

5 – Νόμοι της κίνησης

Στα προηγούμενα δύο κεφάλαια της Κινητικής περιγράψαμε την κίνηση σωμάτων χρησιμοποιώντας τον ορισμό της μετατόπισης, της ταχύτητας και της επιτάχυνσης. Θέλουμε όμως να απαντήσουμε και σε ερωτήματα που μάς εξηγούν τα αίτια της κίνησης, όπως λ.χ., «ποιο είναι το αίτιο της κίνησης;» ή «γιατί ορισμένα σώματα επιταχύνονται περισσότερο από άλλα;». Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγράψουμε τη μεταβολή στην κίνηση σωμάτων με τη χρήση των εννοιών της δύναμης, της μάζας και της ορμής. Κατόπιν θα μελετήσουμε τους τρεις βασικούς νόμους στους οποίους οφείλεται η κίνηση. Οι νόμοι αυτοί βασίστηκαν σε πειραματικές παρατηρήσεις και πήραν τη μορφή που τούς έδωσε ο Isaac Newton πριν από τρεις αιώνες.

5.2 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ

Κάθε ον καταλαβαίνει σε ένα ορισμένο γνωστικό επίπεδο, που διαμορφώνεται από τις καθημερινές του εμπειρίες, την έννοια της δύναμης. Όταν ωθείτε ή όταν έλκετε ένα αντικείμενο, ασκείτε επάνω του μια δύναμη. Ασκείτε δύναμη επίσης όταν πετάτε ή κλωτσάτε μια μπάλλα. Στα παραπάνω παραδείγματα, η έννοια της δύναμης συνδέεται με το αποτέλεσμα της μυϊκής δύναμης και μιας μεταβολής στην κατάσταση κίνησης τού αντικειμένου. Οι δυνάμεις, όμως, δεν έχουν απαραίτητα ως αποτέλεσμα την κίνηση. Λογουχάρη, όταν κάθεστε κάπου, επάνω σας δρα η δύναμη της βαρύτητας, αλλά εσείς είσαστε ακίνητος. Μπορεί να σπρώχνετε έναν βράχο, χωρίς να κατορθώσετε να τόν κουνήσετε.

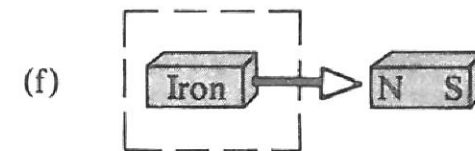
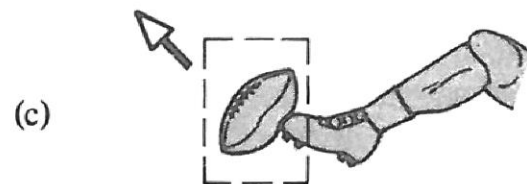
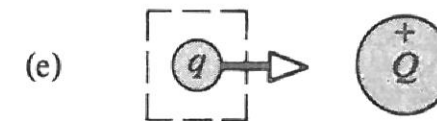
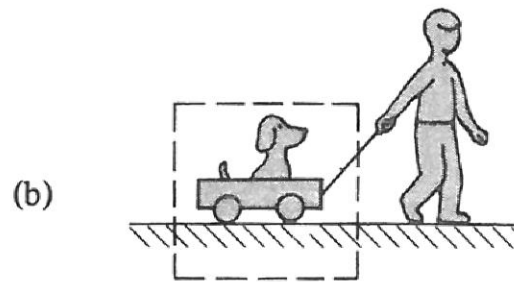
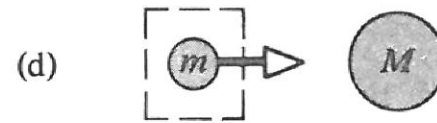
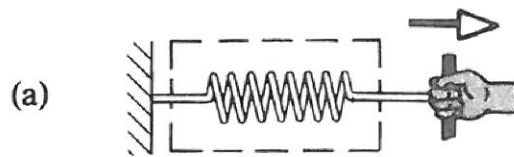
Σε ποια δύναμη (εάν αυτή υπάρχει) οφείλεται η κίνηση τών μακρινών αστέρων στο ουράνιο στερέωμα; Ο Newton απάντησε στα ερωτήματα αυτά λέγοντας ότι οι δυνάμεις αποτελούν το αίτιο τής μεταβολής τής κινητικής κατάστασης ενός σώματος. Επομένως, όταν ένα αντικείμενο κινείται ισοταχώς, δεν χρειάζεται να δρα επάνω του καμία δύναμη ώστε το αντικείμενο αυτό να διατηρήσει την κινητική του κατάσταση. Εφόσον λοιπόν μόνο μια δύναμη μπορεί να μεταβάλλει την ταχύτητα ενός αντικειμένου, συμπεραίνουμε ότι δύναμη είναι το αίτιο τής επιτάχυνσης ενός σώματος.

