

## Κεφάλαιο 3

# Δυναμική

Στο προηγούμενο κεφάλαιο «μεταφράσαμε» στη μαθηματική γλώσσα την κίνηση ενός καθηγητή και είδαμε ότι τα φυσικά μεγέθη που περιγράφουν ποσοτικά μια κίνηση είναι ο χρόνος  $t$ , η θέση  $x$ , η ταχύτητα  $v$ , η επιτάχυνση  $a$  κ.τ.λ. Ενώ λοιπόν βρήκαμε πως μπορούμε να περιγράψουμε μια κίνηση στην μαθηματική γλώσσα, δεν είπαμε τίποτα για τους νόμους που την διέπουν, ώστε να καταλάβουμε γιατί ξεκινούν ή σταματούν τα σώματα και γιατί ακολουθούν την τροχιά που παρατηρούμε και όχι κάποια άλλη.

Στα ερωτήματα αυτά έδωσε απάντηση ο Isaac Newton<sup>1</sup> διατυπώνοντας τους τρεις νόμους που ερμηνεύουν γιατί συμβαίνει κάθε κίνηση που παρατηρούμε γύρω μας. Η σημασία των νόμων για την επιστήμη και την ζωή μας είναι τεράστια, αφού επιτρέπουν την κατανόηση των φαινομένων που παρατηρούμε καθημερινά γύρω μας, αλλά και τον σχεδιασμό σύνθετων κατασκευών που διευκολύνουν την καθημερινή μας ζωή. Έτσι, με την βοήθεια των νόμων αυτών μπορούμε να σχεδιάζουμε κτίρια, γέφυρες και αυτοκίνητα, αλλά μπορούμε και να στείλουμε ένα διαστημόπλοιο<sup>2</sup>, για να συναντήσει ένα ταχύτατο κομήτη μετά από ταξίδι δέκα ετών.

Όπως θα δούμε παρακάτω, ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα μας λέει τι κίνηση κάνει ένα σώμα όταν «το αφήσουμε στην ησυχία του», π.χ. μας λέει τι κίνηση κάνει το διαστημόπλοιο Voyager I τώρα που ταξιδεύει με σθησιές μηχανές λίγο έξω από το ηλιακό μας σύστημα. Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα από την άλλη, μας λέει τι κίνηση κάνει ένα σώμα όταν κάποιος το «παρενοχλεί». Για παράδειγμα, ο δεύτερος νόμος μας λέει τι κίνηση θα κάνει μια μπάλα που, ενώ άραζε αμέριμνη, την «παρενόχλησε» ένας ποδοσφαιριστής με μια δυνατή κλοτσιά.

Πριν όμως διατυπώσουμε τους νόμους αυτούς θα χρειαστούμε ένα φυσικό μέγεθος που προσδιορίζει ποσοτικά πόσο έντονα «παρενοχλούμε» ένα σώμα. Το φυσικό αυτό μέγεθος δεν είναι άλλο από την **δύναμη**.

### 3.1 Δυνάμεις. Τι είναι;

Την έννοια της δύναμης την έχετε ακούσει όλοι στην καθημερινή σας ζωή. Ξέρετε για παράδειγμα ότι, όταν σπρώξετε ένα σώμα με το χέρι σας, ασκείτε σε αυτό κάποια δύναμη η οποία θα προκαλέσει σε αυτό κάποιες μεταβολές – αποτελέσματα. Για να

<sup>1</sup>Isaac Newton (1642–1727): Άγγλος Φυσικός (καθώς και Μαθηματικός, Αστρονόμος, Φιλόσοφος, Αλχημιστής, Θεολόγος...). Θεωρείται από πολλούς ο επιστήμονας με την μεγαλύτερη επιρροή στην επιστήμη.

<sup>2</sup><http://sci.esa.int/rosetta/>

καταλάβουμε ποια είναι τα αποτελέσματα που προκαλεί μια δύναμη, όταν ασκείται σε ένα σώμα, ας αρχίσουμε μελετώντας τι συμβαίνει σε ένα σώμα όταν σε αυτό δεν ασκείται καμία δύναμη. Ιδού ένα διαστημικό παράδειγμα.

▷ Το διαστημόπλοιο Voyager I, μετά από ταξίδι τριανταεφτά ετών, αυτή τη στιγμή περιπλανιέται κάπου έξω από το ηλιακό μας σύστημα μακριά από κάθε ουράνιο σώμα, με σθησογούς κινητήρες.

- α) Τι ταχύτητα πιστεύετε ότι έχει το Voyager I σήμερα;<sup>3</sup> .....
- β) Μέχρι πότε πιστεύετε ότι θα συνεχίσει την κίνηση αυτή; .....

Τώρα που καταλάβαμε τι κάνει ένα σώμα όταν δεν του ασκείται καμία δύναμη, ας δούμε ποια είναι τα αποτελέσματα που προκαλεί μια δύναμη όταν ασκείται σε ένα σώμα.

**Αποτελέσματα των δυνάμεων.**

- α) Αφήνετε ένα σφουγγάρι ακίνητο πάνω στο θρανίο σας. Ξαφνικά το χτυπάτε προς τα δεξιά σας. Του ασκήσατε δύναμη; ..... Τι έπαθε η ταχύτητα του σφουγγαριού; .....
- β) Σφίξιτε το σφουγγάρι μέσα στο χέρι σας. Του ασκήσατε δύναμη; ..... Τι έπαθε το σφουγγάρι; .....

Από τα παραδείγματα αυτά είμαστε σε θέση να δώσουμε ένα πρόχειρο ορισμό της δύναμης:

**Ορισμός:** ► **Δύναμη** είναι το αίτιο που προκαλεί την ..... ή/και την ..... ενός σώματος.

**Μονάδες, σύμβολα.**

Όπως και για κάθε φυσικό μέγεθος, έτσι και για την δύναμη, θα χρειαστούμε κάποιο γράμμα για να την συμβολίσουμε και κάποια μονάδα μέτρησης. Το σύμβολο που συνήθως προτιμούμε είναι το  $F$  (από το Force) ενώ η μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιούμε ονομάζεται **Newton** (N) π.χ.  $F = 10\text{N}$ ,  $F_1 = 2,5\text{N}$ ,  $F_{ολ} = 0$ , κ.τ.λ.

### Ασκήσεις:

- Ένας μαθητής σπρώχνει ένα μπουκάλι με νερό προς τα δεξιά. Ποια από τις παρακάτω εκφράσεις πιστεύετε ότι χρησιμοποιούν οι Φυσικοί για να περιγράψουν το φαινόμενο;
  - Ο μαθητής έσπρωξε το μπουκάλι προς τα δεξιά.
  - Ο μαθητής άσκησε στο μπουκάλι μια δύναμη προς τα δεξιά.
  - Ο μαθητής έβαλε στο μπουκάλι μια δύναμη προς τα δεξιά.
  - Ο μαθητής επέβαλε στο μπουκάλι μια δύναμη προς τα δεξιά.

#### 3.1.1 Μέτρηση των δυνάμεων

**Μέτρηση Δύναμης.**

Όπως έχουμε πει, για να έχει νόημα ένα φυσικό μέγεθος θα πρέπει να μπορούμε

<sup>3</sup> Αναζητήστε πληροφορίες στο διαδίκτυο (NASA, Wikipedia...)

να το μετρήσουμε. Πώς μπορούμε άραγε να μετρήσουμε τις δυνάμεις ; Αφού οι δυνάμεις γίνονται αντιληπτές μόνο από τα αποτελέσματα τους, για να τις μετρήσουμε θα πρέπει να μετρήσουμε τα αποτελέσματα τους, δηλαδή είτε την παραμόρφωση που προκαλούν σε ένα σώμα, είτε την επιτάχυνση που προκαλούν σε αυτό. Ο απλούστερος τρόπος μέτρησης δυνάμεων είναι η μέτρηση της παραμόρφωσης που προκαλούν όταν ασκούνται σε ελατήρια καθώς, για αυτά ισχύει ο **Νόμος του Hooke**:

**Νόμος του Hooke.** ► Η επιμήκυνση που προκαλεί μια δύναμη σε ένα ελατήριο είναι ανάλογη της δύναμης.

Αν ο νόμος του Hooke κάτι σας θυμίζει είναι γιατί τον έχουμε ήδη μελετήσει στο πρώτο μας πείραμα. Ας δούμε πως μπορούμε να τον εκμεταλλευτούμε για να μετρήσουμε μια δύναμη :

- Μετρώντας δυνάμεις.**
- α) Ασκούμε δύναμη μέτρου  $F_1 = 1\text{N}$  σε ένα ελατήριο, οπότε αυτό επιμηκύνεται κατά  $l_1 = 1,2\text{cm}$ . Στην συνέχεια ασκούμε στο ίδιο ελατήριο δύναμη μέτρου  $F_2$ , η οποία προκαλεί επιμήκυνση  $l_2 = 2,4\text{cm}$ . Ποιο είναι το μέτρο της  $F_2$ ; .
- β) Ασκούμε δύναμη μέτρου  $F_1 = 1\text{N}$  σε ένα ελατήριο και αυτό επιμηκύνεται κατά  $l_1 = 1,2\text{cm}$ . Στην συνέχεια ασκούμε δύναμη μέτρου  $F_2 = 3\text{N}$  στο ελατήριο. Ποια θα είναι η επιμήκυνση  $l_2$  του ελατηρίου ; .....

Τον νόμο του Hooke τον εκμεταλλευόμαστε για την κατασκευή των οργάνων που χρησιμοποιούμε για να μετράμε τις δυνάμεις, τα οποία ονομάζονται **δυναμόμετρα**. Το δυναμόμετρο δεν είναι τίποτα άλλο από ένα ελατήριο το οποίο συνοδεύεται από μια κλίμακα βαθμονομημένη σε Newton (N).

