

ΦΥΣΙΚΗ

Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

2ος τόμος

**Γ' Κ.Π.Σ. / ΕΠΕΑΕΚ II / Ενέργεια 2.2.1 /
Κατηγορία Πράξεων 2.2.1.α:**

**«Αναμόρφωση των προγραμμάτων
σπουδών και συγγραφή νέων
εκπαιδευτικών πακέτων»**

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Δημήτριος Γ. Βλάχος

Ομότιμος Καθηγητής του Α.Π.Θ

Πρόεδρος του Παιδαγωγ. Ινστιτούτου

**Πράξη με τίτλο: «Συγγραφή νέων
βιβλίων και παραγωγή υποστηρικτικού
εκπαιδευτικού υλικού με βάση το
ΔΕΠΠΣ και τα ΑΠΣ για το Γυμνάσιο»**

Επιστημονικός Υπεύθυνος Έργου

Αντώνιος Σ. Μπομπέτσης

Σύμβουλος του Παιδαγωγ. Ινστιτούτου

Αναπληρωτής Επιστημ. Υπεύθ. Έργου

Γεώργιος Κ. Παληός

Σύμβουλος του Παιδαγωγ. Ινστιτούτου

Ιγνάτιος Ε. Χατζηευστρατίου

Μόνιμος Πάρεδρος του Παιδαγ. Ινστιτ.

**Έργο συγχρηματοδοτούμενο 75% από
το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο και
25% από εθνικούς πόρους.**

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ

Νικόλαος Αντωνίου, Καθηγητής
Πανεπιστημίου Αθηνών
Παναγιώτης Δημητριάδης, Φυσικός
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης
Κων/νος Καμπούρης, Φυσικός
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης
Κων/νος Παπαμιχάλης, Φυσικός
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης
Λαμπρινή Παπασιμπα, Φυσικός
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης

ΚΡΙΤΕΣ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΤΕΣ

Αντώνιος Αντωνίου, Φυσικός
Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης
Κωνσταντίνος Στεφανίδης,
Σχολικός Σύμβουλος
Αικατερίνη Πομόνη - Μανατάκη,
Αναπλ. καθηγήτρια Πανεπιστημίου
Πατρών (Τμήμα Φυσικής)

ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΣΗ

**Θεόφιλος Χατζητσομπάνης,
Μηχανικός ΕΜΠ, Εκπαιδευτικός**

ΦΙΛΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

Μαρία Αλιφεροπούλου, Φιλολόγος

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΠΟΕΡΓΟΥ

ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΓΓΡΑΦΗ

**Γεώργιος Κ. Παληός,
Σύμβουλος του Π.Ι.**

ΕΞΩΦΥΛΛΟ

Ιωάννης Γουρζής, Ζωγράφος

ΠΡΟΕΚΤΥΠΩΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

**ΑΦΟΙ Ν. ΠΑΠΠΑ & ΣΙΑ Α.Ε.Β.Ε.,
Ανώνυμος Εκδοτ. & Εκτυπ. Εταιρεία**

**ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΓΙΑ
ΜΑΘΗΤΕΣ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΟΡΑΣΗ**

**Ομάδα Εργασίας
Αποφ. 16158/6-11-06 και
75142/Γ6/11-7-07 ΥΠΕΠΘ**

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ,
ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ**

**Νικόλαος Αντωνίου
Παναγιώτης Δημητριάδης
Κωνσταντίνος Καμπούρης
Κωνσταντίνος Παπαμιχάλης
Λαμπρινή Παπατσιμπα**

ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ:

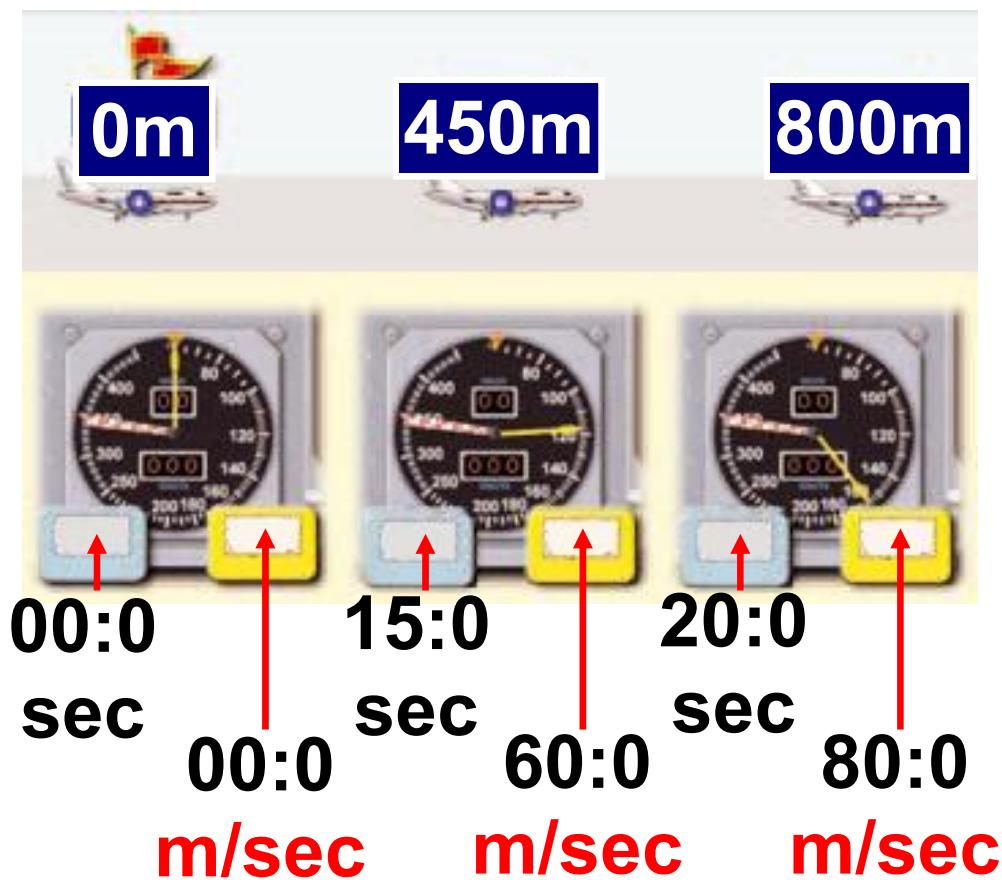
Ελληνικά Γράμματα

ΦΥΣΙΚΗ

Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Τόμος 2ος

2.4 Κίνηση με μεταβαλλόμενη ταχύτητα



Εικόνα 2.24.

Τη στιγμή $t=0$ s το αεροπλάνο αρχίζει να κινείται. Η ταχύτητά του είναι 0 m/s. Τη στιγμή $t=15$ s η ταχύτητά του είναι 60 m/s.

Ένα αεροπλάνο βρίσκεται ακίνητο στην αρχή του διαδρόμου. Έχει μηδενική ταχύτητα. Όταν ο

πιλότος παίρνει την εντολή απογείωσης από τον πύργο ελέγχου, θέτει σε λειτουργία τα όργανα του αεροσκάφους (εικόνα 2.24).

Στον πίνακα 2.4 καταγράφονται οι τιμές της ταχύτητας του αεροπλάνου σε διάφορες χρονικές στιγμές. Παρατηρούμε ότι η ταχύτητα μεταβάλλεται.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4.	
Χρόνος t σε sec	Ταχύτητα u σε m/s
0	0
1	+4
2	+8
3	+12
4	+16
5	+20

Στην παραπάνω περίπτωση κίνησης το αεροπλάνο κινείται ευθύγραμμα και επομένως έχουμε μεταβολή μόνο στο μέτρο της ταχύτητας.

Είναι δυνατόν το μέτρο της ταχύτητας να είναι σταθερό, αλλά η κατεύθυνσή της να μεταβάλλεται;



Εικόνα 2.25.

Το αυτοκίνητο κινείται στην κυκλική πλατεία. Το ταχύμετρο του δείχνει διαρκώς 60 Km/h. Το μέτρο της ταχύτητας παραμένει σταθερό. Ωστόσο, η ταχύτητα του αυτοκινήτου μεταβάλλεται!

Αυτό συμβαίνει, για παράδειγμα, όταν ένας κολυμβητής κάνει αναστροφή στην άκρη της πισίνας ή ένα αυτοκίνητο κινείται σε μια στροφή του δρόμου, ενώ το ταχύμετρο του δείχνει σταθερή ένδειξη (εικόνα 2.25). Το μέτρο της ταχύτητας παραμένει σταθερό, ενώ η κατεύθυνσή της διαρκώς μεταβάλλεται.

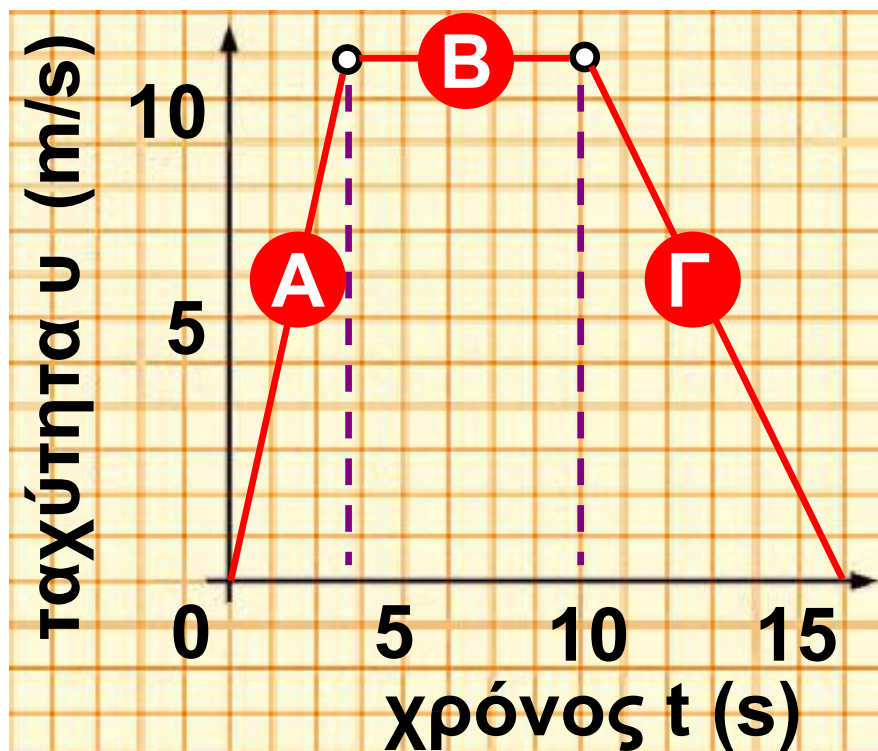
Εάν είτε το μέτρο είτε η κατεύθυνση ή και τα δυο μεταβάλλονται, τότε το διάνυσμα της ταχύτητας μεταβάλλεται και λέμε ότι η ταχύτητα με την οποία κινείται το σώμα είναι μεταβαλλόμενη. Γενικά, η ταχύτητα με την οποία κινείται ένα σώμα μεταβάλλεται, όταν μεταβάλλεται η κατεύθυνσή της, όταν το σώμα σταματά ή ξεκινά, ή όταν αυξάνεται ή ελαττώνεται το μέτρο της. Ο οδηγός ενός αυτοκινήτου χρησιμοποιεί τρεις μηχανισμούς

προκειμένου να μεταβάλλει την ταχύτητα του αυτοκινήτου. Ο πρώτος είναι το γκάζι, που χρησιμοποιείται για να διατηρηθεί σταθερό ή για να αυξηθεί το μέτρο της ταχύτητας. Ο δεύτερος είναι το φρένο, για να μειωθεί το μέτρο της ταχύτητας. Ο τρίτος είναι το τιμόνι, με το οποίο μεταβάλλεται η κατεύθυνση της ταχύτητας.

Διαγράμματα και κινήσεις

Γνωρίζοντας το είδος της κίνησης ενός σώματος μπορούμε να κατασκευάσουμε το διάγραμμα ταχύτητας -χρόνου και θέσης-χρόνου. Όταν το κινητό εκτελεί διαδοχικά διαφορετικές κινήσεις, προκύπτει ένα σύνθετο διάγραμμα που αποτελείται από τα διαγράμματα των επιμέρους κινήσεων.

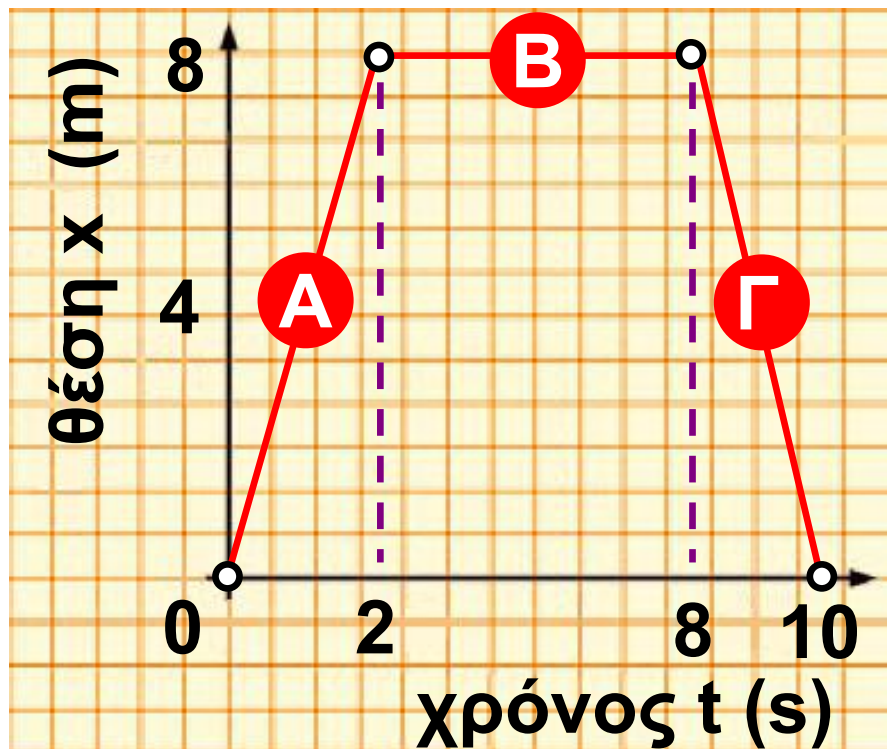
**Εικόνα
2.26**



Η κούρσα των 100 μ.

Στο Παγκόσμιο πρωτάθλημα στίβου που πραγματοποιήθηκε το 1997 στην Αθήνα ο παγκόσμιος πρωταθλητής των 100 m Μώρις Γκρίν (Maurice Greene) ξεκινά τη χρονική στιγμή $t=0$ s και τα 3,5 πρώτα δευτερόλεπτα αυξάνει την ταχύτητά του (τμήμα A). Στη συνέχεια, διατηρεί για περίπου 6.5 s σταθερή την ταχύτητά του (κινείται ευθύγραμμα και ομαλά) (τμήμα B). Μετά το τέρμα της

διαδρομής μειώνει την ταχύτητά του και σταματά (τμήμα Γ).



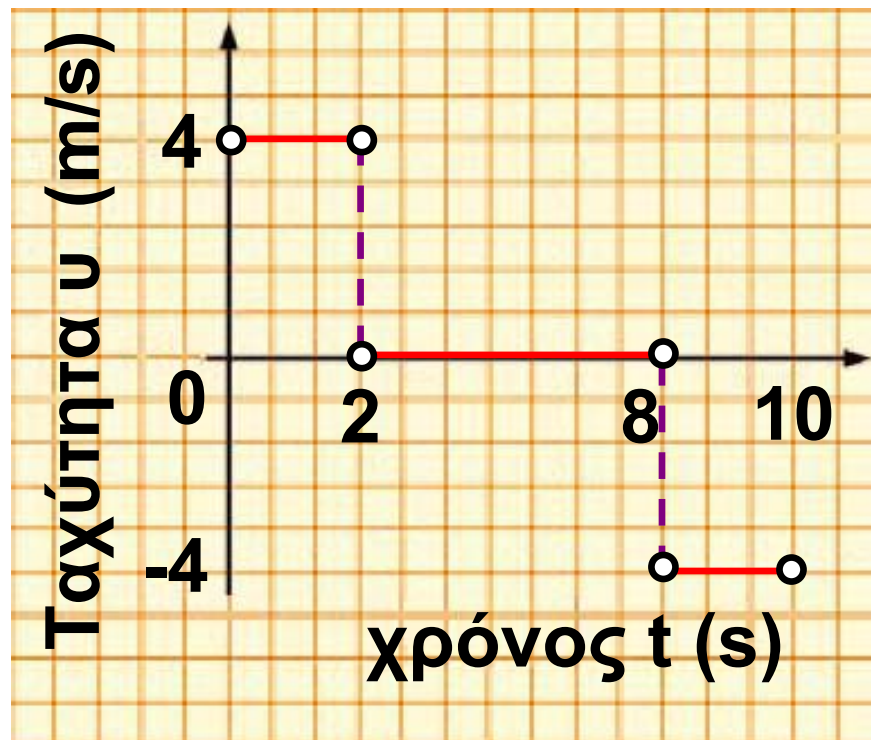
**Εικόνα
2.27.**

Το ταξίδι της μέλισσας

Η μέλισσα ξεκινά από την κηρήθρα της κινούμενη με σταθερή ταχύτητα και κατευθύνεται προς το πλησιέστερο άνθος που απέχει 8 μ (τμήμα Α). Το ταξίδι της διαρκεί 2 s. Εκεί σταματά για 6 s και συλλέγει το νέκταρ (τμήμα Β). Στη συνέχεια, κινούμενη με ταχύτητα ίδιου μέτρου επιστρέφει στην κηρήθρα (τμήμα Γ).

Στο διάγραμμα της εικόνας 2.26, το κινητό ξεκινάει από την ηρεμία ($v = 0$), η ταχύτητά του αρχικά αυξάνεται, στη συνέχεια σταθεροποιείται σε μια τιμή (12 m/s) και κατόπιν αρχίζει να ελαττώνεται και τελικά μηδενίζεται, γεγονός που σημαίνει ότι το κινητό σταματάει. Αυτό το διάγραμμα θα μπορούσε να παραστήσει την κίνηση ενός δρομέα σε αγώνα δρόμου από την αφετηρία μέχρι να σταματήσει μετά τον τερματισμό.

Αντίστροφα, από ένα διάγραμμα κίνησης μπορούμε να καθορίσουμε το είδος της κίνησης ή των κινήσεων στις οποίες συμμετέχει ένα σώμα. Για παράδειγμα, από το διάγραμμα θέσης - χρόνου που παριστάνεται στην εικόνα 2.27 και περιγράφει την κίνηση μιας μέλισσας από την κηρήθρα προς το



**Εικόνα
2.28.**

Η ταχύτητα της μέλισσας

Μια μέλισσα κινείται ευθύγραμμα για 2 s και η μετατόπισή της από την κηρήθρα στο άνθος είναι $\Delta x = +8$ m. Επομένως η ταχύτητά της είναι: +4 m/s. Στη συνέχεια παραμένει ακίνητη στο άνθος, δηλαδή στη θέση $x = +8$ μ για χρονικό διάστημα $\Delta t = 6$ s και η ταχύτητά της είναι 0 m/s. Ακολουθώς κινείται από το άνθος προς την κηρήθρα σε 2 s. Η μετατόπισή της τώρα είναι: $\Delta x = -8$ m και η ταχύτητά της: -4 m/s.

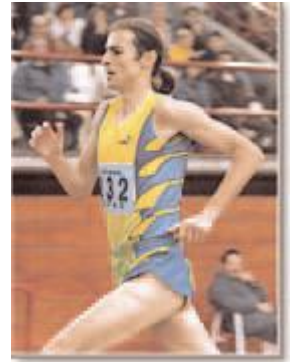
άνθος και αντίστροφα, προκύπτει ότι η μέλισσα κινείται με σταθερή ταχύτητα στη συνέχεια σταματά και τέλος αρχίζει να κινείται προς στην αντίθετη κατεύθυνση και επιστρέφει στο σημείο εκκίνησης. Το αντίστοιχο διάγραμμα ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο της μέλισσας παριστάνεται στο σχήμα 2.28.