Ας θεωρήσουμε τώρα την περίπτωση κατά την οποία πολλές δυνάμεις δρουν ταυτόχρονα επάνω σε ένα σώμα. Στην περίπτωση αυτή το σώμα θα επιταχυνθεί (ή επιβραδυνθεί) μόνον εάν το *διανυσματικό τους άθροισμα*, δηλαδή η *συνολική τους δύναμη*, είναι διαφορετικό από το μηδέν. Τη συνολική αυτή δύναμη θα τή λέμε *συνισταμένη δύναμη*. Εάν λοιπόν η *συνισταμένη είναι μηδενική*, η *επιτάχυνση είναι μηδενική* και η *ταχύτητα τού σώματος παραμένει σταθερή*. Δηλαδή, εάν η συνολική δύναμη που δρα πάνω σε ένα σώμα είναι μηδέν, το σώμα θα είναι ή ακίνητο ή θα κινείται ισοταχώς. Εάν η ταχύτητα ενός σώματος είναι σταθερή ή μηδενική, τότε λέμε ότι το σώμα *ισορροπεί*, δηλαδή βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας.

Όταν ασκείται δύναμη πάνω σε ένα σώμα, μπορεί να μεταβληθεί το σχήμα του. Λογουχάρη, όταν σφίγγετε στο χέρι σας μια λαστιχένια μπάλλα ή όταν χτυπάτε έναν σάκο τού μποξ, τα σώματα αυτά παραμορφώνονται σε ορισμένο βαθμό. Ακόμη και πιο σκληρά αντικείμενα, όπως λ.χ. ένα αυτοκίνητο, μεταβάλλουν σχήμα υπό την επίδραση εξωτερικών δυνάμεων. Και εάν οι δυνάμεις είναι αρκετά μεγάλες, οι παραμορφώσεις γίνονται μόνιμες, όπως λ.χ. συμβαίνει σε σύγκρουση αυτοκινήτων.

Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε επίσης με τη σχέση που υπάρχει ανάμεσα στη δύναμη η οποία ασκείται πάνω σε ένα σώμα και στην επιτάχυνση τού σώματος. Εάν τραβήξετε ένα ελατήριο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.1a, το ελατήριο εκτείνεται. Εάν βαθμονομήσετε το ελατήριο, το μήκος κατά το οποίο εκτείνεται δίνει τη δυνατότητα να μετρήσετε τη δύναμη. Εάν τραβήξετε δυνατά ένα καρτσάκι για να υπερνικήσετε την τριβή, το καρτσάκι θα κινηθεί, όπως τό παρατηρούμε στο Σχήμα 5.1b. Τέλος, μια μπάλλα όταν δεχθεί ένα λάκτισμα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.1c, παραμορφώνεται και, τελικά, κινείται. Πρόκειται για παραδείγματα δυνάμεων που, παραδοσιακά, ονομάζονται *δυνάμεις εξ επαφής*, δηλαδή προέρχονται από τη *μακροσκοπική επαφή* δύο αντικειμένων. Άλλα παρόμοια παραδείγματα είναι η δύναμη την οποία ασκεί ένα αέριο στα τοιχώματα τού δοχείου που τό περιέχει (δηλαδή το αποτέλεσμα τών κρούσεων τών μορίων τού αερίου με τα μόρια τού δοχείου) και η δύναμη που ασκούν τα πόδια μας στο δάπεδο.