### Ασκήσεις :

- Ένας μαθητής επέλεξε ένα ελατήριο από το σχολικό εργαστήριο και κρέμασε σε αυτό ένα σώμα βάρους  $F_1 = 2\text{N}$ , οπότε παρατήρησε ότι αυτό επιμηκύνθηκε κατά  $l_1 = 3\text{cm}$ . Στην συνέχεια κρέμασε στο ίδιο ελατήριο ένα σώμα άγνωστου βάρους το οποίο προκάλεσε επιμήκυνση  $l_2 = 15\text{cm}$ . Ποιο ήταν το μέτρο  $F_2$  του άγνωστου βάρους ;
- Ένας δεύτερος μαθητής επέλεξε ένα άλλο ελατήριο από το εργαστήριο και ενώ κρέμασε το ίδιο σώμα βάρους  $F_1 = 2\text{N}$  παρατήρησε ότι αυτό επιμηκύνθηκε μόνο κατά  $l_1 = 1,5\text{cm}$ . Πού πιστεύετε ότι οφείλεται η διαφορετική επιμήκυνση αυτού του ελατηρίου ;

### 3.1.2 Οι δυνάμεις ως διανύσματα.

**Δυνάμεις ως Διανύσματα.** Στα παραπάνω παραδείγματα καταφέραμε χρησιμοποιώντας τον νόμο του Hooke να μετρήσουμε το μέτρο μιας δύναμης  $F$ . Αρκεί όμως να μας πούνε πόσο «μεγάλη» είναι μια δύναμη, π.χ.  $F = 2\text{N}$ , για να προσδιορίσουμε τα αποτελέσματα που θα προκαλέσει αν ασκηθεί σε ένα σώμα ; Και αν αυτό δεν αρκεί, τότε τι άλλες πληροφορίες πρέπει να γνωρίζουμε για μια δύναμη, για να υπολογίσουμε τα αποτελέσματα της ; Για να δούμε.

**Μέτρο,  
Διεύθυνση,  
Φορά.**

- α) Το σώμα του παρακάτω σχήματος είναι αρχικά ακίνητο, όταν ξαφνικά ένας μαθητής του ασκεί δύναμη  $F$  με **μέτρο**  $F = 2\text{N}$ . Προς τα που ενδέχεται να κινηθεί το σώμα; ..... Ο μαθητής λέει ότι άσκησε την δύναμη στην οριζόντια **διεύθυνση**. Μπορείτε να απαντήσετε τώρα; ..... Ο μαθητής μάς λέει επιπλέον ότι η **φορά** της δύναμης είναι προς τα δεξιά. Μπορείτε να απαντήσετε τώρα; ..... Σχεδιάστε την δύναμη  $F$  στο σχήμα.



- β) Πώς ονομάζονται τα φυσικά μεγέθη που για να τα προσδιορίσουμε χρειαζόμαστε το μέτρο, την διεύθυνση και την φορά τους; ..... Πότε θα λέμε ότι δύο δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$  είναι ίσες; ..... Πότε θα λέμε ότι δύο δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$  είναι αντίθετες; ..... Έχουμε συναντήσει άλλα διανυσματικά φυσικά μεγέθη; Ποια; .....

**Σχεδιάζοντας τις δυνάμεις.**

- γ) Στο σώμα του σχήματος ασκούνται δύο οριζόντιες δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$ . Η  $F_1$  έχει φορά προς τα δεξιά και μέτρο  $F_1 = 20\text{N}$ , ενώ η  $F_2$  έχει φορά προς τα αριστερά και μέτρο  $F_2 = 10\text{N}$ . Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα. (Αρχή, κατεύθυνση, μήκος;) Πώς ονομάζεται το σημείο στο οποίο ασκείται μια δύναμη; .....



**Ασκήσεις :**

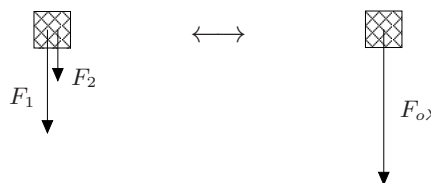
1. Σε ένα σώμα ασκούνται δύο οριζόντιες δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$  με φορά προς τα δεξιά, μια οριζόντια δύναμη  $F_3$  προς τα αριστερά και μια κατακόρυφη δύναμη  $F_4$  με φορά προς τα κάτω και με μέτρα  $F_1 = 20\text{N}$ ,  $F_2 = 10\text{N}$ ,  $F_3 = 15\text{N}$  και  $F_4 = 10\text{N}$  αντίστοιχα. Σχεδιάστε το σώμα και τις τέσσερις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτό.

**3.2 Αποτελέσματα πολλών δυνάμεων.**

Τι θα συμβεί άραγε σε ένα σώμα, αν του ασκήσουμε περισσότερες από μια δυνάμεις; Είστε σε θέση για παράδειγμα να μαντέψετε προς τα πού ενδέχεται να κινηθεί το σώμα της προηγούμενης άσκησης εξαιτίας των δυνάμεων  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  και  $F_4$  που ασκούνται σε αυτό; Θα ξεκινήσουμε μελετώντας τι αποτελέσματα προκαλούν σε ένα σώμα δύο δυνάμεις που έχουν ίδια διεύθυνση και φορά.

**Δυνάμεις με ίδια διεύθυνση και φορά.**

- α) Κρεμάστε από ένα δυναμόμετρο δύο σώματα βάρους  $F_1 = 2\text{N}$  και  $F_2 = 1\text{N}$  αντίστοιχα. Ποια είναι η ένδειξη του δυναμόμετρου; .....
- β) Συμφωνείτε ότι οι δύο δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$  προκαλούν το ίδιο αποτέλεσμα με μια δύναμη μέτρου  $F_{\text{ολ}} = 3\text{N}$  με διεύθυνση και φορά ίδια με αυτή των  $F_1$  και  $F_2$ ; .....



- γ) Πώς ονομάζεται η δύναμη  $F_{\text{ολ}}$  που προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα με τις  $F_1$  και  $F_2$ ; ..... Ποια η διεύθυνση της  $F_{\text{ολ}}$  σε σχέση

με τη διεύθυνση των  $F_1$  και  $F_2$  ..... Ποια η φορά της  $F_{o\lambda}$  σε σχέση με τη φορά των  $F_1$  και  $F_2$  ..... Ποια σχέση συνδέει το μέτρο της  $F_{o\lambda}$  με το μέτρο των  $F_1$  και  $F_2$  .....

Άρα, όταν σε ένα σώμα ασκούνται δύο δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$  και θέλουμε να βρούμε τι αποτελέσματα θα προκαλέσουν, δεν έχουμε παρά να αντικαταστήσουμε τις δύο δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$  με την συνισταμένη τους  $F_{o\lambda}$ , καταλήγοντας έτσι σε ένα απλούστερο πρόβλημα με μία μόνο δύναμη!

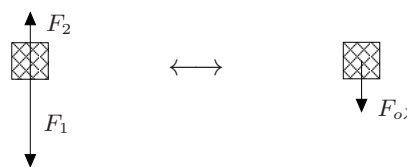
### Ασκήσεις:

1. Σε ένα σώμα ασκούνται δύο κατακόρυφες δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$  με φορά προς τα κάτω και μέτρα  $F_1 = 15\text{N}$  και  $F_2 = 20\text{N}$ . Βρείτε και σχεδιάστε τη συνισταμένη δύναμη των  $F_1$  και  $F_2$ .
2. Σε ένα σώμα ασκούνται δύο οριζόντιες δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$  με φορά προς τα αριστερά και μέτρα  $F_1 = 5\text{N}$  και  $F_2 = 15\text{N}$ . Βρείτε και σχεδιάστε την συνισταμένη δύναμη των  $F_1$  και  $F_2$ .
3. Σε ένα σώμα ασκούνται τρεις οριζόντιες δυνάμεις  $F_1$ ,  $F_2$  και  $F_3$  με φορά προς τα δεξιά και μέτρα  $F_1 = 5\text{N}$ ,  $F_2 = 10\text{N}$  και  $F_3 = 20\text{N}$ . Ποια είναι η συνισταμένη δύναμη των  $F_1$ ,  $F_2$  και  $F_3$ .
4. Δύο όμοια σώματα Α και Β είναι αρχικά ακίνητα. Στο σώμα Α ασκούνται δύο δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$  με κατεύθυνση προς τα αριστερά, ενώ στο δεύτερο ασκείται μια μόνο δύναμη  $F_{o\lambda}$  ίση με την συνισταμένη των  $F_1$  και  $F_2$ . Ποιο από τα δύο σώματα θα κινηθεί ταχύτερα;

Ας δούμε τώρα τι αποτελέσματα προκαλούν σε ένα σώμα δύο δυνάμεις που έχουν ίδια διεύθυνση αλλά αντίθετη φορά.

**Δυνάμεις  
με ίδια  
διεύθυνση  
και αντίθετη  
φορά.**

- a) Κρεμάστε σε ένα δυναμόμετρο ένα σώμα βάρους  $F_1 = 2\text{N}$  και ταυτόχρονα ασκήστε στο άκρο του ελατηρίου μια κατακόρυφη δύναμη με φορά προς τα πάνω και μέτρο  $F_2 = 1\text{N}$ . Ποια είναι η ένδειξη του δυναμόμετρου; .....
- β) Συμφωνείτε ότι οι δύο δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$  προκαλούν το ίδιο αποτέλεσμα με μια δύναμη μέτρου  $F_{o\lambda} = 1\text{N}$  με διεύθυνση ίδια με τις  $F_1$  και  $F_2$  και φορά αυτήν της  $F_1$ ; .....



- γ) Πως ονομάζεται η δύναμη  $F_{o\lambda}$  που προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα με τις  $F_1$  και  $F_2$ ; ..... Ποια η διεύθυνση της  $F_{o\lambda}$  σε σχέση με τη διεύθυνση των  $F_1$  και  $F_2$  ..... Ποια η φορά της  $F_{o\lambda}$  σε σχέση με τη φορά των  $F_1$  και  $F_2$  ..... Ποια σχέση συνδέει το μέτρο της  $F_{o\lambda}$  με το μέτρο των  $F_1$  και  $F_2$  .....

Άρα, και στην περίπτωση που σε ένα σώμα ασκούνται δύο δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$  αντίθετης φοράς, δεν έχουμε παρά να αντικαταστήσουμε τις δύο δυνάμεις με τη συνισταμένη τους δύναμη  $F_{o\lambda}$ , ώστε να απλοποιήσουμε το πρόβλημα.

