

8. Σύνθεση και ανάλυση δυνάμεων



Βασική θεωρία

Σύνθεση δυνάμεων – Συνισταμένη

Σύνθεση δυνάμεων είναι η **διαδικασία** με την οποία προσπαθούμε να προσδιορίσουμε τη δύναμη εκείνη που προκαλεί τα ίδια αποτελέσματα σ' ένα σώμα, αν αντικαταστήσει μόνη της όλες τις επιμέρους δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα.



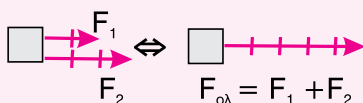
Συνισταμένη δύο ή περισσότερων δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα λέγεται η δύναμη εκείνη που προκαλεί τα ίδια αποτελέσματα σ' ένα σώμα, αν αντικαταστήσει μόνη της όλες τις επιμέρους δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα.

Δες την ερώτηση εμβάθυνσης 8.1.

Σύνθεση δυνάμεων με την ίδια διεύθυνση

A. Οι δυνάμεις έχουν ίδια διεύθυνση και φορά (ομόρροπες δυνάμεις).

Δες προσεκτικά το σχήμα που ακολουθεί και βγάλε τα συμπεράσματά σου.

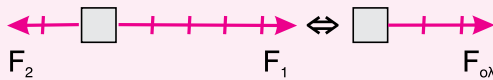


Αν δύο ή περισσότερες δυνάμεις με μέτρα F_1, F_2 κτλ. έχουν την ίδια διεύθυνση και φορά, η συνισταμένη τους $\vec{F}_{ολ}$ έχει τη διεύθυνση και τη φορά των δυνάμεων και μέτρο:

$$F_{ολ} = F_1 + F_2$$

B. Οι δυνάμεις έχουν την ίδια διεύθυνση αλλά αντίθετη φορά (αντίρροπες δυνάμεις).

Δες το σχήμα που ακολουθεί.



Αν δύο ή περισσότερες δυνάμεις με μέτρα F_1, F_2 κτλ. έχουν αντίθετη φορά, η συνισταμένη τους $\vec{F}_{ολ}$ έχει τη φορά της μεγαλύτερης και μέτρο:
 $F_{ολ} = F_1 - F_2$

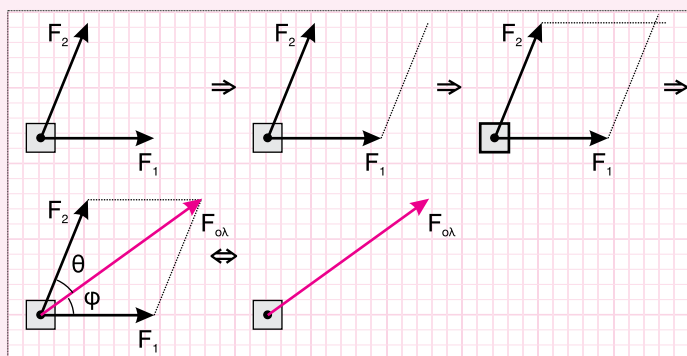
ΣΗΜΕΙΩΣΗ

Στην περίπτωση που οι δυνάμεις έχουν αντίθετη φορά και ίσα μέτρα, ονομάζονται **αντίθετες** και η συνισταμένη τους **ισούται με το μηδέν**.

Σύνθεση δυνάμεων διαφορετικών διευθύνσεων

Α. Γενικά

Δες προσεκτικά τη σειρά των παρακάτω σχημάτων και βγάλε τα συμπεράσματά σου.

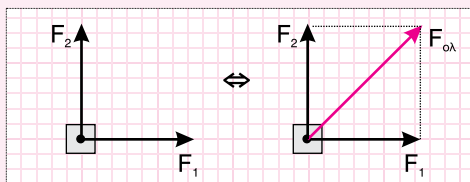


Αυτή η μέθοδος σύνθεσης λέγεται **κανόνας του παραλληλογράμμου**.

Για να συνθέσουμε δύο δυνάμεις με διαφορετικές διευθύνσεις, σχηματίζουμε το παραλληλόγραμμο που έχει πλευρές τα διανύσματα που σχηματίζουν οι δυνάμεις. Η διαγώνιος του παραλληλογράμμου, που περνάει από την κοινή αρχή των δύο δυνάμεων, παριστάνει τη συνισταμένη των δυνάμεων. Η διεύθυνση της συνισταμένης προσδιορίζεται από τη γωνία που σχηματίζει με μία από τις αρχικές δυνάμεις (γωνία φ ή θ στο σχήμα).

(Τις γωνίες φ ή θ μπορείς να τις μετρήσεις με μοιρογνωμόνιο.)

Β. Δυνάμεις κάθετες μεταξύ τους



Στην περίπτωση αυτή το μέτρο της συνισταμένης το βρίσκουμε εφαρμόζοντας το πυθαγόρειο θεώρημα.

Έτσι, βρίσκουμε ότι: $F_{ολ}^2 = F_1^2 + F_2^2$ και λύνουμε ως προς $F_{ολ}$.