Παραδοσιακά επίσης, ονομάζουμε *δυνάμεις εξ αποστάσεως* τις δυνάμεις που δεν φαίνεται να χρειάζονται μακροσκοπική επαφή για να κάνουν αισθητή την παρουσία τους, δηλαδή εκ πρώτης όψεως φαίνεται να δρουν μέσα σε κενό διάστημα. Λογουχάρη, τέτοια είναι η βαρυτική δύναμη ανάμεσα σε δύο αντικείμενα (Σχήμα 5.1d). Στη δύναμη αυτή οφείλεται αυτό που ονομάζουμε *βάρος* τών σωμάτων και που κρατά τα διάφορα αντικείμενα δέσμια στη Γη. Οι πλανήτες τού ηλιακού μας συστήματος είναι δέσμιοι τής βαρυτικής δύναμης που δρα ανάμεσα στον καθένα τους και στον Ήλιο. Ένα άλλο κοινό παράδειγμα δράσης εξ αποστάσεως είναι η δύναμη που ασκεί ένα ηλεκτρικό φορτίο πάνω σε ένα άλλο (Σχήμα 5.1e). Τα φορτία αυτά μπορεί να είναι μακροσκοπικά ή μικροσκοπικά, όπως π.χ. η δύναμη ανάμεσα στο πρωτόνιο και το ηλεκτρόνιο τού ατόμου τού υδρογόνου. Ένα τρίτο παράδειγμα είναι η δύναμη που ασκεί ένας μαγνήτης πάνω σε ένα κομμάτι σίδηρο, όπως δείχνει το Σχήμα 5.1f.

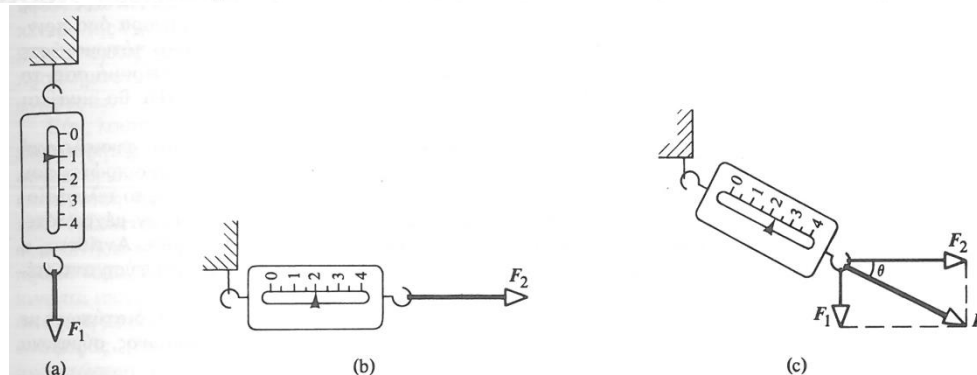


Σχήμα 5.1 Παραδείγματα δυνάμεων που δρουν πάνω σε διάφορα σώματα. Το αντικείμενο πάνω στο οποίο δρα η δύναμη κάθε φορά βρίσκεται μέσα σε ένα «κουτί» που σημειώνεται με μια διακεκομμένη γραμμή. Στο περιβάλλον που είναι έξω από το κουτί οφείλεται η ύπαρξη της δύναμης.