Η ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΤΩΝ ΑΝΕΜΩΝ

Το 1805 ο Φράνσις Μποφόρ, ναύαρχος του βρετανικού πολεμικού ναυτικού, επινόησε την κλίμακα Μποφόρ και πρότεινε τη χρήση της ώστε να διευκολύνονται οι ναυτικοί στον προσδιορισμό της έντασης του ανέμου σε σχέση με τα αποτελέσματα που αυτός προκαλούσε στη θάλασσα. Αργότερα η κλίμακα αυτή υιοθετήθηκε από τη Διεθνή Μετεωρολογική Επιτροπή¹,

αφού προηγουμένως τροποποιήθηκε για να περιλαμβάνει και φαινόμενα της ξηράς.

Άνεμος με ταχύτητα συγκρίσιμη με εκείνη ενός δρομέα ταχύτητας (περίπου 9 m/s) χαρακτηρίζεται μεγέθους 5. Άνεμος αυτής της έντασης προκαλεί έντονο κυματισμό στη θάλασσα και αυτή χαρακτηρίζεται ως ταραγμένη.



Άνεμος με ταχύτητα όση του γατόπαρδου (περίπου 105 km/h) χαρακτηρίζεται μεγέθους 11, όπως μια ισχυρή θύελλα. Η κλίμακα τερματίζεται στο 12 με ταχύτητες ανέμων ως 135 km/h , όπως αυτοί που πνέουν στη διάρκεια ενός τυφώνα.



1.

- Αναζήτησε πληροφορίες για τον τρόπο με τον οποίο προσδιορίζεται η κλίμακα Μποφόρ και γίνεται η αντιστοίχισή της με τις μονάδες ταχύτητας στο διεθνές σύστημα μονάδων (SI). Συμπλήρωσε τη 2η στήλη του παρακάτω πίνακα:

Ένταση του ανέμου στην κλίμακα Μποφόρ	
Ταχύτητα του ανέμου σε Km/h	
Αποτελέσματα στη θάλασσα	
Αποτελέσματα στην ξηρά	

- Τι είναι το ανεμόμετρο;
Κατασκεύασε ένα ανεμόμετρο με απλά υλικά.

Όμως έχουν καταγραφεί ταχύτητες ανέμων πολύ πάνω από το ανώτερο όριο της κλίμακας, όπως 371 km/h στο όρος Ουάσιγκτον στην πολιτεία του Νιου Χαμσάιρ των Η.Π.Α.



Ερωτήσεις

ερωτήσεις

► Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:

1. Συμπλήρωσε τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:

i. Η θέση ενός σώματος καθορίζεται σε σχέση με ένα

..... Φυσικά μεγέθη τα οποία προσδιορίζονται μόνο από έναν αριθμό ονομάζονται

..... Αντίθετα, τα μεγέθη

(όπως η θέση) που ο προσδιορισμός τους εκτός από το, απαιτεί και την (κατεύθυνση) ονομάζονται συμβολίζονται με ένα και συμφωνούμε το μήκος του να είναι με το του μεγέθους.

ii. Στη γλώσσα που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή ορίζουμε ως μέση ταχύτητα του μήκους της διαδρομής που διήνυσε το ένα κινητό σε ορισμένο.....προς το.....αυτό. Η ταχύτητα είναι μέγεθος και η μονάδα της στο διεθνές σύστημα μονάδων (SI) είναι το , δηλαδή ανά Ορίζουμε τη μέση ταχύτητα με βάση τη μετατόπιση ενός κινητού.

Διανυσματική μέση ταχύτητα =

$$= \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots \text{διάστημα}}$$

Εφόσον η μετατόπιση είναι διανυσματικό μέγεθος, και η μέση ταχύτητα είναι επίσης διανυσματικό μέγεθος. Η κατεύθυνσή της συμπίπτει με την κατεύθυνση της.....

iii. Σε κάθε ευθύγραμμη ομαλή κίνηση το διάγραμμα της θέσης σε συνάρτηση με το χρόνο είναι γραμμή και το διάγραμμα της ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο είναι μια γραμμή παράλληλη προς τον άξονα του

2. Να χαρακτηρίσεις τα παρακάτω μεγέθη ως μονόμετρα ή διανυσματικά: α) θέση, β) απόσταση, γ) μετατόπιση, δ) χρονικό διάστημα, ε) ταχύτητα.

3. Στις παρακάτω ερωτήσεις να κυκλώσεις το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση.

i. Η μονάδα της ταχύτητας είναι:

α) m/s , β) m^2/s , γ) m/s^2 , δ) m^2/s^2 .

ii. Ένας αριθμός αντιστοιχεί στο μέτρο της ταχύτητας και δίδεται σε Km/h . Κατά τη μετατροπή του σε Km/s προκύπτει αριθμός ο οποίος είναι: α) πάντα μικρότερος, β) ο ίδιος, γ) μερικές φορές μικρότερος, δ) ποτέ μικρότερος, ε) τίποτε από όλα αυτά.

iii. Η ταχύτητα $30 m/s$ είναι ίση με

α) $0,03 Km/h$, β) $108 Km/h$, γ) $108 m/min$, δ) $18 Km/h$, ε) καμία από τις παραπάνω.

iv. Σε μια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση η σχέση μεταξύ των μεγεθών ταχύτητα ($υ$), μετατόπιση (Δx) και χρονικό διάστημα (Δt) είναι:

$$\alpha) u = \Delta x \cdot \Delta t, \quad \beta) u = \frac{\Delta x}{\Delta t},$$

$$\gamma) u = \frac{\Delta t}{\Delta x}, \quad \delta) \Delta t = u \cdot \Delta x$$

ν. Σε μια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση το διάγραμμα θέσης (x) - χρόνου (t) είναι:

α) ευθεία παράλληλη προς τον άξονα των χρόνων, β) ευθεία που περνάει από την αρχή των αξόνων, γ) τμήμα παραβολής

► Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε τεκμηριωμένες απαντήσεις στις ερωτήσεις που ακολουθούν:

1. Τι εννοούμε όταν λέμε ότι η κίνηση είναι σχετική;

2. Η μέση ταχύτητα ενός σώματος που κινείται ευθύγραμμα είναι μηδέν σε κάποιο χρονικό διάστημα. Τι μπορείς να πεις για τη μετατόπιση του και το συνολικό μήκος της

διαδρομής που έχει διανύσει σ' αυτό το χρονικό διάστημα;

3. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ μέσης και στιγμιαίας ταχύτητας;

4. Ποια ταχύτητα δείχνει το ταχύμετρο του αυτοκινήτου;

5. Ένα αυτοκίνητο κινείται σε μια στροφή ενός δρόμου. Είναι δυνατόν η ταχύτητά του να διατηρείται σταθερή; Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.

6. Αν το ταχύμετρο ενός αυτοκινήτου δείχνει 60 Km/h, μπορείς να συμπεράνεις αν η ταχύτητά του διατηρείται σταθερή; Ναι, όχι και γιατί;

7. Με ποιους τρόπους μπορούμε να μεταβάλλουμε τη στιγμιαία ταχύτητα ενός αυτοκινήτου;

8. Αντιστοίχισε τις τιμές των ταχυτήτων της αριστερής στήλης με τις

**περιπτώσεις κίνησης της δεξιάς
στήλης του πίνακα 2.5.**

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5.	
Ταχύτητα σε Km/h	Σώμα που κινείται
0,04	Αυτοκίνητο
3	Αεροπλάνο
100	Σαλιγκάρι
1.200	Άνθρωπος που βαδίζει
30.000	Φως
1.080.000.000	Δορυφόρος

1. Ο παρακάτω πίνακας αναφέρεται σε μια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση:

Χρόνος (t) s	Μετατόπιση (Δx) m	Ταχύτητα (u) m/sec
5	150	
10		
	900	

Να συμπληρώσεις τα κενά.

2. Ο Κώστας Κεντέρης στους Ολυμπιακούς αγώνες του Σίδνεϋ έτρεξε την κούρσα των 200 m σε σχεδόν 20 s.

α. Να υπολογίσεις τη μέση

ταχύτητά του σε m/s και σε Km/h.

β. Αν κατόρθωνε να διατηρεί σταθερή την παραπάνω ταχύτητα, σε πόσο χρόνο θα διένυε τα 5 Km;

3. Ένα αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα μέτρου 15 m/s .
α. Να κατασκευάσεις το διάγραμμα της ταχύτητας σε συνάρτηση με το χρόνο.

β. Να υπολογίσεις τη μετατόπιση του αυτοκινήτου στο χρονικό διάστημα μεταξύ των χρονικών στιγμών $t_1 = 10 \text{ s}$ και $t_2 = 20 \text{ s}$ της κίνησης.

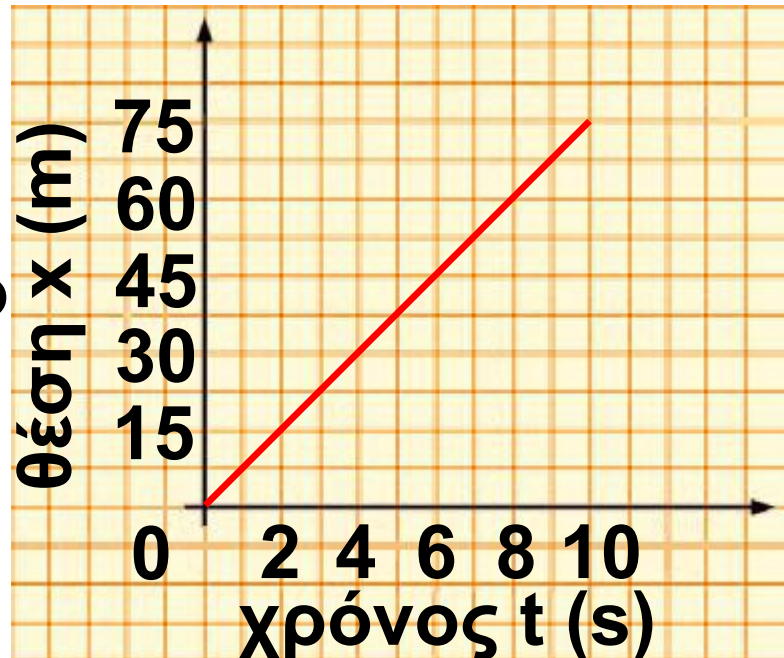
γ. Να κατασκευάσεις το διάγραμμα της θέσης του αυτοκινήτου (από το σημείο αφετηρίας) σε συνάρτηση με το χρόνο.

4. Στην εικόνα της επόμενης σελίδας δίνεται το διάγραμμα της θέσης σε συνάρτηση με το χρόνο ενός δρομέα σκυταλοδρομίας από τη στιγμή που παρέλαβε τη σκυτάλη.

α. Τι είδους κίνηση εκτελεί ο δρομέας;

β. Πόση είναι η μετατόπισή του από τη χρονική στιγμή $t_1 = 10 \text{ s}$ μέχρι $t_2 = 20 \text{ s}$;

γ. Ποια χρονική στιγμή βρέθηκε στη θέση 45 m από τη στιγμή που παρέλαβε τη σκυτάλη;



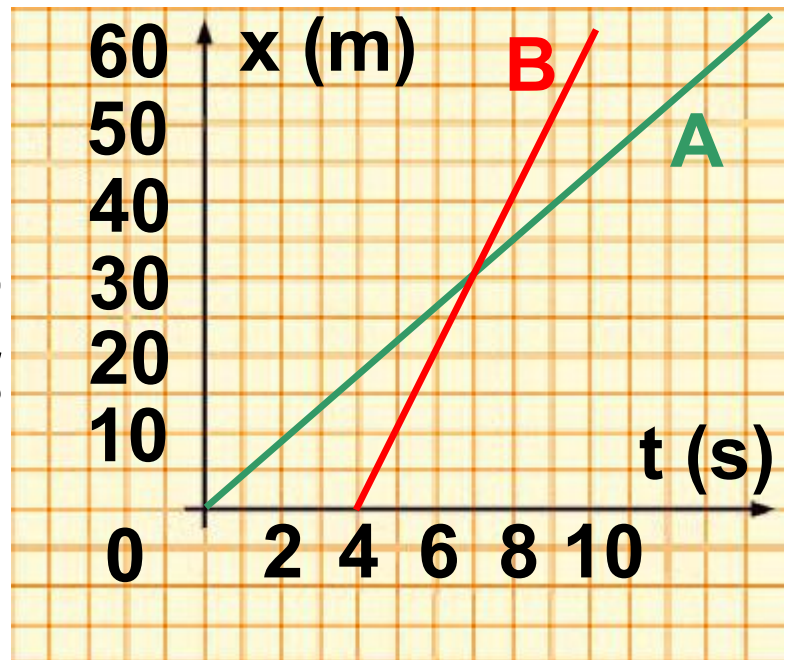
δ. Να υπολο-

γίσεις την ταχύτητα του δρομέα.

5. Ένας ποδηλάτης κινείται με μέση ταχύτητα 5 m/s . Πόσο χρονικό διάστημα χρειάζεται για να διανύσει 9 Km ;

6. Στη εικόνα της επόμενης σελίδας φαίνεται το διάγραμμα θέσης – χρόνου σε έναν ευθύγραμμο αγώνα δρόμου μεταξύ του παιδιού και του σκύλου του. Η Α γραμμή αντιστοιχεί

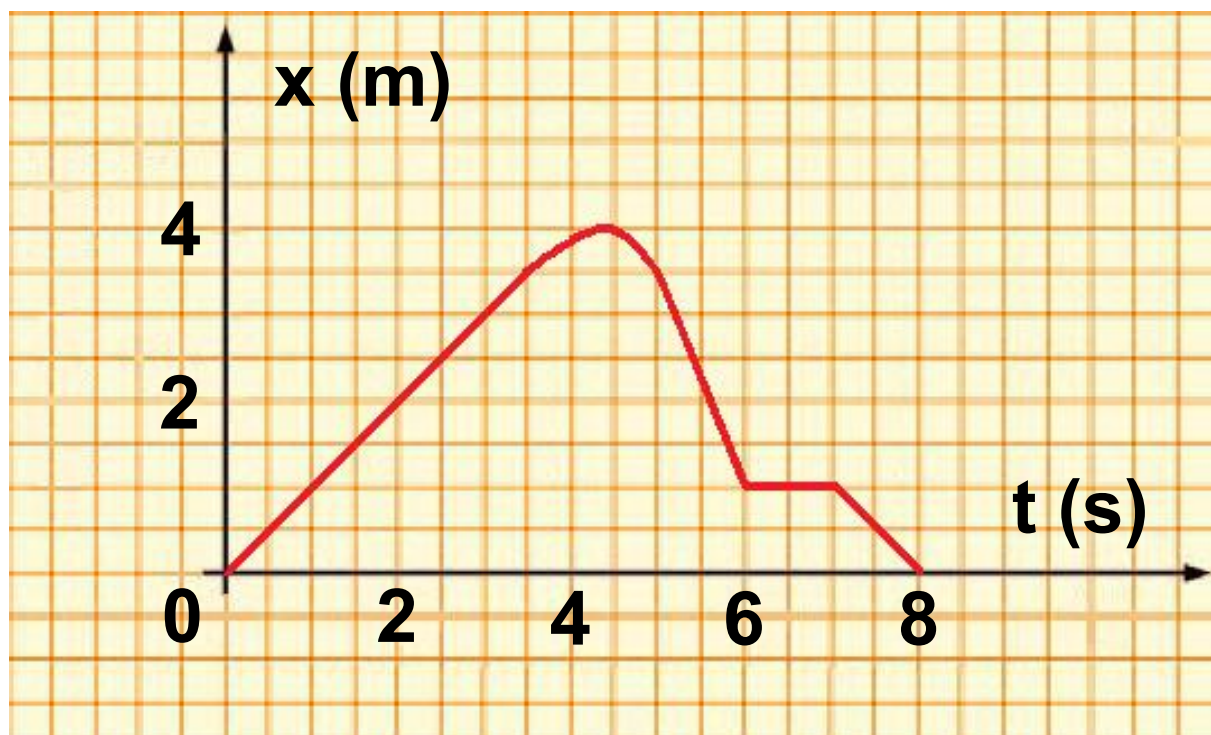
στην κίνηση του παιδιού και η B του σκύλου. Πόσο ήταν το μήκος της διαδρομής του αγώνα; Για πόσο



χρονικό διάστημα το παιδί βρισκόταν μπροστά από το σκύλο του; Σε πόση απόσταση από την αφετηρία και ποια χρονική στιγμή συναντήθηκαν;

7. Οι ανθρωπολόγοι πιστεύουν ότι ο πρώτος άνθρωπος στον πλανήτη εμφανίστηκε στην Αφρική. Στη συνέχεια, ο άνθρωπος μετανάστευσε στις άλλες ηπείρους. Αν υποθέσουμε ότι μπορούσαν να μετακινηθούν ένα χιλιόμετρο το χρόνο και ότι η Βόρεια Ευρώπη απέχει από την Αφρική 10.000 Km, πόσοι αιώνες

χρειάστηκαν για να φθάσουν οι άνθρωποι στη Β. Ευρώπη;



8. Ένα ηλεκτροκίνητο τρενάκι /παιχνίδι κινείται κατά μήκος μιας ευθείας γραμμής. Στο σχήμα παριστάνεται η θέση του τρένου σαν συνάρτηση του χρόνου.

α. Ποιες είναι οι θέσεις του τρένου

τις χρονικές στιγμές: $t_1 = 3 \text{ s}$, $t_2 = 5 \text{ s}$,
 $t_3 = 6 \text{ s}$, $t_4 = 7 \text{ s}$, $t_5 = 8 \text{ s}$.

- β. Να υπολογίσεις τη μετατόπιση του τρένου για τα χρονικά διαστήματα: $1\text{ s} - 3\text{ s}$ και $5\text{ s} - 6\text{ s}$.
- γ. Η φορά κίνησης του τρένου παρέμεινε η ίδια ή μεταβλήθηκε κατά τη διάρκεια της κίνησής του; Αν ναι, ποια χρονική στιγμή έγινε αυτό;
- δ. Για ποιο χρονικό διάστημα το τρένο παρέμεινε ακίνητο;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Η θέση ενός αντικειμένου καθορίζεται σε σχέση με ένα σημείο αναφοράς.
- Ένα μονόμετρο μέγεθος περιγράφεται από το μέτρο του, ενώ για την περιγραφή ενός διανυσματικού εκτός από το μέτρο του, απαιτείται και η κατεύθυνση.

- Η απόσταση είναι μονόμετρο μέγεθος, ενώ η θέση είναι διανυσματικό.
- Η ταχύτητα στην καθημερινή γλώσσα είναι μονόμετρο μέγεθος και ορίζεται ως το πηλίκο του μήκους της διαδρομής προς το αντίστοιχο χρονικό διάστημα.
- Στη γλώσσα της φυσικής η μέση ταχύτητα είναι διανυσματικό μέγεθος και ορίζεται ως το πηλίκο της μετατόπισης (μεταβολή της θέσης) προς το αντίστοιχο χρονικό διάστημα.
- Ευθύγραμμη ομαλή κίνηση ονομάζεται η κίνηση στην οποία το μέτρο και η κατεύθυνση της ταχύτητας διατηρούνται σταθερά.
- Σε μια ευθύγραμμη ομαλή κίνηση το διάγραμμα της μετατόπισης (θέσης) σε σχέση με το χρόνο είναι μια ευθεία γραμμή.

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

Σημείο αναφοράς	Μετατόπιση
Μονόμετρο μέγεθος	Χρονική στιγμή
Διανυσματικό μέγεθος	Χρονικό διάστημα
Θέση	Μέση ταχύτητα
Μήκος διαδρομής	Ομαλή κίνηση
Στιγμιαία ταχύτητα	Διάγραμμα: ταχύτητας-χρόνου
Διάγραμμα: θέσης-χρόνου	

μια μικρή ιστορία ...

Κατά τους θερινούς Ολυμπιακούς αγώνες του 2000 που διεξήχθησαν στο Σίδνεϋ της Αυστραλίας, ο Πύρρος Δήμας αναδείχτηκε Ολυμπιονίκης στην κίνηση του αρασέ υπερνικώντας το βάρος της μπάρας, που είχε μάζα 250 kg, και ανυψώνοντάς την σε ύψος 2,3 m.



Πόσο ήταν το βάρος της μπάρας; Πόση δύναμη άσκησε σ' αυτή ο αθλητής, ώστε να καταφέρει να την ανυψώσει; Μελετώντας αυτό το κεφάλαιο, θα μάθεις να διακρίνεις τη μάζα από το βάρος της μπάρας, να σχεδιάζεις και να υπολογίζεις τις δυνάμεις που ασκούνται από ένα σώμα σε ένα άλλο. Θα συσχετίσεις τις δυνάμεις με τις κινήσεις που προκαλούν στα σώματα πάνω στα οποία ασκούνται. Επίσης, θα μάθεις πώς οι πύραυλοι υπερνικούν το βάρος τους και απομακρύνονται από τη γη ταξιδεύοντας σε διάφορες γωνιές του ηλιακού μας συστήματος.

