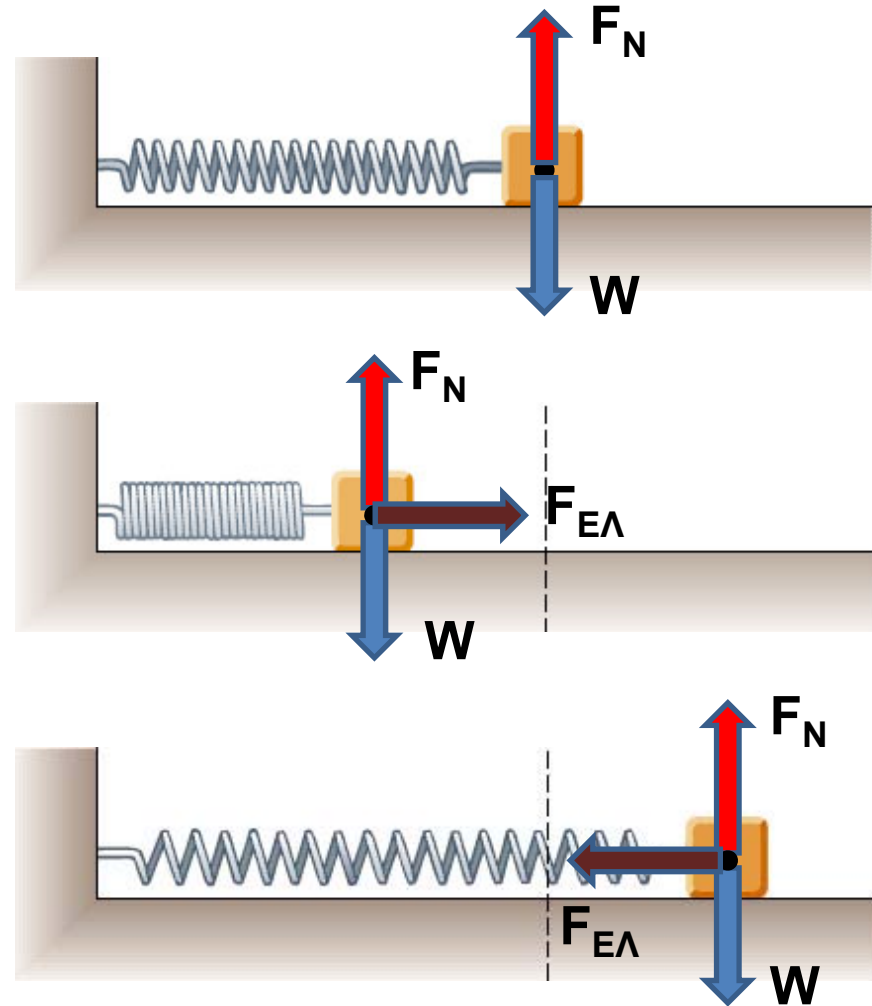
Πως σχεδιάζουμε Δυνάμεις

- Αν το σώμα είναι σε επαφή με νήμα ή σύρμα, τότε η δύναμη που ασκεί το νήμα έχει τη διεύθυνση του νήματος και φορά από το σώμα προς το νήμα.
 - Το νήμα ασκεί δύναμη μόνον εφόσον είναι τεντωμένο



Πως σχεδιάζουμε Δυνάμεις

- Αν το σώμα είναι σε επαφή με ελατήριο, τότε αυτό ασκεί δύναμη στο σώμα ώστε να τείνει να επαναφέρει το ελατήριο προς το φυσικό του μήκος.
 - Τα ελατήρια ασκούν δυνάμεις μόνον εφόσον είναι σε συμπίεση ή επιμήκυνση.
 - Άσκηση 3, 4 σελ 60