Οι παλαιοί επιστήμονες, όπως και ο ίδιος ο Newton, ήταν εμπειριστές και δεν αισθάνονταν καθόλου άνετα με την ιδέα της δύναμης που δρα εξ αποστάσεως. Για να ξεπεράσει αυτό το εννοιολογικό πρόβλημα, ο Michael Faraday (1791-1867) εισήγαγε την έννοια του πεδίου. Κατά τον Faraday, όταν μία μάζα m_1 τοποθετείται στο σημείο P κοντά σε μία άλλη μάζα m_2 , μπορούμε να πούμε ότι η μάζα m_1 αλληλεπιδρά με την m_2 μέσω του βαρυτικού πεδίου που υπάρχει στο P . Το πεδίο στο σημείο P δημιουργείται από την μάζα m_2 . Στο Κεφάλαιο 23 θα δούμε ότι η έννοια του πεδίου είναι πολύ χρήσιμη για την περιγραφή των ηλεκτρικών αλληλεπιδράσεων ανάμεσα σε φορτισμένα σώματα. Πρέπει να επιστήσουμε την προσοχή σας ώστε να μην παρασυρθείτε από όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, τα οποία βασίζονται στην ιστορική ανασκόπηση της Φυσικής· οι έννοιες των δυνάμεων εξ επαφής και των δυνάμεων εξ αποστάσεως βασίζονται στην παλαιά θεώρηση της Φυσικής, η οποία ήταν θεμελιωμένη στην καθημερινή εμπειρία, δηλαδή στα αποτελέσματα των αισθήσεων και όχι της πειραματικής έρευνας. Στο ατομικό επίπεδο, όμως, οι ονομαζόμενες δυνάμεις εξ επαφής οφείλονται στις απωστικές δυνάμεις ανάμεσα σε ηλεκτρικά φορτία, οι οποίες είναι, αυτές καθ' εαυτές, δυνάμεις εξ αποστάσεως^(*).

Οι μόνες θεμελιώδεις δυνάμεις που είναι γνωστές στη φύση σήμερα είναι (1) η βαρυτική έλξη ανάμεσα σε σώματα που έχουν μάζα· (2) οι ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις ανάμεσα σε ακίνητα ή κινούμενα φορτία· (3) η ισχυρή ή πυρηνική δύναμη ανάμεσα στα στοιχειώδη σωματίδια· και (4) η λεγόμενη ασθενής πυρηνική δύναμη, στην οποία οφείλεται η ραδιενέργεια πολλών πυρήνων. Στην Κλασική Φυσική ασχολούμαστε με τις βαρυτικές και τις ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις.

Μάς είναι εύκολο να χρησιμοποιήσουμε την παραμόρφωση ενός ελατηρίου για τη μέτρηση δυνάμεων. Υποθέστε ότι εφαρμόζουμε μία δύναμη κατακόρυφη στο ελατήριο του Σχήματος 5.2a. Μπορούμε να βαθμονομήσουμε το ελατήριο ορίζοντας ότι η μοναδιαία δύναμη, F_1 , εκτείνει το ελατήριο κατά 1 cm. Εάν εφαρμόσουμε μια δύναμη F_2 οριζόντια, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.2b, και το ελατήριο εκταθεί κατά 2 cm, λέμε ότι το μέτρο της F_2 είναι 2 μονάδες. Εάν τώρα εφαρμόσουμε ταυτόχρονα τις F_1 και F_2 , όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.2c, θα βρούμε ότι το ελατήριο εκτείνεται κατά $\sqrt{5} = 2.24$ cm. Η ίση δύναμη που από μόνη της θα αρκούσε να εκτείνει το ελατήριο κατά το ίδιο μήκος είναι το διανυσματικό άθροισμα των F_1 και F_2 , όπως αυτές περιγράφονται στο Σχήμα 5.2c. Δηλαδή, $|F| = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{5}$ μονάδες, η δε διεύθυνση της $\theta = \arctan(-0.5) = -26.6^\circ$. Εάν θέλετε να βρείτε τη συνισταμένη των δυνάμεων που δρουν πάνω σε ένα σώμα πρέπει να τις προσθέσετε διανυσματικά. Τα ελατήρια των οποίων η επιμήκυνση είναι ανάλογη προς την εφαρμοζόμενη δύναμη υπακούουν στον νόμο του Hooke. Αυτά τα ελατήρια τα βαθμονομούμε και τα χρησιμοποιούμε για να βρούμε το μέτρο άγνωστων δυνάμεων.



Σχήμα 5.2 Μπορείτε να διαπιστώσετε ότι η δύναμη είναι διάνυσμα χρησιμοποιώντας ένα δυναμόμετρο (ζυγαριά ελατηρίου). (a) Η κατακόρυφη προς τα κάτω δύναμη F_1 επιμηκύνει το ελατήριο κατά μία μονάδα. (b) Η οριζόντια δύναμη F_2 τό επιμηκύνει κατά δύο μονάδες. (c) Ο συνδυασμός των F_1 και F_2 επιμηκύνει το ελατήριο κατά $\sqrt{1^2 + 2^2} = \sqrt{5}$ μονάδες.