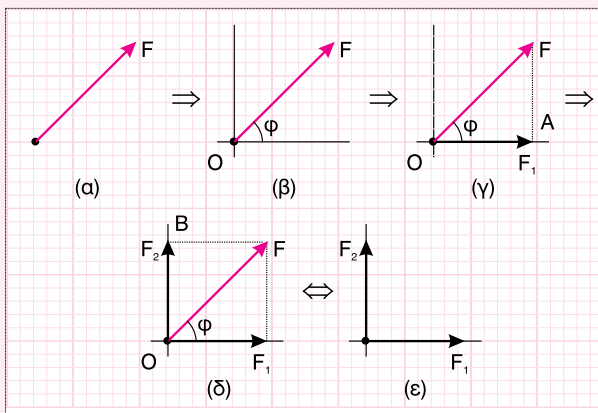
 Δες την ερώτηση εμβάθυνσης 8.2.

Ανάλυση δύναμης (σε συνιστώσες)

Κάθε δύναμη μπορεί να αναλυθεί σε δύο επιμέρους δυνάμεις που λέγονται **συνιστώσες** και την έχουν συνισταμένη.

Συνήθως η ανάλυση γίνεται σε δύο διευθύνσεις κάθετες μεταξύ τους.

Παρακολούθησε στη σειρά των παρακάτω σχημάτων την αναλυτική διαδικασία της ανάλυσης μιας δύναμης $\vec{F}$ σε δύο συνιστώσες $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$. Για καθένα από τα σχήματα (α), (β), (γ) κτλ. διάβαζε ταυτόχρονα και το αντίστοιχο κειμενάκι του που ακολουθεί.



- (α) Η δύναμη $\vec{F}$.
- (β) Σχεδιάσαμε δύο κάθετους άξονες, σ' αυτή την περίπτωση έναν οριζόντιο και έναν κατακόρυφο, οι οποίοι έχουν κοινή αρχή την αρχή του διανύσματος.
- (γ) Από το τέλος του διανύσματος $\vec{F}$ φέραμε παράλληλη προς τον κατακόρυφο άξονα. Το σημείο τομής Α αυτής της παραλλήλου με τον οριζόντιο άξονα καθορίζει το τέλος του διανύσματος της συνιστώσας $\vec{F}_1$. (Η αρχή αυτής της συνιστώσας είναι το σημείο Ο.)
- (δ) Από το τέλος του διανύσματος $\vec{F}$ φέραμε παράλληλη προς τον οριζόντιο άξονα. Το σημείο τομής Β αυτής της παραλλήλου με τον κατακόρυφο άξονα καθορίζει το τέλος του διανύσματος της συνιστώσας $\vec{F}_2$. (Η αρχή και αυτής της συνιστώσας είναι το σημείο Ο.)
- (ε) Η δύναμη $\vec{F}$ έχει πλέον αντικατασταθεί από τις δύο συνιστώσες της $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$ (των οποίων αποτελεί συνισταμένη).

 Δες το λυμένο παράδειγμα 8.14.



Εμβαθύνοντας στη θεωρία

8.1 Να σχολιάσεις το ότι η συνισταμένη δύο ή περισσότερων δυνάμεων έχει νόημα μόνο όταν όλες οι δυνάμεις ασκούνται πάνω στο ίδιο σώμα.

► Απάντηση

Συνισταμένη είναι η δύναμη που αντικαθιστά τις άλλες και φέρνει μόνη της το ίδιο αποτέλεσμα με αυτές.

Αν οι αρχικές δυνάμεις δε δρουν πάνω στο ίδιο σώμα, αλλά αλλού δρα η μία και αλλού η άλλη, τότε δεν έχει νόημα να μιλάμε για το αποτέλεσμα που φέρνουν όλες μαζί. Επομένως δεν έχει νόημα να μιλάμε και για τη συνισταμένη τους.

8.2 Δύναμη από τραχιά επιφάνεια

Να δώσεις περισσότερες λεπτομέρειες για τη δύναμη επαφής που ασκείται από μία τραχιά επιφάνεια σε ένα σώμα που κινείται πάνω της.

► Απάντηση

Μία τραχιά επιφάνεια ασκεί σε ένα σώμα που κινείται (ή τείνει να κινηθεί) πάνω της την κάθετη δύναμη $\vec{F}_N$ και την τριβή $\vec{T}$. Οι δυνάμεις αυτές είναι κάθετες μεταξύ τους. Έτσι, είναι εύκολο να τις συνθέσουμε και να υπολογίσουμε τη **συνολική** δύναμη που ασκείται από την τραχιά επιφάνεια στο σώμα.

Πράγματι, θα είναι $F^2 = F_N^2 + T^2$ και από αυτή τη σχέση προκύπτει η δύναμη $\vec{F}$.

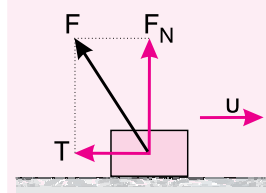
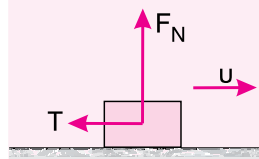
!!! ΠΡΟΣΟΧΗ

Στην πραγματικότητα, η τραχιά επιφάνεια ασκεί **μόνο** μία δύναμη στο σώμα, την $\vec{F}$.

Η δύναμη $\vec{F}$ όμως, αφού η επιφάνεια είναι τραχιά, δεν είναι κάθετη σε αυτήν, όπως τότε που η επιφάνεια είναι λεία.