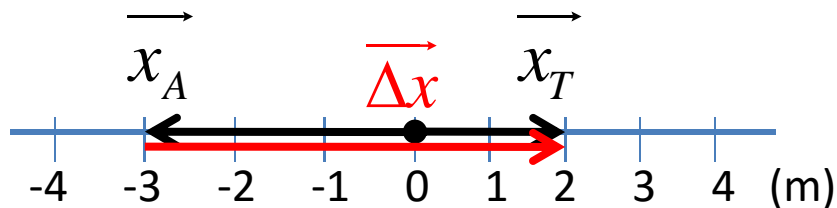
Σύνθεση δυνάμεων - Συνισταμένη

- Όταν σε ένα σώμα ασκούνται πάνω από μια δυνάμεις πολλές φορές είναι χρήσιμο να την αντικαταστήσουμε με **μία δύναμη που να προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα**.
 - Αυτή η δύναμη ονομάζεται **συνισταμένη δύναμη ($F_{ολ}$)**.
- Για να βρούμε τη συνισταμένη δύναμη πρέπει να προσθέσουμε τις επιμέρους δυνάμεις.
 - Επειδή η δύναμη είναι διανυσματικό μέγεθος πρέπει να προσθέσουμε **διανυσματικά** τις επιμέρους δυνάμεις.

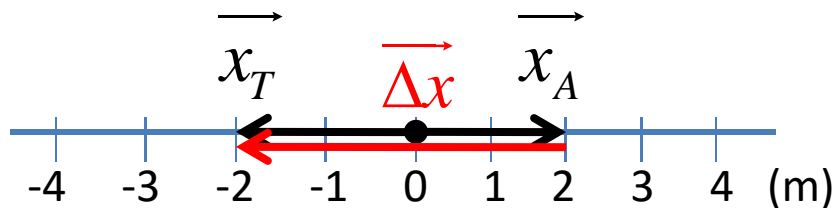


Επανάληψη: Μετατόπιση

- Στα παρακάτω παραδείγματα να υπολογίσετε τη μετατόπιση.



$$\begin{aligned}\vec{\Delta x} &= \vec{x}_T - \vec{x}_A = +2m - (-3m) \\ &= +2m + 3m = +5m\end{aligned}$$

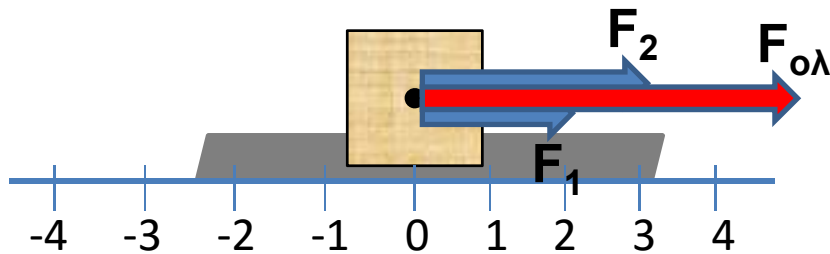


$$\begin{aligned}\vec{\Delta x} &= \vec{x}_T - \vec{x}_A = -2m - (+2m) \\ &= -2m - 2m = -4m\end{aligned}$$

- Ο υπολογισμός της μετατόπισης είναι ένα παράδειγμα **αφαίρεσης διανυσμάτων**.

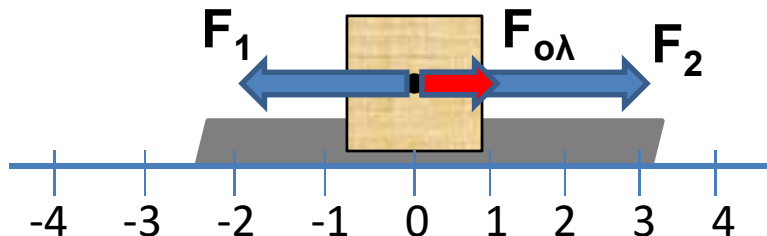
Σύνθεση δυνάμεων με ίδια Διεύθυνση

- Μπορείτε ανάλογα να πείτε ποιο είναι το άθροισμα των δυνάμεων $\vec{F}_{ολ} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ στις παρακάτω περιπτώσεις;
- Δυνάμεις με ίδια φορά:



$$\begin{aligned}\vec{F}_{ολ} &= \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \\ &= +2N + (+3N) = \\ &= +2N + 3N = +5N\end{aligned}$$