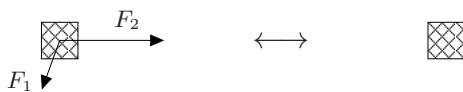
**Ασκήσεις :**

1. Σε ένα σώμα ασκούνται δύο κατακόρυφες δυνάμεις η  $F_1$  με φορά προς τα πάνω και η  $F_2$  με φορά προς τα κάτω με μέτρα  $F_1 = 15\text{N}$  και  $F_2 = 20\text{N}$ . Βρείτε και σχεδιάστε τη συνισταμένη δύναμη των  $F_1$  και  $F_2$ .
2. Σε ένα σώμα ασκούνται τρεις οριζόντιες δυνάμεις οι  $F_1$  και  $F_2$  με φορά προς τα αριστερά και η  $F_3$  με φορά προς τα δεξιά και μέτρα  $F_1 = 5\text{N}$ ,  $F_2 = 10\text{N}$  και  $F_3 = 20\text{N}$ . Ποια είναι η συνισταμένη δύναμη των  $F_1$ ,  $F_2$  και  $F_3$ .
3. Σε ένα σώμα ασκούνται τέσσερις οριζόντιες δυνάμεις, οι  $F_1$  και  $F_2$  με φορά προς τα αριστερά και οι  $F_3$  και  $F_4$  με φορά προς τα δεξιά. Αν τα μέτρα των δυνάμεων είναι  $F_1 = 5\text{N}$ ,  $F_2 = 20\text{N}$ ,  $F_3 = 15\text{N}$  και  $F_4 = 10\text{N}$  ποια είναι η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στο σώμα ;

Ας δούμε τώρα τι αποτελέσματα προκαλούν σε ένα σώμα δύο δυνάμεις που έχουν διαφορετική διεύθυνση.

**Δυνάμεις με διαφορετική διεύθυνση και φορά.**

- a) Ασκήσετε σε ένα δυναμόμετρο δύο δυνάμεις  $F_1 = 1\text{N}$  και  $F_2 = 2\text{N}$  όπως φαίνεται στο σχήμα. Ποια είναι η ένδειξη του δυναμόμετρου; .....
- β) Σχεδιάστε μια δύναμη  $F_{ολ}$  που πιστεύετε ότι, όταν δράσει μόνη της στο δυναμόμετρο, θα προκαλέσει το ίδιο αποτέλεσμα με τις  $F_1$  και  $F_2$ .



- γ) Όπως καταλάβατε, η δύναμη  $F_{ολ}$  που σχεδιάσατε δεν είναι άλλη από την συνισταμένη των  $F_1$  και  $F_2$ . Ας δούμε όμως ποια είναι η μέθοδος που μας επιτρέπει να την υπολογίζουμε πάντα με ακρίβεια.

**Βήμα 1ο** Ξεκινάμε σχεδιάζοντας τις δύο δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$ . Φροντίζουμε να έχουν κοινή αρχή.

**Βήμα 2ο** Από το άκρο της  $F_2$  σχεδιάζουμε μια διακεκομμένη γραμμή στην κατεύθυνση της  $F_1$ .

**Βήμα 3ο** Από το άκρο της  $F_1$  σχεδιάζουμε μια διακεκομμένη γραμμή στην κατεύθυνση της  $F_2$ .

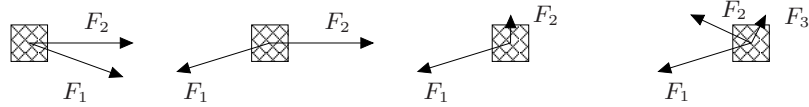
**Βήμα 4ο** Σχεδιάζουμε τη συνισταμένη  $F_{ολ}$  των  $F_1$  και  $F_2$  με αρχή την κοινή αρχή των  $F_1$  και  $F_2$  και τέλος το σημείο τομής των διακεκομμένων γραμμών που σχεδιάσαμε.

**Βήμα 5ο** Μπορούμε πλέον να ξεχάσουμε τις  $F_1$  και  $F_2$  αφού η  $F_{ολ}$  τις αντικαθιστά. Καταφέραμε λοιπόν να απλοποιήσουμε το αρχικό μας πρόβλημα, πηγαίνοντας από ένα πρόβλημα με δύο δυνάμεις σε ένα με μία.

**Ασκήσεις :**

1. Στα σώματα του σχήματος που ακολουθεί, έχουν σχεδιαστεί όλες οι δυνάμεις που ασκούνται σε αυτά.

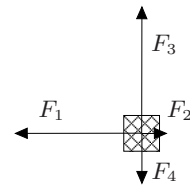
- α) Σχεδιάστε την συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτά.  
 β) Αν τα σώματα είναι αρχικά ακίνητα προς τα που θα κινηθεί το κάθε σώμα;



2. Σε ένα σώμα ασκούνται μία οριζόντια δύναμη  $F_1$  προς τα δεξιά και μια δύναμη  $F_2$  κατακόρυφη προς τα πάνω με μέτρα  $F_1 = 4\text{N}$  και  $F_2 = 3\text{N}$ .

- α) Σχεδιάστε το σώμα και τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτό.  
 β) Σχεδιάστε τη συνισταμένη δύναμη  $F_{ολ}$ .  
 γ) Υπολογίστε το μέτρο της συνισταμένης δύναμης  $F_{ολ}$ .

3. Σε ένα σώμα ασκούνται δύο οριζόντιες δυνάμεις  $F_1$ , και  $F_2$ , και δύο κατακόρυφες  $F_3$  και  $F_4$  όπως φαίνεται στο σχήμα. Αν τα μέτρα των δυνάμεων είναι  $F_1 = 5\text{N}$ ,  $F_2 = 1\text{N}$ ,  $F_3 = 5\text{N}$ , και  $F_4 = 2\text{N}$ :



- α) Υπολογίστε τη συνισταμένη  $F_{12}$  των δυνάμεων  $F_1$  και  $F_2$ .  
 β) Υπολογίστε τη συνισταμένη  $F_{34}$  των δυνάμεων  $F_3$  και  $F_4$ .  
 γ) Σχεδιάστε τη συνισταμένη  $F_{ολ}$  των  $F_{12}$  και  $F_{34}$ .  
 δ) Υπολογίστε το μέτρο της συνισταμένης  $F_{ολ}$ .

### 3.3 Πότε και γιατί ασκούνται δυνάμεις σε ένα σώμα.

Μέχρι τώρα είδαμε ποια είναι τα αποτελέσματα των δυνάμεων, ποια είναι τα χαρακτηριστικά τους, πώς τις μετράμε, πώς τις σχεδιάζουμε και πώς τις προσθέτουμε. Δεν είπαμε όμως πότε ασκούνται δυνάμεις σε ένα σώμα και που οφείλονται. Στο σύμπαν, στο οποίο έχουμε το προνόμιο να ζούμε, υπάρχουν τέσσερα μόνο θεμελιώδη είδη δυνάμεων, οι **ισχυρές πυρηνικές**, οι **ασθενείς πυρηνικές**, οι **βαρυτικές** και οι **ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις**. Όλες οι άλλες δυνάμεις που παρατηρούνται στον κόσμο μας προκύπτουν από αυτές.

Θεμελιώδεις δυνάμεις.

Ισχυρές και Ασθενείς πυρηνικές δυνάμεις.

Οι ισχυρές και οι ασθενείς πυρηνικές δυνάμεις, όπως δηλώνει και το όνομα τους, σχετίζονται κυρίως με την δημιουργία των πυρήνων των ατόμων και με φαινόμενα που συμβαίνουν μέσα στους πυρήνες. Χωρίς αυτές δεν θα υπήρχαν πρωτόνια και νετρόνια, άρα ούτε οι πυρήνες των ατόμων, άρα ούτε τα άτομα άρα και τίποτα που αποτελείται από αυτά π.χ. η Γη, τα ραδίκια, τα κατσίκια, εσείς, εγώ, κ.τ.λ.

Βαρυτικές δυνάμεις.

Οι βαρυτικές δυνάμεις, από την άλλη, είναι οι ελκτικές δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ δύο οποιονδήποτε σωμάτων έχουν μάζα. Οι βαρυτικές δυνάμεις ευθύνονται για τη δημιουργία του πλανήτη μας, του Ήλιου, αλλά και κάθε πλανήτη, λευκού νάνου, ερυθρού γίγαντα, αστέρα νετρονίων, μαύρης τρύπας, και γαλαξία στο σύμπαν. Όπως ίσως φαντάζεστε χωρίς αυτήν δεν θα ήταν εδώ η Γη, τα ραδίκια, τα κατσίκια και φυσικά ούτε και εμείς για να καθόμαστε να τα μελετούμε.

Ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις.

Οι ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις, από την άλλη, είναι οι δυνάμεις οι οποίες ασκούνται μεταξύ δύο σωμάτων τα οποία έχουν ηλεκτρικό φορτίο. Οι ηλεκτρικές

δυνάμεις είναι η αιτία που τα ηλεκτρόνια έλκονται από τους πυρήνες, σχηματίζοντας έτσι μαζί τα άτομα. Είναι επίσης ο λόγος που τα άτομα έλκονται μεταξύ τους σχηματίζοντας τα μόρια, δημιουργώντας έτσι την τεράστια ποικιλία ουσιών που βρίσκουμε στον κόσμο μας. Χωρίς τις ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις δεν θα υπήρχαν άτομα και μόρια, οπότε ούτε Γη, ούτε κατοικία, ούτε ραδίκια, ούτε τίποτα.

**Δυνάμεις της καθημερινής μας ζωής.**

Τώρα που καταλάβαμε πώς οι τέσσερις θεμελιώδεις δυνάμεις εξασφαλίζουν την ύπαρξη ραδικιών και κατοικιών, ας δούμε πως από τις θεμελιώδεις δυνάμεις προκύπτουν και οι δυνάμεις που παρατηρούμε να ασκούνται σε εμάς και σε κάθε σώμα γύρω μας καθημερινά. Για να καταλάβουμε πότε και γιατί μας ασκούνται δυνάμεις, ας παρατηρήσουμε προσεκτικά το πρωινό ξύπνημα ενός μαθητή της Β' Γυμνασίου.