5.3 Ο ΠΡΩΤΟΣ ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ NEWTON ΚΑΙ ΑΔΡΑΝΕΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Πριν από το 1600 οι φυσικοί φιλόσοφοι πίστευαν ότι φυσιολογική κατάσταση των πραγμάτων είναι η ακινησία. Ο Γαλιλαίος ήταν ο πρώτος που τάρραξε τα νερά, επινόησε διάφορα «ιδεατά» πειράματα, όπως το τελευταίο, και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι, αντίθετα με όσα πίστευαν μέχρι τότε, φυσιολογική κατάσταση των πραγμάτων δεν είναι η ακινησία. Αντίθετα, η φυσιολογική κατάσταση είναι τέτοια ώστε τα αντικείμενα στη φύση αντιστέκονται σε επιβραδύνσεις ή επιταχύνσεις.

Αυτήν τη νέα άποψη την ενστερνίστηκε και ο Newton και τή διατύπωσε με τη μορφή που σήμερα είναι γνωστή ως *πρώτος νόμος του Νεύτωνος*, σύμφωνα με τον οποίο:

Ένα ακίνητο σώμα θα παραμείνει ακίνητο και ένα ισοταχώς κινούμενο αντικείμενο θα εξακολουθήσει να κινείται με σταθερή ταχύτητα (δηλαδή ισοταχώς άρα και ευθύγραμμα), εκτός εάν εφαρμοστεί επάνω του μη μηδενική εξωτερική δύναμη.

Με πιο απλά λόγια μπορούμε να πούμε το ίδιο ως εξής: *όταν η δύναμη πάνω σ' ένα σώμα είναι μηδενική, τότε η επιτάχυνσή του είναι μηδενική. Δηλαδή, όταν $\Sigma F = 0$, τότε $a = 0$. Από τον πρώτο αυτό νόμο συμπεραίνουμε ότι ένα απομονωμένο σώμα (δηλαδή ένα σώμα που δεν αλληλεπιδρά με το περιβάλλον του) είναι ή ακίνητο ή κινείται ισοταχώς (δηλαδή με σταθερή ταχύτητα). Για την ακρίβεια, πρώτος ο Galileo, πριν από τον Newton, είχε εκφράσει τον νόμο αυτό με αρκετή σαφήνεια. Έγραφε: «Ένα σώμα θα κρατήσει γερά την ταχύτητα που τού έχουμε δώσει εάν εκλείψουν τα εξωτερικά αίτια επιβραδύνσής του».*

Αδρανειακά συστήματα αναφοράς

Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνος ονομάζεται, καμιά φορά, και *νόμος τής αδράνειας*. Τόν χρησιμοποιούμε για να ορίσουμε μια ειδική κατηγορία συστημάτων αναφοράς τα οποία λέγονται *αδρανειακά συστήματα αναφοράς*.

Αδρανειακά είναι τα συστήματα στα οποία ένα σώμα υπόκειται σε μηδενική δύναμη (λόγω τού συστήματος). Επομένως, ο πρώτος νόμος τού Νεύτωνος λέει ότι εάν η συνολική δύναμη πάνω σε ένα σώμα είναι μηδενική, τότε το σώμα πρέπει να κινείται με σταθερή ταχύτητα μετρούμενη σε σχέση με οποιοδήποτε αδρανειακό σύστημα αναφοράς.

Η καλύτερη προσέγγιση αδρανειακού συστήματος που έχουμε είναι ένα σύστημα αναφοράς το οποίο κινείται με σταθερή ταχύτητα σε σχέση με έναν μακρινό αστέρα. Η Γη δεν είναι αδρανειακό σύστημα, διότι περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο και γύρω από τον άξονά της. Καθώς η Γη κινείται γύρω από τον Ήλιο, υπόκειται σε κεντρομόλο επιτάχυνση μέτρου $4.4 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$ περίπου, με κατεύθυνση προς τον Ήλιο. Επί πλέον, επειδή η Γη περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της κάθε 24 h, κάθε σημείο τού ισημερινού της υφίσταται κεντρομόλο επιτάχυνση $3.37 \times 10^{-2} \text{ m/s}^2$ με κατεύθυνση προς το κέντρο τής Γης. Οι επιταχύνσεις αυτές είναι όμως μικρές σε σύγκριση με το g και συνήθως μπορούμε να τις αγνοήσουμε. Έτσι, για τα περισσότερα προβλήματα θα υποθέσουμε ότι η Γη είναι ένα αδρανειακό σύστημα αναφοράς.