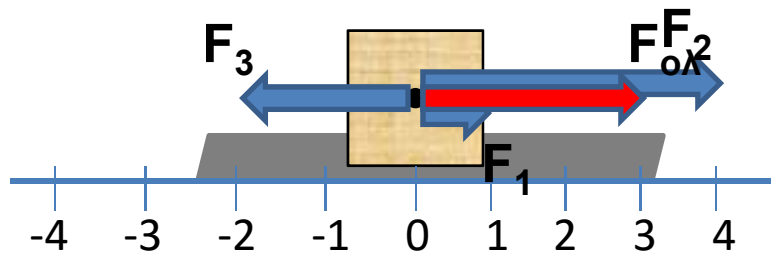
- Δυνάμεις με αντίθετη φορά:



$$\begin{aligned}\vec{F}_{ολ} &= \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \\ &= -2N + (+3N) = \\ &= -2N + 3N = +1N\end{aligned}$$

Σύνθεση δυνάμεων με ίδια Διεύθυνση

- Συνδυασμός Δυνάμεων

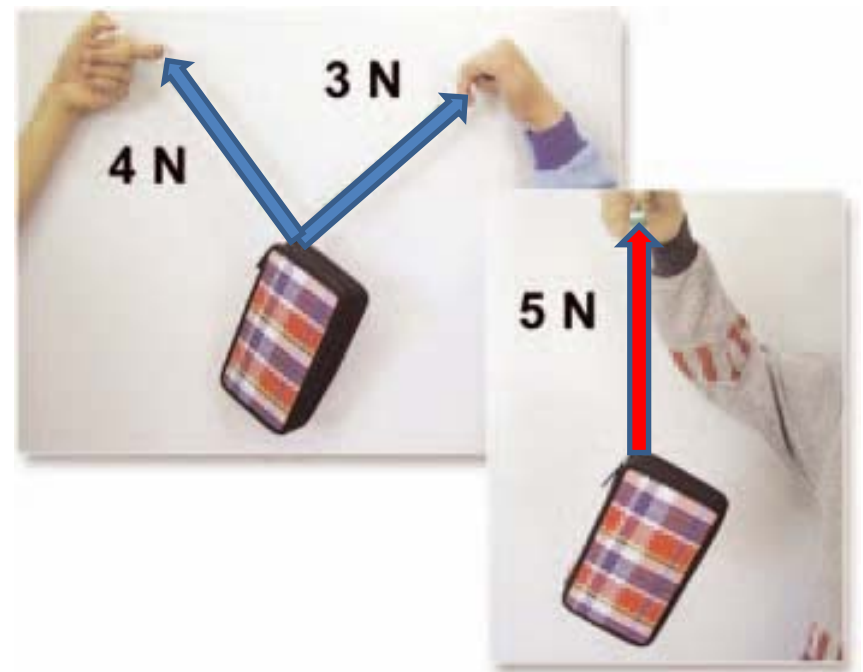


$$\begin{aligned}\vec{F}_{ολ} &= \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \\ &= +1N + (+4N) + (-2N) = \\ &= +1N + 4N - 2N = +3N\end{aligned}$$

