1.3.1 Τρίτος νόμος του Νεύτωνα. Νόμος δράσης – αντίδρασης

Οι δυνάμεις πάντα εκδηλώνονται κατά ζεύγη. Όταν δύο σώματα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους το ένα ασκεί δύναμη στο άλλο.
Το σφυρί χτυπά έναν πάσσαλο και τον χώνει στο έδαφος. Το σφυρί ασκεί δύναμη στον πάσσαλο ο πάσσαλος ασκεί δύναμη το σφυρί.
Σύμφωνα με τον Νεύτωνα κατά την αλληλεπίδραση των σωμάτων καμία δύναμη **δεν μπορούσε** να θεωρηθεί ως **ασκούμενη ή λαμβανόμενη**. Πίστευε ότι η φύση είναι συμμετρική και ότι τα σώματα πρέπει να **αντιμετωπίζονται το ίδιο.**
Σύμφωνα με τον τρίτο νόμο: **Όταν ένα σώμα ασκεί μια δύναμη σ' ένα δεύτερο σώμα, τότε και το δεύτερο ασκεί ίση και αντίθετη δύναμη στο πρώτο**.

Ο τρίτος νόμος μπορεί να διατυπωθεί και ως εξής: **Σε κάθε δράση υπάρχει πάντα μια ίση αντίδραση.**

- Το αυτοκίνητο σπρώχνει το έδαφος το έδαφος σπρώχνει τους τροχούς.
- Κολυμπώντας σπρώχνουμε το νερό προς τα πίσω, το νερό μας σπρώχνει προς τα μπρος.
- Το ελικοφόρο αεροπλάνο σπρώχνει με τον έλικα τον αέρα και ο αέρας το αεροπλάνο.

Στις παραπάνω περιπτώσεις αν χαρακτηριστούν ως δράση οι δυνάμεις που ασκεί το πρώτο σώμα η κίνηση οφείλεται στις δυνάμεις της αντίδρασης.

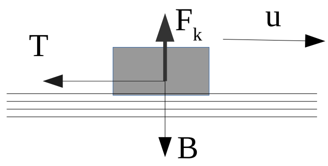
Οι δυνάμεις δράση και αντίδραση δρουν σε **διαφορετικά σώματα** για το λόγο αυτό δεν μπορούν να προστεθούν. Δεν έχει σημασία ποια δύναμη ονομάζεται δράση και ποια αντίδραση καμία δεν μπορεί να υπάρξει χωρίς την άλλη.

Αν σε ένα σώμα ασκεί η Γη δύναμη, το σώμα ασκεί ίση δύναμη στη Γη αλλά η δύναμη αυτή **δεν προκαλεί μετρήσιμη επιτάχυνση** λόγω ότι η μάζα της Γης είναι τεράστια.

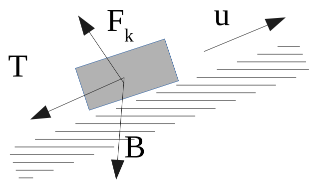
Όταν πυροβολεί κάποιος με ένα όπλο η σφαίρα στη θαλάμη δέχεται δύναμη λόγω της έκρηξης που προκαλείται αλλά και το όπλο δέχεται μία ίση και αντίθετη δύναμη, τότε λέμε ότι το όπλο κλωτσάει. Όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα του όπλου τόσο λιγότερο θα κλωτσήσει το όπλο.
Όταν σπρώχνουμε τον τοίχο και ο τοίχος θα σπρώξει και εμάς με ίση και αντίθετη δύναμη.

1.3.2 Δυνάμεις από επαφή και από απόσταση

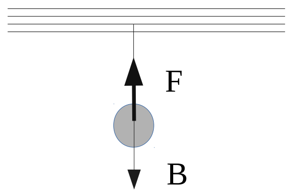
Η άσκηση δυνάμεων προϋποθέτει την ύπαρξη δύο σωμάτων, το ένα να ασκεί τη δύναμη και το άλλο να τη δέχεται. Τα δύο αυτά σώματα μπορεί να βρίσκονται σε επαφή όποτε οι δυνάμεις χαρακτηρίζονται **δυνάμεις από επαφή** ή να αλληλεπιδρούν από απόσταση όποτε οι δυνάμεις χαρακτηρίζονται **από απόσταση**.
Δυνάμεις από επαφή είναι: η τριβή, η δύναμη του ελατηρίου, η άνωση, η αντίσταση του αέρα, η αντίσταση του επιπέδου, η τάση του νήματος κ.λ.π.
Δυνάμεις από απόσταση είναι: οι δυνάμεις μεταξύ ηλεκτρικών φορτίων, οι δυνάμεις της βαρύτητας και δυνάμεις μεταξύ των μαγνητών.
Κάποιες από τις δυνάμεις έχουν συγκεκριμένη διεύθυνση και φορά. Η δύναμη της βαρύτητας (Β) είναι πάντα κατακόρυφη, η αντίσταση του εδάφους (F_k) πάντα κάθετη στο επίπεδο που βρίσκεται το σώμα, η τριβή (Τ) είναι παράλληλη με το επίπεδο που βρίσκεται ένα σώμα και φορά αντίθετη με την φορά που πάει να μετακινηθεί ή κινείται το σώμα (Σχήμα 1 & 2) . Η τάση του νήματος (F) έχει την διεύθυνση του νήματος και φορά προς το σημείο που είναι στερεωμένο το νήμα (Σχήμα 3 & 4).
Στα σχήματα που ακολουθούν σχεδιάζονται οι παραπάνω δυνάμεις σε διάφορες περιπτώσεις