5.4 ΑΔΡΑΝΕΙΑΚΗ ΜΑΖΑ

Εάν προσπαθήσετε να μεταβάλετε την κινητική κατάσταση ενός σώματος, το σώμα θα αντισταθεί στη μεταβολή. Ονομάζουμε *αδράνεια* την ιδιότητα της ύλης που σχετίζεται με την τάση των σωμάτων να παραμένουν ακίνητα ή να κινούνται ισοταχώς. Ας θεωρήσουμε δύο μεγάλους συμπαγείς ισομεγέθεις κύλινδρους. Ο ένας είναι φτιαγμένος από φελλό και ο άλλος από ατσάλι. Εάν τους σπρώξετε πάνω σε μια οριζόντια τραχιά επιφάνεια θα δείτε ότι πρέπει να καταβάλετε μεγαλύτερη προσπάθεια για να κυλήσετε τον ατσάλινο κύλινδρο. Επίσης, εάν οι δύο αυτοί κύλινδροι κινούνται, πρέπει να καταβάλετε μεγαλύτερη προσπάθεια για να σταματήσετε τον ατσάλινο κύλινδρο. Έτσι λέμε ότι ο ατσάλινος κύλινδρος έχει μεγαλύτερη αδράνεια από τον κύλινδρο που είναι φτιαγμένος από φελλό.

Η λέξη *μάζα* είναι ένας όρος που χρησιμοποιούμε για να μετρούμε την αδράνεια και στο σύστημα SI μονάδα της μάζας είναι το χιλιόγραμμα. Όσο πιο μεγάλη είναι η μάζα ενός σώματος τόσο μικρότερη θα είναι η επιτάχυνσή του (δηλαδή η μεταβολή της κινητικής κατάστασής του) υπό την επίδραση μιας δύναμης. Λογούχαρη, εάν μια δύναμη δρα πάνω σε σώμα μάζας 3 kg, τό επιταχύνει κατά 4 m/s^2 . Όταν η ίδια δύναμη δράσει πάνω σε σώμα μάζας 6 kg, θα τό επιταχύνει κατά 2 m/s^2 . Αφού λοιπόν έχουμε υπ' όψιν τα παραπάνω, θα προσπαθήσουμε να περιγράψουμε τη μάζα ποσοτικά.

Μπορούμε να μετρήσουμε ποσοτικά τη μάζα εάν συγκρίνουμε την επιτάχυνση την οποία μια δεδομένη δύναμη προξενεί πάνω σε διάφορα σώματα. Υποθέστε ότι μια δύναμη που δρα πάνω σε ένα σώμα μάζας m_1 προξενεί επιτάχυνση a_1 και ότι η *ίδια δύναμη* όταν δρα πάνω σε ένα σώμα μάζας m_2 προξενεί επιτάχυνση a_2 . Ορίζουμε ότι ο λόγος των δύο μαζών είναι

αντιστρόφως ανάλογος με τον λόγο των επιταχύνσεων που προξενεί η ίδια δύναμη:

$$\frac{m_1}{m_2} \equiv \frac{a_2}{a_1} \quad (5.1)$$

Έτσι, εάν η μία μάζα είναι πρότυπη μάζα, π.χ. τού 1 kg, μπορούμε να προσδιορίσουμε την άλλη μάζα κάνοντας μετρήσεις επιτάχυνσης. Λογούχαρη, εάν η πρότυπη μάζα τού 1 kg, υπό την επίδραση μιας δύναμης, επιταχύνεται κατά 3 m/s^2 , τότε η ίδια δύναμη θα επιταχύνει μάζα 2 kg κατά 1.5 m/s^2 .