**Πρωινή διαφώτιση.**

Ο εν λόγω μαθητής της Β' Γυμνασίου, ενώ κοιμόταν στην άκρη του κρεβατιού του, επιχείρησε να αλλάξει πλευρό, οπότε έπεσε από το κρεβάτι του. Την ώρα που ο μαθητής έπεφτε, παρατήρησε ότι, όσο βρισκόταν ακόμα στον αέρα και ενώ δεν ακουμπούσε σε κανένα σώμα, του ασκούσαν η δύναμη του βάρους η οποία τον ανάγκασε να πέφτει κάτω. Τη στιγμή που ήρθε σε επαφή με το πάτωμα ανακάλυψε ότι αυτό του άσκησε μια δύναμη προς τα πάνω, η οποία μάλιστα του χάρισε και μια εντυπωσιακή μελανιά στον ώμο. Όταν αργότερα έτρωγε το πρωινό του στην κουζίνα, συνειδητοποίησε πως η δύναμη του βάρους ασκούσαν και στο ψωμί, το μαχαίρι, το φλιτζάνι κ.τ.λ. αλλά για να ασκήσει ο ίδιος δυνάμεις σε αυτά έπρεπε οπωσδήποτε να τα ακουμπήσει.

**Συμπεράσματα.**

Μετά από αυτές του τις παρατηρήσεις κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι δυνάμεις που ασκούνται σε κάθε σώμα γύρω του, μοιάζουν να είναι δύο ειδών:

- α) Η δύναμη του βάρους.
- β) Δυνάμεις που του ασκούνται από τα σώματα με τα οποία βρίσκεται σε επαφή.

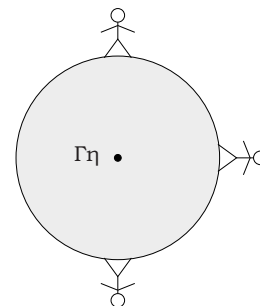
Επειδή όμως ο μαθητής δεν ήταν σίγουρος και έμεινε με αρκετές απορίες, ας μελετήσουμε λίγο πιο προσεκτικά τη δύναμη του βάρους και τις δυνάμεις που ασκούνται εξ επαφής. Αξίζουν την προσοχή μας, αφού αυτές είναι οι δυνάμεις που ρυθμίζουν την εξέλιξη κάθε κίνησης και φαινομένου που παρατηρούμε γύρω μας.

### 3.3.1 Το Βάρος.

Η δύναμη του βάρους έχει τεράστια σημασία στη ζωή μας, γι' αυτό οι Φυσικοί συνήθως χρησιμοποιούν για αυτήν ιδιαίτερο σύμβολο, το  $w$  (από το weight). Ας δούμε ποια είναι τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της.

**Χαρακτηριστικά του Βάρους.**

- α) Σχεδιάστε το βάρος των ανθρώπων του σχήματος. Ποιος ασκεί την δύναμη του βάρους στους ανθρώπους; ..... Ποια είναι η διεύθυνση του βάρους; ..... Ποια είναι η φορά του βάρους; ..... Από τι εξαρτάται το μέτρο του βάρους ενός σώματος; (1) ..... (2) .....



Το μέτρο του βάρους ενός σώματος μάζας  $m$  που βρίσκεται οπουδήποτε πάνω στην επιφάνεια της Γης δίνεται από την σχέση

$$w = \dots \dots \dots \quad (3.1)$$



όπου  $g \simeq 10\text{m/s}^2$  είναι μια σταθερά, η οποία ονομάζεται επιτάχυνση της βαρύτητας.<sup>4</sup> Σε τι μονάδες μετράμε το βάρος; .....

**Βαρυτικές  
δυνάμεις  
γενικά.**

β) Η παραπάνω σχέση 3.1 θα μας δώσει σωστά το βάρος ενός αστροναύτη στον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό ISS; Γιατί; .....  
 Στη Σελήνη υπάρχει βάρος; Το βάρος ενός σώματος στη Σελήνη είναι μεγαλύτερο ή μικρότερο σε σχέση με το βάρος του στη Γη; .....  
 Εκτός της Γης και της Σελήνης ποια άλλα σώματα ασκούν βαρυτικές δυνάμεις; .....  
 Γιατί δεν γίνονται αντιληπτές; .....  
 Σε ποια σώματα ασκούνται οι βαρυτικές δυνάμεις; ..... Πότε οι βαρυτικές δυνάμεις είναι απωστικές; ..... Οι δυνάμεις σαν την βαρύτητα που μπορούν να ασκούνται μεταξύ δύο σωμάτων ακόμα και όταν αυτά βρίσκονται σε απόσταση μεταξύ τους, ονομάζονται .....

**Γιατί μας  
νοιάζει η  
βαρύτητα;**

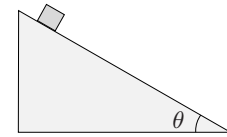
γ) Αναφέρετε μερικές αλλαγές που θα συμβούν στον κόσμο μας αν αύριο εξαφανιστεί η βαρυτική δύναμη. ....  
 .....  
 .....  
 .....

**Ασκήσεις:**

1. Αφήνουμε ένα φτερό μάζας  $m_\phi = 1\text{g}$  και ένα τούβλο μάζας  $m_\tau = 1\text{kg}$  να πέσουν στη Γη.
  - α) Υπολογίστε το μέτρο του βάρους των δύο σωμάτων.
  - β) Σχεδιάστε τη Γη, τα σώματα και τις δυνάμεις του βάρους που ασκούνται σε αυτά.
2. Ο Φυσικός σας επιμένει ότι η Σελήνη πρακτικά δεν έχει ατμόσφαιρα. Μπορείτε να εξηγήσετε γιατί;
3. Ο Φυσικός σας λέει επίσης ότι ο Ήλιος δεν είναι στερεός σαν την Γη αλλά μια τεράστια μπάλα από αέρια. Γιατί δεν σκορπίζει, λοιπόν, ο Ήλιος στο διάστημα;
4. Αφήνουμε ένα φτερό μάζας  $m_\phi = 1\text{g}$  και ένα τούβλο μάζας  $m_\tau = 1\text{kg}$  να πέσουν στην Σελήνη.
  - α) Αν η επιτάχυνση της βαρύτητας στη Σελήνη είναι  $g_\Sigma = 1,6\text{m/s}^2$  υπολογίστε το μέτρο του βάρους των δύο σωμάτων.
  - β) Σχεδιάστε τη Σελήνη, τα σώματα και τις δυνάμεις του βάρους που ασκούνται σε αυτά.
  - γ) Αν τα δύο σώματα βρίσκονται αρχικά στο ίδιο ύψος, ποιο από τα δύο σώματα πιστεύετε ότι θα φτάσει πρώτο στο έδαφος;

<sup>4</sup>Η αλήθεια είναι ότι η τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας  $g$  στον πλανήτη μας δεν είναι απόλυτα σταθερή αλλά εξαρτάται από το υψόμετρο και το γεωγραφικό πλάτος του τόπου στον οποίο βρισκόμαστε. Κατά μέσο όρο ισούται με  $g \simeq 9,8\text{m/s}^2$  αλλά εμείς για ευκολία θα χρησιμοποιούμε την τιμή  $g = 10\text{m/s}^2$ .

5. Ένα σώμα μάζας  $m = 10\text{kg}$  βρίσκεται πάνω σε ένα κεκλιμένο επίπεδο όπως φαίνεται στο σχήμα. Υπολογίστε και σχεδιάστε το βάρος του σώματος; (Θεωρείστε ότι η βάση του κεκλιμένου επιπέδου είναι οριζόντια.)

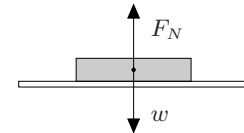


6. Ένας ορειβάτης μάζας  $m = 100\text{kg}$  ξεκινάει από την Αθήνα για να κατακτήσει το Έβερεστ. Ένας φίλος του ισχυρίζεται ότι δεν θα κουραστεί πολύ γιατί το βάρος του σε μεγάλο υψόμετρο θα είναι μικρότερο. Αν η επιτάχυνση της βαρύτητας στην Αθήνα είναι  $g_A = 9,8\text{m/s}^2$  ενώ στην κορυφή του Έβερεστ είναι  $g_E = 9,76\text{m/s}^2$  ποια είναι η διαφορά του βάρους του ανθρώπου μεταξύ Αθήνας και κορυφής του Έβερεστ;

### 3.3.2 Δυνάμεις εξ επαφής.

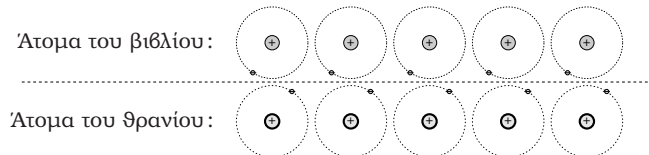
**Δυνάμεις εξ επαφής στην καθημερινή μας ζωή.**

Όπως είπαμε, εκτός από την δύναμη του βάρους, που μόλις είδαμε, όλες οι άλλες δυνάμεις που ασκούνται σε κάποιο σώμα γύρω μας είναι δυνάμεις εξ επαφής, δηλαδή ασκούνται στο σώμα από τα άλλα σώματα με τα οποία αυτό βρίσκεται σε επαφή. Για παράδειγμα, δυνάμεις εξ επαφής είναι οι δυνάμεις που ασκούμε σε ένα μολύβι όταν το πιάνουμε για να γράψουμε, ή η δύναμη  $F_N$  που ασκεί το θρανίο του σχήματος στο βιβλίο που είναι ακουμπισμένο πάνω του, εμποδίζοντας έτσι το βάρος  $w$  να το ρίξει στο πάτωμα.



**Πού οφείλονται οι δυνάμεις εξ επαφής;**

Πού οφείλονται όμως άραγε οι δυνάμεις εξ επαφής; Για να το ανακαλύψουμε θα πρέπει να εξετάσουμε την περιοχή επαφής των δύο σωμάτων σε ατομικό επίπεδο όπως φαίνεται στο σχήμα 3.1 που ακολουθεί. Όπως βλέπουμε στο σχήμα 3.1,



**Σχήμα 3.1:** Στο σχήμα παριστάνεται μια μεγέθυνση της περιοχής στην οποία το βιβλίο ακουμπάει στο θρανίο μας. Διακρίνονται κάποια από τα άτομα του θρανίου μας (κάτω) και του βιβλίου (πάνω).