Η δύναμη $\vec{F}$ τώρα που η επιφάνεια είναι τραχιά είναι πλάγια, γέρνοντας αντίθετα, προς τα εκεί που κινείται το σώμα.

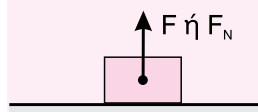
Έτσι όπως είναι η $\vec{F}$ λοιπόν, είναι σαν να αυτοαναλύεται στις συνιστώσες της $\vec{F}_N$ και τριβή $\vec{T}$, βάσει των οποίων φαίνεται να δρα. (Δες και δίπλα.)



Αναλυτικά για τη δύναμη επαφής από επιφάνεια σε σώμα.

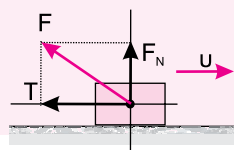
(α) Λεία επιφάνεια

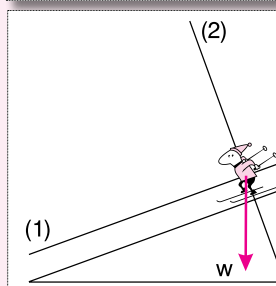
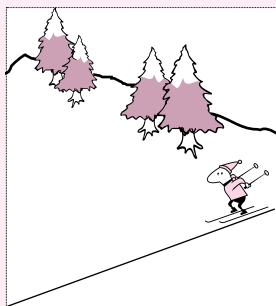
Η δύναμη επαφής $\vec{F}$ είναι κάθετη στην επιφάνεια.



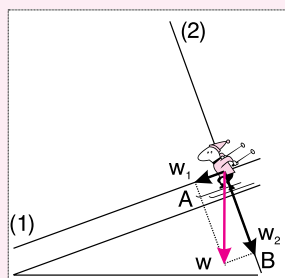
(β) Τραχιά επιφάνεια

Η δύναμη επαφής $\vec{F}$ γίνεται πλάγια και αναλύεται στην κάθετη (συνιστώσα) δύναμη $\vec{F}_N$ και στην οριζόντια (συνιστώσα) δύναμη $\vec{T}$.





Σχεδιάσαμε το κατακόρυφο διάνυσμα $\vec{w}$ του βάρους του σκιέρ και χαράξαμε τον άξονα (1) παράλληλο στην πλαγιά και τον άξονα (2) κάθετο σε αυτή.



- ▶ Από το τέλος του $\vec{w}$ φέραμε παράλληλη προς τον άξονα (2). Το σημείο τομής Α με τον άξονα (1) καθόρισε τη συνιστώσα $\vec{w}_1$.
- ▶ Από το τέλος του $\vec{w}$ φέραμε παράλληλη προς τον άξονα (1). Το σημείο τομής Β με τον άξονα (2) καθόρισε τη συνιστώσα $\vec{w}_2$.

8.3 Ο σκιέρ κατεβαίνει τη χιονισμένη πίστα! Να σχεδιάσεις τη δύναμη $\vec{w}$ του βάρους του και να την αναλύσεις σε μία διεύθυνση κάθετη και σε μία παράλληλη στην πίστα (κεκλιμένο επίπεδο).

► Απάντηση

Οι διευθύνσεις στις οποίες γίνεται η ανάλυση των δυνάμεων δεν είναι απαραίτητα η κατακόρυφη και η οριζόντια.

Συνήθως, είναι πιο αποτελεσματικό η μία διεύθυνση στην οποία αναλύουμε τις δυνάμεις να είναι η διεύθυνση κίνησης και η άλλη η κάθετη σε αυτή.

Ομοίως και με το βάρος του σκιέρ. Γίνεται πιο εύκολη και αποτελεσματική η μελέτη της κίνησής του, αν το διάνυσμα $\vec{w}$ το αναλύσουμε σε έναν άξονα παράλληλο προς το κεκλιμένο επίπεδο και σε έναν άξονα κάθετο σε αυτό.

🌸 Δες προσεκτικά τη σειρά των διπλανών σχημάτων.



Μάθε συμπληρώνοντας κενά

Να συμπληρώσεις τα κενά που εκφράζονται με τις τελείες (.....) στις προτάσεις που ακολουθούν.

8.4 Σύνθεση δυνάμεων είναι η με την οποία προσπαθούμε να προσδιορίσουμε τη δύναμη εκείνη που προκαλεί τα αποτελέσματα σ' ένα σώμα, αν μόνη της όλες τις επιμέρους που ασκούνται στο σώμα.

8.5 Συνισταμένη δύο ή περισσότερων δυνάμεων που ασκούνται πάνω σε ένα σώμα λέγεται η εκείνη που τα ίδια αποτελέσματα σ' ένα σώμα, αν μόνη της όλες τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα.

8.6 Αν δύο ή περισσότερες δυνάμεις με μέτρα F_1 , F_2 κτλ. έχουν την ίδια διεύθυνση και φορά, η συνισταμένη τους $\vec{F}_{ολ}$ έχει τη και τη των δυνάμεων και μέτρο $F_{ολ} = \dots\dots\dots$.