- Στο επόμενο μάθημα όλοι: Χάρακα και Γόμα
- Άσκηση 2 σελ 62

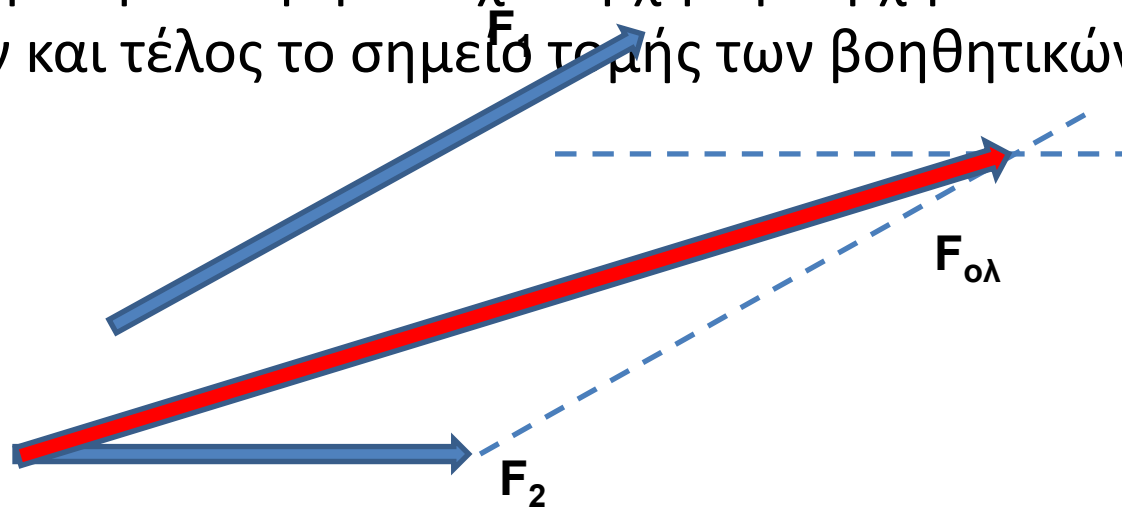
Σύνθεση δυνάμεων με διαφορετική Διεύθυνση

- Μπορείτε να υποθέσετε πως βρίσκουμε την συνισταμένη δύναμη σε αυτή την περίπτωση;
- Για να υπολογίσουμε τη συνισταμένη δύναμη στην περίπτωση που οι δυνάμεις έχουν διαφορετικές διευθύνσεις χρησιμοποιούμε τον **κανόνα του παραλληλογράμμου**.



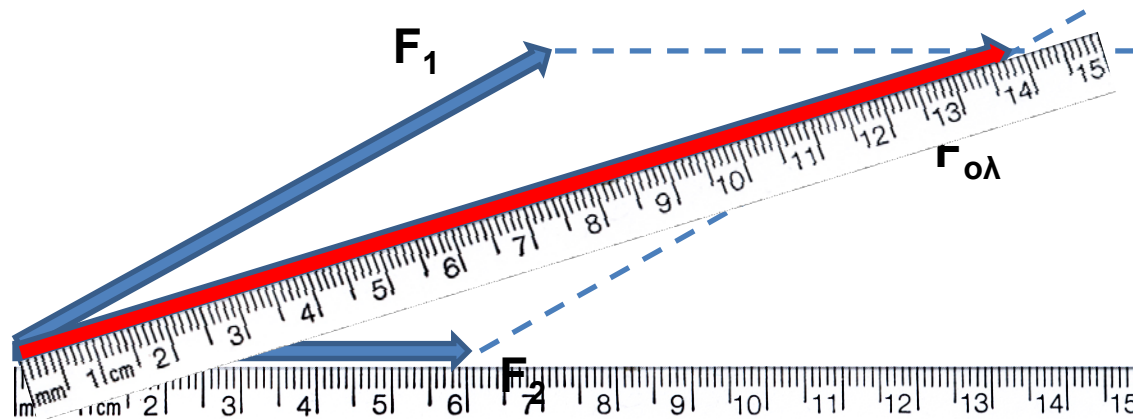
Κανόνας του Παραλληλογράμμου

- Αν $F_1=8\text{N}$ και $F_2=6\text{N}$ βρείτε την $F_{ολ}$.
 - Μετατοπίζουμε τη μία δύναμη (διατηρώντας τη διεύθυνση της) ώστε οι δύο δυνάμεις να αποκτήσουν κοινή αρχή.
 - Φέρνουμε βοηθητικές (διακεκομμένες) ευθείες από το τέλος κάθε δύναμης παράλληλα προς την άλλη.
 - Η συνισταμένη δύναμη θα έχει αρχή την αρχή των δύο δυνάμεων και τέλος το σημείο τομής των βοηθητικών ευθειών.