**ΚΙΝΗΣΗ ΚΑΙ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ:
ΔΥΟ ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
ΤΗΣ ΥΛΗΣ**

Στο προηγούμενο κεφάλαιο μελετήσαμε τις κινήσεις των σωμάτων. Αγνοήσαμε όμως την αιτία που προκαλεί τη μεταβολή στην κινητική κατάσταση των σωμάτων.

Το επόμενο βήμα είναι να αναζητήσουμε την αιτία που καθορίζει εάν ένα σώμα ηρεμεί ή εκτελεί ένα ορισμένο είδος κίνησης. Αυτή η αναζήτηση οδηγεί στην εισαγωγή της έννοιας της δύναμης και γενικότερα της έννοιας της αλληλεπίδρασης. Δυο σώματα αλλη-

λεπιδρούν, όταν ασκούν δυνάμεις το ένα στο άλλο. Όπως η κίνηση έτσι και η αλληλεπίδραση αποτελεί ένα γενικό χαρακτηριστικό της ύλης.

3.1 Η Έννοια της δύναμης

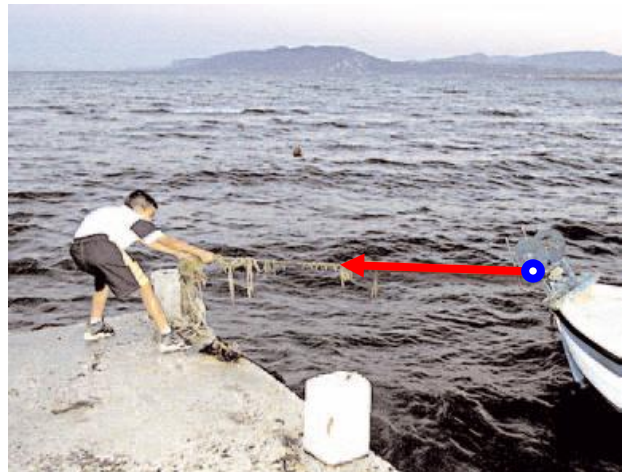
Για να καταλάβουμε την αιτία της κίνησης, πρέπει να γνωρίζουμε τον τρόπο με τον οποίο ένα σώμα επηρεάζει την κίνηση ενός άλλου. Με άλλα λόγια να μελετήσουμε τη δύναμη που το ένα σώμα ασκεί στο άλλο. *Όμως τι είναι δύναμη;* Αυτό το οποίο αντιλαμβανόμαστε είναι τα αποτελέσματα των δυνάμεων και όχι τις ίδιες τις δυνάμεις. Η απλούστερη αντίληψη που έχουμε για τη δύναμη είναι ότι σ' ένα σώμα ασκούμε δύναμη όταν το σπρώχνουμε ή το τραβάμε.

Δύναμη και κίνηση

Το παιδί που φαίνεται στην εικόνα 3.1 έχει δέσει με σκοινί μια ακίνητη βάρκα και την τραβάει προς την ξηρά. Η βάρκα αρχίζει να κινείται, η ταχύτητα της βάρκας μεταβάλλεται. Τότε λέμε ότι το σκοινί ασκεί δύναμη στη βάρκα.

Εικόνα 3.1.

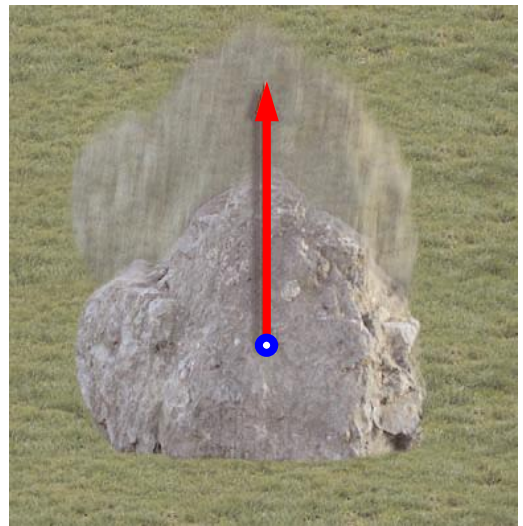
Η βάρκα αρχίζει να κινείται προς την ακτή. Το σκοινί ασκεί δύναμη στη βάρκα.



Αφήνουμε μια πέτρα από κάποιο ύψος να πέσει. Μόλις η πέτρα φθάσει στο έδαφος σταματά, η ταχύτητά της μεταβάλλεται. Τότε λέμε ότι το έδαφος ασκεί δύναμη στην πέτρα (εικόνα 3.2).

Εικόνα 3.2.

Η πέτρα σταματά. Το έδαφος ασκεί δύναμη στην πέτρα.



Ο τερματοφύλακας, για να αλλάξει την πορεία της μπάλας που κατευθύνεται προς το τέρμα του, θα πρέπει να τη χτυπήσει δυνατά με το χέρι του. Λέμε ότι το χέρι ασκεί δύναμη στην μπάλα.

Για να αλλάξουμε την πορεία στο μπαλάκι του τένις, πρέπει να το χτυπήσουμε με τη ρακέτα. Λέμε ότι η ρακέτα ασκεί δύναμη στο μπαλάκι του τένις (εικόνα 3.3). Σε όλα τα παραπάνω παραδείγματα έχουμε μεταβολή στην ταχύτητα των σωμάτων, επομένως:

Οι δυνάμεις προκαλούν μεταβολή στην ταχύτητα των σωμάτων στα οποία ασκούνται.

Εικόνα 3.3.

Η ρακέτα αλλάζει την πορεία της μπάλας. Η ρακέτα ασκεί δύναμη στην μπάλα.



Δύναμη και παραμόρφωση

Οι δυνάμεις προκαλούν και άλλου είδους μεταβολές εκτός από μεταβολή της ταχύτητας των σωμάτων;

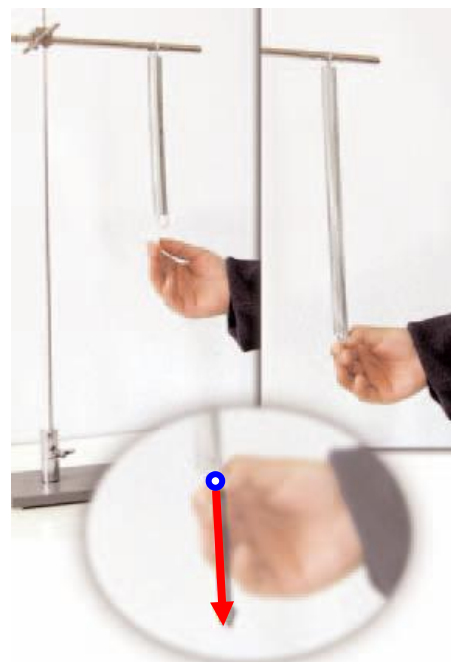
Όταν φυσάει ο άνεμος, τα πανιά του ιστιοφόρου «φουσκώνουν»- παραμορφώνονται. Λέμε ότι ο άνεμος ασκεί δύναμη στα πανιά.

Κρατάμε στα χέρια μας ένα κομμάτι πλαστελίνης και το πιέζουμε.

Η πλαστελίνη παραμορφώνεται. Λέμε ότι το χέρι ασκεί δύναμη στην πλαστελίνη. Τραβάμε ένα ελατήριο και το επιμηκύνουμε. Το ελατήριο παραμορφώνεται. Λέμε ότι το χέρι μας ασκεί δύναμη στο ελατήριο (εικόνα 3.4). Επομένως:

Εικόνα 3.4.

Το χέρι μας προκαλεί αύξηση του μήκους του ελατηρίου. Το χέρι ασκεί δύναμη στο ελατήριο.



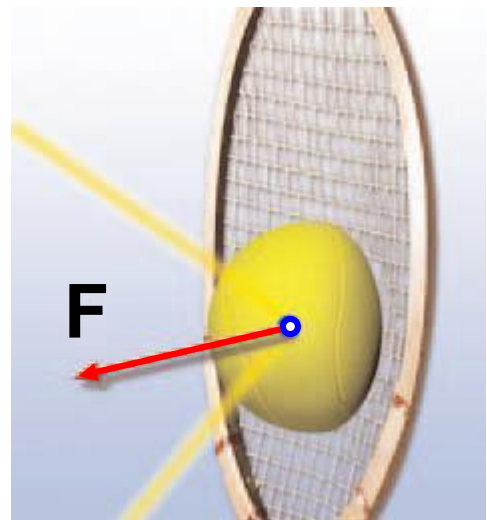
Οι δυνάμεις προκαλούν παραμόρφωση των σωμάτων στα οποία ασκούνται.

Πολλές φορές μια δύναμη προκαλεί και τα δύο αποτελέσματα ταυτόχρονα. Για παράδειγμα, όταν

χτυπάμε με τη ρακέτα ένα μπαλάκι του τένις, το μπαλάκι παραμορφώνεται και η ταχύτητά του μεταβάλλεται (εικόνα 3.5).

Εικόνα 3.5.

Καθώς το μπαλάκι βρίσκεται σε επαφή με τη ρακέτα: α) παραμορφώνεται και β) μεταβάλλεται η ταχύτητά του. Η ρακέτα ασκεί δύναμη στο μπαλάκι.



Δυνάμεις και αλληλεπιδράσεις

Παρατήρησε ότι σε όλα τα προηγούμενα παραδείγματα η δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα προέρχεται πάντοτε από κάποιο άλλο σώμα.

Στη φύση φαίνεται να υπάρχουν πολλές και διαφορετικές δυνάμεις.

Έχουν άραγε όλες οι δυνάμεις κάποιο κοινό χαρακτηριστικό;

Η απάντηση σ' αυτό το ερώτημα δόθηκε πριν από 300 χρόνια περίπου από τον Νεύτωνα, ο οποίος υποστήριξε ότι δεν υπάρχουν κάποια σώματα που μόνο ασκούν δυνάμεις και κάποια άλλα που μόνο δέχονται την επίδραση δυνάμεων. Οι δυνάμεις εμφανίζονται πάντοτε ανά δύο μεταξύ δύο σωμάτων.

Σχηματικά μπορούμε να δείξουμε:

το **σώμα A** ασκεί δύναμη

στο **σώμα B**

Αλλά ισχύει και το αντίστροφο.

το **σώμα B** ασκεί δύναμη

στο **σώμα A**

Για παράδειγμα, το οδόστρωμα ασκεί δύναμη στα ελαστικά των αυτοκινήτων και τα ελαστικά στο οδόστρωμα, ο ήλιος στη γη και η γη στον ήλιο.

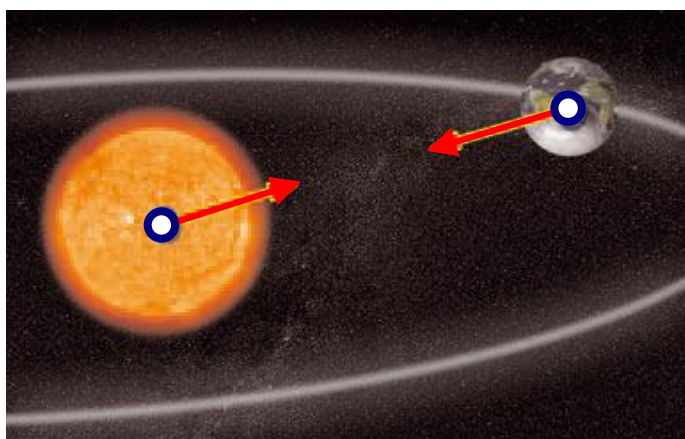
Λέμε ότι τα σώματα αλληλεπιδρούν. Έτσι, δύο παιδιά που σπρώχνονται, δύο αυτοκίνητα που συγκρούονται, ο ήλιος και η γη που έλκονται, αλληλεπιδρούν (εικόνες 3.6 και 3.7).

Εικόνα 3.6.

Ο ήλιος και η γη αλληλεπιδρούν από απόσταση.

Ο ήλιος ασκεί δύναμη στη γη

αλλά και η γη ασκεί δύναμη στον ήλιο.



Εικόνα 3.7.

Το ένα αυτοκίνητο ασκεί δύναμη στο άλλο. Τα δύο αυτοκίνητα αλληλεπιδρούν.



Κατηγορίες δυνάμεων

Πότε ένα σώμα ασκεί δύναμη σ' ένα άλλο; Πώς μπορούμε να γνωρίζουμε τις δυνάμεις που ασκούνται σ' ένα σώμα;

Για να απαντήσουμε στα παραπάνω ερωτήματα, κατατάσσουμε τις δυνάμεις σε δυο κατηγορίες. Δυνάμεις που ασκούνται κατά την επαφή δύο σωμάτων (δυνάμεις επαφής) και δυνάμεις που ασκούνται από απόσταση.

Δυνάμεις επαφής χαρακτηρίζουμε τις δυνάμεις οι οποίες ασκούνται όταν ένα σώμα βρίσκεται σε επαφή

με κάποιο άλλο (εικόνα 3.8).
Παραδείγματα δυνάμεων επαφής
είναι:

α. Οι δυνάμεις που ασκούν τα
τεντωμένα σχοινιά ή τα ελατήρια σε
σώματα.

β. Οι δυνάμεις που ασκούνται
μεταξύ σωμάτων κατά τις συγκρού-
σεις τους.

γ. Η δύναμη της τριβής ανάμεσα
σε δυο επιφάνειες.

δ. Η δύναμη που ασκούν τα υγρά
στα τοιχώματα του δοχείου μέσα
στο οποίο περιέχονται ή στα σώμα-
τα που είναι μέσα σ' αυτά κτλ.

Εικόνα 3.8.

Ο βατήρας ασκεί
δύναμη στον αθλη-
τή από επαφή.



Δυνάμεις που ασκούνται από απόσταση είναι:

α. Η βαρυτική δύναμη, όπως για παράδειγμα η δύναμη που ασκεί η γη σε σώματα που δε βρίσκονται στην επιφάνειά της, όπως αλεξιπτωτιστές, αεροπλάνα ή δορυφόροι. Η δύναμη που ασκεί ο ήλιος στη γη (εικόνα 3.6).

**β. Οι ηλεκτρικές δυνάμεις και
γ. οι μαγνητικές δυνάμεις.**

Μέτρηση της δύναμης

Γνωρίζουμε ότι οι φυσικοί, για να περιγράψουν ένα φαινόμενο, χρησιμοποιούν εκείνα τα μεγέθη τα οποία μπορούν να μετρήσουν.

***Πώς μπορούμε να μετρήσουμε μια δύναμη;* Για να συγκρίνουμε και να μετρήσουμε δυνάμεις, θα χρησιμοποιήσουμε τα αποτελέσματα που αυτές προκαλούν στα σώματα στα**

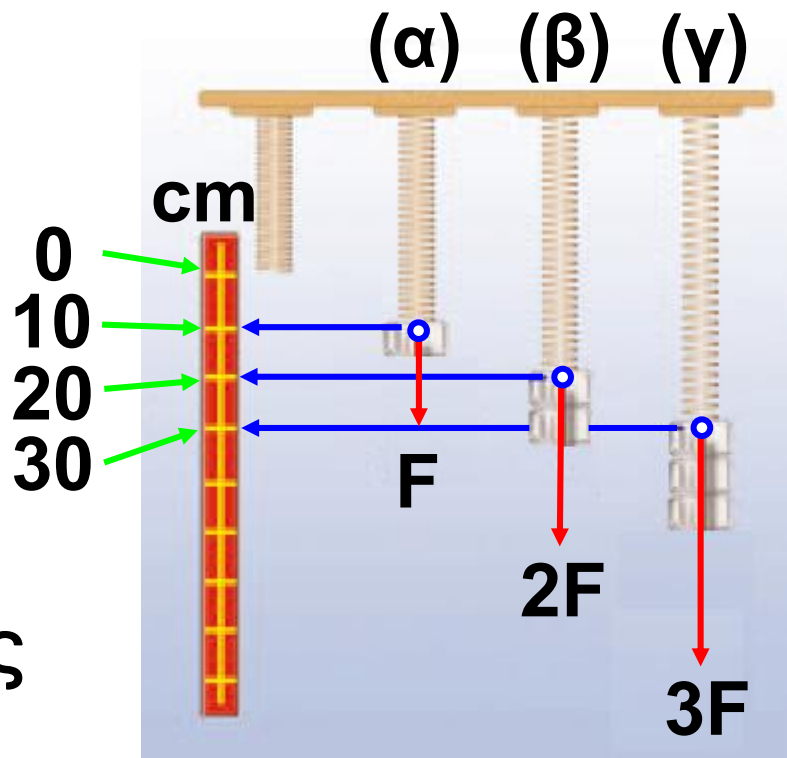
οποία ασκούνται. Για παράδειγμα, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την παραμόρφωση και συγκεκριμένα την επιμήκυνση την οποία μια δύναμη προκαλεί σ' ένα ελατήριο.

Αρχικά, θα πρέπει να βρούμε τη σχέση της επιμήκυνσης του ελατηρίου με τη δύναμη που την προκαλεί. Παρατήρησε την εικόνα 3.9.

Στην περίπτωση (α), η δύναμη F προκαλεί επιμήκυνση 10 cm. Στη (β), διπλάσια δύναμη ($2 \cdot F$) προκαλεί διπλάσια επιμήκυνση (20 cm). Στη (γ), τριπλάσια δύναμη ($3 \cdot F$) προκαλεί τριπλάσια επιμήκυνση (30 cm).

Γενικεύοντας, καταλήγουμε στο συμπέρασμα που είχε ήδη διατυπώσει τον 17ο αιώνα ο Άγγλος φυσικός Ρόμπερτ Χουκ (Hook):

Εικόνα 3.9.
Ο νόμος
του Ηοοκ.



Εφαρμόζοντας
διπλάσια και

τριπλάσια δύναμη στο ελατήριο, η
επιμήκυνσή του διπλασιάζεται και
τριπλασιάζεται, αντίστοιχα. Η επιμή-
κυνση του ελατηρίου είναι ανάλογη
της δύναμης που την προκαλεί.

**Η επιμήκυνση ενός ελατηρίου
είναι ανάλογη με τη δύναμη που
ασκείται σ' αυτό.**

Την παραπάνω ιδιότητα των
ελατηρίων την εκμεταλλευόμαστε
στην κατασκευή οργάνων μέτρησης

δυνάμεων: των δυναμόμετρων (εικόνα 3.10).

Η μονάδα δύναμης στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) ονομάζεται 1 N (Newton-Νιούτον).

***Εικόνα 3.10.
Δυναμόμετρο.***

Η ένδειξή του ισούται με το μέτρο της δύναμης που ασκείται στο σώμα μέσω του δυναμόμετρου.



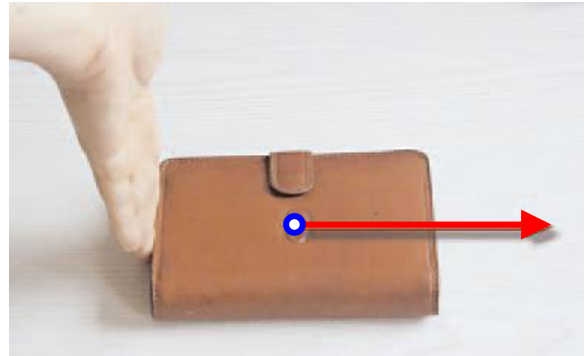
Ο διανυσματικός χαρακτήρας της δύναμης

Στην εικόνα 3.11 εικονίζεται ένα χέρι που ασκεί δύναμη στην αρχικά ακίνητη κασετίνα σπρώχνοντάς την προς τα δεξιά. Η κασετίνα κινείται επίσης προς τα δεξιά. Αν την

τραβήξουμε προς τα αριστερά, θα κινηθεί προς τα αριστερά.