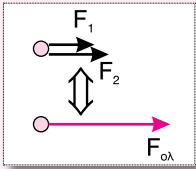
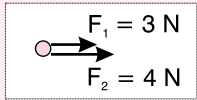
8.7 Αν δύο ή περισσότερες δυνάμεις με μέτρα F_1 , F_2 κτλ. έχουν αντίθετη φορά, η συνισταμένη τους $\vec{F}_{ολ}$ έχει τη φορά της και μέτρο $F_{ολ} = \dots\dots\dots$.

8.8 Δύο δυνάμεις που έχουν αντίθετη φορά και ίσα μέτρα ονομάζονται και η συνισταμένη τους ισούται με το

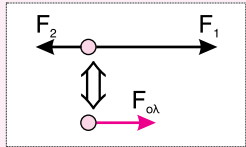
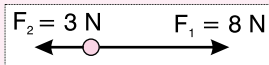


Μάθε να λύνεις ασκήσεις

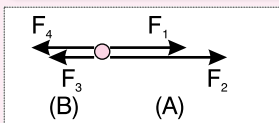
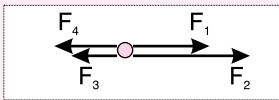
Συνισταμένη ομόρροπων δυνάμεων



Συνισταμένη αντίρροπων δυνάμεων



Συνδυασμός ομόρροπων και αντίρροπων δυνάμεων



8.9 Σε ένα σώμα ασκούνται οι ομόρροπες δυνάμεις $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$ με μέτρα $F_1 = 3 \text{ N}$ και $F_2 = 4 \text{ N}$. Να προσδιορίσεις τη συνισταμένη τους $\vec{F}_{ολ}$.

► Λύση

Η συνισταμένη $\vec{F}_{ολ}$ των δυνάμεων $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$ έχει μέτρο:

$$F_{ολ} = F_1 + F_2 \quad \text{ή}$$

$$F_{ολ} = 3 \text{ N} + 4 \text{ N} \quad \text{ή}$$

$$F_{ολ} = 7 \text{ N}$$

και κατεύθυνση ίδια με τις $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$.

8.10 Σε ένα σώμα ασκούνται οι αντίρροπες δυνάμεις $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$ με μέτρα $F_1 = 8 \text{ N}$ και $F_2 = 3 \text{ N}$. Να προσδιορίσεις τη συνισταμένη τους $\vec{F}_{ολ}$.

► Λύση

Η συνισταμένη $\vec{F}_{ολ}$ των δυνάμεων $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$ θα έχει ίδια διεύθυνση με τις $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ και φορά αυτή της μεγαλύτερης δύναμης, δηλαδή της $\vec{F}_1$.

Το μέτρο της συνισταμένης $\vec{F}_{ολ}$ θα είναι:

$$F_{ολ} = F_1 - F_2 \quad \text{ή}$$

$$F_{ολ} = 8 \text{ N} - 3 \text{ N} \quad \text{ή}$$

$$F_{ολ} = 5 \text{ N}$$

8.11 Σε ένα σώμα ασκούνται οι ομόρροπες δυνάμεις $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ και οι αντίρροπες με αυτές δυνάμεις $\vec{F}_3$ και $\vec{F}_4$. Τα μέτρα των δυνάμεων είναι $F_1 = 5 \text{ N}$, $F_2 = 7 \text{ N}$, $F_3 = 3 \text{ N}$ και $F_4 = 4 \text{ N}$. Να προσδιορίσεις τη συνισταμένη τους $\vec{F}_{ολ}$.

► Λύση

Στο σώμα ασκούνται δύο «πακέτα» ομόρροπων μεταξύ τους δυνάμεων: το (Α), με τις $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ που έχουν φορά προς τα δεξιά, και το (Β), με τις $\vec{F}_3$, $\vec{F}_4$ που έχουν φορά προς τα αριστερά.

Για να υπολογίσουμε τη συνισταμένη τους, εργαζόμαστε ως εξής:

- Υπολογίζουμε πρώτα τη συνισταμένη $\vec{F}_A$ του «πακέτου» δυνάμεων (Α).

Η επιμέρους συνισταμένη $\vec{F}_A$ έχει κατεύθυνση προς τα δεξιά και μέτρο:

$$F_A = F_1 + F_2 \quad \text{ή} \quad F_A = 5 \text{ N} + 7 \text{ N} \quad \text{ή} \quad F_A = 12 \text{ N}$$

 Δες το σχήμα (α).

- Στη συνέχεια υπολογίζουμε τη συνισταμένη $\vec{F}_B$ του «πακέτου» δυνάμεων (Β).

Η επιμέρους συνισταμένη $\vec{F}_B$ έχει κατεύθυνση προς τα αριστερά και μέτρο:

$$F_B = F_3 + F_4 \quad \text{ή} \quad F_B = 4 \text{ N} + 3 \text{ N} \quad \text{ή} \quad F_B = 7 \text{ N}$$

 Δες το σχήμα (β).

- Τέλος, υπολογίζουμε τη συνισταμένη των δυνάμεων $\vec{F}_A$ και $\vec{F}_B$. Η δύναμη που θα προκύψει είναι η συνισταμένη $\vec{F}_{ολ}$ όλων των αρχικών δυνάμεων.

Επειδή οι $\vec{F}_A$, $\vec{F}_B$ είναι αντίρροπες, η $\vec{F}_{ολ}$ θα έχει τη φορά της μεγαλύτερης (εδώ της $\vec{F}_A$) και μέτρο:

$$F_{ολ} = F_A - F_B \quad \text{ή} \quad F_{ολ} = 12 \text{ N} - 7 \text{ N} \quad \text{ή} \quad F_{ολ} = 5 \text{ N}$$

 Δες το σχήμα (γ).