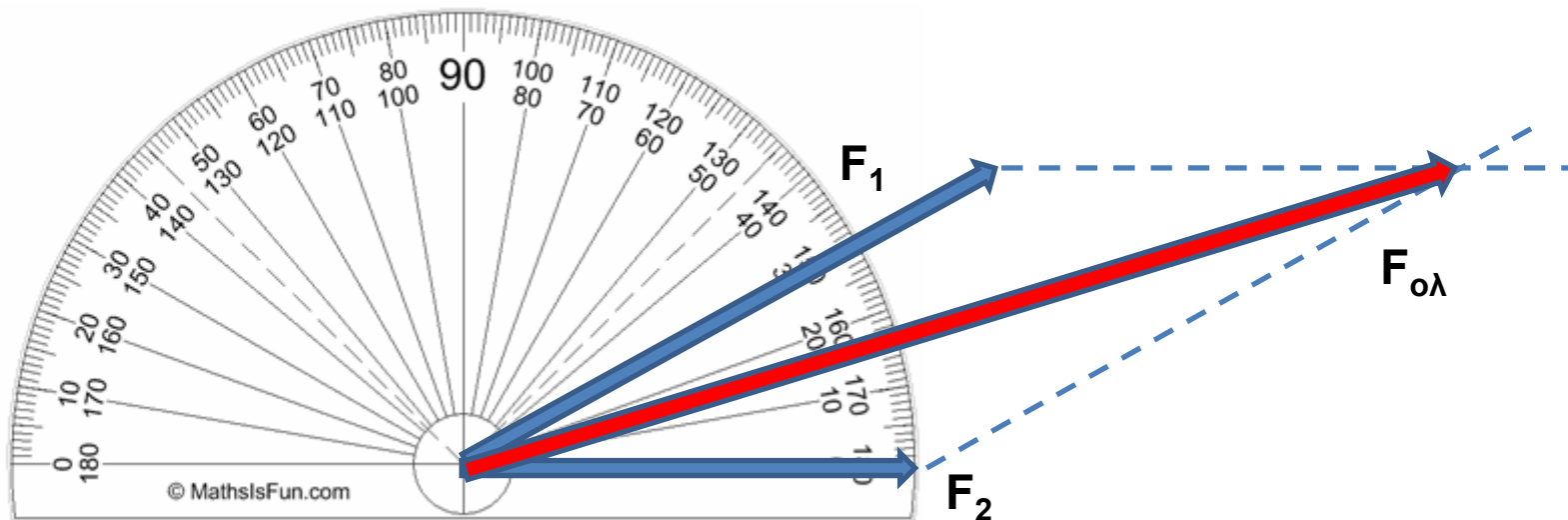
Κανόνας του Παραλληλογράμμου

- Αν $F_1=8\text{N}$ και $F_2=6\text{N}$ βρείτε το $F_{ολ}$.
 - Για να υπολογίσω το μέτρο της $F_{ολ}$ θα χρησιμοποιήσω την ίδια κλίμακα με τις F_1 και F_2 .
 - Π.χ. αν το μήκος του διανύσματος της F_2 είναι 6 cm τότε κάθε 1cm θα αντιστοιχεί σε 1N.
 - Και αφού το $F_{ολ}$ έχει μήκος 14cm τότε $F_{ολ} = 14\text{N}$
 - Η κατεύθυνση της προσδιορίζεται από τη γωνία που σχηματίζει με μια από τις δυο δυνάμεις (ϕ ή θ).