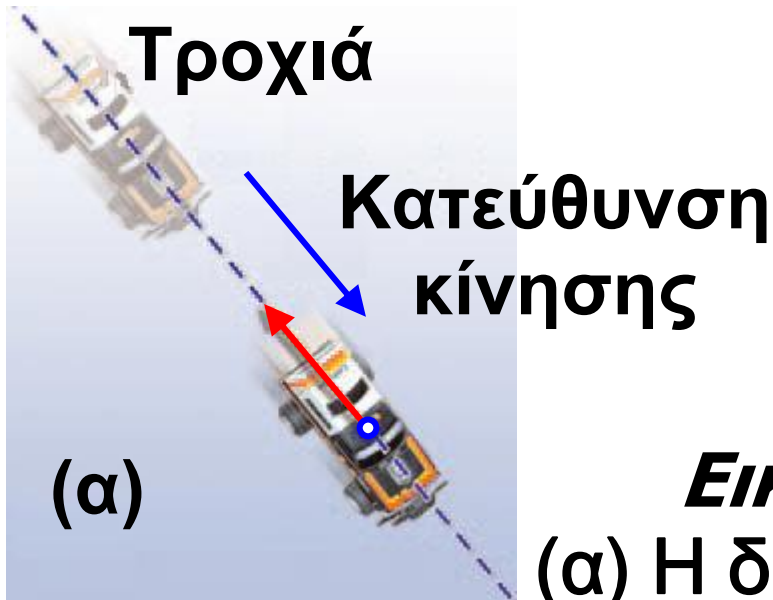
Εικόνα 3.11.

Η κασετίνα είναι αρχικά ακίνητη. Η κατεύθυνση που θα κινηθεί εξαρτάται από την κατεύθυνση προς την οποία ασκούμε τη δύναμη.



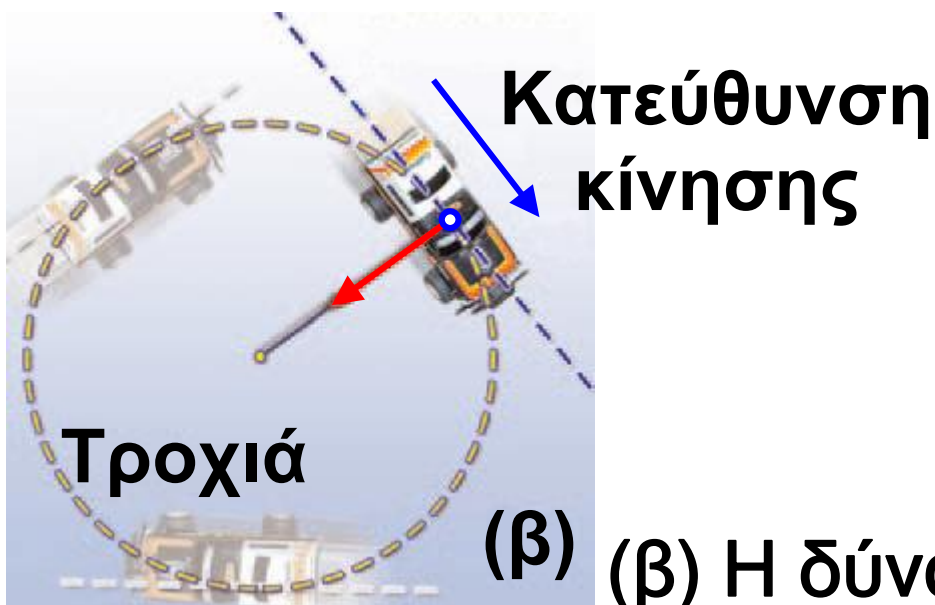
Στην εικόνα 3.12 παριστάνεται ένα αυτοκινητάκι που κινείται με μπαταρίες (α) στο πίσω μέρος του παιχνιδιού δένεται νήμα, το άλλο άκρο το οποίου στερεώνεται στο δάπεδο. Θέτουμε το αυτοκινητάκι σε κίνηση, το νήμα τεντώνεται, ασκεί δύναμη στο αυτοκινητάκι το οποίο τελικά σταματά (εικόνα 3.12α). (β) Δένουμε το νήμα στο πλάι του παιχνιδιού, το τεντώνουμε και

θέτουμε σε κίνηση το αυτοκινητάκι.
Το αυτοκινητάκι εκτελεί κυκλική
κίνηση (εικόνα 3.12β).



Εικόνα 3.12.

(α) Η δύναμη είναι αντίθετη με την κατεύθυνση της κίνησης. Το σώμα σταματά.

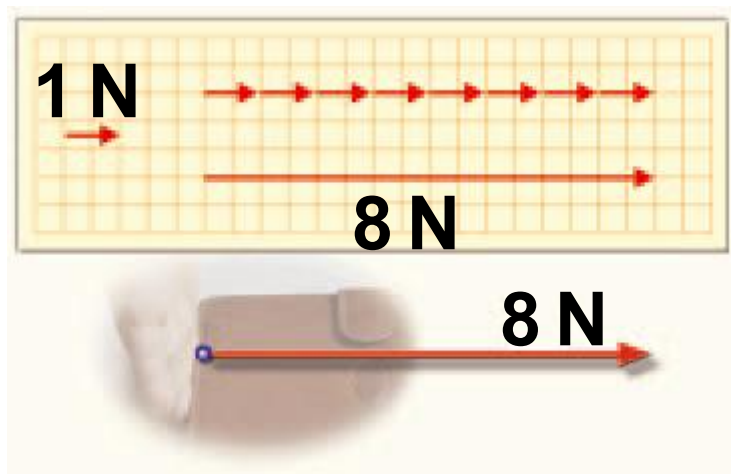


(β) Η δύναμη είναι κάθετη στην κατεύθυνση της κίνησης. Το σώμα κινείται κυκλικά.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις παρατηρούμε ότι το αποτέλεσμα της δύναμης (η μεταβολή της ταχύτητας) εξαρτάται από την κατεύθυνση στην οποία ασκείται η δύναμη. Η δύναμη εκτός από μέτρο έχει και κατεύθυνση. Επομένως, είναι διανυσματικό μέγεθος και θα την παριστάνουμε με ένα βέλος που έχει την κατεύθυνση της δύναμης. Το σημείο εφαρμογής του διανύσματος που παριστάνει τη δύναμη, είναι το σημείο του σώματος, στο οποίο ασκείται. Αν ένα σώμα θεωρηθεί υλικό σημείο, τότε το σημείο εφαρμογής της δύναμης ταυτίζεται με αυτό.

Το μέτρο της δύναμης ισούται με το μήκος του διανύσματος, αν αυτό σχεδιαστεί με κατάλληλη κλίμακα. Εάν διαλέξουμε 1 cm να αντιστοιχεί σε 1 N, τότε η δύναμη 8 N παριστά-

νεται από διάνυσμα μήκους 8 cm (εικόνα 3.13).



Εικόνα 3.13.

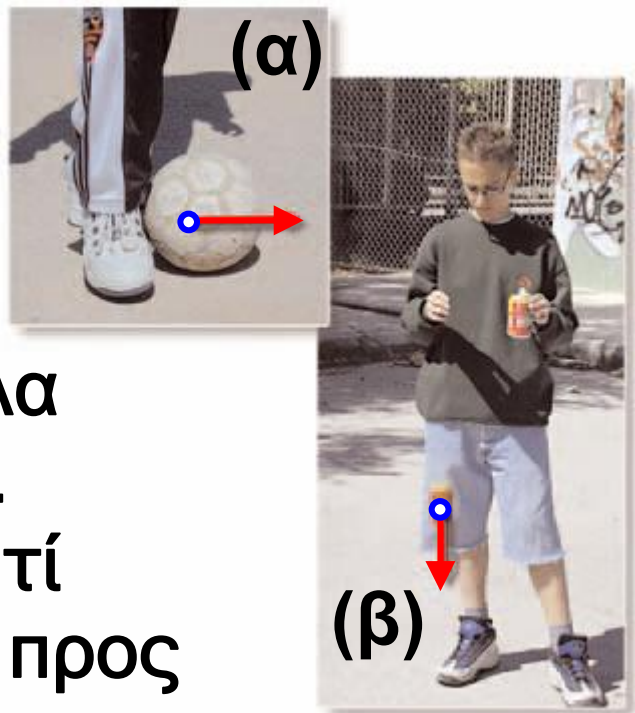
Η δύναμη που ασκούμε στην κασετίνα παριστάνεται με ένα διάνυσμα.

3.2 Δύο σημαντικές δυνάμεις στον κόσμο

Βαρυτική δύναμη

Επιστρέφοντας στο σπίτι από το σχολείο βλέπεις μια ακίνητη μπάλα στο δρόμο και της δίνεις μια δυνατή κλοτσιά (εικόνα 3.14α). Η μπάλα κινείται, η ταχύτητά της μεταβάλλεται, συνεπώς το πόδι σου ασκεί

δύναμη στην μπάλα και προκαλεί την κίνησή της.



Εικόνα 3.14.

(α) Η ακίνητη μπάλα αρχίζει να κινείται.

(β) Το ακίνητο κουτί αρχίζει να κινείται προς την επιφάνεια της γης.

Σηκώνεις ένα κουτί σε κάποιο ύψος από την επιφάνεια του εδάφους και το αφήνεις ελεύθερο (εικόνα 3.14β). Το κουτί δεν παραμένει ακίνητο, αλλά κινείται κατακόρυφα προς τα κάτω. Η ταχύτητα του κουτιού μεταβάλλεται, άρα στο κουτί ασκείται δύναμη.

Ποια δύναμη προκαλεί την κίνηση του κουτιού;

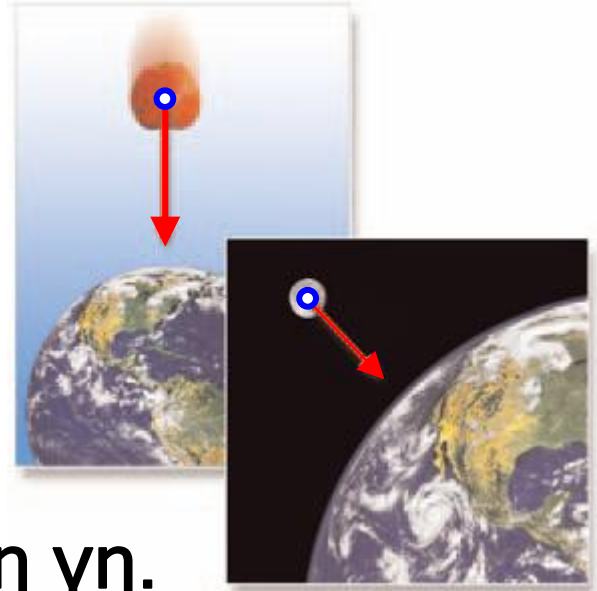
Την απάντηση στο παραπάνω ερώτημα έδωσε ο Νεύτωνας. Σύμφωνα με την παράδοση, ενώ καθόταν κάτω από μια μηλιά, είδε ένα μήλο να πέφτει στο έδαφος. Υπέθεσε τότε ότι η δύναμη που προκάλεσε την κίνηση του μήλου ασκείται από τη γη σ' αυτό. Αυτή τη δύναμη ο Νεύτωνας την ονόμασε (γήινο) βάρος του σώματος. Το βάρος είναι δύναμη και επομένως η μονάδα μέτρησής του στο SI είναι η μονάδα της δύναμης, δηλαδή το N.

Η γη ασκεί βαρυτική δύναμη σ' οποιοδήποτε σώμα, ανεξάρτητα αν αυτό βρίσκεται στο έδαφος, πέφτει ή ανυψώνεται. Η γη πάντοτε έλκει τα σώματα προς το κέντρο της. Οι βαρυτικές δυνάμεις είναι πάντοτε ελκτικές.

Αλλά μέχρι πού επεκτείνεται η δράση της βαρυτικής δύναμης της γης;

Εικόνα 3.15.

Το μήλο κινείται προς την επιφάνεια της γης. Η σελήνη κινείται γύρω από τη γη. Στο μήλο και στη σελήνη ασκούνται βαρυτικές δυνάμεις από τη γη.



Ο Νεύτωνας δέχτηκε ότι η βαρυτική δύναμη που προκαλεί την πτώση ενός μήλου, ασκείται και στη σελήνη και προκαλεί τη (σχεδόν) κυκλική κίνησή της γύρω από τη γη (εικόνα 3.15). Έτσι, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι βαρυτικές δυνάμεις ασκούνται μεταξύ όλων των σωμάτων στο σύμπαν.

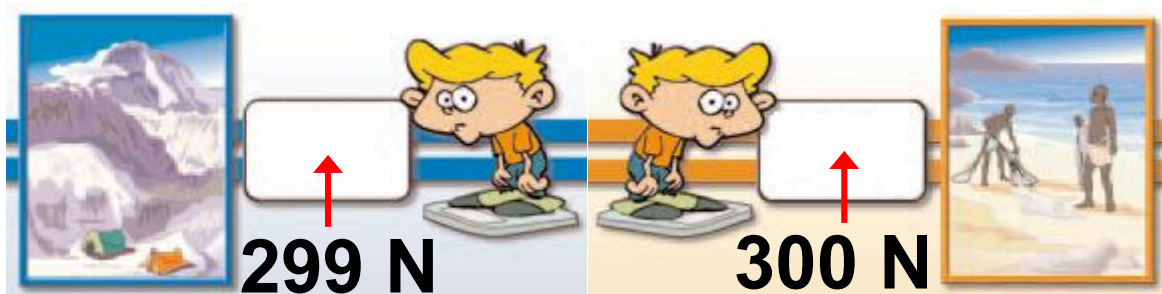
Σε κάθε τόπο το βάρος έχει τη διεύθυνση της ακτίνας της γης και φορά προς το κέντρο της. Η διεύθυνση της ακτίνας της γης στο συγκεκριμένο τόπο ονομάζεται **κατακόρυφος του τόπου** (εικόνα 3.16). Αισθητοποιείται με το νήμα της στάθμης. Θεωρώντας κάθε μικρή περιοχή της επιφάνειας της γης επίπεδη, το διάνυσμα του βάρους έχει διεύθυνση κάθετη σε αυτή και φορά προς τα κάτω.

Εικόνα 3.16.

Η κατακόρυφη κάθε τόπου έχει τη διεύθυνση της ακτίνας της γης και διέρχεται από το κέντρο της.



Το βάρος ενός σώματος ελαττώνεται όσο αυξάνεται το ύψος που βρίσκεται το σώμα από την επιφάνεια του εδάφους. Ένα παιδί που έχει βάρος 300 N στην επιφάνεια της θάλασσας, θα έχει βάρος περίπου 299 N στην κορυφή του Έβερεστ (εικόνα 3.17). Ένας αστροναύτης που βρίσκεται σε ύψος ίσο με την ακτίνα της γης, έχει βάρος ίσο με το $\frac{1}{4}$ του βάρους του στην επιφάνεια της γης.



Εικόνα 3.17.

Η βαρυτική δύναμη που ασκεί η γη μειώνεται καθώς απομακρυνόμαστε από το κέντρο της. Στην κορυφή ενός πολύ ψηλού βουνού είναι

μικρότερη από ότι στην επιφάνεια της θάλασσας στο ίδιο γεωγραφικό πλάτος.

Αν ένα σώμα μεταφερθεί στην επιφάνεια της σελήνης, θα έχει βάρος;

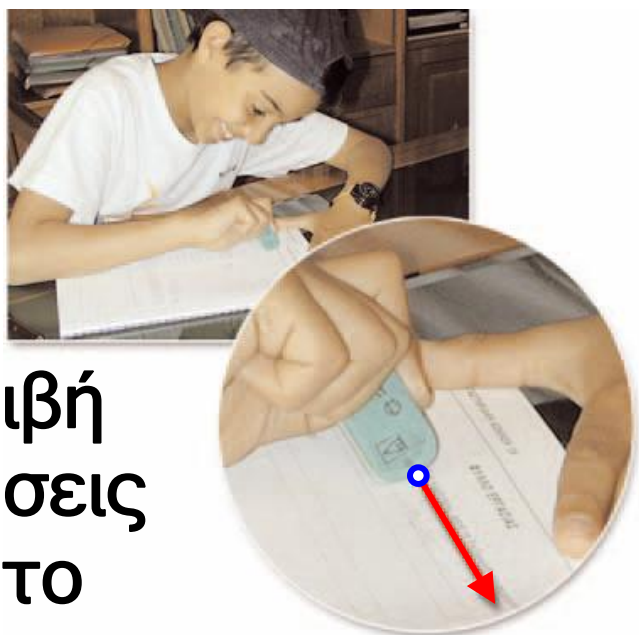
Όταν το σώμα βρίσκεται στην επιφάνεια της σελήνης, η γήινη βαρυτική δύναμη που ασκείται σ' αυτό είναι πάρα πολύ μικρή συγκριτικά με τη σεληνιακή. Το σώμα θα έχει βάρος που οφείλεται στη βαρυτική έλξη της σελήνης. Από πειράματα που έγιναν στη σελήνη επιβεβαιώθηκε ότι το «σεληνιακό» βάρος ενός σώματος είναι περίπου ίσο με το $\frac{1}{6}$ του γήινου βάρους του, που έχει όταν βρίσκεται στην επιφάνεια της γης.

Τριβή

Σπρώξε το βιβλίο σου της Φυσικής πάνω στο θρανίο. Αυτό αρχίζει να κινείται και ύστερα από λίγο σταματά. *Ποια δύναμη προκάλεσε το σταμάτημα του βιβλίου; Κίνησε τη γόμα σου πάνω στη σελίδα του τετραδίου σου (εικόνα 3.18). Ποια είναι η δύναμη που αισθάνεσαι να αντιστέκεται στην κίνηση της γόμας;*

Εικόνα 3.18.

Η δύναμη που αντιστέκεται στην κίνηση της γόμας είναι η τριβή. Η τριβή σε βοηθάει να σβήσεις κάποιο λάθος από το γραπτό σου.



Η δύναμη που ασκείται και στις δυο παραπάνω περιπτώσεις και

αντιστέκεται στην κίνηση των σωμάτων του βιβλίου και της γόμας αντίστοιχα, ονομάζεται τριβή. Η τριβή είναι παρούσα σε κάθε κίνηση, που παρατηρούμε στην καθημερινή μας ζωή. Η τριβή έχει ένα διπλό ρόλο στη ζωή μας. Από τη μια αντιστέκεται στην κίνηση των σωμάτων όπως στην κίνηση του έλκηθρου, του κολυμβητή και του αλεξιπτωτιστή που πέφτει στον αέρα. Από την άλλη, η τριβή είναι η δύναμη που μας βοηθάει να βαδίσουμε. Αν δεν υπήρχε τριβή, θα γλιστρούσαμε, όπως όταν προσπαθούμε να βαδίσουμε πάνω σε πάγο. Η τριβή είναι απαραίτητη για την κίνηση ενός αυτοκινήτου. Χωρίς αυτή, οι τροχοί του αυτοκινήτου θα περιστρέφονταν στην ίδια θέση και το όχημα δε θα κινούνταν.

Εικόνα 3.19.

Στον παγοδρόμο ασκούνται δυνάμεις από δύο σώματα:

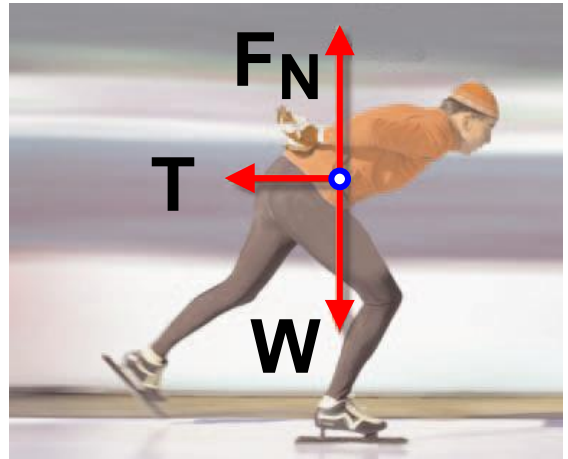
Το βάρος (W), που ασκείται από από-

σταση από τη γη. Και εφόσον υπάρ-

χουν τριβές, οι δυνάμεις από το

δάπεδο: η κάθετη στην επιφάνεια F_N

και η τριβή T .



Γενικά, η τριβή είναι η δύναμη που ασκείται από ένα σώμα σε ένα άλλο όταν βρίσκονται σε επαφή και το ένα κινείται ή τείνει να κινηθεί σε σχέση με το άλλο. Η διεύθυνση της τριβής είναι παράλληλη προς τις επιφάνειες που εφάπτονται και έχει φορά τέτοια ώστε να αντιστέκεται στην ολίσθηση της μιας επιφάνειας πάνω στην άλλη (εικόνα 3.19).

