

Δύναμη σε μία διάσταση

1.2.1 Η έννοια της δύναμης

Στο προηγούμενο κεφάλαιο **εξετάσαμε** την ευθύγραμμη ομαλή και την ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση. Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε την δύναμη, την **αιτία** που ένα σώμα αναγκάζεται να ακολουθήσει κάποια κίνηση.

Η δύναμη δίνει μία ποσοτική περιγραφή της αλληλεπίδρασης μεταξύ δύο σωμάτων. Μπορεί να δράσει είτε από απόσταση είτε με την επαφή των δύο σωμάτων και θεωρείται η αιτία της αλλαγής της κίνησης ενός σώματος ή της παραμόρφωσής του.

Η δύναμη είναι **διανυσματικό μέγεθος**. Για την περιγραφή της χρειάζεται η διεύθυνση και η φορά κατά την οποία επενεργεί (κατεύθυνση) καθώς και το μέτρο της. Μονάδα μέτρησης στο S.I. είναι το N (Newton).

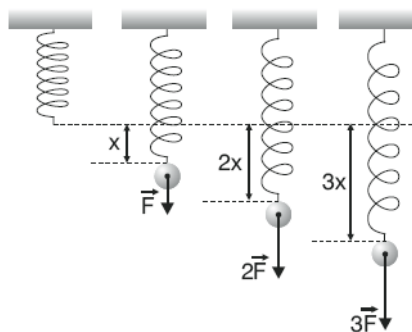
Στοιχεία από την ιστορία των επιστημών

Ο Αριστοτέλης (384-322 π.Χ.) θεωρούσε ότι για να κινηθεί ένα σώμα πρέπει να του ασκείται δύναμη. Πίστευε ότι κατά την φυσική κίνηση, όπως την πτώση μίας πέτρας, στο σώμα εμπεριέχεται μία δύναμη, το κυνούν η οποία το κινεί προς την φυσική του θέση, προς τα κάτω. Ενώ στις βίαιες κινήσεις, όπως την οριζόντια κίνηση ενός βέλους την κίνηση την έδινε μία εξωτερική δύναμη που ασκούσε ο αέρας στο σώμα. Θεωρούσε ότι η μύτη του βέλους σπάει τον αέρα, δημιουργείται κενό και ο αέρας που πάει να καλύψει το κενό σπρώχνει το βέλος προς τα μπροστά.

Ο Γαλιλαίος (1564-1642) θεώρησε ότι ένα σώμα μπορεί να κινείται σε οριζόντιο επίπεδο χωρίς να του ασκείται κάποια δύναμη, όμως όριζε ως οριζόντιο επίπεδο όχι την απόλυτα επίπεδη επιφάνεια αλλά την σφαιρική επιφάνεια της Γης.

Ο Νεύτωνας (1642-1727) συνέδεσε τη δύναμη όχι μόνο με την κίνηση αλλά με την αλλαγή της κινητικής κατάστασης (δηλαδή της επιτάχυνσης) ενός σώματος.

Μέτρηση της δύναμης



Η μέτρηση της δύναμης μπορεί να γίνει με **ζυγό ελατηρίου (δυναμόμετρο)**. Η αρχή της μέτρησης στηρίζεται στην παραμόρφωση του ελατηρίου. Η παραμόρφωση είναι ανάλογη της δύναμης και η μαθηματική της περιγραφή δίνεται από τον Νόμο του Hooke $F=kx$ όπου k είναι η σταθερά του ελατηρίου και x η παραμόρφωση.

1.2.2 Σύνθεση συγγραμμικών δυνάμεων

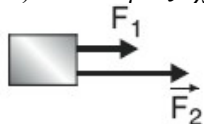
Αν σε ένα **σώμα ασκούνται πολλές δυνάμεις** μπορούν οι δυνάμεις αυτές να αντικατασταθούν από μια δύναμη που θα κάνει την ίδια δουλειά με της δυνάμεις που αντικαθιστά. Η δύναμη που αντικαθιστά τις δυνάμεις ονομάζεται **συνισταμένη** και οι δυνάμεις που αντικαθιστά ονομάζονται **συνιστώσες**.