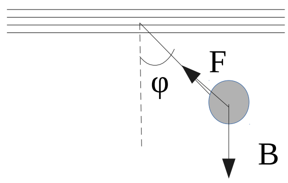
Σχήμα 1. Σώμα σε οριζόντιο επίπεδο κινείται δεξιά



Σχήμα 2. Σώμα σε πλάγιο επίπεδο κινείται προς τα πάνω



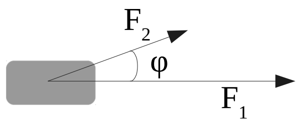
Σχήμα 3. Σφαίρα αναρτημένη από κατακόρυφο νήμα



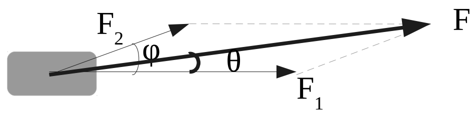
Σχήμα 4. Το νήμα σχηματίζει γωνία φ με την κατακόρυφο

1.3.3 Σύνθεση δυνάμεων στο επίπεδο

Αν σε ένα σώμα ασκούνται πολλές δυνάμεις, αυτές μπορούν να αντικατασταθούν με μία δύναμη, τη συνισταμένη τους.
Έστω σε ένα σώμα ασκούνται δύο δυνάμεις F_1 και F_2 όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, που σχηματίζουν μία οποιαδήποτε γωνία φ και το μήκος τους στο σχήμα αντιστοιχεί με την τιμή των δυνάμεων, η συνισταμένη τους προκύπτει με τον κανόνα του παραλληλογράμμου και το μήκος της συνισταμένης F και αντιστοιχεί με την τιμή της συνισταμένης, οι υπολογισμοί γίνονται γεωμετρικά σε επόμενο στάδιο οι υπολογισμοί θα γίνονται με το γενικευμένο πυθαγόρειο θεώρημα. Η κατεύθυνση της συνισταμένης είναι η γωνία που σχηματίζει η συνισταμένη με την οριζόντια δύναμη.

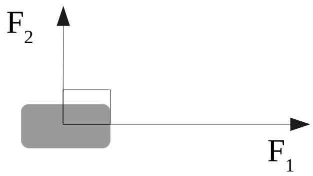


Στο σώμα ασκούνται δύο δυνάμεις

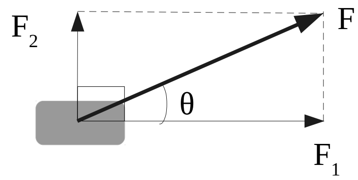


Στο σχήμα σχεδιάστηκαν οι δύο δυνάμεις και η συνισταμένη

Αν όμως οι δύο δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα σχηματίζουν γωνία φ=90^o το μέτρο της συνισταμένης προκύπτει από την εφαρμογή του πυθαγορείου θεωρήματος $F=\sqrt{F_1^2+F_2^2}$. Η κατεύθυνση της δύναμης από την εφαπτομένη $\varepsilon\varphi\theta=\frac{F_2}{F_1}$ στο σχήμα που ακολουθεί σχεδιάζεται η συνισταμένη δύο κάθετων δυνάμεων.



Στο σώμα ασκούνται δύο κάθετες δυνάμεις



Η συνισταμένη των δύο κάθετων δυνάμεων

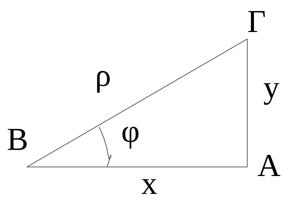
Αν για παράδειγμα στο παραπάνω σχήμα όπου οι δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα είναι κάθετες έχουν μέτρο F_1=12N και η F_2=9N η συνισταμένη τους θα έχει μέτρο $F=\sqrt{F_1^2+F_2^2}=\sqrt{12^2+9^2}\Rightarrow F=15\,N$. Η κατεύθυνση της συνισταμένης F υπολογίζεται από την εφαπτομένη $\varepsilon\varphi\theta=\frac{F_2}{F_1}=\frac{9}{12}=\frac{3}{4}=0{,}75$ η οποία αντιστοιχεί σε γωνία θ=36,8^o (η τιμή υπολογίσθηκε με αριθμομηχανή).