Πώς σχεδιάζουμε τις δυνάμεις

Για να προσδιορίσουμε τον τρόπο που κινείται ένα σώμα, θα πρέπει να συνδέσουμε την κίνησή του (αποτέλεσμα) με την αιτία που την προκαλεί (δύναμη). Το πρώτο βήμα προς αυτή την κατεύθυνση είναι να προσδιορίσουμε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα που μελετάμε. Σ' ένα σώμα είναι δυνατόν να ασκούνται περισσότερες από μια δυνάμεις. Για να σχεδιάσουμε όλες τις δυνάμεις που ασκούνται σ' ένα σώμα, ακολουθούμε την παρακάτω πορεία:

Πρώτο: Επιλέγουμε το σώμα που μας ενδιαφέρει. Υπενθυμίζουμε ότι αντιμετωπίζουμε όλα τα σώματα ως υλικά σημεία.

Δεύτερο: Σχεδιάζουμε τις δυνάμεις από απόσταση που

ασκούνται στο σώμα, όπως για παράδειγμα το βάρος του.

Τρίτο: Εντοπίζουμε όλα τα υπόλοιπα σώματα με τα οποία αυτό βρίσκεται σε επαφή. Κάθε ένα από αυτά του ασκεί δύναμη.

Αν το σώμα βρίσκεται σε επαφή με επιφάνεια, υπάρχουν δυο περιπτώσεις: α) Η επιφάνεια να είναι λεία (δεν υπάρχουν τριβές), οπότε η δύναμη που ασκεί στο σώμα είναι κάθετη προς την επιφάνεια με φορά από την επιφάνεια προς το σώμα. β) Η επιφάνεια να είναι τραχιά (υπάρχουν τριβές), οπότε εκτός από την κάθετη δύναμη, η επιφάνεια ασκεί στο σώμα και τη δύναμη της τριβής έτσι ώστε να αντιστέκεται στην κίνηση του σώματος (εικόνα 3.19).

Αν το σώμα είναι σε επαφή με νήμα ή σύρμα, τότε η δύναμη που

ασκεί το νήμα έχει τη διεύθυνση του νήματος και φορά από το σώμα προς το νήμα. Το νήμα ασκεί δύναμη μόνον εφόσον είναι τεντωμένο (εικόνα 3.20).

Εικόνα 3.20.

Το σύρμα είναι τεντωμένο και σε επαφή με τη σφύρα. Το σύρμα ασκεί δύναμη στη σφύρα. Ή το χέρι του σφυροβόλου, μέσω του σύρματος, ασκεί δύναμη στη σφύρα.



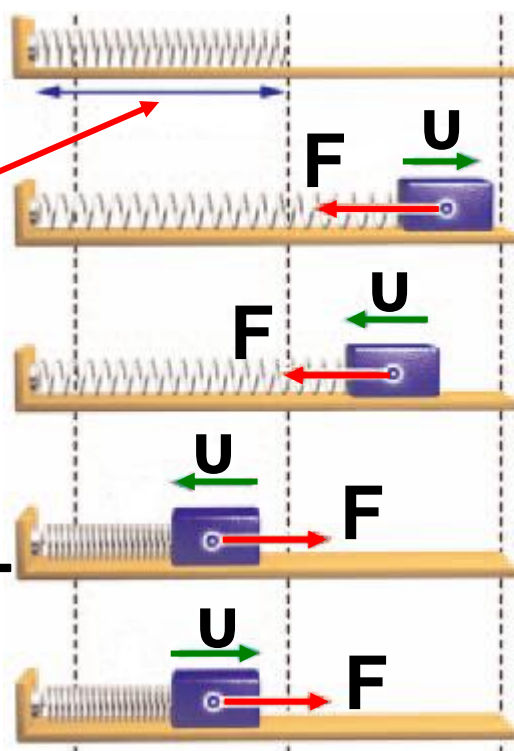
Αν το σώμα είναι σε επαφή με ελατήριο, τότε αυτό ασκεί δύναμη στο σώμα που έχει τη διεύθυνση του ελατηρίου και φορά τέτοια, ώστε να τείνει να επαναφέρει το ελατήριο προς το φυσικό του μήκος

(εικόνα 3.21). Τα ελατήρια ασκούν δυνάμεις μόνον εφόσον είναι σε συμπίεση ή επιμήκυνση. Ελατήρια που έχουν το φυσικό τους μήκος δεν ασκούν δυνάμεις.

φυσικό μήκος

Εικόνα 3.21.

Η δύναμη που ασκεί το ελατήριο στο σώμα τείνει να το επαναφέρει στο φυσικό του μήκος.



Παράδειγμα 3.1

Να σχεδιάσεις τις δυνάμεις που ασκούνται στο βιβλίο της Φυσικής που βρίσκεται πάνω στο θρανίο σου. Δέσε το βιβλίο με ένα σχοινί και σύρε το πάνω στο θρανίο. Να

σχεδιάσεις όλες τις δυνάμεις που ασκούνται τώρα στο βιβλίο.

A. Σώμα στο οποίο σχεδιάζονται οι δυνάμεις: Το βιβλίο

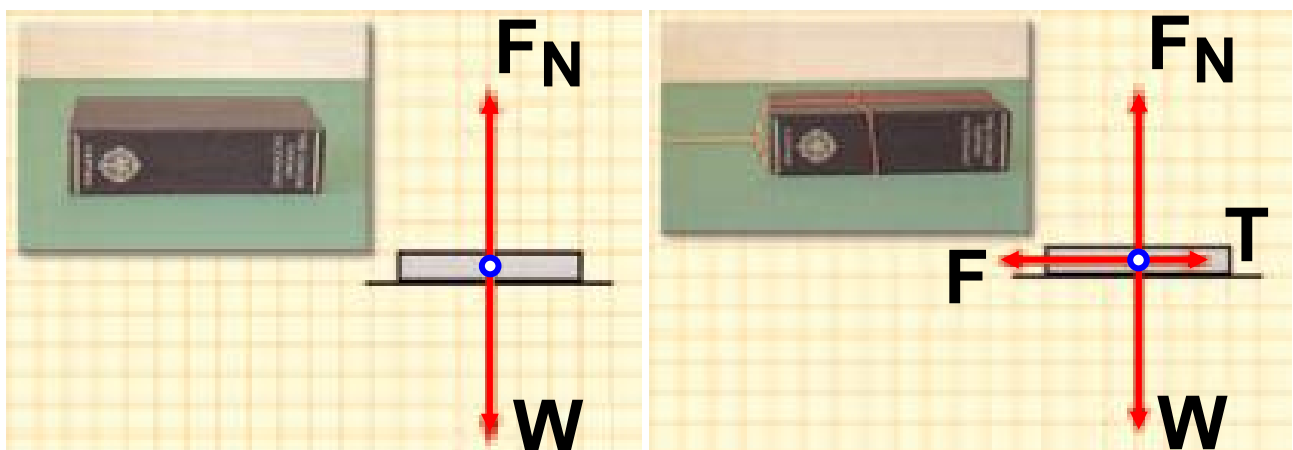
B. Δυνάμεις από απόσταση: Το βάρος W (ασκείται από τη γη)

Γ. Δυνάμεις από επαφή:

- Η δύναμη F από το νήμα (ασκείται από το νήμα)

- Η δύναμη από το θρανίο

(υπάρχουν τριβές) - η τριβή T και κάθετη δύναμη F_N

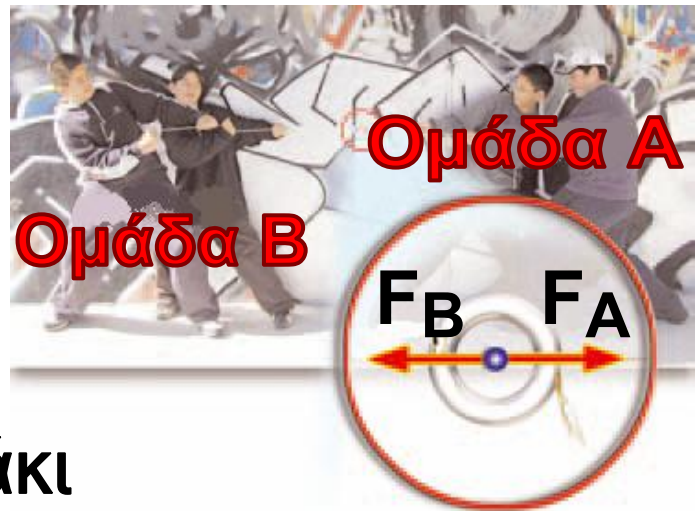


3.3 Σύνθεση και ανάλυση δυνάμεων

Σύνθεση δυνάμεων - Συνισταμένη

Εικόνα 3.22.

Οι μαθητές μέσω των σχοινιών ασκούν δυνάμεις στον κρίκο αμαξάκι προσπαθώντας να το τραβήξουν προς το μέρος τους.



Στην εικόνα 3.22 παριστάνονται τέσσερις μαθητές που τραβούν έναν κρίκο. Κάθε μαθητής ασκεί με το χέρι του, μέσω του σχοινιού, μια δύναμη σ' αυτόν. Στα σώματα συχνά ασκούνται περισσότερες από μια δυνάμεις. Η δύναμη εκείνη που προκαλεί τα ίδια αποτελέσματα με το σύνολο των επιμέρους

δυνάμεων, δηλαδή η συνολική δύναμη, λέγεται **συνισταμένη**.

Σύνθεση δυνάμεων με την ίδια διεύθυνση

Πώς θα βρούμε τη συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται από τους μαθητές στον κρίκο που εικονίζεται στην εικόνα 3.22;

Αρχικά θα βρούμε τη συνολική δύναμη που ασκεί η κάθε ομάδα των μαθητών χωριστά και στη συνέχεια θα βρούμε τη συνολική δύναμη που ασκούν οι δυο ομάδες. Στην εικόνα 3.23 με F_1 , F_2 παριστάνουμε τις δυνάμεις που ασκούν οι μαθητές της δεξιάς ομάδας (Α ομάδα) και με F_A τη συνισταμένη τους. Στο σχήμα της εικόνας 3.23 παριστάνεται ο τρόπος με τον οποίο συνθέτουμε δυνάμεις που έχουν την ίδια διεύθυνση και φορά,

ώστε να προσδιορίσουμε τη συνολική δύναμη.

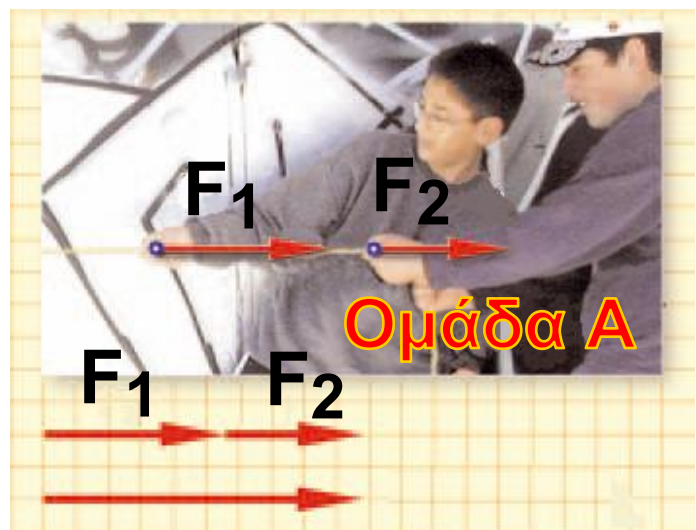
Εάν δύο ή περισσότερες δυνάμεις με μέτρα F_1 , F_2 κτλ., έχουν την ίδια διεύθυνση και φορά, η συνισταμένη τους ($F_{ολ}$) έχει τη διεύθυνση και φορά των δυνάμεων και μέτρο:

$$F_{ολ} = F_A = F_1 + F_2$$

Εικόνα 3.23.

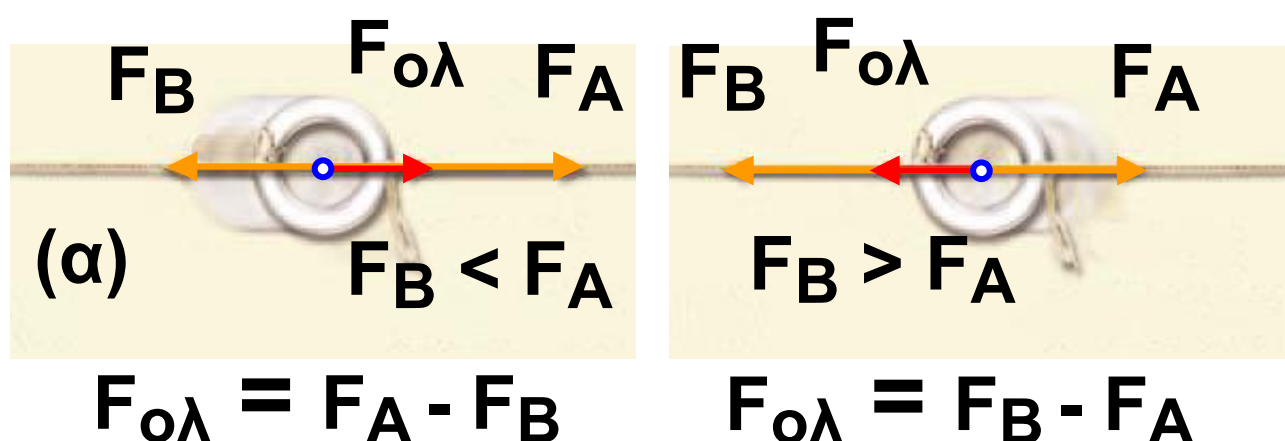
Οι μαθητές ασκούν δυο δυνάμεις ίδιας κατεύθυνσης μέσω του σχοινιού στον κρίκο.

Το μέτρο της συνισταμένης είναι ίσο με το άθροισμα των μέτρων τους.



$$F_A = F_1 + F_2$$

ΣΤΙΣ ΕΙΚΟΝΕΣ 3.24 ΚΑΙ 3.25 ΜΕ F_A , F_B ΠΑΡΙΣΤΑΝΟΥΜΕ ΤΗ ΣΥΝΙΣΤΑΜΕΝΗ ΔΥΝΑΜΗ ΠΟΥ ΑΣΚΕΙ ΚΑΘΕ ΜΙΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΔΥΟ ΟΜΑΔΕΣ. ΟΙ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΑΥΤΕΣ ΕΧΟΥΝ ΑΝΤΙΘΕΤΗ ΦΟΡΑ.

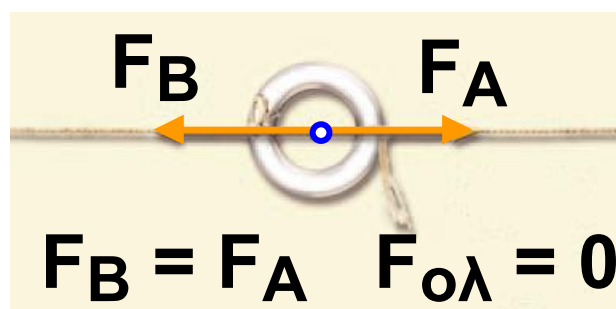


Εικόνα 3.24.

(α) Η δύναμη F_A που ασκεί η ομάδα Α, έχει μεγαλύτερο μέτρο από την F_B που ασκεί η ομάδα Β: Ο κρίκος κινείται προς τα δεξιά. (β) Η δύναμη F_A που ασκεί η ομάδα Α, έχει μικρότερο μέτρο από την F_B που ασκεί η ομάδα Β: Ο κρίκος κινείται προς τα αριστερά.

Εικόνα 3.25.

Οι δυο δυνάμεις έχουν ίσα μέτρα και αντίθετες φορές: Ο κρίκος παραμένει ακίνητος.



Εάν δυο δυνάμεις με μέτρα F_A και F_B έχουν αντίθετη φορά, η συνισταμένη τους έχει τη φορά της μεγαλύτερης και μέτρο (εικόνα 3.24).

$$F_{ολ} = F_A - F_B$$

Στην ειδική περίπτωση που οι δυνάμεις έχουν και ίσα μέτρα, η συνισταμένη τους ισούται με το μηδέν. Δύο τέτοιες δυνάμεις λέγονται **αντίθετες** (εικόνα 3.25).

Σύνθεση δυνάμεων με διαφορετικές διευθύνσεις

Τρεις μαθητές πειραματίζονται σχετικά με τον τρόπο σύνθεσης

δυνάμεων με διαφορετικές διευθύνσεις. Οι δύο από αυτούς δένουν μια κασετίνα στις άκρες δυο δυναμόμετρων. Κρατούν τα δυναμόμετρα έτσι ώστε να σχηματίζουν γωνία 90° και ανασηκώνουν την κασετίνα (εικόνα 3.26). Διαβάζουν τις ενδείξεις των δυναμόμετρων, οι οποίες είναι 4 N και 3 N αντίστοιχα. Ο τρίτος μαθητής δένει την κασετίνα στην άκρη ενός δυναμόμετρου και την ανασηκώνει κρατώντας το δυναμόμετρο κατακόρυφο. Η ένδειξη του δυναμόμετρου είναι 5 N. Οι μαθητές παρατηρούν ότι και στις δυο περιπτώσεις η κασετίνα παραμένει ακίνητη - ισορροπεί. Για να ερμηνεύσουν τις παρατηρήσεις τους, υποθέτουν ότι η δύναμη που ασκεί ο τρίτος μαθητής είναι ίση με τη συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούν οι δυο άλλοι μαθητές

(εικόνα 3.26). Σχεδιάζουν τις δυνάμεις των 3 N και 4 N, όπως παριστάνεται στην εικόνα 3.27α.

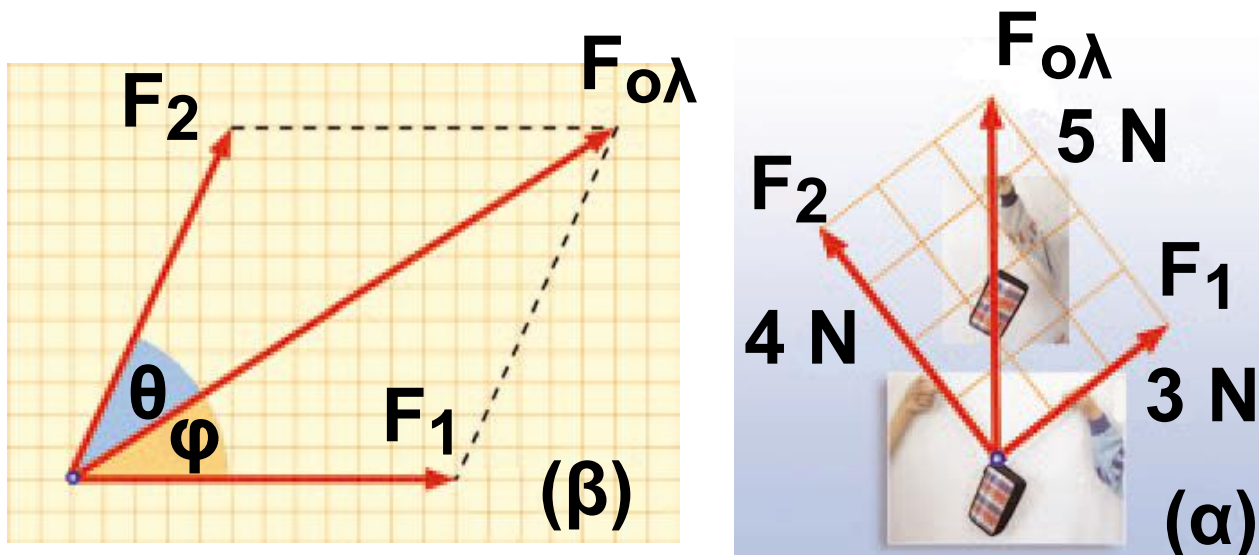
Παρατηρούν ότι η διαγώνιος του παραλληλογράμμου που σχηματίζεται έχει μέτρο 5 N και είναι κατακόρυφη. Είναι δηλαδή ίση με τη συνισταμένη τους. Συμπεραίνουν ότι η συνισταμένη των δυο δυνάμεων παριστάνεται από τη διαγώνιο του παραλληλογράμμου που αυτές σχηματίζουν (εικόνα 3.27α).

Εικόνα 3.26.

Η δύναμη των 5 N που ασκεί ο τρίτος μαθητής προκαλεί το ίδιο αποτέλεσμα με τις δυνάμεις που ασκούν οι άλλοι δύο μαζί. Έτσι λέμε ότι η συνισταμένη δύναμη των 3 N και 4 N που ασκούν οι δύο πρώ-



τοι μαθητές, είναι ίση με τη δύναμη των 5 N που ασκεί ο τρίτος.



Εικόνα 3.27.