8.12 Ένα σώμα δέχεται τις δυνάμεις $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$ που είναι κάθετες μεταξύ τους και έχουν μέτρα $F_1 = 4 \text{ N}$ και $F_2 = 3 \text{ N}$. Να προσδιορίσεις τη συνισταμένη τους.

► Λύση

- Εφαρμόζοντας τον κανόνα του παραλληλογράμμου, προέκυψε γραφικά η συνισταμένη $\vec{F}_{ολ}$, όπως στο σχήμα.
- Το μέτρο της $\vec{F}_{ολ}$ θα το υπολογίσουμε με το πυθαγόρειο θεώρημα (εφόσον οι δυνάμεις είναι κάθετες μεταξύ τους).

Έχουμε:

$$F_{ολ}^2 = F_1^2 + F_2^2 \quad \text{ή} \quad F_{ολ}^2 = (4 \text{ N})^2 + (3 \text{ N})^2 \quad \text{ή}$$

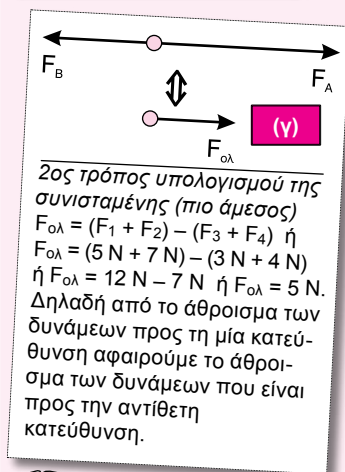
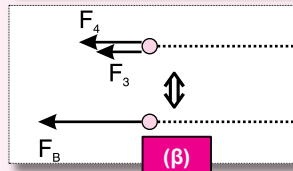
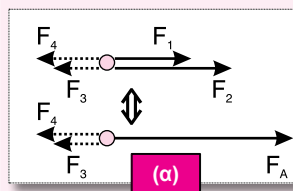
$$F_{ολ}^2 = 16 \text{ N}^2 + 9 \text{ N}^2 \quad \text{ή} \quad F_{ολ}^2 = 25 \text{ N}^2$$

Επειδή ο αριθμός 25 προκύπτει από το τετράγωνο του 5, έχουμε:

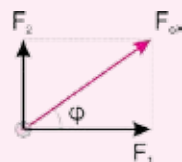
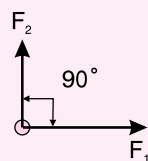
$$F_{ολ}^2 = 25 \text{ N}^2 = (5 \text{ N})^2 \quad \text{ή}$$

$$F_{ολ} = (5 \text{ N})^2 \quad \text{ή}$$

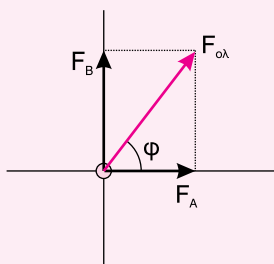
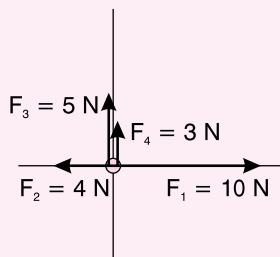
$$F_{ολ} = 5 \text{ N}$$



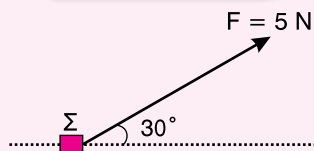
Σύνθεση κάθετων δυνάμεων



Πιο σύνθετη εφαρμογή
ή... τα έχει όλα!



Ανάλυση δύναμης σε
δύο κάθετες συνιστώ-
σες. Υπολογισμοί με
βοήθεια της κλίμακας.



- Τη διεύθυνση της δύναμης $\vec{F}_{ολ}$ μπορούμε να την προσδιορίσουμε μετρώντας τη γωνία φ του σχήματος με το μοιρογνώνιο, αρκεί να έχουμε σχεδιάσει με σωστή κλίμακα τα διανύσματα $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$.

8.13 Ένα σώμα δέχεται τις δυνάμεις $F_1 = 10 \text{ N}$, $F_2 = 4 \text{ N}$, $F_3 = 5 \text{ N}$ και $F_4 = 3 \text{ N}$, όπως στο σχήμα. Να προσδιορίσεις τη συνισταμένη τους.