Η μάζα είναι εγγενής ιδιότητα ενός σώματος και είναι ανεξάρτητη από το περιβάλλον τού σώματος και από την μέθοδο που χρησιμοποιείται για τη μέτρησή της. Πειραματικά γνωρίζουμε ότι η μάζα είναι μονόμετρο μέγεθος. Τέλος, η μάζα είναι μέγεθος που υπόκειται στους κανόνες τής γνωστής αριθμητικής. Δηλαδή, οι μάζες προστίθενται αριθμητικά. Έτσι, εάν προσθέσετε μάζα 3 kg με μάζα 5 kg η συνολική μάζα θα είναι 8 kg. Το τελευταίο μπορείτε να τό επιβεβαιώσετε πειραματικά συγκρίνοντας την επιτάχυνση που προξενεί σε καθένα από τα συγκρινόμενα σώματα μια δεδομένη δύναμη με την επιτάχυνση που προξενεί η ίδια δύναμη στο ενιαίο σύστημα.

5.5 Ο ΔΕΥΤΕΡΟΣ ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ NEWTON

η επιτάχυνση ενός σώματος είναι ανάλογη προς τη συνολική δύναμη που δρα πάνω του και αντιστρόφως ανάλογη προς τη μάζα του.

Να σημειωθεί ότι εάν η συνολική δύναμη είναι μηδενική, τότε $\mathbf{a} = 0$, έχουμε δηλαδή την περίπτωση κατά την οποία η ταχύτητα \mathbf{v} είναι σταθερή. Επομένως, μπορούμε να εκφράσουμε με μαθηματικά σύμβολα τον δεύτερο νόμο του Newton:⁽¹⁾

$$\sum \mathbf{F} = m\mathbf{a} \quad (5.2)$$

Ας σημειωθεί ότι η Εξίσωση 5.2 είναι διανυσματική σχέση και επομένως είναι ισοδύναμη με τις τρεις παρακάτω εξισώσεις:

$$\sum F_x = ma_x \quad \sum F_y = ma_y \quad \sum F_z = ma_z \quad (5.3)$$

Μονάδες δύναμης και μάζας

Η μονάδα δύναμης στο σύστημα SI είναι το *newton* (σύμβολο **N**), που ορίζουμε ότι ισούται με τη δύναμη η οποία όταν δράσει πάνω σε μάζα 1 kg προκαλεί επιτάχυνση 1 m/s².

Από τον παραπάνω ορισμό και από τον δεύτερο νόμο του Newton βλέπουμε ότι η μονάδα newton μπορεί να εκφραστεί συναρτήσει των θεμελιωδών μονάδων μάζας, μήκους και χρόνου:

$$1 \text{ N} \equiv 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 \quad (5.4)$$

5.6 ΒΑΡΟΣ

Όλοι ξέρουμε ότι τα σώματα έλκονται προς τη Γη. Η δύναμη που ασκεί η Γη πάνω σε ένα σώμα ονομάζεται *βάρος* τού σώματος και συμβολίζεται με W . Η δύναμη αυτή κατευθύνεται προς το κέντρο τής Γης⁽³⁾. Εάν θέλουμε όμως να είμαστε ακριβείς, πρέπει να πούμε ότι βάρος ενός σώματος είναι η συνισταμένη βαρυτική δύναμη που ασκούν πάνω στο σώμα όλα τα άλλα σώματα τού Σύμπαντος!

Ξέρουμε ότι ένα σώμα που υπόκειται σε ελεύθερη πτώση υφίσταται επιτάχυνση g που κατευθύνεται προς το κέντρο τής Γης. Εάν εφαρμόσουμε τον δεύτερο νόμο τού Newton σε ένα σώμα που πέφτει ελεύθερα, έχουμε, αντικαθιστώντας $a = g$ και $F = W$,