Αν οι συνιστώσες των δυνάμεων F_1 και F_2 είναι κάθετες μεταξύ τους, συνήθως οι τιμές τους αποτελούν πυθαγόρεια τριάδα. Αν ισχύει αυτή η προϋπόθεση είναι εύκολος ο υπολογισμός της συνισταμένης F.
Πυθαγόρεια τριάδα είναι οι αριθμοί 3, 4, 5 και τα πολλαπλάσια τους, όπως 6(3x2), 8(4x2), 10(5x2) ή 9(3x3), 12(4x3), 15(5x3). Για παράδειγμα αν δύο δυνάμεις F_1=9N (3x3) και F_2=12N (4x3) είναι κάθετες μεταξύ τους τότε η συνισταμένη τους θα είναι F=25N (5x5).

1.3.4 Ανάλυση δύναμης σε συνιστώσες

Μία δύναμη πολλές φορές χρειάζεται να αναλυθεί σε συνιστώσες κάθετες μεταξύ. Οι συνιστώσες είναι δυνάμεις που φέρουν το ίδιο αποτέλεσμα με τη δύναμη που αντικαθιστούν. Για να υπολογισθούν οι συνιστώσες χρησιμοποιούμαι τους τριγωνομετρικούς αριθμούς ημίτονο, συνημίτονο και εφαπτομένη για τους οποίους ισχύει (σχήμα δεξιά):

$$\eta\mu\varphi=\frac{\text{απέναντι κάθετη πλευρά}}{\text{υποτείνουσα}}\ ,\qquad \eta\mu\,\varphi=\frac{y}{\rho}$$
$$\sigma\upsilon\nu\varphi=\frac{\text{προσκείμενη κάθετη πλευρά}}{\text{υποτείνουσα}}\ ,\qquad \sigma\upsilon\nu\varphi=\frac{\chi}{\rho}$$
$$\varepsilon\varphi\varphi=\frac{\text{απέναντι κάθετη πλευρά}}{\text{προσκείμενη πλευρά}}\ ,\qquad \varepsilon\varphi\varphi=\frac{y}{x}\ ,$$



Αν είναι γνωστό το ημίτονο και το συνημίτονο μιας γωνίας η εφαπτομένη της ίδιας γωνίας μπορεί να προκύψει από την σχέση:

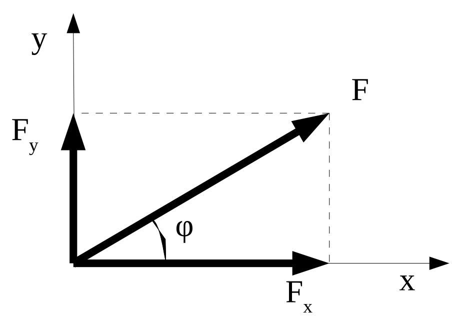
$$\varepsilon\varphi\,\varphi=\frac{y}{x}=\frac{\frac{y}{\rho}}{\frac{x}{\rho}}\quad\Rightarrow\quad \varepsilon\varphi\varphi=\frac{\eta\mu\,\varphi}{\sigma\upsilon\nu\,\varphi}$$

Οι τριγωνομετρικοί αριθμοί των γωνιών 0, 30, 45, 60, 90 μοιρών είναι:

$$\eta\mu\,0=\sigma\upsilon\nu\,90=0,\quad \eta\mu\,30=\sigma\upsilon\nu\,60=\frac{1}{2},\quad \eta\mu\,45=\sigma\upsilon\nu\,45=\frac{\sqrt{2}}{2},\quad \eta\mu\,60=\sigma\upsilon\nu\,30=\frac{\sqrt{3}}{2},\quad \eta\mu(90)=\sigma\upsilon\nu(0)=1$$

Αν μία δύναμη F σχηματίζει γωνία φ με τον άξονα x ενός καρτεσιανού συστήματος συντεταγμένων η δύναμη αυτή μπορεί να αναλυθεί σε δύο κάθετες συνιστώσες τις F_x και F_y με μέτρο (σχήμα δεξιά):

$$\eta\mu\varphi=\frac{F_y}{F}\Rightarrow F_y=F\cdot\eta\mu\,\varphi$$
$$\sigma\upsilon\nu\,\varphi=\frac{F_x}{F}\Rightarrow F_x=F\cdot\sigma\upsilon\nu\,\varphi$$



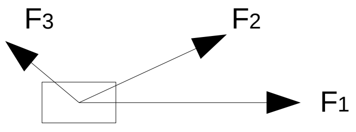
Για παράδειγμα αν η δύναμη F=10N σχηματίζει γωνία φ=30^o με τον άξονα x οι κάθετες συνιστώσες F_y και F_x που αναλύεται θα είναι:

$$\eta\mu\,\varphi=\frac{F_y}{F}\Rightarrow\quad \eta\mu\,30=\frac{F_y}{10}\Rightarrow\quad F_y=10\cdot\eta\mu(30)\Rightarrow\quad F_y=10\cdot\frac{1}{2}\Rightarrow\quad F_y=5\,N$$
$$\sigma\upsilon\nu\,\varphi=\frac{F_x}{F}\Rightarrow\quad \sigma\upsilon\nu\,30=\frac{F_x}{10}\Rightarrow\quad F_x=10\cdot\sigma\upsilon\nu 30\Rightarrow\quad F_x=10\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}\Rightarrow\quad F_x=5\sqrt{3}$$