Η διαδικασία προσδιορισμού της συνισταμένης ονομάζεται **σύνθεση δυνάμεων**.

Οι δυνάμεις επειδή είναι διανυσματικά μεγέθη **προσθέτονται διανυσματικά**. Παρακάτω περιγράφεται μόνο ο υπολογισμός της συνισταμένης δυνάμεων με την ίδια διεύθυνση.

Υπολογισμός της συνισταμένης δύο δυνάμεων που έχουν την ίδια διεύθυνση.

1^η) Οι δυνάμεις έχουν ίδια διεύθυνση και φορά



Η διεύθυνση και η φορά της συνισταμένης έχει ίδια διεύθυνση και φορά με αυτές των δυνάμεων και το μέτρο της είναι ίσο με το άθροισμα των δυνάμεων.
 $F = F_1 + F_2$



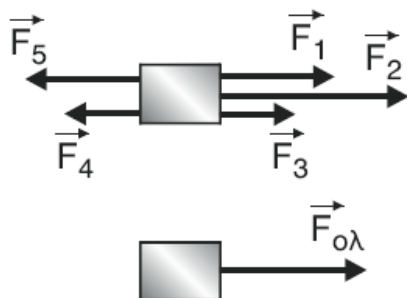
2^η) Οι δυνάμεις έχουν ίδια διεύθυνση και αντίθετη φορά



Η συνισταμένη θα έχει ίδια διεύθυνση με την διεύθυνση των δυνάμεων, φορά τη φορά της μεγαλύτερης δύναμης και μέτρο ίσο με τη διαφορά των δύο δυνάμεων.
 $F = F_1 - F_2$



3^η) Άθροισμα πολλών δυνάμεων που έχουν ίδια διεύθυνση



Για να βρεθεί η συνισταμένη ακολουθούμε τα εξής βήματα:

A) Ορίζουμε θετική φορά συνήθως προς τα δεξιά.

B) Προσθέτουμε όλες τις δυνάμεις θέτοντας συν στις θετικές και πλιν στις αρνητικές.

$$F = F_1 + F_2 + F_3 - F_4 - F_5$$

Γ) Αν η συνισταμένη είναι θετική τότε η φορά της συνισταμένης είναι ίδια με τη θετική φορά, ενώ αν είναι αρνητική έχει αντίθετη φορά.

Οι νόμοι του Νεύτωνα

Το 1687 Ο Νεύτωνας δημοσιεύει τους νόμους της μηχανικής, οι οποίοι διέπουν την κίνηση και συσχετίζουν την κίνηση με τη δύναμη. Οι νόμοι αυτοί αντικατέστησαν τις απόψεις του Αριστοτέλη που κυριαρχούσαν έως εκείνη την εποχή.

1.2.3 Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα

Ο Νεύτωνας όρισε πρώτα την αδράνεια και στη συνέχεια διατύπωσε τους νόμους.

Αδράνεια ορίζεται η ιδιότητα των σωμάτων να αντιστέκονται σε κάθε αλλαγή της κινητικής τους κατάστασης (της αλλαγής της ταχύτητάς του).

Αποτέλεσμα της αδράνειας είναι η κίνηση ενός επιβάτη αυτοκινήτου, ο οποίος θα κινηθεί προς τα μπροστά όταν φρενάρει απότομα το αυτοκίνητο.

Ο πρώτος νόμος ή νόμος της αδράνειας αναφέρει:

Αν ένα συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα είναι μηδέν, τότε το σώμα ή ηρεμεί ή κινείται ευθύγραμμα ομαλά, κάνει δηλαδή ότι έκανε προηγούμενα.

$$\text{Αν } \Sigma \vec{F} = 0 \Rightarrow u = \text{σταθ.}$$

Στοιχεία από την ιστορία των επιστημών

Ο Αριστοτέλης (384-322 π.Χ.) θεωρούσε ότι για να κινηθεί ένα σώμα θα έπρεπε να δέχεται μία δύναμη, το κινούν, το οποίο είτε υπήρχε στη φύση του σώματος είτε την ασκούσε το μέσο στο οποίο βρισκόταν το σώμα.