Η συνισταμένη των δυνάμεων F_1 και F_2 παριστάνεται από τη διαγώνιο του παραλληλογράμμου που σχηματίζουν οι δυο δυνάμεις.

Γενικά, για να συνθέσουμε δυο δυνάμεις με διαφορετικές διευθύνσεις, σχηματίζουμε το παραλληλόγραμμο που έχει πλευρές τα διανύσματα που παριστάνουν τις δυνάμεις. Η διαγώνιος του παρα-

ληλογράμμου, που περνάει από την κοινή αρχή των διανυσμάτων, παριστάνει τη συνισταμένη των δυνάμεων. Το μέτρο της συνισταμένης καθορίζεται από το μήκος της διαγωνίου. Η διεύθυνσή της προσδιορίζεται από τη γωνία που σχηματίζει με μια από τις δυο δυνάμεις (φ ή θ , εικόνα 3.27β). Κάθε μια από αυτές τις γωνίες μπορεί να μετρηθεί με ένα μοιρογνωμόνιο.

Στην ειδική περίπτωση που οι δυνάμεις είναι κάθετες μεταξύ τους (εικόνα 3.27α), μπορούμε να υπολογίσουμε το μήκος της διαγωνίου εφαρμόζοντας το Πυθαγόρειο θεώρημα.

Έτσι βρίσκουμε ότι:

$$F_{ολ}^2 = F_1^2 + F_2^2$$

Στο παράδειγμά μας, η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούν οι

δου μαθητές στην κασετίνα έχει μέτρο $F_{o\lambda}$, που υπολογίζεται από την προηγούμενη σχέση:

$$F_{o\lambda}^2 = (4 \text{ N})^2 + (3 \text{ N})^2 \text{ ή}$$

$$F_{o\lambda}^2 = 16 \text{ N}^2 + 9 \text{ N}^2 \text{ ή } F_{o\lambda}^2 = 25 \text{ N}^2 \text{ ή}$$

$$F_{o\lambda}^2 = 5^2 \text{ N}^2 \text{ ή } F_{o\lambda} = 5 \text{ N}$$

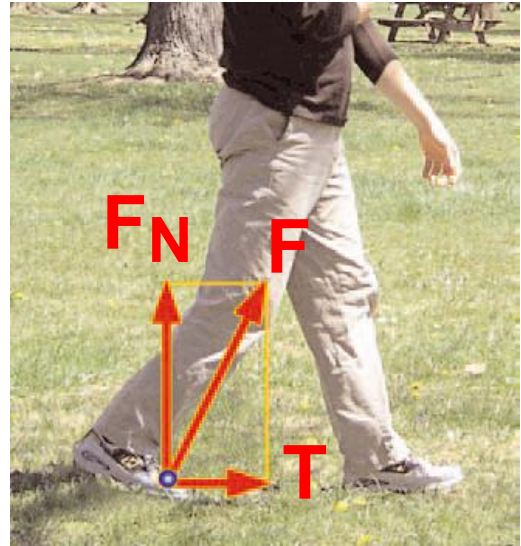
Δύναμη που ασκείται από τραχιά επιφάνεια

Μια τραχιά επιφάνεια ασκεί σ' ένα σώμα που κινείται (ή τείνει να κινηθεί επάνω της) την κάθετη στην επιφάνεια δύναμη και τη δύναμη της τριβής T . Προκειμένου να υπολογίσουμε τη δύναμη που ασκείται από την τραχιά επιφάνεια στο σώμα, θα πρέπει να συνθέσουμε τις δυο αυτές δυνάμεις που είναι πάντα κάθετες μεταξύ τους και επομένως ισχύει: $F^2 = F_N^2 + T^2$. Προσέξτε, η επιφάνεια ασκεί μια δύναμη στο

σώμα, την F , που είναι η συνισταμένη της κάθετης και της τριβής (εικόνα 3.28).

Εικόνα 3.28.

Το έδαφος ασκεί στο πόδι μας: την τριβή T που είναι παράλληλη προς το έδαφος και μας σπρώχνει μπροστά και την κάθετη



δύναμη F_N που είναι αντίθετη με το βάρος του σώματος. Η δύναμη που ασκεί το έδαφος στο πόδι μας F είναι η συνισταμένη των δυο αυτών δυνάμεων.

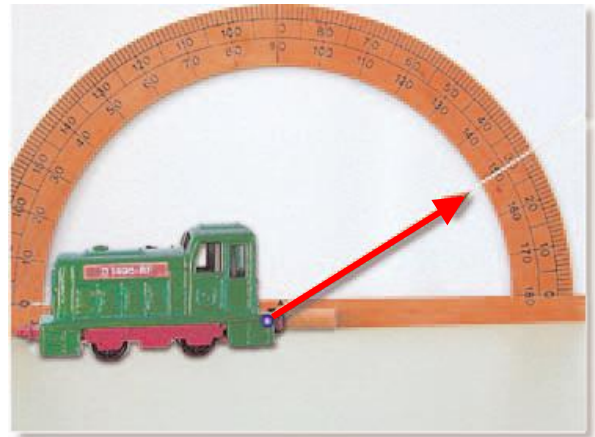
Ανάλυση δύναμης

Κάθε δύναμη μπορεί να αναλυθεί σε δυο επιμέρους δυνάμεις που λέγονται συνιστώσες και την έχουν συνισταμένη. Συνήθως η ανάλυση

γίνεται σε δυο διευθύνσεις κάθετες μεταξύ τους. Στην εικόνα 3.29 ένα μικρό αυτοκινητάκι τραβιέται με ένα σκοινί που σχηματίζει γωνία 30° με το οριζόντιο έδαφος. Μέσω του σκοινιού ασκείται στο αυτοκινητάκι δύναμη μέτρου $F=12\text{ N}$.

Εικόνα 3.29.

Το σκοινί ασκεί δύναμη στο αυτοκινητάκι, η διεύθυνση της οποίας συμπίπτει με αυτή του νήματος.



Για να αναλύσουμε τη δύναμη σε δυο κάθετες συνιστώσες, δηλαδή να βρούμε δυο δυνάμεις που θα προκαλούσαν τα ίδια αποτελέσματα με τη δύναμη F , ακολουθούμε την παρακάτω πορεία:

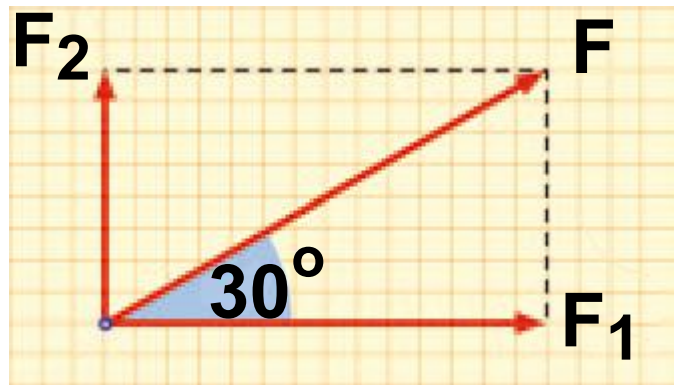
Σχεδιάζουμε δυο κάθετους άξονες, στην περίπτωση μας έναν οριζόντιο και έναν κατακόρυφο.

Η δύναμη F σχεδιάζεται με κατάλληλη κλίμακα και με διεύθυνση τέτοια ώστε να σχηματίζει γωνία 30° με τον οριζόντιο άξονα. Από το τέλος του διανύσματος που παριστάνει την F , φέρνουμε παράλληλες προς τους δυο άξονες. Τα σημεία τομής με τους άξονες καθορίζουν τα άκρα των διανυσμάτων της οριζόντιας και της κατακόρυφης συνιστώσας.

Μετρώντας τα μήκη των διανυσμάτων και χρησιμοποιώντας την ίδια κλίμακα με την οποία σχεδιάσαμε την F , μπορούμε να προσδιορίσουμε τα μέτρα των συνιστωσών, F_1 και F_2 (εικόνα 3.30)

Εικόνα 3.30.

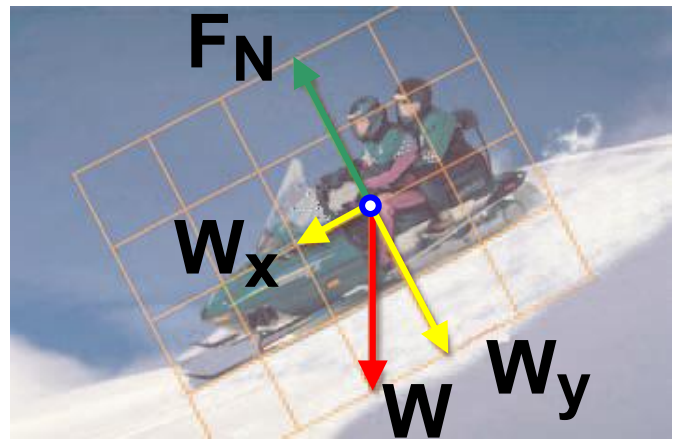
Η δύναμη F αναλύεται στις F_1 και F_2 .



Εικόνα 3.31.

Δυνάμεις σε κεκλιμένο επίπεδο.

Ανάλυση του βάρους ενός σώματος που βρίσκεται πάνω σε κεκλιμένο επίπεδο. Αν το επίπεδο είναι λείο, όπως για παράδειγμα η παγωμένη επιφάνεια μιας χιονοδρομικής πίστας, τότε από το επίπεδο ασκείται μόνο η κάθετη δύναμη F_N .



Ανάλυση δύναμης σε κεκλιμένο επίπεδο

Δεν υπάρχει γενικός κανόνας που να καθορίζει ότι οι διευθύνσεις

στις οποίες γίνεται η ανάλυση των δυνάμεων πρέπει να είναι η κατάκόρυφη και η οριζόντια. Για παράδειγμα, όταν μελετάμε την κίνηση σε κεκλιμένο επίπεδο, μπορούμε να αναλύσουμε τις δυνάμεις σε μια διεύθυνση κάθετη και μια παράλληλη στο κεκλιμένο επίπεδο (εικόνα 3.31).

Δραστηριότητα

Διανύσματα δυνάμεων

▶ Δύο μαθητές της τάξης σου τραβάνε από τα δυο άκρα ένα σχοινί μήκους 10 μέτρων.

Το σχοινί φαίνεται να είναι ευθύγραμμο;

▶ Κάλεσε έναν από τους άλλους συμμαθητές σου να προσπαθήσει με το ένα δάχτυλο να σπρώξει το μέσο του σχοινιού.

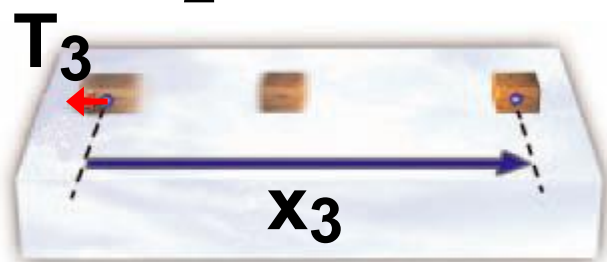
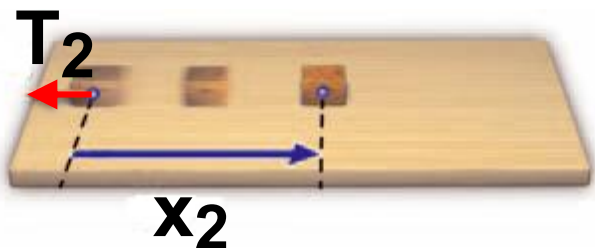
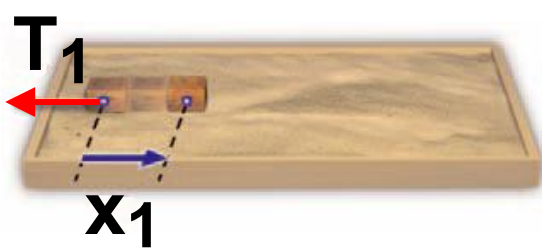
- ▶ *Μπορούν οι πρώτοι μαθητές να διατηρήσουν το σχοινί ευθύγραμμο;*
- ▶ Προσπάθησε να δώσεις μια εξήγηση γι' αυτό που συμβαίνει.

3.4 Δύναμη και ισορροπία

Τοποθετούμε ένα ξύλινο κιβώτιο πάνω σε τραχύ έδαφος. Σπρώχνουμε το κιβώτιο προς τα εμπρός. Το κιβώτιο θα σταματήσει σχεδόν αμέσως μόλις αφήσουμε το χέρι μας. Το κιβώτιο σταματά γιατί ασκείται σ' αυτό η δύναμη της τριβής από το έδαφος που αντιτίθεται στην κίνησή του.

Εάν σπρώξουμε το κιβώτιο σε λείο ξύλινο πάτωμα, το κιβώτιο θα ολισθήσει περισσότερο. Η τριβή που ασκείται από το πάτωμα στο κιβώτιο είναι τώρα μικρότερη. Αν κάνουμε το ίδιο στην παγωμένη

επιφάνεια ενός παγοδρομίου, το κιβώτιο θα μετακινηθεί πολύ περισσότερο. Η τριβή που ασκείται από την παγωμένη επιφάνεια σ' αυτό είναι τώρα ακόμα μικρότερη (εικόνα 3.32).



Εικόνα 3.32.

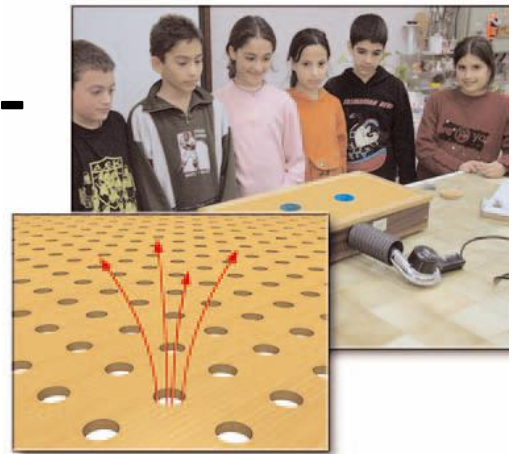
Όσο πιο λεία είναι η επιφάνεια, τόσο λιγότερο η τριβή αντιστέκεται στην κίνηση του σώματος.

Αν τοποθετήσουμε ένα νόμισμα σε μια αεροτράπεζα (εικόνα 3.33), τότε από την τράπεζα δεν ασκείται δύναμη στο νόμισμα η οποία θα μπορούσε να ελαττώσει την ταχύτητά του.

Έτσι, αυτό ολισθαίνει με σχεδόν σταθερή ταχύτητα για μια μεγάλη απόσταση χωρίς κανένα πρόσθετο σπρώξιμο από εμάς.

Εικόνα 3.33.

Στην αεροτράπεζα διοχετεύουμε αέρα που βγαίνει από τις μικρές τρύπες που υπάρχουν στην επιφάνειά της.



Μεταξύ του σώματος που κινείται και της τράπεζας δημιουργείται στρώμα αέρα. Έτσι μειώνουμε σημαντικά τη δύναμη της **τριβής¹**.

Ο Γαλιλαίος ισχυρίσθηκε ότι ένα τέλεια λείο αντικείμενο πάνω σε μια επίσης τέλεια λεία οριζόντια επιφάνεια θα μπορούσε να κινείται επ' άπειρο σε ευθεία γραμμή.

Υπάρχουν στη φύση τέλεια λείες επιφάνειες; Αν όχι, έχει νόημα ο ισχυρισμός του Γαλιλαίου;

Είδαμε στην προηγούμενη παράγραφο ότι η δύναμη της τριβής είναι παρούσα σε κάθε κίνηση της καθημερινής μας ζωής. Φαίνεται λοιπόν ότι ο ισχυρισμός του Γαλιλαίου δεν μπορεί να εφαρμοστεί στην καθημερινή μας εμπειρία. Αυτό όμως δεν είναι αλήθεια, γιατί μπορούμε να μη λάβουμε υπόψη μας τη δύναμη της τριβής όταν αυτή είναι πάρα πολύ μικρή ή όταν ασκείται για πολύ μικρό χρονικό διάστημα, όπως συμβαίνει στις απότομες κινήσεις.

Αργότερα ο Νεύτωνας χρησιμοποιώντας την έννοια της δύναμης διατύπωσε πιο ολοκληρωμένα την άποψη του Γαλιλαίου ως εξής:

Ένα σώμα συνεχίζει να παραμένει ακίνητο ή να κινείται ευθύγραμμα και ομαλά εφόσον δεν ασκείται σε αυτό δύναμη ή η συνολική (συνισταμένη) δύναμη που ασκείται πάνω του είναι μηδενική.

Η παραπάνω πρόταση αποτελεί τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα για την κίνηση των σωμάτων.

Η πρόταση αυτή του Νεύτωνα συνδέεται με μια ιδιότητα των σωμάτων που ονομάζεται αδράνεια.

Αδράνεια είναι η τάση των σωμάτων να αντιστέκονται σε οποιαδήποτε μεταβολή της κινητικής τους κατάστασης (ταχύτητας).

1.

- Για να πετύχουμε μεγάλες ταχύτητες στα σύγχρονα μέσα μεταφοράς, προσπαθούμε να μειώσουμε όσο

το δυνατόν περισσότερο τη δύναμη της τριβής.

- Αναζήτησε το κοινό χαρακτηριστικό μεταξύ των τρένων υψηλής ταχύτητας και της αεροτράπεζας.
- Γράψε ένα κείμενο για το πώς φαντάζεσαι ότι θα ήταν η ζωή και οι μεταφορές στην Ελλάδα, αν οι πρωτεύουσες των νομών της συνδέονταν με τρένα τέτοιων ταχυτήτων.

Δραστηριότητα

Αδράνεια, μια ιδιότητα της ύλης

- ▶ Πάρε ένα βιβλίο και βάλε πάνω του ένα κέρμα.
- ▶ Δίπλα στο βιβλίο και στο ύψος του κέρματος βάλε τη γόμα σου.



- ▶ Τράβηξε απότομα το βιβλίο οριζόντια. *Τι παρατηρείς; Πώς το εξηγείς;*
- ▶ Αν δεν τραβήξεις απότομα το βιβλίο, τι θα συμβεί; Πώς το εξηγείς;

Διατηρώντας την ηρεμία

Ένα σώμα που είναι ακίνητο

...παραμένει ακίνητο

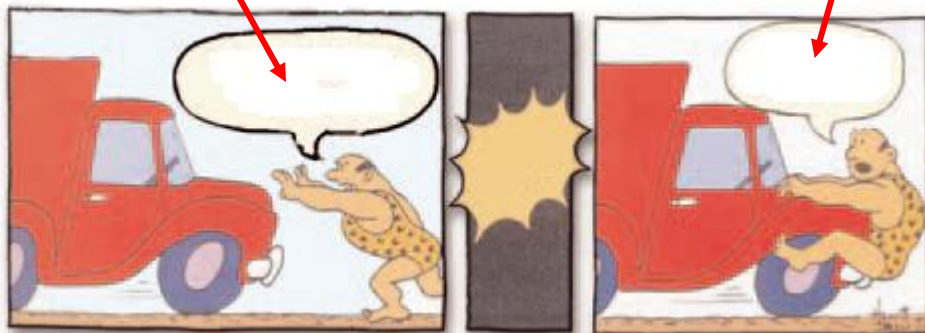


Διατηρώντας την κίνηση

Ένα σώμα που κινείται

...συνεχίζει να κινείται

ΜΠΟΥΜ



3.5 Ισορροπία υλικού σημείου

Ας θυμηθούμε το παράδειγμα με τους μαθητές που τραβούν με σκοινιά έναν κρίκο (παράγραφος 3.3). Είδαμε ότι αν η συνισταμένη των δυνάμεων που οι μαθητές ασκούν στον κρίκο είναι μηδέν, τότε αυτός θα παραμείνει ακίνητος. Με βάση αυτή την παρατήρηση, μπορούμε να πούμε ότι ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα αποτελεί και τη διατύπωση της συνθήκης για την ισορροπία ενός υλικού σημείου.

Λέμε ότι ένα σώμα, που θεωρείται υλικό σημείο, ισορροπεί όταν είναι ακίνητο ή κινείται με σταθερή ταχύτητα. Σε αυτή την περίπτωση, σύμφωνα με τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα, η συνισταμένη όλων των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό είναι ίση με το μηδέν.