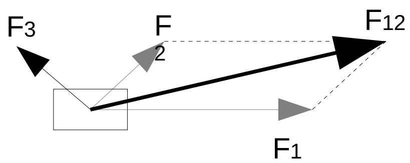
1.3.5 Σύνθεση πολλών ομοεπίπεδων δυνάμεων

Αν σε ένα σώμα ασκούνται πολλές δυνάμεις, αυτές μπορούν να αντικατασταθούν με μία την συνισταμένη, που φέρει τα ίδια ακριβώς αποτελέσματα με τις δυνάμεις που αντικαθιστά.

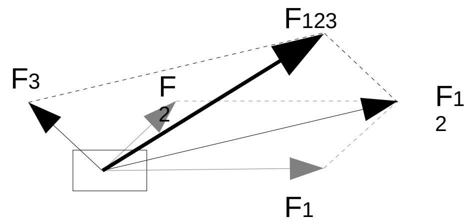
Ένας τρόπος υπολογισμού της συνισταμένης, ο οποίος όμως είναι ιδιαίτερα περίπλοκος, είναι: Σχεδιάζουμε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα (σχήμα α) με το μήκος των διανυσμάτων αντίστοιχο με το μέτρο των δυνάμεων. Για παράδειγμα μία δύναμη με μέτρο 2N την σχεδιάζουμε με μήκος 1cm ενώ μία δύναμη μέτρου 4N την σχεδιάζουμε με μήκος 2cm..



Σχήμα α



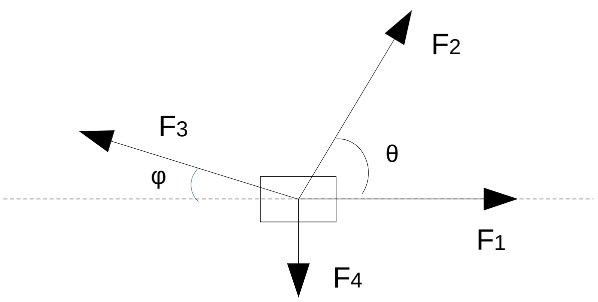
Σχήμα β



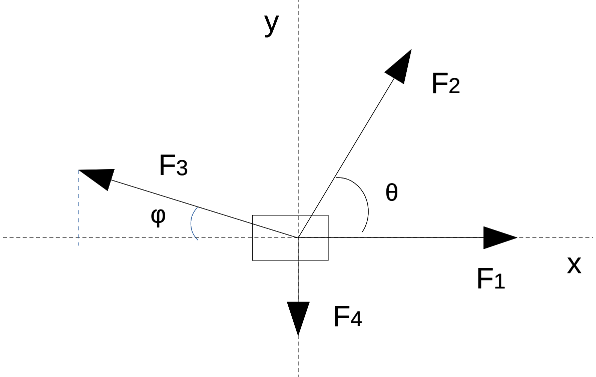
Σχήμα γ

Στην συνέχεια σχεδιάζουμε την συνισταμένη F_{12} που προκύπτει από την πρόσθεση των δύο πρώτων δυνάμεων F_1 και F_2 χρησιμοποιώντας τον κανόνα του παραλληλογράμμου (σχήμα β).
Στο τέλος, αν όλες οι δυνάμεις είναι τρεις, σχεδιάζουμε την συνισταμένη F_{123} χρησιμοποιώντας πάλι τον κανόνα του παραλληλογράμμου μεταξύ των δυνάμεων F_3 και F_{12} που προέκυψε από την πρόσθεση των F_1 και F_2 (σχήμα γ). Το μέτρο της συνισταμένης F_{123} υπολογίζεται με τον νόμο του συνημιτόνου, ο οποίος όμως δεν ανήκει στην διδακτέα ύλη για τον λόγο αυτό υπολογίζεται γεωμετρικά, μετρώντας το μήκος του διανύσματος F_{123} και αντιστοιχώντας το στη τιμή της δύναμης, διατηρώντας την αρχική αντιστοιχία μεταξύ του μέτρου δύναμης με το μήκος του διανύσματος. Για παράδειγμα αν η δύναμη F_{123} έχει μήκος 4cm , με βάση την κλίμακα που επιλέχθηκε στην αρχή του παραδείγματος η τιμής της θα είναι F_{123}=8N.