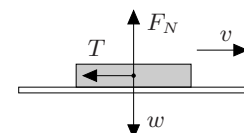
στην περιοχή που το βιβλίο ακουμπάει στο θρανίο τα ηλεκτρόνια των ατόμων του θρανίου πλησιάζουν πολύ κοντά στα ηλεκτρόνια των ατόμων του βιβλίου. Επειδή όμως τα ηλεκτρόνια έχουν αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο, όταν αυτά πλησιάσουν ασκούνται μεταξύ τους απωστικές ηλεκτρικές δυνάμεις. Η συνισταμένη όλων αυτών των ηλεκτρικών δυνάμεων που ασκούνται στα άτομα του βιβλίου από τα άτομα του θρανίου δεν είναι άλλη παρά η δύναμη εξ επαφής  $F_N$ .

**Η τριβή.**

Συνήθως, οι δυνάμεις εξ επαφής είναι κάθετες στην επιφάνεια επαφής, όπως η δύναμη  $F_N$  που είδαμε προηγουμένως. Υπάρχει όμως μια περίπτωση δύναμης εξ επαφής που δεν είναι κάθετη, αλλά παράλληλη στην επιφάνεια επαφής. Είναι η γνωστή μας **τριβή**, την οποία θα συμβολίζουμε με  $T$ . Η τριβή είναι μια πολύ αντιδραστική δύναμη εξ επαφής, η οποία πάντα προσπαθεί να αποτρέψει την κίνηση ενός σώματος ως προς τα άλλα σώματα με τα οποία βρίσκεται σε επαφή.

**Η τριβή σε σώμα που κινείται.**

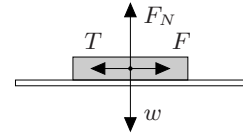
Για παράδειγμα, η τριβή δεν θέλει να αφήσει το βιβλίο μας να κινηθεί πάνω στο θρανίο με το οποίο βρίσκεται σε επαφή. Έτσι, αν σπρώξουμε το βιβλίο μας ώστε να κινηθεί πάνω στο θρανίο, μετά από λίγο αυτό ακινητοποιείται λόγω



της τριβής που του ασκεί το θρανίο. Η τριβή έχει πάντα διεύθυνση παράλληλη στην επιφάνεια επαφής και φορά αντίθετη στην ταχύτητα, όπως φαίνεται στο σχήμα.

**Η τριβή σε σώμα που δεν κινείται!**

Μάλιστα η τριβή δεν ασκείται μόνο σε σώματα που κινούνται, αλλά και σε σώματα που είναι ακίνητα και προσπαθούν να κινηθούν. Π.χ. αν σπρώξουμε την έδρα ασκώντας μια μικρή οριζόντια δύναμη  $F$  παρατηρούμε ότι αυτή δεν κινείται. Ο λόγος είναι ότι μόλις αρχίζουμε να ασκούμε εμείς την δύναμη  $F$ , ασκείται στην έδρα και η τριβή με διεύθυνση παράλληλη με την επιφάνεια επαφής και φορά τέτοια ώστε να αντιστέκεται στην κίνηση, όπως φαίνεται στο σχήμα.

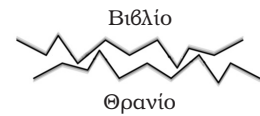


Μπορούμε λοιπόν τώρα να δώσουμε έναν ορισμό της τριβής:

- Τριβή είναι η δύναμη που αντιστέκεται στη σχετική κίνηση μεταξύ δύο σωμάτων που εφάπτονται. Έχει διεύθυνση παράλληλη με την επιφάνεια επαφής και φορά τέτοια, ώστε να αντιστέκεται στην σχετική κίνηση των δύο σωμάτων.

**Που οφείλεται η τριβή:**

Πού οφείλεται όμως η τριβή και πώς είναι τόσο έξυπνη που να μπορεί να επιλέγει την κατεύθυνση της, ώστε πάντα να αντιστέκεται στην κίνηση; Για να βρούμε την απάντηση, θα πρέπει και πάλι να κάνουμε μια μεγέθυνση στην περιοχή όπου το βιβλίο και το θρανίο εφάπτονται. Αν δούμε την επιφάνεια του βιβλίου ή του θρανίου σε μεγέθυνση θα διαπιστώσουμε ότι, όσο λεία και αν φαίνεται με το μάτι, η επιφάνεια τους είναι γεμάτη ανωμαλίες, όπως φαίνεται στο σχήμα. Αυτές οι ανωμαλίες είναι που ευθύνονται για την εμφάνιση της τριβής, γι' αυτό και η τριβή μεταξύ δύο σωμάτων εξαρτάται από το υλικό τους.



### Ασκήσεις:

1. Βρείτε τρεις περιπτώσεις από την καθημερινή σας ζωή στις οποίες η τριβή είναι χρήσιμη και τρεις περιπτώσεις όπου η τριβή είναι ανεπιθύμητη. Θα θέλατε να εξαφανιστεί η δύναμη της τριβής από τον κόσμο μας;
2. Ένα διαστημόπλοιο κινείται στο διάστημα με σθηστούς κινητήρες. Ποιες δυνάμεις ασκούνται σε αυτό; Δικαιολογήστε.
3. Αφήνουμε ένα βιβλίο ακίνητο πάνω σε οριζόντιο θρανίο. Ποιες δυνάμεις θα ασκούνται σε αυτό; Σχεδιάστε τις.
4. Ανυψώνουμε το παραπάνω θρανίο από την μια του πλευρά κατά  $h = 10\text{cm}$ . Ποιες δυνάμεις θα ασκούνται σε αυτό; Σχεδιάστε τις.
5. Ένας μαθητής σπρώχνει την έδρα ασκώντας της οριζόντια δύναμη  $F = 10\text{N}$  προς τα δεξιά. Ποιες δυνάμεις ασκούνται στην έδρα; Σχεδιάστε τις.
6. Ένα αυτοκίνητο κινείται με ταχύτητα  $v = 100\text{km/h}$  προς τα δεξιά. Ποιες δυνάμεις ασκούνται σε αυτό; Σχεδιάστε τις.
7. Όπως γνωρίζουμε ένα αυτοκίνητο δυσκολεύεται να ξεκινήσει ή να σταματήσει πάνω στον πάγο. Γιατί;
8. Ο οδηγός ενός αυτοκινήτου πατάει φρένο για να σταματήσει. Σχεδιάστε την τριβή που ασκείται στο αυτοκίνητο από το έδαφος;
9. Ο οδηγός ενός αυτοκινήτου πατάει γκάζι, για να επιταχύνει. Σχεδιάστε την τριβή που ασκείται στο αυτοκίνητο από το έδαφος.

### 3.4 Οι νόμοι της κίνησης (Νόμοι του Νεύτωνα)

Επιτέλους φτάσαμε στους νόμους που διαφημίζουμε δύο κεφάλαια τώρα. Θυμηθείτε ότι ο κύριος λόγος που μιλήσαμε για τις έννοιες θέση, ταχύτητα, επιτάχυνση και δύναμη ήταν για να μπορέσουμε να διατυπώσουμε τους πολυπόθητους νόμους που διέπουν την κίνηση, δηλαδή τους νόμους του Νεύτωνα. Θα αρχίσουμε με τον απλούστερο από τους τρεις νόμους<sup>5</sup>, γνωστό ως πρώτο νόμο του Νεύτωνα.

#### 3.4.1 Πρώτος νόμος του Νεύτωνα.

Όπως έχουμε ήδη πει στην εισαγωγή, ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα μάς λέει τι κίνηση θα κάνει ένα σώμα αν το αφήσουμε στην ησυχία του, αν π.χ. σε αυτό δεν ασκείται καμία δύναμη. Αυτό το ερώτημα το έχουμε ήδη απαντήσει στην πρώτη άσκηση του κεφαλαίου. Για να θυμηθούμε πού είχαμε καταλήξει.

- α) Ποια είναι η δύναμη που ασκείται στο διαστημόπλοιο Voyager I, τώρα που βρίσκεται έξω από το ηλιακό μας σύστημα, μακριά από κάθε ουράνιο σώμα; .....
- β) Σύμφωνα με την έρευνα σας, ποια είναι η ταχύτητα με την οποία κινείται σήμερα;.....
- γ) Πότε υπολογίζετε ότι θα σταματήσει το Voyager I; .....

Αν νομίζετε ότι η εμμονή του Voyager I να διατηρεί την ταχύτητα του σταθερή αποτελεί την εξαίρεση και όχι τον κανόνα, σκεφτείτε ότι το ίδιο ακριβώς κάνουν όλα τα ουράνια σώματα. Για παράδειγμα ο Ήλιος μας κινείται μέσα στον Γαλαξία μας με ταχύτητα  $\simeq 800.000\text{km/h}$  εδώ και αρκετά δισεκατομμύρια χρόνια, ενώ ταυτόχρονα ο Γαλαξίας μας κινείται με ταχύτητα μερικών εκατομμυρίων χιλιομέτρων την ώρα! Αν όλα αυτά τα σώματα είχαν φωνή να μιλήσουν, θα μας διαβεβαίωναν ότι, αν τα αφήσουμε στην ησυχία τους, αυτά **θέλουν** να διατηρήσουν την ταχύτητα τους σταθερή για πάντα!

Αυτό ακριβώς μας λέει και ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα που ακολουθεί:

**1ος Νόμος του Νεύτωνα.**

- Ένα σώμα παραμένει ακίνητο ή κινείται με σταθερή ταχύτητα, αν και μόνο αν σε αυτό δεν ασκείται καμία δύναμη ή η συνισταμένη δύναμη ισούται με μηδέν.

Αν και ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα μοιάζει πολύ απλός, είναι από τους πιο δύσπεπτους της σχολικής Φυσικής. Οι περισσότεροι άνθρωποι θεωρούν, λανθασμένα, ότι για να κινείται ένα σώμα με σταθερή ταχύτητα θα πρέπει η συνισταμένη δύναμη που του ασκείται να είναι μη μηδενική και να έχει κατεύθυνση αυτήν της κίνησης. Ας εφαρμόσουμε τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα σε μερικά παραδείγματα κίνησης από την καθημερινή μας ζωή.

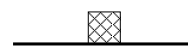
**Εφαρμογές του νόμου.**

- α) Αν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο αυτοκίνητο του σχήματος είναι μηδέν και το αυτοκίνητο είναι αρχικά ακίνητο, ποια θα είναι η ταχύτητα του αυτοκινήτου μετά από χρονικό διάστημα  $\Delta t = 10\text{s}$ ; ..... Μετά από  $\Delta t = 10\text{min}$ ; ..... Μετά από  $\Delta t = 10\text{h}$ ; .....