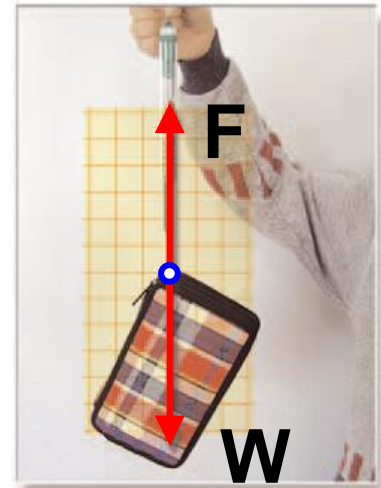
Συμβολικά, η συνθήκη ισορροπίας υλικού σημείου γράφεται:

$$\vec{F}_{ολικο} = 0$$

Στην εικόνα 3.34 η κασετίνα ισορροπεί διότι σε αυτή ασκούνται δυο αντίθετες δυνάμεις. Το βάρος, η δύναμη που ασκεί η γη από απόσταση και είναι ίση με 5 N και η δύναμη που ασκεί το δυναμόμετρο, που είναι επίσης ίση με 5 N.

Εικόνα 3.34.

Στην κασετίνα ασκούνται δυο αντίθετες δυνάμεις. Η κασετίνα ισορροπεί.

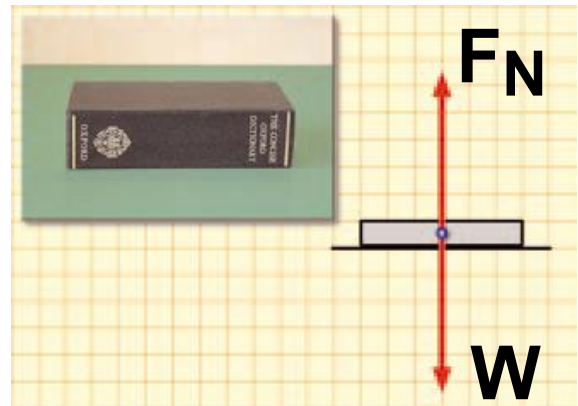


Όταν ένα σώμα ισορροπεί, μπορούμε να εφαρμόσουμε τη συνθήκη ισορροπίας και να υπολογίσουμε κάποιες από τις άγνωστες δυνάμεις που ασκούνται σ' αυτό. Ένα βιβλίο βρίσκεται σε

ηρεμία πάνω στο θρανίο σου (εικόνα 3.35). Το βάρος του βιβλίου, που είναι μια δύναμη από απόσταση, έχει μέτρο 10 N.

Εικόνα 3.35.

Το βιβλίο ισορροπεί. Οι δυνάμεις που ασκούνται σ' αυτό είναι αντίθετες.



Ασκείται άλλη δύναμη στο βιβλίο; Αν ναι, μπορούμε να την προσδιορίσουμε; Το βάρος του βιβλίου είναι μια κατακόρυφη δύναμη με φορά προς τα κάτω. Εφόσον το βιβλίο ισορροπεί, του ασκείται μια δύναμη επαφής από το θρανίο που είναι αντίθετη με το βάρος. Δηλαδή, είναι κατακόρυφη με φορά προς τα πάνω και έχει μέτρο ίσο με 10 N. Στο δυναμόμετρο

που παριστάνεται στην εικόνα 3.10 ο κύβος ισορροπεί, διότι το ελατήριο ασκεί σ' αυτόν μια δύναμη αντίθετη με το βάρος του.

Ανάλυση δυνάμεων και ισορροπία

Κατά την εφαρμογή της συνθήκης ισορροπίας, συχνά διευκολυνόμαστε με την ανάλυση κάποιων δυνάμεων σε δυο κάθετες συνιστώσες κατά τις διευθύνσεις x , y . Τότε, η συνθήκη ισορροπίας ισχύει χωριστά για κάθε διεύθυνση.

$$F_{ολx} = 0 \text{ και } F_{ολy} = 0$$

Η επιλογή των διευθύνσεων γίνεται βέβαια με κριτήριο να απαιτηθεί η ανάλυση όσο το δυνατόν λιγότερων δυνάμεων.

Παράδειγμα 3.2

Μια κασετίνα βάρους 3 N ηρεμεί σε οριζόντιο δάπεδο, ενώ τη σπρώχνουμε με το χέρι μας ασκώντας σταθερή οριζόντια δύναμη μέτρου 4 N. Να υπολογιστούν τα μέτρα:
α) της τριβής: T , β) της κάθετης δύναμης που ασκεί το δάπεδο: F_N ,
γ) της συνισταμένης δύναμης από το δάπεδο: F_Δ

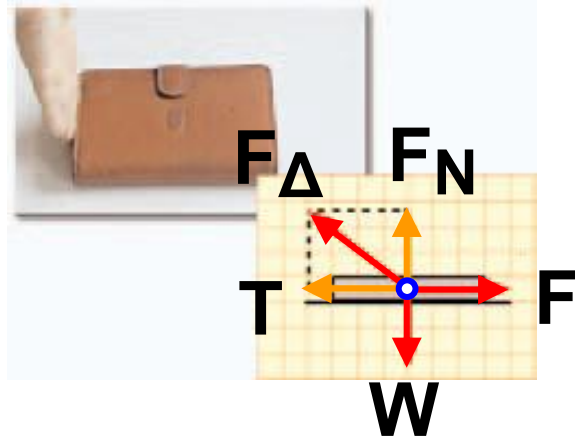
Δεδομένα	Ζητούμενα	Βασική εξίσωση
$W = 3 \text{ N},$ $F = 4 \text{ N}$	α) F_N β) T γ) F_Δ	$F_{ολχ} = 0$ $F_{ολγ} = 0$

Λύση

Βήμα 1: Σχεδιάζουμε τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα:

Από απόσταση: το βάρος $W=3 \text{ N}$, κατακόρυφη με φορά προς τα κάτω.

Από επαφή: Η δύναμη από το χέρι (τείνει να κινήσει την κασετίνα)
 $F = 4 \text{ N}$.



Από το δάπεδο (η κάθετη F_N με φορά από το δάπεδο προς το σώμα και η τριβή που αντιτίθεται στην κίνηση).

Βήμα 2: Υπολογίζουμε τα μέτρα των δυνάμεων:

A. Επιλέγουμε δυο κάθετες διευθύνσεις [την οριζόντια (x) και την κατακόρυφη (y)]

B. Εφαρμόζουμε τη συνθήκη ισορροπίας για τους δυο άξονες - Βασική εξίσωση:

$$F_{\text{ολ}x} = 0 \quad F - T = 0 \quad F = T \quad T = 5 \text{ N}$$

$$F_{\text{ολ}y} = 0 \quad W - F_N = 0 \quad W = F_N \quad F_N = 4 \text{ N}$$

Γ. Η δύναμη που ασκεί το δάπεδο

είναι η συνισταμένη των F_N

$$F_{\Delta}^2 = T^2 + F_N^2, F_{\Delta}^2 = (4 \text{ N})^2 + (3 \text{ N})^2$$

$$F_{\Delta}^2 = 16 \text{ N}^2 + 9 \text{ N}^2, F_{\Delta}^2 = 25 \text{ N}^2,$$

$$F_{\Delta} = 5 \text{ N}$$

3.6 Δύναμη και μεταβολή δύναμης

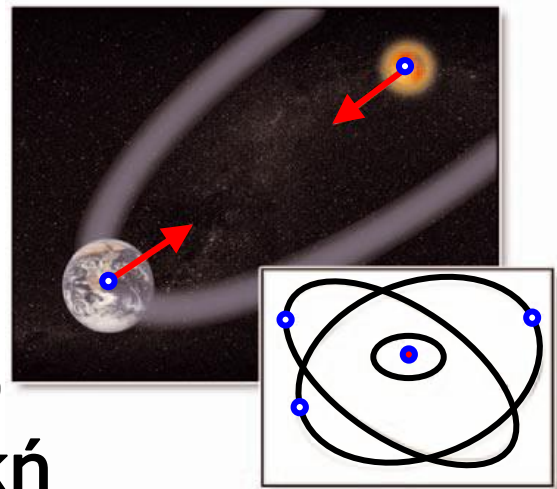
Κατά την περιφορά της γης γύρω από τον ήλιο, η ταχύτητά της διαρκώς μεταβάλλεται. Η αιτία που προκαλεί τη μεταβολή της ταχύτητας της γης είναι η ελκτική δύναμη που ασκεί ο ήλιος σ' αυτή (εικόνα 3.36). Πώς σχετίζεται η δύναμη που ασκεί ο ήλιος στη γη με τη μεταβολή της ταχύτητάς της;

Αντίστοιχα, ένα ηλεκτρόνιο περιφέρεται γύρω από τον πυρήνα εξαιτίας της ελκτικής δύναμης που

ασκείται σ' αυτό από τον πυρήνα (εικόνα 3.36). Ποια είναι η σχέση της κίνησης του ηλεκτρονίου με τη δύναμη που ασκεί ο πυρήνας σ' αυτό;

Εικόνα 3.36.

Η δύναμη που ασκεί ο πυρήνας στο ηλεκτρόνιο προκαλεί την κίνησή του γύρω απ' αυτόν. Η βαρυτική έλξη που ασκεί ο ήλιος στη γη, προκαλεί την περιφορά της γύρω του.



Μια από τις σημαντικότερες κατακτήσεις της επιστήμης είναι η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι δυνάμεις που ασκούνται σ' ένα σώμα καθορίζουν την κίνησή του. Στις επόμενες παραγράφους θα συζητήσουμε τη σχέση δύναμης

και κίνησης και το νόμο της αλληλεπίδρασης δυο σωμάτων, καθώς και εφαρμογές αυτών των νόμων στην καθημερινή ζωή.

Είδαμε ότι η δύναμη είναι η αιτία που προκαλεί μεταβολή στην ταχύτητα των σωμάτων. *Με ποιο τρόπο συνδέεται η δύναμη με τη μεταβολή της ταχύτητας;*

Όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που ασκείται σ' ένα σώμα που έχει ορισμένη μάζα, τόσο πιο γρήγορα μεταβάλλεται η ταχύτητά του.

Ο Νεύτωνας διατύπωσε με σαφήνεια και ακρίβεια τη σχέση της δύναμης και της μεταβολής της ταχύτητας με τη βοήθεια μιας απλής μαθηματικής εξίσωσης γνωστής και ως «δεύτερος νόμος του Νεύτωνα» για την κίνηση. Το νόμο αυτό θα τον μελετήσετε σε μεγαλύτερη τάξη.

Εικόνα 3.37.
Ο Ισαάκ Νεύτων
(1642-1727)



Φυσικός, μαθηματικός και αστρονόμος είναι κορυφαία φυσιογνωμία της επιστημονικής επανάστασης του 17ου αιώνα. Το έργο του αναφέρεται στην Οπτική, Μηχανική και τα μαθηματικά. Στη Μηχανική διατύπωσε τους τρεις νόμους για την κίνηση των σωμάτων που αποτελούν τις βασικές αρχές για τη σύγχρονη φυσική. Επίσης διατύπωσε το νόμο της παγκόσμιας έλξης.

Η μάζα ανθίσταται στη μεταβολή της ταχύτητας

Αν αντικαταστήσουμε μια μπάλα του ποδοσφαίρου με μια μπάλα του μπάσκετ, ο ίδιος ποδοσφαιριστής

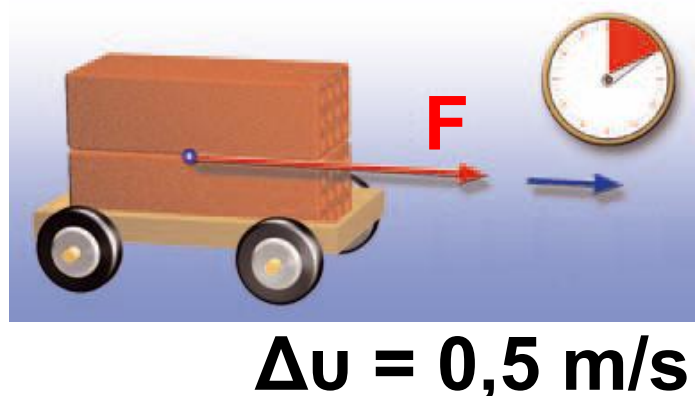
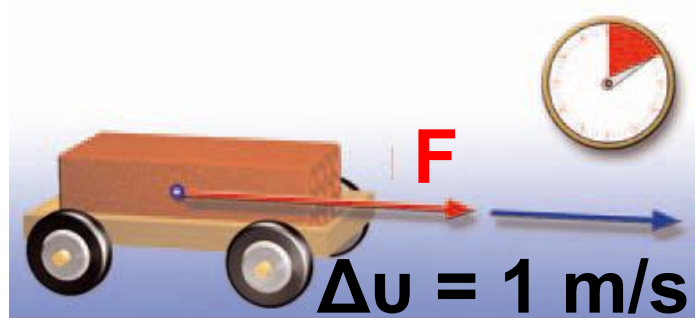
ασκώντας την ίδια δύναμη κινεί δυσκολότερα την μπάλα του μπάσκετ.

Πώς εξηγείται αυτό;

Η μεταβολή της ταχύτητας εξαρτάται επίσης από τη μάζα του σώματος. Η μπάλα του μπάσκετ έχει μεγαλύτερη μάζα. Όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα, τόσο μικρότερη είναι η μεταβολή της ταχύτητας που προκαλείται από την ίδια δύναμη, εφόσον αυτή ασκείται για το ίδιο χρονικό διάστημα (εικόνα 3.38).

Εικόνα 3.38.

Σε σώμα διπλάσιας μάζας η ίδια δύναμη προκαλεί τη μισή μεταβολή της ταχύτητας.



Όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα ενός σώματος, τόσο δυσκολότερα μπορεί να μεταβληθεί η ταχύτητά του.

Συνδυάζοντας την παραπάνω πρόταση με την έννοια της αδράνειας, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η μάζα ενός σώματος είναι το μέτρο της αδράνειάς του, δηλαδή της αντίστασης που παρουσιάζει το σώμα στη μεταβολή της κινητικής του κατάστασης. Μεγάλη μάζα σημαίνει μεγάλη αδράνεια, δηλαδή μεγάλη αντίσταση και άρα μικρή μεταβολή στην ταχύτητα (για δεδομένη δύναμη). Όταν το φορτηγό είναι φορτωμένο σταματάει δυσκολότερα παρά όταν είναι άδειο. Η ταχύτητα του φορτηγού μπορεί να μεταβληθεί ευκολότερα όταν αυτό είναι άδειο.

Δραστηριότητα

Αδράνεια, μια ιδιότητα της ύλης

▶ Κρέμασε δυο κουτάκια αναψυκτικών με δυο νήματα ίσου μήκους, ένα γεμάτο και ένα άδειο.

▶ Άφησέ τα να ισορροπήσουν.

▶ Σκέψου με ποιο τρόπο μπορείς να διακρίνεις το άδειο από το γεμάτο κουτί, χωρίς να τα ακουμπήσεις



Μάζα και Βάρος

Πολλές φορές στη γλώσσα που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή οι έννοιες της μάζας και του βάρους συγχέονται. Αυτό είναι πολύ πιθανόν να οφείλεται στο ότι η μέτρηση της μάζας ενός σώματος γίνεται μέσω του βάρους του. Ακόμα και όταν για τη μέτρηση της μάζας ενός σώματος χρησιμοποιούμε

ζυγό ισορροπίας, το κάνουμε εξισώνοντας το βάρος του με το βάρος γνωστής μάζας. Επιπλέον χρησιμοποιούμε χωρίς διάκριση τη μονάδα κιλό και για τη μάζα και για το βάρος.

Για να διακρίνουμε με σαφήνεια τις δυο έννοιες, εντοπίζουμε τις βασικές διαφορές τους, οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα 3.1.

Η μάζα ενός σώματος παραμένει η ίδια σε οποιοδήποτε σημείο του σύμπαντος και αν μεταφερθεί αυτό. Το βάρος του, όμως, μεταβάλλεται (εικόνα 3.39). Μια μπάλα του ποδοσφαίρου με μάζα $0,75 \text{ kg}$ έχει βάρος $7,5 \text{ N}$ στη γη, αλλά μόνο $1,25 \text{ N}$ στη σελήνη. Κλοτσώντας όμως την μπάλα πάνω στην επιφάνεια της σελήνης, είναι εξίσου δύσκολο να την κινήσουμε όπως και στη γη, επειδή η μάζα της, της οποίας το

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΒΑΡΟΥΣ

Μάζα	Βάρος
Είναι το μέτρο της αδράνειας ενός σώματος	Είναι η βαρυτική δύναμη που ασκεί η γη στο σώμα
Είναι μονόμετρο μέγεθος	Είναι διανυσματικό μέγεθος
Παραμένει ίδια σε οποιοδήποτε σημείο του σύμπαντος	Αλλάζει από τόπο σε τόπο
Μονάδα είναι το 1 kg	Μονάδα είναι το 1 N

μέτρο συνδέεται με την αδράνειά της, διατηρείται ίδια.

Η μάζα και το βάρος ενός σώματος συνδέονται μέσω ενός μεγέθους που ονομάζεται επιτάχυνση της

βαρύτητας (g) και μεταβάλλεται από τόπο σε τόπο. Ισχύει:

$$w = m \cdot g$$

ή διαφορετικά, σε κάθε τόπο το πηλίκο του βάρους ενός σώματος προς τη μάζα του είναι σταθερό και ίδιο για όλα τα σώματα. Η τιμή του g στην επιφάνεια της γης είναι περίπου $9,8 \text{ m/s}^2$.

Εικόνα 3.39.

Η μάζα του Ώλτριν (Auldrin) δεν άλλαξε στη σελήνη. Το βάρος του όμως έγινε το $1/6$ του βάρους που είχε στη γη.



3.7 Δύναμη και αλληλεπίδραση

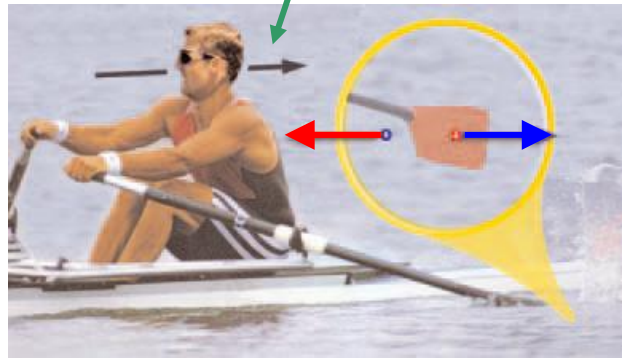
Παρατηρώντας έναν αγώνα κωπηλασίας βλέπεις τους κωπηλάτες να ασκούν με τα κουπιά δύναμη

στο νερό και να το σπρώχνουν προς τα πίσω. Ποια δύναμη σπρώχνει τη βάρκα προς τα μπροστά; Πριν από περίπου 300 χρόνια ο Νεύτωνας διακήρυξε ότι στη φύση υπάρχει συμμετρία και ότι όλες οι δυνάμεις πρέπει να θεωρούνται ως δυνάμεις αλληλεπίδρασης μεταξύ δυο σωμάτων. Έτσι οι κωπηλάτες αλληλεπιδροούν με το νερό: ασκούν με τα κουπιά δύναμη στο νερό με φορά προς τα πίσω και το νερό ασκεί δύναμη στα κουπιά προς τα εμπρός (εικόνα 3.40). Το ίδιο συμβαίνει και όταν κλοτσάμε την μπάλα, στο πόδι μας αισθανόμαστε τη δύναμη που ασκεί η μπάλα σε αυτό. Όσο πιο δυνατά σπρώχνουμε τον τοίχο προς μια κατεύθυνση, άλλο τόσο μας σπρώχνει και ο τοίχος προς την αντίθετη.

Εικόνα 3.40.

Το κουπί ασκεί δύναμη στο νερό και το νερό ασκεί δύναμη στο κουπί.

κίνηση βάρκας



Γενικεύοντας τις παρατηρήσεις του, ο Νεύτωνας διατύπωσε την πρόταση που είναι γνωστή ως τρίτος νόμος του Νεύτωνα:

Όταν ένα σώμα ασκεί δύναμη σ' ένα άλλο σώμα (δράση), τότε και το δεύτερο σώμα ασκεί δύναμη ίσου μέτρου και αντίθετης κατεύθυνσης στο πρώτο (αντίδραση).