Ένας δεύτερος τρόπος υπολογισμού της συνισταμένης πολλών ομοεπίπεδων δυνάμεων , τον οποίο επιλέγουμε συνήθως στα πλαίσια αυτού του μαθήματος, περιγράφετε με το παρακάτω παράδειγμα.
Έστω σε ένα σώμα ασκούνται τέσσερεις δυνάμεις με μέτρο η $F_1=3\sqrt{3}N$ και οριζόντια διεύθυνση, η $F_2=8N$ ο οποία σχηματίζει γωνία 60^o με το οριζόντιο επίπεδο, η $F_3=6N$ που σχηματίζει γωνία 30^o με το οριζόντιο επίπεδο και η $F_4=4\sqrt{3}N$ με κατακόρυφη διεύθυνση (σχήμα δ).



Σχήμα δ

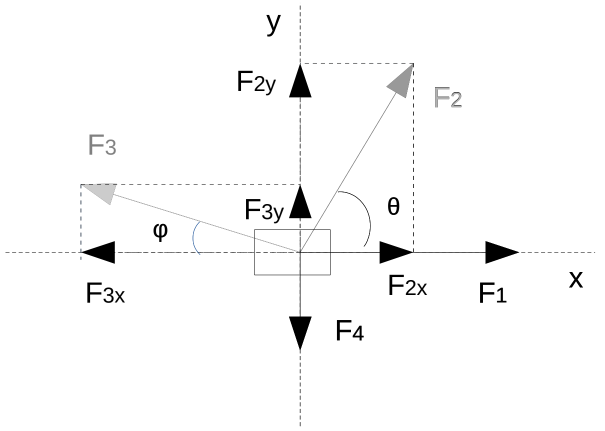


Σχήμα ε

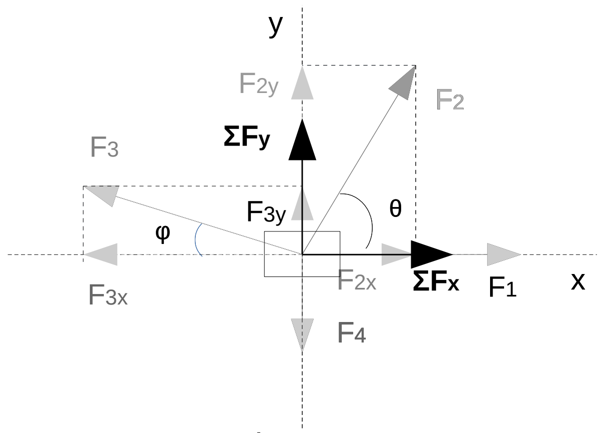
Στο πρώτο βήμα, επιλέγεται ένα καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων με τέτοιο τρόπο ώστε να εξυπηρετεί καλύτερα τις ανάγκες του προβλήματος. Για παράδειγμα η διεύθυνση της κίνησης να ταυτίζεται με έναν άξονα ή η επιλογή των αξόνων να γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να αναλυθούν όσο το δυνατόν λιγότερες δυνάμεις (σχήμα ε).

Στο δεύτερο βήμα , αναλύονται οι δυνάμεις που δεν βρίσκονται πάνω στους άξονες σε συνιστώσες πάνω στους άξονες, στην περίπτωση μας οι δυνάμεις F_2 και F_3 με την χρήση των τριγωνομετρικών εξισώσεων (σχήμα στ).

$$\eta\mu\,\theta=\frac{F_{2y}}{F_2}\Rightarrow \quad F_{2y}=F_2\cdot\eta\mu\,\theta\Rightarrow \quad F_{2y}=8\cdot\eta\mu\,60\Rightarrow \quad F_{2y}=4\sqrt{3}\,N$$
$$\sigma\upsilon\nu\,\theta=\frac{F_{2\chi}}{F_2}\Rightarrow \quad F_{2\chi}=F_2\cdot\sigma\upsilon\nu\,\theta\Rightarrow \quad F_{2x}=8\cdot\sigma\upsilon\nu\,60\Rightarrow \quad F_{2x}=4\,N$$
$$\eta\mu\,\varphi=\frac{F_{3y}}{F_3}\Rightarrow \quad F_{3y}=F_3\cdot\eta\mu\,\varphi\Rightarrow \quad F_{3y}=6\cdot\eta\mu\,30\Rightarrow \quad F_{3y}=3\,N$$
$$\sigma\upsilon\nu\,\varphi=\frac{F_{3\chi}}{F_3}\Rightarrow \quad F_{3\chi}=F_3\cdot\sigma\upsilon\nu\,\varphi\Rightarrow \quad F_{3x}=6\cdot\sigma\upsilon\nu\,30\Rightarrow \quad F_{3x}=3\sqrt{3}N$$