Ο Γαλιλαίος το 1613 διατύπωσε την άποψη ότι αν κάποιο σώμα κινείται σε τροχιά που δεν απομακρύνεται από το κέντρο της Γης και του αφαιρεθούν όλα τα εμπόδια στη κίνησή του θα κινείται συνεχώς χωρίς να χρειάζεται την εφαρμογή κάποιας δύναμης.

Ο Καρτέσιος το 1641 θώρησε ότι κάθε σώμα παραμένει στη ίδια κινητική κατάσταση που έχει (κινείται ή ηρεμεί), εκτός αν του την αλλάξει κάποια εξωτερική αιτία αν δηλαδή συγκρουστεί με ένα άλλο σώμα.

Ο Νεύτωνας το 1687 στο πρόλογο του βιβλίου του «Μαθηματικές Αρχές της Φυσικής Φιλοσοφίας» μεταξύ άλλων ορίζει την αδράνεια. Στη συνέχεια ο Νεύτωνας διατυπώνει τρία αξιώματα που είναι πρόδρομες εκφράσεις που σήμερα ονομάζονται νόμοι του Νεύτωνα.

1.2.4 Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα ή θεμελιώδης νόμος της Μηχανικής

Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα απαντά στο ερώτημα τι γίνεται όταν η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα δεν είναι μηδέν.

Σύμφωνα με τον **δεύτερο νόμο** η δύναμη ή συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα, προκαλεί επιτάχυνση. Η επιτάχυνση που αποκτά το σώμα έχει ίδια διεύθυνση και φορά με τη δύναμη.

Η δύναμη συνδέεται με την επιτάχυνση με τη σχέση $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ όπου F η δύναμη, m η μάζα του σώματος η οποία έχει μονάδα μέτρησης το Kg στο S.I. και a η επιτάχυνση που αποκτά.

Αν στο σώμα ασκούνται πολλές δυνάμεις η σχέση παίρνει τη μορφή $\Sigma \vec{F} = m \cdot \vec{a}$ όπου ΣF η συνισταμένη των δυνάμεων, η συνισταμένη είναι η ισοδύναμη δύναμη μπορεί να αντικαταστήσει τις δυνάμεις που δέχεται το σώμα.

Αν η πρώτη σχέση λυθεί ως προς a προκύπτει:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

Σύμφωνα με τη σχέση αυτή η επιτάχυνση είναι ανάλογη της δύναμης, δηλαδή όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη τόσο μεγαλύτερη επιτάχυνση αποκτά το σώμα.

Η μάζα (m) στη σχέση ονομάζεται και μάζα αδράνειας. Όσο μεγαλύτερη μάζα έχει ένα σώμα τόσο πιο δύσκολα αλλάζει η κίνηση του, τόσο μικρότερη επιτάχυνση αποκτά όταν του ασκείται η ίδια δύναμη.

Από τη σχέση $F = ma$ προκύπτει και ορισμός της μονάδας μέτρησης της δύναμης 1N. Το 1 N είναι η δύναμη που πρέπει να ασκηθεί σε σώμα μάζας $m = 1 \text{ Kg}$ για να αποκτήσει επιτάχυνση $a = 1 \text{ m/sec}^2$.

Με βάση το νόμο

- Αν σε ένα σώμα δεν ασκείται δύναμη ή συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται είναι μηδέν ($\Sigma \vec{F} = 0$) τότε και η επιτάχυνση που θα αποκτήσει είναι μηδέν, η κίνηση του σώματος θα είναι ευθύγραμμη ομαλή.
- Αν η δύναμη που ασκείται ή συνισταμένη τους είναι διάφορη του μηδενός, σταθερή με διεύθυνση ίδια με την ταχύτητα του σώματος τότε και η επιτάχυνση θα έχει σταθερή τιμή και η κίνηση θα είναι ομαλά μεταβαλλόμενη.
- Αν η δύναμη που ασκείται στο σώμα είναι μεταβαλλόμενη, τότε και η επιτάχυνση που αποκτά θα είναι επίσης μεταβαλλόμενη.

1.2.5 Η έννοια του βάρους

Βάρος είναι η δύναμη που ασκεί η μάζα της Γης στα σώματα.