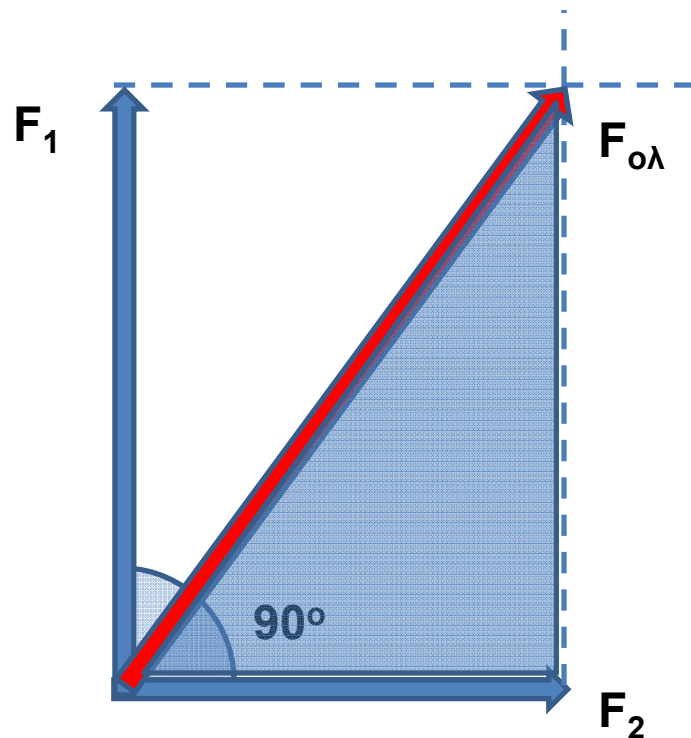
Κανόνας του Παραλληλογράμμου

- Αν $F_1=8\text{N}$ και $F_2=6\text{N}$ βρείτε το $F_{ολ}$.
 - Η διεύθυνσή της προσδιορίζεται από τη γωνία που σχηματίζει με μια από τις δυο δυνάμεις (ϕ ή θ).
 - Π.χ. «Η διεύθυνσή της $F_{ολ}$ είναι 15 μοίρες από την F_2 .»



Πρόσθεση Διανυσμάτων με κάθετες (90°) διευθύνσεις

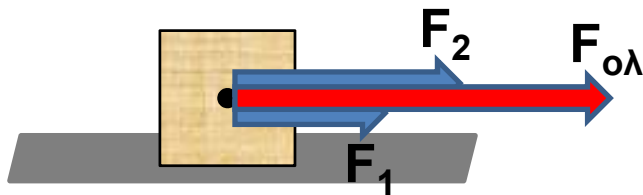
- Αν $F_1=8\text{N}$ και $F_2=6\text{N}$ βρείτε το $F_{ολ}$.
 - Στην ειδική περίπτωση που οι δυνάμεις είναι κάθετες μεταξύ τους, μπορούμε να υπολογίσουμε το μήκος της διαγωνίου εφαρμόζοντας το **Πυθαγόρειο θεώρημα**.



$$\begin{aligned}
 F_{ολ}^2 &= F_1^2 + F_2^2 = (8\text{N})^2 + (6\text{N})^2 = \\
 &= 64\text{N}^2 + 36\text{N}^2 = 100\text{N}^2 \Rightarrow \\
 \Rightarrow F_{ολ} &= \sqrt{100\text{N}^2} = 10\text{N}
 \end{aligned}$$

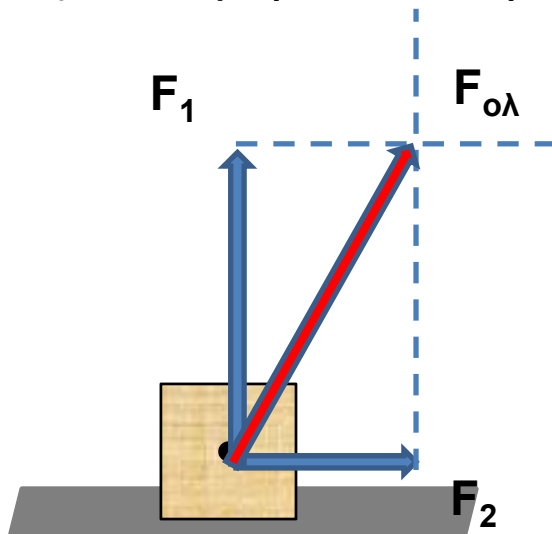
Συνοψίζοντας

- Αν οι δυνάμεις είναι στην ίδια ευθεία:



$$\begin{aligned}\vec{F}_{ολ} &= \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \\ &= +2N + (+3N) = \\ &= +2N + 3N = +5N\end{aligned}$$

- Αν σχηματίζουν γωνία 90° (πυθαγόρειο θεώρημα)



- Σε κάθε άλλη περίπτωση