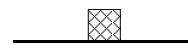


<sup>5</sup>Ο Νεύτωνας διατύπωσε τους τρεις νόμους του το 1687 στο έργο Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica .

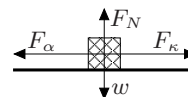
β) Αν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο αυτοκίνητο του σχήματος είναι μηδέν και το αυτοκίνητο αρχικά κινείται με ταχύτητα  $v = 100\text{km/h}$ , ποια θα είναι η ταχύτητα του αυτοκινήτου μετά από χρονικό διάστημα  $\Delta t = 10\text{s}$ ; ..... Μετά από  $\Delta t = 10\text{min}$ ; ..... Μετά από  $\Delta t = 10\text{h}$ ; .....



γ) Αν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο αυτοκίνητο του σχήματος είναι μηδέν, ποια είναι η ταχύτητα του αυτοκινήτου; .....



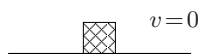
δ) Στο αυτοκίνητο του σχήματος ασκούνται η δύναμη  $F_{\kappa}$  προς τα εμπρός, η δύναμη  $F_{\alpha}$  προς τα πίσω, η δύναμη του βάρους  $w$  και η δύναμη  $F_N$  προς τα πάνω.



i) Ποια είναι η ταχύτητα του αυτοκινήτου; .....

ii) Αν το αυτοκίνητο αρχικά κινείται με ταχύτητα  $v = 100\text{km/h}$ , ποια θα είναι η ταχύτητα του αυτοκινήτου μετά από χρονικό διάστημα  $\Delta t = 10\text{s}$ ; ..... Μετά από  $\Delta t = 10\text{min}$ ; ..... Μετά από  $\Delta t = 10\text{h}$ ; .....

ε) Ένα αυτοκίνητο είναι παρκαρισμένο σε οριζόντιο δρόμο, οπότε έχει σταθερή ταχύτητα  $v = 0$ .

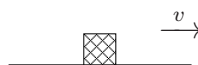


i) Ποια είναι η συνισταμένη δύναμη  $F_{\sigma\lambda}$  που ασκείται σε αυτό; .....

ii) Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα. ....

iii) Τι σχέση έχουν μεταξύ τους; .....

στ) Ένα αυτοκίνητο κινείται σε ίσιο και οριζόντιο δρόμο, με το κοντέρ του σταθερά στην ένδειξη  $v = 100\text{km/h}$ . Για να διατηρήσει την ταχύτητα αμετάβλητη ο οδηγός πατάει σταθερά το γκάζι, ώστε να ασκείται στο όχημα δύναμη  $F_{\kappa}$  στην κατεύθυνση της ταχύτητας.



i) Ποια είναι η συνισταμένη δύναμη  $F_{\sigma\lambda}$  που ασκείται σε αυτό; .....

ii) Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα. ....

iii) Τι σχέση έχουν μεταξύ τους; .....

vi) Για να κινείται το αυτοκίνητο με σταθερή ταχύτητα, ο οδηγός πρέπει να πατάει διαρκώς το γκάζι. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα; .....

Μετά από τόσες εφαρμογές ας δούμε ένα video για να χαλαρώσουμε λιγάκι ([http://esamultimedia.esa.int/multimedia/ESA\\_project\\_zero\\_gravity/ESA1\\_eng.mp4](http://esamultimedia.esa.int/multimedia/ESA_project_zero_gravity/ESA1_eng.mp4)). Αν πάλι μετά από όλα αυτά ακόμα δεν πειστήκατε ότι ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα ισχύει, κάντε το πείραμα με τον αεροδιάδρομο.

Όπως είδαμε, ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα μάς λέει ότι όλα τα σώματα, αν τα αφήσουμε στην ησυχία τους, δηλαδή  $F_{\sigma\lambda} = 0$ , δεν θέλουν να αλλάξουν την ταχύτητα τους ποτέ. Είναι δηλαδή αδρανή<sup>6</sup> και άβουλα, αφού ποτέ δεν παίρνουν

<sup>6</sup>Σύμφωνα με λεξικό της νεοελληνικής, αδρανής είναι: «Αυτός που αντιμετωπίζει τα πράγματα παθητικά, που δεν ενεργεί και δεν αντιδρά σε προκλήσεις στο περιβάλλον του.»

πρωτοβουλία να αλλάζουν μόνα τους την ταχύτητα τους. Την ιδιότητα αυτή των σωμάτων την ονομάζουμε αδράνεια :

**Αδράνεια.** ► Αδράνεια ονομάζουμε την ιδιότητα των σωμάτων να αντιστέκονται σε οποιαδήποτε μεταβολή της ταχύτητας τους.

Στην παράγραφο αυτή ασχοληθήκαμε μόνο με σώματα στα οποία η συνισταμένη δύναμη που τους ασκείται είναι μηδέν, οπότε αυτά είτε είναι ακίνητα είτε κινούνται με σταθερή ταχύτητα. Τα σώματα αυτά λέμε ότι βρίσκονται σε ισορροπία, δηλαδή :

**Ισορροπία.** ► Λέμε ότι ένα σώμα ισορροπεί όταν είναι ακίνητο ή κινείται με σταθερή ταχύτητα.

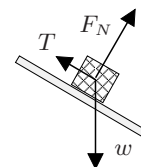
### Ασκήσεις :

1. Κάποιος συμμαθητής σας ισχυρίζεται ότι ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα ισχύει μόνο στο διάστημα. Συμφωνείτε ;
2. Ένας φίλος σας δεν φοράει ποτέ ζώνη ασφαλείας στο αυτοκίνητο. Χρησιμοποιήστε τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα για να του εξηγήσετε γιατί αυτό είναι εξαιρετικά ανόητο !
3. Το διαστημόπλοιο Voyager I εκτοξεύθηκε από τον πλανήτη μας το 1977. Από τότε ταξιδεύει με ταχύτητα μεγαλύτερη από 50.000km/h και πρόσφατα πέρασε τα όρια του ηλιακού μας συστήματος!<sup>7</sup> Ο Φυσικός σας ισχυρίζεται ότι τα καύσιμα που έχει καταναλώσει μετά την απογείωση του είναι ελάχιστα. Μπορείτε να εξηγήσετε γιατί ;
4. Τα τελευταία πέντε δισεκατομμύρια χρόνια η Γη γυρίζει γύρω από τον Ήλιο με ταχύτητα περίπου 100.000km/h. Μπορείτε να εξηγήσετε πως μπορεί να κινείται με τόσο μεγάλη ταχύτητα για τόσο μεγάλο διάστημα χωρίς να διαθέτει μηχανή ;
5. Ένα αυτοκίνητο διαγράφει μια στροφή στην εθνική οδό Ηρακλείου-Χανίων με την ένδειξη του κοντέρ να παραμένει σταθερά στο  $v = 100\text{km/h}$ . Κάποιος ισχυρίζεται ότι κατά την διάρκεια της στροφής η συνολική δύναμη που ασκείται στο αυτοκίνητο δεν είναι μηδέν. Συμφωνείτε ή διαφωνείτε ; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.
6. Κάποιος ισχυρίζεται ότι μπορούμε να διατυπώσουμε τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα και ως εξής: «Ένα σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα αν και μόνο αν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σε αυτό ισούται με μηδέν.» Είναι αυτή η διατύπωση ισοδύναμη με αυτήν που χρησιμοποιήσαμε εμείς ;
7. Σε ποια από τα παρακάτω σώματα η συνολική δύναμη που ασκείται είναι μηδέν ;
  - a) Σε ένα αεροπλάνο που κινείται σε ευθύγραμμη πορεία με σταθερή ταχύτητα 900km/h.

---

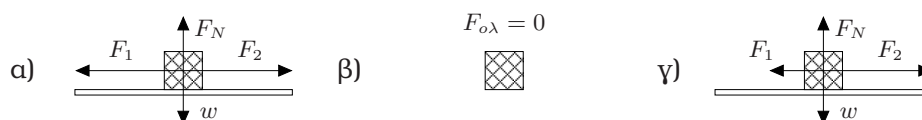
<sup>7</sup>Βρίσκεται σήμερα σε τόσο μεγάλη απόσταση που το σήμα του χρειάζεται περισσότερα από 16 λεπτά για να φτάσει σε εμάς!!!

- β) Σε ένα παρκαρισμένο αυτοκίνητο.  
 γ) Σε ένα τρενάκι που κινείται σε κυκλική τροχιά με ταχύτητα σταθερού μέτρου 2km/h.  
 δ) Σε έναν άνθρωπο μέσα σε ένα ασανσέρ που κατεβαίνει με σταθερή ταχύτητα.  
 ε) Σε ένα βιβλίο που βρίσκεται ακίνητο πάνω σε ένα κεκλιμένο θρανίο υπό κλίση, όπως φαίνεται στο σχήμα.



8. Στα σχήματα που ακολουθούν εμφανίζονται τρία σώματα και οι δυνάμεις που ασκούνται σε αυτά.