$$W = mg \quad (5.7)$$

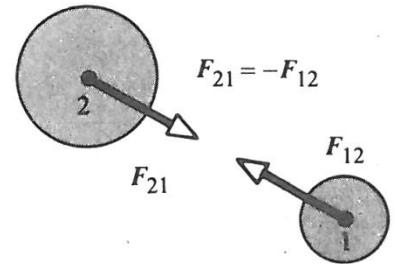
Αφού το βάρος εξαρτάται από την g , μεταβάλλεται συναρτήσει τής γεωγραφικής θέσης. Τα σώματα έχουν μικρότερο βάρος στα μεγάλα υψόμετρα από ό,τι στην επιφάνεια τής θάλασσας. Αυτό οφείλεται στο ότι το g ελαττώνεται όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο τής Γής. Επομένως, το βάρος δεν είναι εγγενής ιδιότητα τών σωμάτων όπως είναι η μάζα. Γι' αυτό δεν πρέπει να συγχέετε τις έννοιες μάζα και βάρος. Λογουχάρη, εάν ένα σώμα έχει μάζα 70 kg, τότε το μέτρο τού βάρους του σε ένα μέρος όπου $g = 9.80 \text{ m/s}^2$ είναι $mg = 686 \text{ N}$. Στην κορυφή ενός βουνού όπου το $g = 9.76 \text{ m/s}^2$ το βάρος είναι 683 N, δηλαδή είναι μειωμένο κατά 0.4%. Έτσι, εάν θέλετε να χάσετε βάρος χωρίς να κάνετε δίαιτα, ζυγιστείτε στην κορυφή ενός ψηλού βουνού ή μέσα σε ένα αεροπλάνο όταν πετάει σε ύψος 10 000 m!

Επειδή όμως $W = mg$, μπορούμε να συγκρίνουμε τις μάζες δύο σωμάτων εάν μετρήσουμε τα βάρη τους χρησιμοποιώντας ζυγαριές με ή χωρίς ελατήρια. Αυτό μπορούμε να τό κάνουμε, γιατί στο ίδιο μέρος ο λόγος τών βαρών δύο σωμάτων ισούται με τον λόγο τών μαζών.

5.7 Ο ΤΡΙΤΟΣ ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ NEWTON

Ο τρίτος νόμος τού Newton λέει ότι εάν δύο σώματα αλληλεπιδρούν, τότε η δύναμη που ασκεί το σώμα 2 πάνω στο σώμα 1 έχει το ίδιο μέτρο αλλά αντίθετη κατεύθυνση από ό,τι η δύναμη που ασκεί το σώμα 1 πάνω στο σώμα 2.

$$F_{12} = -F_{21} \quad (5.8)$$



Ο νόμος αυτός εκφράζεται με γραφική παράσταση στο Σχήμα 5.5a και λέει βασικά ότι οι δυνάμεις πάντοτε εκδηλώνονται κατά ζεύγη ή ότι δεν μπορεί να υπάρξει μοναχική, δηλαδή μεμονωμένη, δύναμη. Παραδοσιακά, ονομάζουμε τη δύναμη που ασκεί το σώμα 1 πάνω στο σώμα 2 δράση, ενώ τη δύναμη που ασκεί το σώμα 2 πάνω στο σώμα 1 την ονομάζουμε αντίδραση. Μπορείτε να αλλάξετε αμοιβαία τις ονομασίες. Η δράση είναι ίση σε μέτρο με την αντίδραση και έχει αντίθετη κατεύθυνση. Πάντοτε όμως η δράση και η αντίδραση δρουν πάνω σε διαφορετικά σώματα. Λογουχάρη, η δύναμη που δρα πάνω σε ένα βλήμα το οποίο πέφτει ελεύθερα είναι το βάρος του $W = mg$, το οποίο δεν είναι τίποτε άλλο από τη δύναμη με την οποία δρα η Γη πάνω στο βλήμα. Με τη σειρά του, το βλήμα έλκει τη Γη με ίση και αντίθετη δύναμη $W' = -W$, που είναι η αντίδραση. Η δύναμη τής αντίδρασης λοιπόν, W' , επιταχύνει τη Γη προς το βλήμα, ακριβώς όπως η δράση, W , επιταχύνει το βλήμα προς τη Γη. Αλλά επειδή η μάζα τής Γης είναι πάρα πολύ μεγάλη, η επιτάχυνση τής Γης λόγω τής αντίδρασης είναι αμελητέα.