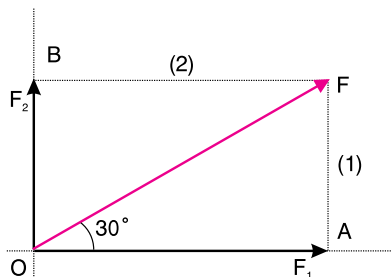
► Λύση

- Βρίσκουμε πρώτα την επιμέρους συνισταμένη $\vec{F}_A$ των δυνάμεων $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$ του οριζοντίου άξονα. Οι $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$ είναι αντίρροπες, οπότε:
 $F_A = F_1 - F_2 = 10 \text{ N} - 4 \text{ N}$ ή
 $F_A = 6 \text{ N}$ με κατεύθυνση προς τα δεξιά.
- Βρίσκουμε στη συνέχεια την επιμέρους συνισταμένη $\vec{F}_B$ των δυνάμεων $\vec{F}_3$ και $\vec{F}_4$ του κατακόρυφου άξονα. Οι $\vec{F}_3$ και $\vec{F}_4$ είναι ομόρροπες, οπότε:
 $F_B = F_3 + F_4 = 5 \text{ N} + 3 \text{ N}$ ή
 $F_B = 8 \text{ N}$ με κατεύθυνση προς τα πάνω.
- Τοποθετούμε σωστά τις $\vec{F}_A$ και $\vec{F}_B$ πάνω στους άξονες. Οι δυνάμεις $\vec{F}_A$ και $\vec{F}_B$ είναι κάθετες μεταξύ τους, οπότε τις συνθέτουμε με τον κανόνα του παραλληλογράμμου.
 - Το μέτρο της $F_{ολ}$ θα είναι:
 $F_{ολ}^2 = F_A^2 + F_B^2 = (6 \text{ N})^2 + (8 \text{ N})^2$ ή
 $F_{ολ}^2 = F_A^2 + F_B^2 = 36 \text{ N}^2 + 64 \text{ N}^2 = 100 \text{ N}^2$ ή
 $F_{ολ}^2 = (10 \text{ N})^2$ ή $F_{ολ} = 10 \text{ N}$.
 - Τη διεύθυνση της $F_{ολ}$ θα την προσδιορίσουμε μετρώντας τη γωνία φ με το μοιρογνώνιο, αρκεί να έχουμε σχεδιάσει με τη σωστή κλίμακα τα διανύσματα $\vec{F}_A$ και $\vec{F}_B$.

8.14 Στο σώμα Σ ασκείται μια δύναμη με μέτρο $F = 5 \text{ N}$ που σχηματίζει γωνία $\varphi = 30^\circ$ με την οριζόντια διεύθυνση. Να την αναλύσεις σε δύο κάθετες μεταξύ τους συνιστώσες, μια οριζόντια και μια κατακόρυφη. Χρησιμοποιώντας κατάλληλη κλίμακα, να προσδιορίσεις με τη βοήθεια του χάρακα τα μέτρα των συνιστωσών $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$.

► Λύση

- Χαράσσουμε ένα σύστημα κάθετων αξόνων (οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα).
- Αν χρησιμοποιήσουμε την κλίμακα $1\text{ cm} \rightarrow 1\text{ N}$, η δύναμη $F = 5\text{ N}$ θα σχεδιαστεί ως διάνυσμα μήκους 5 cm .



Με τη βοήθεια του μοιρογνωμόνιου λοιπόν σχεδιάζουμε τη δύναμη $\vec{F}$ με μήκος 5 cm , ώστε να σχηματίζει γωνία 30° με τον οριζόντιο άξονα.

- Από το τέλος της $\vec{F}$ φέρνουμε τη διακεκομμένη παράλληλη (1) προς τον κατακόρυφο άξονα. Το σημείο τομής της A με τον οριζόντιο άξονα προσδιορίζει το τέλος της συνιστώσας $\vec{F}_1$. Μετρώντας το μήκος του διανύσματος F_1 με το χάρακα, το βρήκαμε ίσο με $4,3\text{ cm}$ περίπου.

Επειδή λοιπόν η κλίμακα είναι $1\text{ cm} \rightarrow 1\text{ N}$, τα $4,3\text{ cm}$ θα αντιστοιχούν σε $4,3\text{ N}$. Επομένως το μέτρο της συνιστώσας $\vec{F}_1$ είναι $F_1 = 4,3\text{ N}$.

- Από το τέλος της $\vec{F}$ φέρνουμε τη (διακεκομμένη) παράλληλη (2) προς τον οριζόντιο άξονα.

Το σημείο τομής της B με τον κατακόρυφο άξονα προσδιορίζει το τέλος της συνιστώσας $\vec{F}_2$. Μετρώντας με το χάρακα το μήκος του διανύσματος $\vec{F}_2$, το βρήκαμε ίσο με $2,5\text{ cm}$ περίπου.

Επειδή λοιπόν η κλίμακα είναι $1\text{ cm} \rightarrow 1\text{ N}$, τα $2,5\text{ cm}$ θα αντιστοιχούν σε $2,5\text{ N}$. Επομένως το μέτρο της συνιστώσας $\vec{F}_2$ είναι $F_2 = 2,5\text{ N}$.