Σχήμα στ

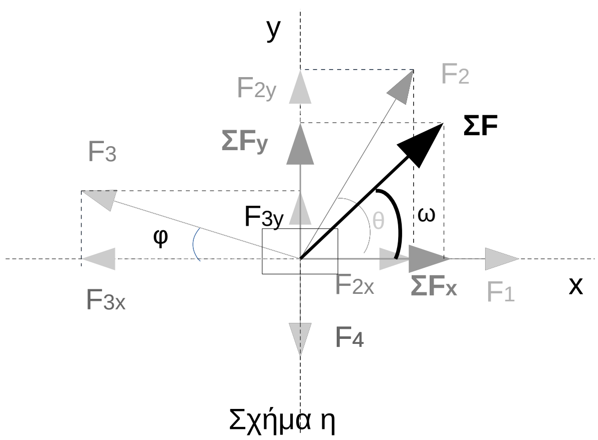


Σχήμα ζ

Στη συνέχεια αφού όλες οι δυνάμεις αναλυθούν πάνω στους άξονες υπολογίζεται η συνισταμένη σε κάθε άξονα με αποτέλεσμα από το σύνολο των δυνάμεων να προκύψουν δύο η ΣF_x και ΣF_y κάθετες μεταξύ τους για την περίπτωση που εξετάζεται (σχήμα ζ).

$$\Sigma F_x=F_1+F_{2x}-F_{3x}\Rightarrow$$
$$\Sigma F_x=3\sqrt{3}+4-3\sqrt{3}\Rightarrow\Sigma F_x=4\,N$$
$$\Sigma F_y=F_{2y}+F_{23}-F_4\Rightarrow$$
$$\Sigma F_y=4\sqrt{3}+3-4\sqrt{3}\Rightarrow\Sigma F_y=3\,N$$

Στο τέλος υπολογίζεται το μέτρο της συνισταμένης ΣF των δύο κάθετων δυνάμεων ΣF_x και ΣF_y και η κατεύθυνση της εφ(ω). Η συνισταμένη ΣF που προκύπτει φέρει ακριβώς τα ίδια αποτελέσματα με τις τέσσερεις αρχικές δυνάμεις (σχήμα η).



Σχήμα η

$$\Sigma F=\sqrt{\Sigma F_x^2+\Sigma F_y^2}\Rightarrow\Sigma F=\sqrt{4^2+3^2}\Rightarrow\Sigma F=5\,N$$
$$\varepsilon\varphi(\omega)=\frac{\Sigma F_y}{\Sigma F_x}\Rightarrow\varepsilon\varphi(\omega)=\frac{3}{4}$$

1.3.6 Ισορροπία ομοεπιπέδων δυνάμεων

Όταν σε ένα σώμα ασκούνται πολλές ομοεπίπεδες δυνάμεις και ισορροπεί (ακίνητο ή κινείται ευθύγραμμα ομαλά) η συνισταμένη των δυνάμεων είναι μηδέν $\Sigma\vec{F}=0$.Αν οι δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα αναλυθούν σε άξονες το άθροισμα των δυνάμεων σε κάθε άξονα είναι επίσης μηδέν

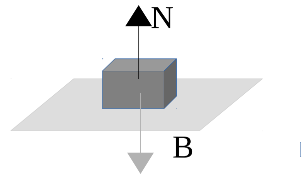
$\Sigma F_x=0$

$\Sigma F_y=0$.

Μερικές περιπτώσεις

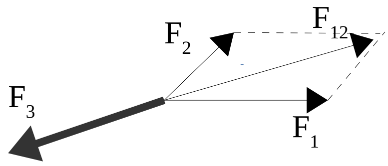
Α) Ισορροπία σώματος με την επίδραση δύο δυνάμεων.

Για παράδειγμα ένα βιβλίο (σχήμα) το οποίο βρίσκεται πάνω σε ένα οριζόντιο τραπέζι και ισορροπεί. Για να ισορροπεί το σώμα οι δύο δυνάμεις που δέχεται το σώμα, το βάρος (Β) και η αντίδραση του επιπέδου (Ν) πρέπει να έχουν ίδια διεύθυνση, αντίθετη φορά και ίδιο μέτρο.



Β) Ισορροπία σώματος υπό την επίδραση τριών δυνάμεων

Για να ισορροπεί το σώμα υπό την επίδραση τριών δυνάμεων F_1, F_2 και F_3 πρέπει η συνισταμένη των δύο δυνάμεων στο παράδειγμα μας η F_{12} των δυνάμεων F_1 και F_2 να είναι ίση και αντίθετη με την τρίτη δύναμη την F_3.



1.3.7 Ο νόμος της τριβής

Η δύναμη της τριβής είναι μία δύναμη με την οποία ερχόμαστε συνεχώς σε επαφή. Είναι η δύναμη που μας επιτρέπει να περπατάμε, να πιάνουμε αντικείμενα, να σταματάμε την κίνηση μας. Σε ορισμένες περιπτώσει επιδιώκουμε να έχουμε μεγάλη τριβή όπως στο φρενάρισμα, σε άλλες επιδιώκουμε μικρή τριβή όπως στα κινητά μέρη μίας μηχανής όπου χρησιμοποιούμαι λάδι μηχανής για να την περιορίσουμε.