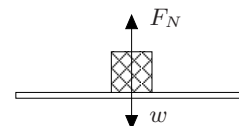
- α) Ποια από αυτά πιστεύετε ότι έχουν σταθερή ταχύτητα ;  
 β) Ποια από αυτά πιστεύετε ότι είναι (και παραμένουν) ακίνητα ;  
 γ) Ποια από αυτά βρίσκονται σε ισορροπία ;



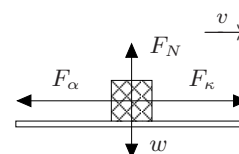
9. Ένα βιβλίο μάζας 2kg κινείται πάνω σε ένα απόλυτα λείο τραπέζι χωρίς τριβές ενώ του ασκείται οριζόντια δύναμη  $F$  με μέτρο 10N. Μπορούμε λοιπόν να συμπεράνουμε ότι το κουτί θα κινηθεί με

- α) σταθερή ταχύτητα 20m/s                      β) σταθερή ταχύτητα 2m/s  
 γ) σταθερή ταχύτητα 10m/s                    δ) μεταβαλλόμενη ταχύτητα

10. Το αυτοκίνητο του σχήματος είναι παρκαρισμένο στην άκρη του δρόμου. Αν το βάρος του αυτοκινήτου  $w$  έχει μέτρο  $w = 10.000\text{N}$  α) υπολογίστε το μέτρο της κάθετης δύναμης  $F_N$  που ασκεί ο δρόμος στο αυτοκίνητο. β) Το αυτοκίνητο ισορροπεί ;



11. Το αυτοκίνητο του σχήματος κινείται με σταθερή ταχύτητα  $v = 100\text{km/h}$  σε ευθύγραμμη πορεία. Αν η αντίσταση  $F_\alpha$  έχει μέτρο  $F_\alpha = 800\text{N}$  α) υπολογίστε το μέτρο της δύναμης  $F_\kappa$  που οφείλεται στον κινητήρα. β) Το αυτοκίνητο ισορροπεί ;



### 3.4.2 Δεύτερος Νόμος του Νεύτωνα.

Ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα μάς λέει πώς θα κινηθεί ένα σώμα μόνο στην περίπτωση που η συνισταμένη των δυνάμεων που του ασκούνται είναι μηδέν. Τι κίνηση όμως κάνουν τα σώματα, όταν σε αυτά η συνισταμένη δύναμη δεν είναι μηδενική; Αφού όταν  $F_{ολ} = 0$ , η ταχύτητα του σώματος παραμένει σταθερή, όταν  $F_{ολ} \neq 0$ , η ταχύτητα του θα μεταβάλλεται, δηλαδή το σώμα θα επιταχύνεται. Ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα που θα εξετάσουμε εδώ, μας λέει πώς και πόσο θα επιταχυνθεί το σώμα.<sup>8</sup>

<sup>8</sup>Θυμηθείτε ότι επιτάχυνση είναι το φυσικό μέγεθος που μας λέει πόσο γρήγορα μεταβάλλεται η ταχύτητα ενός σώματος. Σύμβολο το γράμμα  $a$  και οι μονάδες που χρησιμοποιούμε τα  $\text{m/s}^2$ .

Πριν να αποκαλύψουμε τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα ας δούμε αν μπορούμε με απλά πειράματα να ανακαλύψουμε μόνοι μας από τι εξαρτάται η επιτάχυνση που αποκτά ένα σώμα, όταν σε αυτό ασκείται μη μηδενική συνισταμένη δύναμη.

**Πείραμα 1ο.** Ακουμπήστε ένα καπάκι από στυλό στην παλάμη σας.

- α) Χτυπήστε το ελαφρά με τον δείκτη του άλλου χεριού σας. Επιταχύνθηκε; ..
- β) Επαναλάβετε το πείραμα, αλλά αυτή την φορά χτυπήστε το καπάκι με όλη σας την δύναμη. Η επιτάχυνση που απέκτησε τώρα το σώμα είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη; .....

Το πρώτο μας πείραμα μας οδηγεί στο παρακάτω (προφανές) συμπέρασμα :

- ▷ **Συμπέρασμα 1:** Η επιτάχυνση που προκαλείται σε ένα σώμα εξαρτάται από την συνισταμένη δύναμη  $F_{ολ}$  που ασκείται σε αυτό. Όσο ..... είναι η δύναμη  $F_{ολ}$  τόσο μεγαλύτερη είναι και η επιτάχυνση που προκαλεί.

**Πείραμα 2ο.** Ακουμπήστε ένα βιβλίο στην παλάμη σας και χτυπήστε το με όλη σας την δύναμη με τον δείκτη του άλλου χεριού σας. (Προσοχή πονάει!)

- α) Ποια διαφορά παρατηρείτε σε σχέση με το πείραμα με το καπάκι; .....

Το δεύτερο μας πείραμα μας οδηγεί στο παρακάτω συμπέρασμα :

- ▷ **Συμπέρασμα 2:** Η επιτάχυνση που προκαλείται σε ένα σώμα εξαρτάται από την μάζα του. Όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα του τόσο δυσκολότερα μεταβάλλεται η ταχύτητα του, δηλαδή τόσο μικρότερη είναι η επιτάχυνση που προκαλείται σε αυτό.

Τώρα που ανακαλύψαμε από τι εξαρτάται η επιτάχυνση ενός σώματος ας δούμε τι περισσότερο έχει να μας πει ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα για το θέμα.

**2ος Νόμος του Νεύτωνα.**

- ▶ Η επιτάχυνση  $a$  που αποκτά ένα σώμα στο οποίο ασκούνται δυνάμεις με συνισταμένη  $F_{ολ}$ , είναι ανάλογη της συνισταμένης δύναμης  $F_{ολ}$  και αντιστρόφως ανάλογη της μάζας  $m$  του σώματος.

$$a = \frac{F_{ολ}}{m} \quad (3.2)$$

Ας κάνουμε μια εφαρμογή ώστε να καταλάβουμε τι μας λέει ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα.

**Εφαρμογές 2ου νόμου.**

Ένα αυτοκίνητο συνολικής μάζας  $m = 1.000\text{kg}$  κινείται με σταθερή ταχύτητα  $v = 30\text{m/s}$ . Κάποια στιγμή ο οδηγός αποφασίζει να προσπεράσει οπότε πατάει περισσότερο γκάζι. Αν κατά την προσπέραση η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο αυτοκίνητο είναι  $F_{ολ} = 500\text{N}$ :

- α) Τι κίνηση κάνει το αυτοκίνητο κατά την προσπέραση; .....
- β) Σύμφωνα με τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα τι επιτάχυνση αποκτά το αυτοκίνητο; .....



- γ) Ο οδηγός, θέλοντας να ολοκληρώσει γρήγορα την προσπέραση, πατάει τέρμα το γκάζι, οπότε η συνισταμένη δύναμη γίνεται  $F_{ολ} = 1.000N$ . Ποια θα είναι η επιτάχυνση του αυτοκινήτου τώρα ; .....
- δ) Ποια θα ήταν η επιτάχυνση του αυτοκινήτου αν η μάζα του ήταν  $m = 2.000kg$ ; .....
- ε) Μετά από λίγο ο οδηγός πατάει δυνατά το φρένο οπότε το αυτοκίνητο αποκτά επιβράδυνση<sup>9</sup>  $\alpha = 10m/s^2$ . Ποια είναι η συνισταμένη δύναμη  $F_{ολ}$  που ασκείται στο αυτοκίνητο κατά το φρενάρισμα ; Σχεδιάστε την. ....

**Τα λεφτά μας πίσω!**

Σίγουρα μετά από τόση διαφήμιση που έχουμε κάνει στον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, αυτή η σύντομη εισαγωγή θα σας έχει αφήσει απόλυτα απογοητευμένους. Ενώ σας είχαμε τάξει ότι με τον δεύτερο νόμο θα μπορείτε να προβλέπετε πως θα εξελιχθεί κάθε κίνηση γύρω σας, να σχεδιάζετε γέφυρες και μηχανές και να στέλνετε και έναν άνθρωπο στο διάστημα, για την ώρα το μόνο που μοιάζει να μπορεί να μας πει είναι πόσο θα επιταχυνθεί ένα σώμα. Η αλήθεια είναι ότι για να μπορέσετε να πετύχετε τους παραπάνω στόχους, θα πρέπει να εμβαθύνετε αρκετά περισσότερο τόσο στη Φυσική όσο και στα Μαθηματικά. Λίγη υπομονή, λοιπόν, μέχρι την πρώτη λυκείου, όπου θα περάσετε σχεδόν όλη την χρονιά, εμβαθύνοντας στα φυσικά μεγέθη που περιγράφουν την κίνηση και στις συνέπειες των νόμων του Νεύτωνα.

### Ασκήσεις:

1. Σε μια σπορ μηχανή κατά την πλήρη επιτάχυνση η συνισταμένη δύναμη που της ασκείται είναι  $F_{ολ} = 2.100N$ . Αν η συνολική μάζα μηχανής και αναβάτη είναι  $m = 300kg$  ποια είναι η επιτάχυνση που θα αποκτήσει το σύστημα μηχανής-αναβάτη;
2. Ο οδηγός της παραπάνω μηχανής ανοίγει κάποια στιγμή το γκάζι, οπότε η μηχανή αποκτά επιτάχυνση  $\alpha = 3m/s^2$ . Ποια είναι η συνολική δύναμη  $F_{ολ}$  που ασκείται σε αυτήν;
3. Μπορείτε να εξηγήσετε γιατί μια μηχανή επιτυγχάνει πολύ μεγαλύτερη επιτάχυνσή σε σχέση με ένα αυτοκίνητο ίδιας ισχύος;
4. Μια μητέρα, όταν ταξιδεύει με το αυτοκίνητο, προτιμάει να κρατάει το ενός έτους μωρό της στην αγκαλιά αντί να το τοποθετεί στο ειδικό καθισματάκι. Λέει ότι αν τρακάρει το αυτοκίνητο θα το κρατήσει σφιχτά στην αγκαλιά της ώστε να μην χτυπήσει. Αν η μάζα του μωρού είναι  $m = 10kg$  και η επιβράδυνση που αποκτά το αυτοκίνητο σε μια σφοδρή μετωπική πρόσκρουση είναι  $\alpha = 1.000m/s^2$ :
  - a) Αν η ίδια φοράει ζώνη, πόση δύναμη πρέπει να ασκήσει στο μωρό ώστε να το κρατήσει στην αγκαλιά της.
  - β) Πόσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που βρήκατε σε σχέση με το βάρος του μωρού;

<sup>9</sup>Όταν η ταχύτητα του σώματος αντί να αυξάνεται μειώνεται, τότε συνήθως λέμε ότι το σώμα επιβραδύνεται. Η επιβράδυνση είναι το ίδιο φυσικό μέγεθος με την επιτάχυνση, με το ίδιο σύμβολο και ίδιες μονάδες.