Απάντησε σε ερωτήσεις

- 8.15** Τι είναι η σύνθεση δυνάμεων;
- 8.16** Τι ονομάζουμε συνισταμένη δύο ή περισσότερων δυνάμεων;
- 8.17** Πότε δύο δυνάμεις λέγονται ομόρροπες;
- 8.18** Πότε δύο δυνάμεις λέγονται αντίρροπες;
- 8.19** Πότε δύο δυνάμεις λέγονται αντίθετες και πόση είναι η συνισταμένη δύο αντίθετων δυνάμεων που δρουν σε ένα σώμα;
- 8.20** Να χαρακτηρίσεις καθεμία από τις προτάσεις που ακολουθούν ως σωστή (Σ) ή ως λανθασμένη (Λ).
- (α)** Σύνθεση δυνάμεων μπορούμε να κάνουμε ανεξάρτητα απ' το αν οι δυνάμεις που συνθέτουμε ασκούνται στο ίδιο ή σε διαφορετικά σώματα. ☐
- (β)** Οι δυνάμεις που έχουν ίσα μέτρα αλλά αντίθετη φορά ονομάζονται αντίρροπες. ☐
- (γ)** Ανάλυση δύναμης είναι η διαδικασία με την οποία χωρίζουμε το διάνυσμα της δύναμης σε μικρότερα διανυσματάκια ομόρροπα με αυτή. ☐
- (δ)** Κάθε δύναμη μπορεί να αναλυθεί σε δύο επιμέρους δυνάμεις που λέγονται συνιστώσες και την έχουν συνισταμένη. ☐
- 8.21** Στο χορό στον πάγο κάποια στιγ-

μή η χορεύτρια και ο χορευτής έρχονται σε επαφή. Η χορεύτρια τότε ασκεί στο χορευτή οριζόντια δύναμη $F_1 = 20 \text{ N}$ με φορά προς τα δεξιά και ο χορευτής ασκεί στη χορεύτρια αντίθετη δύναμη (οριζόντια με φορά προς τ' αριστερά) με μέτρο $F_2 = 20 \text{ N}$. Η συνισταμένη των δυνάμεων $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$ είναι ίση με μηδέν. Να σχολιάσεις για ποιο λόγο δεν μπορεί να είναι σωστός αυτός ο ισχυρισμός.

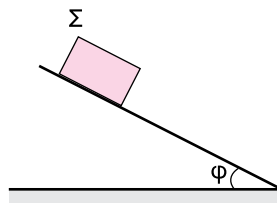
8.22 Στη στήλη 1 φαίνονται οι δυνάμεις που ασκούνται σε ένα σώμα και στη στήλη 2 τα πιθανά διανύσματα της συνισταμένης σε κάθε περίπτωση. Να αντιστοιχίσεις κάθε περίπτωση της στήλης 1 με το πιθανότερο γι' αυτή διάνυσμα συνισταμένης της στήλης 2.

Στήλη 1	Στήλη 2
1.	α.
2.	β.
3.	γ.
	δ.

Γράψε στα κουτάκια τους σωστούς συνδυασμούς.

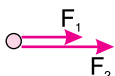
--	--	--

8.23 Το σώμα Σ βρίσκεται πάνω στο κεκλιμένο επίπεδο του σχήματος. Να σχεδιάσεις το διάνυσμα του βάρους του και να το αναλύσεις σε μία διεύθυνση παράλληλη και σε μία κάθετη στο κεκλιμένο επίπεδο.

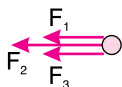


Λύσε ασκήσεις

8.24 Αν $F_1 = 2 \text{ N}$ και $F_2 = 3 \text{ N}$, να βρεις τη συνισταμένη αυτών των δυνάμεων.



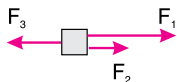
8.25 Αν $F_1 = 4 \text{ N}$, $F_2 = 5 \text{ N}$ και $F_3 = 4 \text{ N}$, να βρεις τη συνισταμένη αυτών των δυνάμεων.



8.26 Αν $F_1 = 10 \text{ N}$ και $F_2 = 3 \text{ N}$, να βρεις τη συνισταμένη αυτών των δυνάμεων.

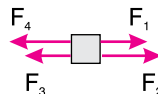


8.27 Αν $F_1 = 6 \text{ N}$, $F_2 = 2 \text{ N}$ και $F_3 = 4 \text{ N}$, να βρεις τη συνισταμένη αυτών των δυνάμεων.

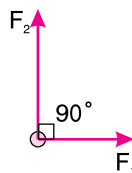


8.28 Αν $F_1 = 3 \text{ N}$, $F_2 = 4 \text{ N}$, $F_3 = 3 \text{ N}$

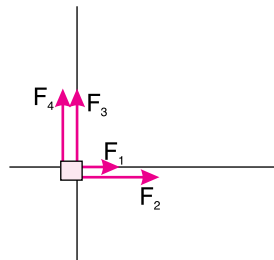
και $F_4 = 4 \text{ N}$, να βρεις τη συνισταμένη αυτών των δυνάμεων χωρίς να κάνεις ούτε μία πράξη.



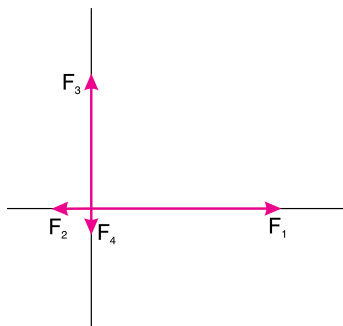
8.29 Οι δυνάμεις $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$ είναι κάθετες. Αν $F_1 = 6 \text{ N}$ και $F_2 = 8 \text{ N}$, να βρεις τη συνισταμένη τους.



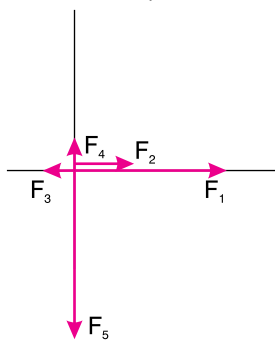
8.30 Αν $F_1 = 1 \text{ N}$, $F_2 = 2 \text{ N}$, $F_3 = 2 \text{ N}$ και $F_4 = 2 \text{ N}$, να βρεις τη συνισταμένη αυτών των δυνάμεων.