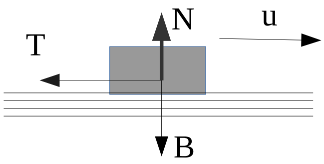
Η τριβή μεταξύ δύο σωμάτων εμφανίζεται λόγω των δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ των μορίων των δύο επιφανειών που έρχονται σε επαφή και των ανωμαλιών που υπάρχουν σε αυτές, όσο λείες και αν φαίνονται, σε μικροσκοπικό επίπεδο παρουσιάζουν ανωμαλίες.

Η δύναμη της τριβής διακρίνεται σε στατική και ολίσθησης.
Στατική είναι η τριβή που εμφανίζεται όταν τα δύο σώματα είναι ακίνητα, είναι η δύναμη που εμποδίζει το ένα σώμα να κινηθεί σε σχέση με το άλλο. Μπορεί να πάρει τιμές από μηδέν έως μία μέγιστη τιμή η οποία ονομάζεται οριακή τριβή.
Τριβή ολίσθησης χαρακτηρίζεται η τριβή όταν τα σώματα που έρχονται σε επαφή κινούνται μεταξύ τους. Είναι η δύναμη που αντιστέκεται στην κίνηση των σωμάτων και έχει πάντα φορά αντίθετη με την φορά της κίνησης. Η τριβή ολίσθησης είναι μικρότερη από την οριακή τριβή.

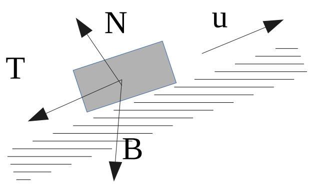
Η τριβή ολίσθησης δίνεται από την σχέση:

$$T=\mu N$$

Όπου μ είναι ο συντελεστής τριβής ολίσθησης και η τιμή του εξαρτάται από την φύση των δύο επιφανειών που έρχονται σε επαφή. Ν είναι η κάθετη δύναμη που εμφανίζεται όταν δύο σώματα έρχονται σε επαφή και το ένα συμπιέζει το άλλο.



Σχήμα 1ο



Σχήμα 2ο

Στην πρώτη σχήμα το βάρος είναι ίσο με την αντίδραση στην δεύτερη όχι.

Η τριβή ολίσθησης εξαρτάται μόνο από την κάθετη δύναμη και τον συντελεστή τριβής και όχι από το εμβαδόν των δύο επιφανειών που έρχονται σε επαφή.

1.3.9 Ο δεύτερος νόμος της Νεύτωνα σε διανυσματική και σε αλγεβρική μορφή

Αν ένα σώμα δεν ισορροπεί και ασκούνται πολλές δυνάμεις τότε ο δεύτερος νόμος παίρνει την παρακάτω μορφή όπου ΣF συνισταμένη όλων των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα.

$$\Sigma\vec{F}=m\cdot\vec{a}$$

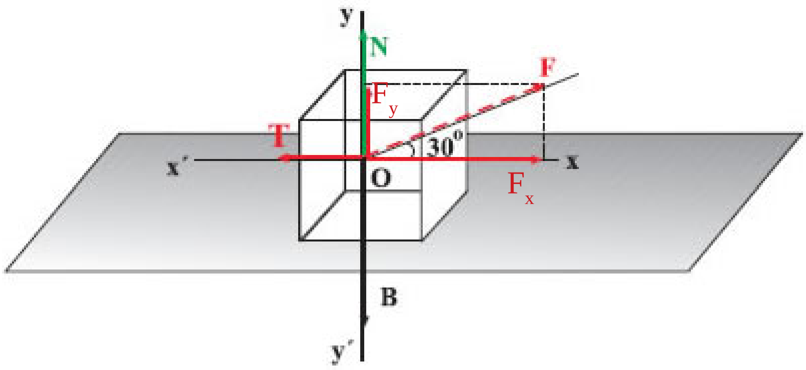
Αν οι δυνάμεις αναλυθούν σε άξονες τότε η συνισταμένη σε κάθε άξονα δίνει την συνιστώσα της επιτάχυνσης στον αντίστοιχο άξονα.

$$\Sigma F_X=m\cdot a_x$$
$$\Sigma F_y=m\cdot a_y$$

Όταν το σώμα κάνει **ευθύγραμμη μεταβαλλόμενη κίνηση** συνήθως επιλέγεται η διεύθυνση της κίνησης ως ένας από τους άξονες χ ή ψ. Αν επιλεγεί ο άξονας της κίνησης ως χ τότε η συνισταμένη στον άξονα ψ θα είναι μηδέν. Εάν είναι γνωστή η φορά της επιτάχυνσης επιλέγεται θετική η φορά της επιτάχυνσης

Παράδειγμα

Σώμα μάζας m = 10kg αρχίζει να ολισθαίνει πάνω σε οριζόντιο επίπεδο όταν επιδράσει πάνω του δύναμη μέτρου F = 80N που σχηματίζει γωνία θ = 30° με το οριζόντιο επίπεδο. Να υπολογίσετε: α) Το μέτρο της τριβής ολίσθησης β)) Την επιτάχυνση που αποκτά το σώμα. γ) Το διάστημα που διανύει το σώμα μετά από χρόνο t = 4s από τη στιγμή που εφαρμόζεται η δύναμη. Δίνονται: g = 10m/s^2, μ = 0,25.