Η δύναμη της βαρύτητας (B) που ασκείται σε ένα σώμα, σύμφωνα με το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα του δίνει επιτάχυνση, την επιτάχυνση της βαρύτητας η οποία συμβολίζεται με g.

Η **επιτάχυνση της βαρύτητας** έχει την ίδια τιμή (είναι ανεξάρτητη από την μάζα του σώματος) που στην περιοχή μας έχει την τιμή $g=9,81 \text{ m/s}^2$, στις ασκήσεις για να γίνουν ευκολότερες οι πράξεις, συνήθως της δίνουμε τιμή $g=10 \text{ m/s}^2$,

Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα παίρνει την μορφή $B=m \cdot g$

Μονάδα μέτρησης του βάρους το N

Η **μάζα ενός σώματος παραμένει** σε οποιοδήποτε σημείο της Γης η ίδια.

Το **βάρος όμως μεταβάλλεται** όσο πιο ψηλά πάμε, όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο της Γης τόσο μικρότερη είναι η τιμή του.

Στοιχεία από την ιστορία των επιστημών

Ως την εποχή του Νεύτωνα για την έννοια του βάρους ενός σώματος κυριαρχούσε η Αριστοτελική άποψη ότι είναι μία “κινητήρια δύναμη” η οποία υπάρχει μόνιμα σε κάθε σώμα, εξαρτάται από τα στοιχεία τα οποία αποτελείται και αν στο σώμα κυριαρχούν τα βαριά στοιχεία το οδηγεί προς το κέντρο της Γης.

Ο Νεύτωνας θεωρεί ότι το βάρος είναι μία ελκτική δύναμη που ασκείται μεταξύ της μάζας του σώματος και της Γης. Με αυτό τον ορισμό εξήγησε την κίνηση των πλανητών γύρω από τον Ήλιο, αλλά και την πτώση των σωμάτων στην επιφάνεια της Γης.

1.2.6 Η έννοια της μάζας

Μάζα είναι το **μέτρο της ποσότητας της ύλης** ενός σώματος. Μάζα λέμε το **μέτρο της αδράνειας**, εκφράζει το πόσο δύσκολα αλλάζει η κινητική κατάσταση των σωμάτων.

Η **αδρανειακή μάζα μπορεί να υπολογισθεί** από τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα (λύνοντας τον ως προς m) $m=F/a$, αν ασκηθεί μία γνωστή δύναμη σε ένα σώμα και μετρηθεί η επιτάχυνση που αποκτά το σώμα (με τον τρόπο αυτό μετρούν την μάζα οι αστροναύτες).

Η μάζα είναι το μέτρο της αδράνειας, και είναι μονόμετρο μέγεθος, με μονάδα της το Kg, το βάρος είναι διανυσματικό μέγεθος, είναι η δύναμη της βαρύτητας και μετράται σε N.

Αυτό που **ονομάζεται λανθασμένα βάρος στην καθημερινότητα είναι η μάζα του σώματος**, η σύγχυση υπάρχει γιατί συνήθως μετράμε τη μάζα των σωμάτων αξιοποιώντας το βάρος τους. Ούτε πρέπει να **συγχέουμε τη μάζα** ενός σώματος με **τον όγκο** επειδή συχνά τα μεγάλα σώματα μπορεί να έχουν μεγάλη μάζα και βάρος.

Μπορεί να **υπολογισθεί η μάζα ενός σώματος μετρώντας το βάρος** του και συγκρίνοντας του με κάποια πρότυπη μάζα m_1 , η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται στους ζυγούς

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{m_1 g}{m_2 g} \Rightarrow \frac{B_1}{B_2} = \frac{m_1}{m_2}$$

όπως φαίνεται στη παραπάνω σχέση ο λόγος των βαρών δύο σωμάτων είναι ίσος με τον λόγο των μαζών τους.

Η μάζα που προκύπτει με τον υπολογισμό του βάρους ονομάζεται **βαρυτική μάζα**.

Η αδρανειακή μάζα ταυτίζεται με την βαρυτική.