5. Ένα αυτοκίνητο μάζας  $m = 1.000\text{kg}$  κατά την διάρκεια της πρόσκρουσης του σε έναν βράχο υπόκειται επιβράδυνση  $\alpha = 1.000\text{m/s}^2$ .
- Αν ο οδηγός φοράει ζώνη και έχει μάζα  $m = 100\text{kg}$ , ποια είναι η συνισταμένη δύναμη  $F_{o\lambda,o}$  που του ασκείται κατά την πρόσκρουση;
  - Πόσες φορές μεγαλύτερη από το βάρος του οδηγού είναι η δύναμη αυτή;
  - Ένας φίλος σας ισχυρίζεται ότι μπορεί να αντέξει την πρόσκρουση χωρίς να φοράει ζώνη άμα πιαστεί από το τιμόνι. Τον πιστεύετε;
6. Αδειάζουμε μια αίθουσα από τον αέρα και κρατάμε σε ύψος  $h = 1\text{m}$  από το έδαφος δύο σώματα μάζας  $m_1 = 1\text{kg}$  και  $m_2 = 10\text{kg}$ . Κάποια στιγμή αφήνουμε τα δύο σώματα να πέσουν ελεύθερα.
- Ποιο είναι το βάρος του πρώτου σώματος;
  - Ποια είναι η επιτάχυνση του πρώτου σώματος;
  - Επαναλάβετε τον υπολογισμό α) και β) για το δεύτερο σώμα.
  - Ποιο από τα δύο σώματα πιστεύετε ότι θα φτάσει πρώτο στο έδαφος;
7. Ένα πολεμικό αεροπλάνο κατά την διάρκεια των ελιγμών μιας αερομαχίας επιτυγχάνει τεράστιες επιταχύνσεις, που στιγμιαία φτάνουν τα  $\alpha = 90\text{m/s}^2$ .
- Πόση δύναμη ασκείται σε έναν πιλότο μάζας  $m = 100\text{kg}$  εκείνη την στιγμή;
  - Πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η δύναμη αυτή από το βάρος του πιλότου;
8. Κάποια στιγμή ο αναβάτης της μηχανής ανοίγει το γκάζι οπότε η μηχανή αποκτά επιτάχυνση  $\alpha = 5\text{m/s}^2$ . Αν η μάζα της μηχανής είναι  $m_\mu = 200\text{kg}$  και η μάζα του αναβάτη είναι  $m_\alpha = 100\text{kg}$
- Ποια είναι η συνολική δύναμη  $F_{o\lambda,\mu}$  που ασκείται στη μηχανή κατά την επιτάχυνση;
  - Ποια είναι η συνολική δύναμη  $F_{o\lambda,\alpha}$  που ασκείται στον άνθρωπο κατά την επιτάχυνση;
  - Ποια είναι η συνολική δύναμη  $F_{o\lambda}$  που ασκείται στον άνθρωπο και τη μηχανή μαζί;
9. Κάποιος ισχυρίζεται ότι ο δεύτερος νόμος περιέχει τον πρώτο! Λέει ότι μια που ο πρώτος νόμος ασχολείται με την κίνηση στην περίπτωση που  $F_{o\lambda} = 0$  δεν έχουμε παρά να αντικαταστήσουμε  $F_{o\lambda} = 0$  στον δεύτερο νόμο και παίρνουμε τον πρώτο. Συμφωνείτε;

### 3.4.3 Τρίτος νόμος του Νεύτωνα.

Ο πρώτος και ο δεύτερος νόμος που μόλις είδαμε, μας λένε τι κίνηση θα κάνει ένα σώμα ανάλογα με τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτό. Ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα, όπως θα δούμε, δεν εξετάζει τα αποτελέσματα που προκαλούν οι δυνάμεις, αλλά μας λέει ότι οι δυνάμεις εμφανίζονται πάντα σε ζευγάρια. Για να καταλάβουμε τι ακριβώς σημαίνει αυτό, ας κάνουμε ένα πείραμα.

**Πείραμα 1ο.** Ασκήσετε δύναμη στον μηρό σας πιέζοντας τον δυνατά με το δάχτυλό σας.

- α) Πονάει ο μηρός σας;..... Πονάει το δάχτυλό σας; .....
- β) Γιατί πονάει το δάχτυλό σας αφού εσείς ασκείτε τη δύναμη στον μηρό σας; ..
- γ) Πονάει το δάχτυλο σας, όταν πιέσετε δυνατά το θρανίο σας; .....

Μάλλον θα συμφωνήσετε λοιπόν ότι όταν ένα σώμα (π.χ. το δάχτυλο σας) ασκεί μια δύναμη σε ένα δεύτερο σώμα (π.χ. το θρανίο σας), τότε και το δεύτερο σώμα ασκεί δύναμη στο πρώτο, δηλαδή οι δυνάμεις εμφανίζονται πάντα σε ζεύγη.

Ποια είναι όμως η σχέση που συνδέει τις δύο αυτές δυνάμεις; Ας τις μετρήσουμε για να το ανακαλύψουμε.

**Πείραμα 2ο.** Κρατήστε ένα δυναμόμετρο στο χέρι σας και δώστε άλλο ένα στον διπλανό σας. Ενώστε τους γάντζους και τραβήξτε ώστε να ασκήσετε δύναμη στο δυναμόμετρο του διπλανού σας και άρα, σύμφωνα με το προηγούμενο συμπέρασμα μας, να ασκήσει και αυτός δύναμη στο δικό σας.

- α) Συγκρίνετε την ένδειξη των δύο δυναμόμετρων. ....
- β) Πώς σχετίζεται η διεύθυνση των δύο δυνάμεων; .....
- γ) Πώς σχετίζεται η φορά των δύο δυνάμεων; .....

Ο τρίτος νόμος δεν είναι παρά το σύνολο των συμπερασμάτων που βγάλαμε από τα δύο μας πειράματα :

**3ος νόμος του Νεύτωνα.** ► Όταν ένα σώμα ασκεί δύναμη σε ένα άλλο σώμα (δράση), τότε και το δεύτερο σώμα ασκεί δύναμη ίσου μέτρου και αντίθετης κατεύθυνσης στο πρώτο (αντίδραση).


Ας κάνουμε μια εφαρμογή για να καταλάβουμε καλύτερα τον τρίτο νόμο.

**Εφαρμογή 3ου νόμου.** Μια Rolls Royce μάζας  $m_R = 2.500\text{kg}$  πέφτει πάνω σε ένα παρκαρισμένο μηχανάκι μάζας  $m_\mu = 100\text{kg}$ .



- α) Το αυτοκίνητο ασκεί δύναμη στο μηχανάκι; ..... Σχεδιάστε την.
- β) Το μηχανάκι ασκεί δύναμη στο αυτοκίνητο; ..... Σχεδιάστε την.
- γ) Ποιο από τα δύο δέχτηκε μεγαλύτερη δύναμη; .....
- δ) Ποια δύναμη θα βαφτίσετε δράση και ποια αντίδραση; .....
- ε) Αφού η δύναμη που ασκείται στο μηχανάκι (δράση) συνοδεύεται και από μια αντίθετη δύναμη (αντίδραση) μήπως αυτές οι δύο εξουδετερώνονται ( $F_{ολ} = 0$ ) και τελικά δεν προκαλούν κανένα αποτέλεσμα; .....

**Ασκήσεις:**

1. Ένας συμμαθητής σας λέει ότι αν ισχύει ο τρίτος νόμος τότε δεν θα μπορούσαμε να σπρώξουμε κανένα σώμα. Γιατί λέει αφού για κάθε δύναμη που ασκούμε (δράση) ασκείται και μια ακριβώς αντίθετη (αντίδραση) τότε η συνισταμένη τους θα είναι πάντα μηδέν και δεν θα προκαλείται κανένα αποτέλεσμα. Συμφωνείτε;
2. Ένας άνθρωπος στέκεται πάνω στη Γη. Σχεδιάστε τη Γη και τον άνθρωπο.
  - α) Ποιο σώμα ασκεί την δύναμη του βάρους στον άνθρωπο; Σχεδιάστε το βάρος του.
  - β) Σε ποιο σώμα θα ασκείται η αντίδραση του βάρους του ανθρώπου; Σχεδιάστε την.
3. Σχεδιάστε τον Ήλιο με τη Γη γύρω του. Σχεδιάστε τις δυνάμεις που ασκεί ο Ήλιος στη Γη καθώς και τις δυνάμεις που ασκεί η Γη στον Ήλιο.
4. Ένας αστροναύτης έχει βγει εκτός του διαστημικού σταθμού και κάνει επισκευές. Κάποια στιγμή σπρώχνει τον διαστημικό σταθμό μακριά του.
  - α) Θα κινηθεί ο διαστημικός σταθμός;
  - β) Θα κινηθεί ο αστροναύτης; Γιατί;
  - γ) Ποιος πιστεύετε ότι θα κινηθεί με μεγαλύτερη ταχύτητα;
5. Ένας μαθητής της Β' Γυμνασίου αποφασίζει να κάνει ένα διαγωνισμό δύναμης με έναν Αφρικανικό ελέφαντα μάζας έξι τόνων, όπως φαίνεται στο σχήμα. Ισχυρίζεται μάλιστα ότι θα ασκήσει στον ελέφαντα δύναμη ίδιου μέτρου με αυτήν που θα ασκήσει και ο ελέφαντας σε αυτόν.
  - α) Συμφωνείται με τον ισχυρισμό του συμμαθητή σας; 
  - β) Ποιος περιμένετε να κερδίσει τον διαγωνισμό; (Γιατί;)
6. Την στιγμή που ένας άνθρωπος μάζας  $m = 100\text{kg}$  αναπηδά πάνω στη Γη, η συνισταμένη δύναμη  $F_{o\lambda,\alpha}$  που ασκείται σε αυτόν από τη Γη, έχει μέτρο περίπου  $F_{o\lambda,\alpha} = 1.000\text{N}$  με κατεύθυνση προς τα πάνω.
  - α) Ποια είναι η επιτάχυνση του ανθρώπου προς τα πάνω;
  - β) Ποια είναι η συνισταμένη δύναμη που ασκεί ο άνθρωπος στη Γη;
  - γ) Αν η Γη έχει μάζα  $m_{\Gamma} = 10^{25}\text{kg} = 10.000.000.000.000.000.000.000\text{kg}$ , ποια είναι η επιτάχυνση της Γης προς τα κάτω;
  - δ) Γιατί η επιτάχυνση της Γης δεν γίνεται αντιληπτή;
7. Ένα βιβλίο βρίσκεται ακίνητο πάνω σε κεκλιμένο θρανίο.
  - α) Σχεδιάστε το θρανίο, το σώμα και τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα.
  - β) Σχεδιάστε το θρανίο, το σώμα και τις δυνάμεις που ασκούνται στο θρανίο.