Η λύση του προβλήματος ακολουθεί τα παρακάτω βήματα:

Α. Σχεδιάζονται στο σχήμα οι δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα οι οποίες είναι τρεις το βάρος το οποίο είναι κατακόρυφο, η αντίδραση του επιπέδου που είναι κάθετη στο επίπεδο πάνω στο οποίο βρίσκεται το σώμα και η δύναμη F η οποία σχηματίζει γωνία 30° με το οριζόντιο επίπεδο.

Β. Επιλέγεται το καρτεσιανό σύστημα αξόνων τοποθετώντας τον άξονα X κατά την διεύθυνση της κίνησης του σώματος .

Γ. Υπολογίζεται το βάρους του σώματος B=mg=10x10=100N. Στη συνέχεια αναλύεται η δύναμη F σε δύο συνιστώσες ώστε όπως το βάρος (B) και η αντίδραση (N) να βρίσκονται όλες οι δυνάμεις που δέχεται το σώμα στους άξονες X,Y.

$$ημφ=\frac{απέναντι\, κάθετη\, πλευρά}{υποτείνουσα} \Rightarrow \quad ημ30=\frac{F_y}{F} \Rightarrow \quad F_y=Fημ30 \Rightarrow \quad F_y=80\frac{1}{2} \Rightarrow \quad F_y=40\,N$$

$$συνφ=\frac{προσκείμενη\, κάθετη\, πλευρά}{υποτείνουσα} \Rightarrow \quad συν30=\frac{F_X}{F} \Rightarrow \quad F_X=Fσυν30 \Rightarrow \quad F_X=80\frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \quad F_y=40\sqrt{3}\,N$$

Δ. Επειδή το σώμα κινείται οριζόντια στην διεύθυνση του άξονα X, η συνισταμένη στον άξονα Y θα είναι μηδέν. Από την σχέση αυτή υπολογίζεται η αντίδραση N:

$$ΣF_y=N+F_y-B \Rightarrow 0=N+40-100 \Rightarrow 0=N-60 \Rightarrow N=60\,N$$

Ε. Γνωρίζοντας την N μπορεί να υπολογισθεί η τριβή T και να απαντηθεί το πρώτο ερώτημα, η οποία τριβή έχει διεύθυνση παράλληλη με το επίπεδο που βρίσκεται το σώμα και φορά αντίθετη της δύναμης F_x η οποία πάει να κινήσει το σώμα οριζόντια:

$$T=\mu\cdot N \Rightarrow T=0{,}25\cdot 60 \Rightarrow T=15\,N$$

ΣΤ. Στην συνέχεια δίνεται απάντηση στο δεύτερο ερώτημα , επειδή η συνισταμένη των δυνάμεων στο άξονα X δεν είναι μηδέν και $F_x>T$ θα ισχύει $ΣF_X=m\cdot α$ θέτοντας ως θετική την φορά της δύναμης F_x η οποία είναι ίδια με την φορά της επιτάχυνσης.

$$ΣF_X=m\cdot a \Rightarrow F_x-T=m\cdot a \Rightarrow 40\sqrt{3}-15=10\cdot a \Rightarrow 54{,}2=10\cdot a \Rightarrow a=\frac{54{,}2}{10} \Rightarrow a=5{,}42\,m/s^2$$

Τέλος αφού υπολογισθεί η επιτάχυνση υπολογίζεται και διάστημα που διανύει το σώμα (τρίτο ερώτημα) με την εξίσωση της ευθύγραμμης ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης χωρίς αρχική ταχύτητα:

$$S=\frac{1}{2}a\,t^2 \Rightarrow s=\frac{1}{2}5{,}42\cdot 4^2 \Rightarrow S=43{,}36\,m$$

Βιβλιογραφία

1. Βλάχος Ι, Κόκκοτας Π. κ.λ.π. (2014). Φυσική Γενικής Παιδείας Α ΓΕΛ, ΙΤΥΕ
2. Hewitt P. (1992). Οι έννοιες της Φυσικής, Ηράκλειο: Έκδόσεις ΠΕΚ
3. Arons A, (1992). Οδηγός διδασκαλίας της φυσικής, Αθήνα: Εδκόσεις Τροχαλία
4. Young H, (1994). Φυσική Μηχανική Θερμοδυναμική, Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση
5. Serway R, (1990). Physics ΤΟΜΟΣ Ι ΜΗΧΑΝΙΚΗ, Αθήνα: Εκδόσεις Ρεσβάνη