1.2.7 Η ελεύθερη πτώση των σωμάτων

Ελεύθερη πτώση χαρακτηρίζεται η κίνηση όπου ένα σώμα αφήνεται από κάποιο ύψος (αρχική ταχύτητα μηδέν) να κινηθεί προς την επιφάνεια της Γης, θεωρώντας αμελητέα την αντίσταση του αέρα και το βάρος του σταθερό.

Η κίνηση στην ελεύθερη πτώση είναι ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη.

Εξισώσεις ελεύθερης πτώσης

Με βάση τα παραπάνω οι εξισώσεις της κίνησης και της ταχύτητας, θέτοντας αρχική ταχύτητα μηδέν ($u_0=0$), επιτάχυνση την επιτάχυνση της βαρύτητας $g=9,81\text{m/s}^2$ και στην μετατόπιση το σύμβολο αντί για x το s οι εξισώσεις παίρνουν την μορφή:

Η εξίσωση του διαστήματος:

$$x=u_0 t+\frac{1}{2} a t^2 \Rightarrow s=\frac{1}{2} g t^2$$

Η εξίσωση της ταχύτητας :

$$u=u_0+a t \Rightarrow u=g t$$

Στην κατακόρυφη πτώση κάθε sec η ταχύτητα αυξάνει περίπου 10m/s που είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας g .

Στοιχεία από την ιστορία των επιστημών

Σύμφωνα με τον **Αριστοτέλη** κατά τη ελεύθερη πτώση τα βαρύτερα σώματα, πέφτουν γρηγορότερα. Ακόμη ένα σώμα με διπλάσιο βάρος σε σχέση με κάποιο άλλο, αν αφαιρεθεί από κάποιο ύψος θα φτάσει στη Γη στο μισό χρόνο σε σχέση με τον χρόνο που θα κάνει το ελαφρύτερο.

Τη άποψη του Αριστοτέλη αμφισβήτησε ο Γαλιλαίος και διαμόρφωσε την άποψη που δέχεται σήμερα η επιστήμη. Ο Γαλιλαίος θεώρησε ότι όλα τα σώματα οποιουδήποτε μεγέθους, υλικής σύστασης ή βάρους αποκτούν κατά την πτώση τους ίσες ταχύτητες, πέφτουν δηλαδή ταυτόχρονα αν δεν υπάρχει η αντίσταση του αέρα.

Η προσέγγιση του Γαλιλαίου στη μελέτη της ελεύθερης πτώσης άνοιξε νέους δρόμους στην επιστήμη. Μελέτησε την κίνηση της ελεύθερης πτώσης, μελετώντας την κίνηση μίας σφαίρας σε κεκλιμένο επίπεδο. Είναι ο πρώτος επιστήμονας που εισήγαγε την μελέτη της φύσης σχεδιάζοντας πειράματα. Είναι αυτός που συνδύασε την ταχύτητα που αποκτά ένα σώμα με το χρόνο κίνησης του και όχι με την απόσταση που διανύει. Είναι αυτός που εισήγαγε τα μαθηματικά στη μελέτη της φύσης. Μελετώντας την κίνηση του σώματος στο κεκλιμένο επίπεδο κατέληξε ότι στην ελεύθερη πτώση η ταχύτητα που αποκτά ένα σώμα είναι ανάλογη του χρόνου κίνησης του και η απόσταση που διανύει είναι ανάλογη του τετραγώνου του χρόνου.

Βιβλιογραφία

1. Βλάχος Ι, Κόκκοτας Π. κ.λ.π. (2014) Φυσική Γενικής Παιδείας Α ΓΕΛ, ΙΤΥΕ
2. Τριανταφυλλόπουλος Η. (1999) Η ιστορία της φυσικής από τον Αριστοτέλη έως το Γαλιλαίο, Ιωάννινα: Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
3. Γαβρόγλου Κ. (2003).Ιστορία της Φυσικής και της Χημείας, Πάτρα: ΕΑΠ
4. Young H. (1994). Φυσική Μηχανική Θερμοδυναμική, Αθήνα: Εκδόσεις Παπαζήση
5. Serway R. (1990) Physics ΤΟΜΟΣ Ι ΜΗΧΑΝΙΚΗ ,, Αθήνα: Εκδόσεις Ρεσβάνη