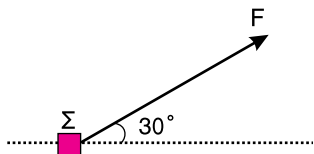
8.31 Αν $F_1 = 10 \text{ N}$, $F_2 = 2 \text{ N}$, $F_3 = 7 \text{ N}$ και $F_4 = 1 \text{ N}$, να βρεις τη συνισταμένη αυτών των δυνάμεων.



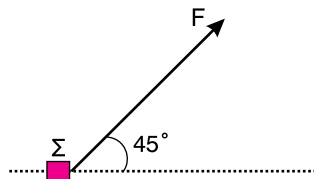
8.32 Αν $F_1 = 10 \text{ N}$, $F_2 = 4 \text{ N}$, $F_3 = 2 \text{ N}$, $F_4 = 2 \text{ N}$ και $F_5 = 11 \text{ N}$, να βρεις τη συνισταμένη αυτών των δυνάμεων. (Δίνεται ότι $225 = 15^2$.)



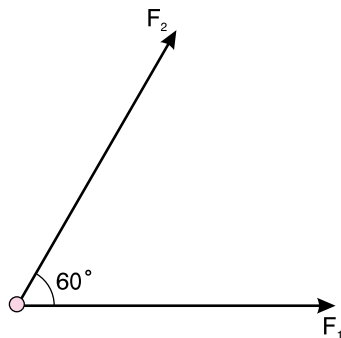
8.33 Στο σώμα Σ ασκείται μια δύναμη με μέτρο $F = 8 \text{ N}$ που σχηματίζει γωνία $\varphi = 30^\circ$ με την οριζόντια διεύθυνση. Να την αναλύσεις σε δύο κάθετες μεταξύ τους συνιστώσες, μια οριζόντια και μια κατακόρυφη. Χρησιμοποιώντας κατάλληλη κλίμακα, να προσδιορίσεις με τη βοήθεια του χάρακα τα μέτρα των συνιστωσών $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$.



8.34 Στο σώμα Σ ασκείται μια δύναμη με μέτρο $F = 10 \text{ N}$ που σχηματίζει γωνία $\varphi = 45^\circ$ με την οριζόντια διεύθυνση. Να την αναλύσεις σε δύο κάθετες μεταξύ τους συνιστώσες, μια οριζόντια και μια κατακόρυφη. Χρησιμοποιώντας κατάλληλη κλίμακα, να προσδιορίσεις με τη βοήθεια του χάρακα τα μέτρα των συνιστωσών $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$.



8.35 Οι δυνάμεις $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$ έχουν ίσα μέτρα $F_1 = F_2 = 10 \text{ N}$ και σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 60° . Να βρεις τη συνισταμένη τους με τον κανόνα του παραλληλογράμμου. Χρησιμοποιώντας κατάλληλη κλίμακα, να προσδιορίσεις με τη βοήθεια του χάρακα το μέτρο της συνισταμένης $\vec{F}_{\text{ολ}}$.





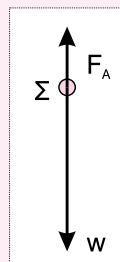
Έλεγξε τις γνώσεις σου

ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

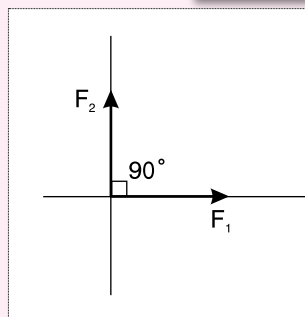


1. Τι λέμε συνισταμένη δύο ή περισσότερων δυνάμεων που ασκούνται σ' ένα σώμα;

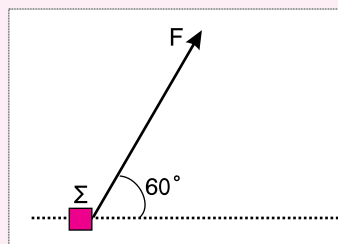
2. Καθώς ένα σώμα πέφτει, δέχεται τις κατακόρυφες δυνάμεις $w = 20 \text{ N}$ και την αντίσταση από τον αέρα $F_A = 2 \text{ N}$, όπως στο σχήμα. Να προσδιορίσεις τη συνισταμένη αυτών των δυνάμεων.



3. Αν $F_1 = 16 \text{ N}$ και $F_2 = 12 \text{ N}$, να βρεις τη συνισταμένη αυτών των δυνάμεων. (Δίνεται ότι $400 = 20^2$.)



4. Στο σώμα Σ ασκείται μια δύναμη με μέτρο $F = 10 \text{ N}$ που σχηματίζει γωνία $\varphi = 60^\circ$ με την οριζόντια διεύθυνση. Να την αναλύσεις σε δύο κάθετες μεταξύ τους συνιστώσες, μια οριζόντια και μια κατακόρυφη. Χρησιμοποιώντας κατάλληλη κλίμακα, να προσδιορίσεις με τη βοήθεια του χάρακα τα μέτρα των συνιστωσών $\vec{F}_1$ και $\vec{F}_2$.



Καλή επιτυχία!