Ή διαφορετικά,

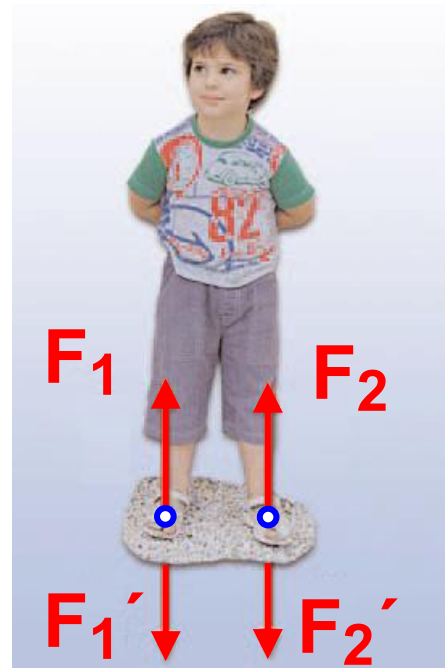
Σε κάθε δράση αντιστοιχεί πάντα μια αντίθετη αντίδραση.

Στη φύση ποτέ δεν εκδηλώνεται η δράση χωρίς την αντίστοιχη αντίδραση. Όταν στεκόμαστε όρθιοι, ασκούμε στο πάτωμα κατακόρυφη

δύναμη προς τα κάτω και το πάτωμα ασκεί πάνω μας μια ίση δύναμη με φορά προς τα πάνω (εικόνα 3.41). Όταν βαδίζουμε, ασκούμε με το πόδι μας στο πάτωμα μια επιπλέον οριζόντια δύναμη προς τα πίσω. Το πάτωμα ασκεί στο πόδι μας μια δύναμη (δύναμη τριβής) προς τα εμπρός ίσου μέτρου (εικόνα 3.42). Όταν κολυμπάμε, αλληλεπιδρούμε με το νερό. Σπρώχνουμε το νερό προς τα πίσω και το νερό μας σπρώχνει μπροστά.

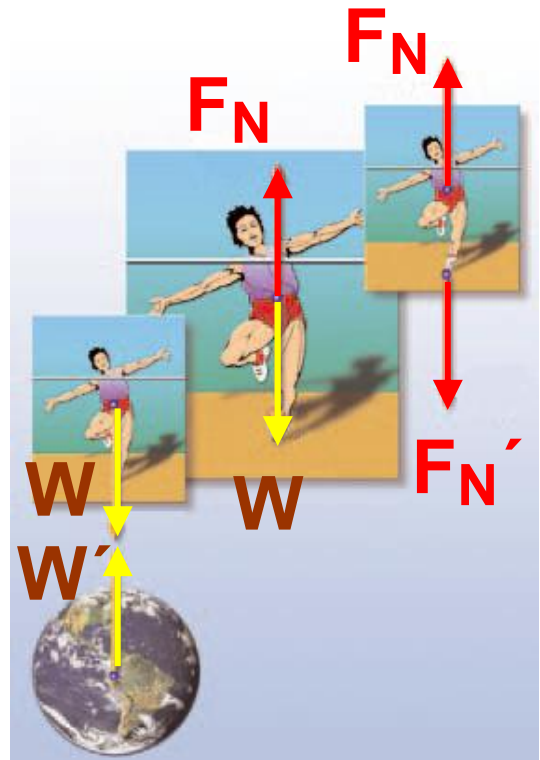
Εικόνα 3.41.

Το παιδί ασκεί δυνάμεις στο πάτωμα. Το πάτωμα ασκεί δυνάμεις στο παιδί.



Εικόνα 3.42.

Ο άλτης του ύψους σπρώχνει το έδαφος προς τα κάτω και το έδαφος στον σπρώχνει προς την αντίθετη κατεύθυνση. Έτσι ο αθλητής υπερνικά τη βαρύτητα και μπορεί να ανέβει σε ύψος μέχρι και 2,4 m.



Δεν έχει σημασία ποια από τις δυο δυνάμεις αποκαλούμε δράση και ποια αντίδραση, αρκεί να θυμόμαστε πάντα ότι συνυπάρχουν. Αυτό που είναι σημαντικό να θυμάστε είναι ότι οι δυο δυνάμεις δράση-αντίδραση ασκούνται πάντοτε σε δύο διαφορετικά σώματα.

Ας αναζητήσουμε τα ζεύγη δράσης-αντίδρασης των δυνάμεων που

ασκούνται σ' ένα μήλο, το οποίο βρίσκεται σε ηρεμία πάνω στο τραπέζι (εικόνα 3.43). Εφαρμόζουμε τη συνθήκη ισορροπίας για το μήλο: η συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο μήλο είναι μηδέν. Το βάρος του μήλου (W) εξισορροπείται από την κάθετη δύναμη (F_N) που το τραπέζι ασκεί στο μήλο. Οι δυνάμεις αυτές έχουν ίσα μέτρα και αντίθετες κατευθύνσεις. Ωστόσο, δεν αποτελούν ζεύγος δράση-αντίδραση, διότι προέρχονται από την αλληλεπίδραση του μήλου με δύο διαφορετικά σώματα: Το βάρος είναι η δύναμη που η γη ασκεί στο μήλο, ενώ την κάθετη δύναμη την ασκεί το τραπέζι στο μήλο. Όταν δυο σώματα αλληλεπιδρούν, στο ένα ασκείται η δράση και στο άλλο η αντίδραση. Η δράση και η αντίδραση είναι δυνάμεις που ασκού-

νται πάντοτε σε δύο διαφορετικά σώματα. Στην εικόνα 3.43 παριστάνονται τα σωστά ζεύγη δράσης-αντίδρασης.

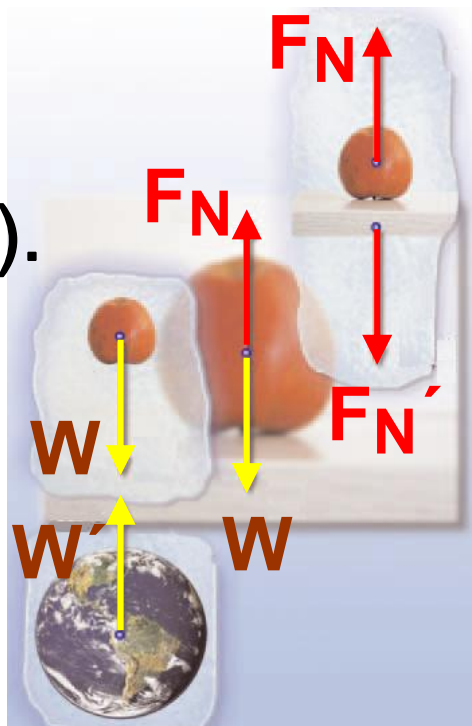
Εικόνα 3.43.

Η γη ασκεί στο μήλο τη δύναμη του βάρους (W).

Το μήλο ασκεί στη γη τη δύναμη (W').

Το τραπέζι ασκεί στο μήλο τη δύναμη F_N . Το μήλο ασκεί στο τραπέ-

ζι τη δύναμη F_N' . Οι δυνάμεις F_N και F_N' έχουν ίσα μέτρα και αντίθετες κατευθύνσεις.



Ένα μήλο πέφτει από τη μηλιά και κινείται προς το έδαφος. Οι βαρυτικές δυνάμεις ανάμεσα στο μήλο και τη γη, το W και το W' έχουν ίσα μέτρα και αντίθετες κατευθύνσεις.

Το βάρος W προκαλεί την κίνηση του μήλου.

Γιατί η δύναμη που ασκεί το μήλο στη γη δεν προκαλεί την κίνηση της γης;

Η μάζα του μήλου είναι πολύ μικρότερη από τη μάζα της γης. Επομένως, η αδράνεια του μήλου είναι πολύ μικρότερη της αδράνειας της γης. Έτσι, η άσκηση δυνάμεων ίσου μέτρου προκαλεί πολύ μεγαλύτερη μεταβολή της ταχύτητας του μήλου από την αντίστοιχη της γης. Η μεταβολή της ταχύτητας της γης είναι τόσο πολύ μικρή που δε γίνεται αντιληπτή. Έτσι, η γη παραμένει ακίνητη, ενώ το μήλο κινείται προς αυτή (εικόνα 3.44).

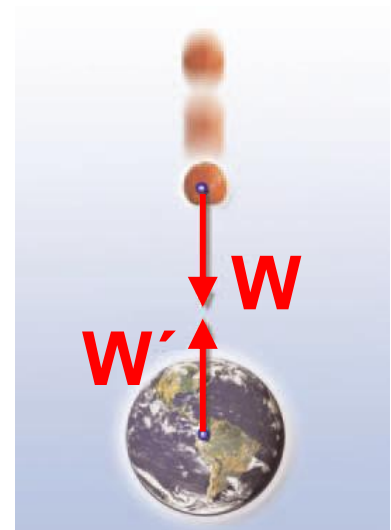
Εφαρμογές

Ποια δύναμη ανυψώνει το ελικόπτερο; Τα φτερά της έλικας, όταν

γυρίζουν, σπρώχνουν προς τα κάτω τα μόρια του αέρα (δράση). Τα μόρια του αέρα ωθούν την έλικα προς τα πάνω (αντίδραση). Η προς τα πάνω συνολική δύναμη που ασκούν τα μόρια του αέρα στην έλικα, λέγεται δυναμική άνωση. Όταν η δυναμική άνωση εξισωθεί με το βάρος του ελικοπτήρου, αυτό μπορεί να διατηρηθεί σε σταθερό ύψος. Όταν η δυναμική άνωση γίνει μεγαλύτερη του βάρους, το ελικόπτερο κινείται προς τα πάνω.

Εικόνα 3.44.

Το μήλο κινείται επειδή έχει μικρή αδράνεια. Η γη παραμένει ακίνητη επειδή έχει μεγάλη αδράνεια.



Ποια δύναμη ανυψώνει τα πουλιά; Όταν τα πουλιά πετούν τα

φτερά τους παίρνουν τέτοιο σχήμα, ώστε να σπρώχνουν τον αέρα προς τα κάτω (δράση), οπότε ο αέρας τα σπρώχνει προς τα πάνω (αντίδραση).

Ποια δύναμη κινεί ή αλλάζει την πορεία των αεροπλάνων; Με ελαφρά κλίση τμήματος των φτερών του αεροπλάνου, ο αέρας που συναντά στρέφεται προς τα πάνω ή προς τα κάτω. Έτσι, ο αέρας ασκεί δύναμη στο αεροπλάνο και το αναγκάζει να αλλάξει πορεία. Στα ελικοφόρα αεροπλάνα οι έλικες σπρώχνουν τον αέρα προς τα πίσω, οπότε ο αέρας τις σπρώχνει προς τα εμπρός. Στα αεριωθούμενα αεροπλάνα ο στροβιλοκινητήρας (τουρμπίνα) ρουφά αέρα από εμπρός και τον σπρώχνει προς τα πίσω. Αυτός με τη σειρά του

σπρώχνει το αεροσκάφος μπροστά (εικόνα 3.45).

Ποια δύναμη κινεί τα πλοία στη θάλασσα; Τα πλοία διαθέτουν την προπέλα, η οποία καθώς κινείται, σπρώχνει το νερό προς τα πίσω (δράση), οπότε το νερό τη σπρώχνει προς τα εμπρός (αντίδραση).

Εικόνα 3.45.

Η κίνηση του αεροπλάνου μπορεί να ερμηνευτεί με τη βοήθεια της δράσης-αντίδρασης.



- Μπορείς να σκεφτείς με ποιο τρόπο θα μπορούσε να κινηθεί ένα αεροπλάνο στη σελήνη, όπου δεν υπάρχει ατμόσφαιρα; Ποιο σώμα θα ασκεί τη δράση και ποιο την αντίδραση που κινεί το αεροπλάνο;

- Πώς κινούνται οι πύραυλοι έξω από την ατμόσφαιρα;

Πώς πετούν τα αποδημητικά πουλιά

Γιατί τα αποδημητικά πουλιά, όπως, π.χ. οι πελαργοί, πετούν σε σχηματισμό V; Η απάντηση μπορεί να δοθεί με απλή φυσική!

Τα φτερά των πουλιών ωθούν τον αέρα προς τα κάτω. Σύμφωνα με



τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα και ο αέρας σπρώχνει τα πουλιά προς τα πάνω. Αλλά δεν είναι μόνο αυτό. Ο αέρας που ωθείται, συναντά τον αέρα που βρίσκεται από κάτω και στροβιλίζεται προς τα πάνω. Το ανερχόμενο αυτό ρεύμα είναι ισχυρότερο προς την πλευρά του πουλιού. Ένα πουλί που ακολουθεί,

παίρνει τέτοια θέση ώστε να κερδίσει επιπλέον ανύψωση από το ανοδικό ρεύμα που δημιουργήθηκε από το προηγούμενο και ούτω καθεξής. Το αποτέλεσμα είναι ένα σμήνος από πουλιά να πετάει σε σχηματισμό V.

Ερωτήσεις

ερωτήσεις

► Χρησιμοποίησε και εφάρμοσε τις έννοιες που έμαθες:

Η έννοια της δύναμης - Δύο σημαντικές δυνάμεις στον κόσμο

1. Συμπλήρωσε τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές:

i. Οι δυνάμεις προκαλούν

α) μεταβολή στην

των σωμάτων β) την
τους.

ii. Όλες οι δυνάμεις που εμφανίζονται στη φύση έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό: εμφανίζονται πάντα ως μεταξύ δυο σωμάτων: λέμε ότι τα σώματα.....

Η δύναμη είναι μέγεθος και παριστάνεται ως.....

iii. Για να μελετήσουμε τις δυνάμεις, τις κατατάσσουμε σε δυο κατηγορίες. Δυνάμεις που ασκούνται κατά την δύο σωμάτων και δυνάμεις που ασκούνται από.....

iv. Η επιμήκυνση του ελατηρίου είναι με τη δύναμη που ασκείται σ' αυτό. Την παραπάνω ιδιότητα των ελατηρίων την εκμεταλλευόμαστε στην κατασκευή οργάνων μέτρησης των Η μονάδα δύναμης στο

**Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.)
ονομάζεται.....**

v. Η είναι η δύναμη που ασκείται από ένα σώμα σε ένα άλλο όταν βρίσκονται σε και το ένα κινείται ή τείνει να κινηθεί σε σχέση με το άλλο. Η διεύθυνση της τριβής είναι προς τις επιφάνειες που εφάπτονται και έχει φορά τέτοια ώστε να στην ολίσθηση της μιας επιφάνειας πάνω στην άλλη.

vi. Η βαρυτική δύναμη που ασκεί η γη σ' ένα σώμα ονομάζεται (γήινο)του σώματος. Οι βαρυτικές δυνάμεις είναι πάντοτε

**Σύνθεση και ανάλυση δύναμης -
Ισορροπία υλικού σημείου**

2. Να χαρακτηρίσεις με Σ τις προτάσεις των οποίων το περιεχόμενο είναι επιστημονικά ορθό και με Λ

αυτές που το περιεχόμενο τους είναι επιστημονικά λανθασμένο.

i. Η κασετίνα της εικόνας 3.27

ισορροπεί ενώ σ' αυτή ασκούνται τρεις δυνάμεις $F_1 = 5 \text{ N}$, $F_2 = 3 \text{ N}$ και

$F_{ολ} = 5 \text{ N}$.

ii. Ένα υλικό σημείο ισορροπεί με την επίδραση τριών δυνάμεων

όταν: (α) Η συνισταμένη των δυο δυνάμεων είναι αντίθετη της τρίτης.

(β) Η συνισταμένη των δυο δυνάμεων είναι ίση με την τρίτη. (γ) Η

συνισταμένη των δυο δυνάμεων έχει μέτρο διπλάσιο της τρίτης. (δ)

Η συνισταμένη όλων των δυνάμεων είναι μηδέν.

3. Στις παρακάτω ερωτήσεις να κυκλώσεις το γράμμα που αντιστοιχεί στη σωστή απάντηση:

Στην εικόνα 3.27 η συνισταμένη των δυνάμεων 4 N και 3 N: (α) είναι

ίση με το βάρος w της κασετίνας;
(β) Είναι αντίθετη με το βάρος w της κασετίνας; (γ) Έχει μέτρο διπλάσιο του βάρους w της κασετίνας;
(δ) Τίποτε από τα παραπάνω.

4. Συμπλήρωσε τις λέξεις που λείπουν από το παρακάτω κείμενο έτσι ώστε οι προτάσεις που προκύπτουν να είναι επιστημονικά ορθές.

Η τάση των σωμάτων να αντιστέκονται σε οποιαδήποτε μεταβολή της κινητικής τους κατάστασης λέγεται [Ένα σώμα συνεχίζει να παραμένει ή να κινείται ευθύγραμμα και.....
.....εφόσον η συνολική δύναμη που ασκείται επάνω του είναι μηδενική]. Η μάζα είναι το μέτρο της ενός σώματος.

Δύναμη και μεταβολή της ταχύτητας. Δύναμη και αλληλεπίδραση

5. ΣΤΙΣ παρακάτω ερωτήσεις να κυκλώσεις το γράμμα ή τα γράμματα που αντιστοιχούν στις σωστές απαντήσεις:

(α) Η δράση και η αντίδραση έχουν ίσο μέτρο και αντίθετη φορά. (β) Η δράση και η αντίδραση ασκούνται στο ίδιο σώμα. (γ) Σε κάθε δράση αντιστοιχεί πάντα μια αντίδραση. (δ) Σε δυο σώματα στα οποία ασκούνται η δράση και η αντίδραση, αντίστοιχα, η ταχύτητά τους μεταβάλλεται με τον ίδιο τρόπο.

► Εφάρμοσε τις γνώσεις σου και γράψε τεκμηριωμένες απαντήσεις στις ερωτήσεις που ακολουθούν:

Η έννοια της δύναμης - Δύο σημαντικές δυνάμεις στον κόσμο

- 1.** Ποια είναι η κοινή αιτία που προκαλεί την πτώση ενός αντικειμένου προς τη γη και την κίνηση της σελήνης γύρω από τη γη;
- 2.** Ένας συμμαθητής σου εκφράζει την άποψη: «Ένα σώμα έχει βάρος μόνο όταν βρίσκεται πάνω στην επιφάνεια της γης, ενώ δεν έχει όταν βρίσκεται στην επιφάνεια της σελήνης». Συμφωνείς με την άποψή του; Να εξηγήσεις.
- 3.** Να αναφέρεις τρία παραδείγματα εμφάνισης της δύναμης της τριβής σε κινήσεις που παρατηρούνται στην καθημερινή ζωή.
- 4.** Μια γόμα βρίσκεται ακίνητη πάνω στο θρανίο σου. Να σχεδιάσεις τις δυνάμεις που ασκούνται στη γόμα και να αναφέρεις από ποιο σώμα ασκείται η κάθε μια. Να τις κατάξεις σε δυνάμεις από επαφή και

από απόσταση. Να κάνεις το ίδιο στην περίπτωση που κινείς τη γόμα προς μια κατεύθυνση πάνω στη σελίδα του τετραδίου σου προκειμένου να σβήσεις μια πρόταση.

5. Δυο δυνάμεις με διαφορετικά μέτρα ασκούνται σ' ένα κιβώτιο. Είναι δυνατόν να προκύψει συνισταμένη δύναμη της οποίας το μέτρο να είναι ίσο με το μηδέν; Να δικαιολογήσεις την άποψή σου με ένα σχήμα.

6. Δυο παιδιά σπρώχνουν ένα μπαούλο. Το ένα ασκεί δύναμη 400 N και το άλλο δύναμη 300 N. Η συνισταμένη δύναμη που προκύπτει είναι ίση με 500 N. Εξήγησε πώς μπορεί να συμβεί αυτό.

7. Στην προηγούμενη ερώτηση, ποια είναι η μέγιστη τιμή της συνισταμένης δύναμης που μπορεί να

εξασκηθεί από τα παιδιά στο μπα-
ούλο; Ποια είναι η ελάχιστη τιμή της
συνισταμένης δύναμης;

Σύνθεση και ανάλυση δύναμης - Ισορροπία υλικού σημείου

8. Να αναφέρεις τέσσερις βασικές
διαφορές ανάμεσα στη μάζα και το
βάρος.

9. Στις πρώτες δεκαετίες του 21ου
αιώνα προβλέπεται ότι θα δημι-
ουργηθούν οι πρώτες διαστημικές
αποικίες. Οι τιμές των αγαθών πρέ-
πει να συνδέονται με τη μάζα ή με
το βάρος τους; Να αιτιολογήσεις
την απάντησή σου.

10. Εξήγησε τα παρακάτω φαινόμε-
να εφαρμόζοντας τον πρώτο νόμο
του Νεύτωνα:

α) Όταν ένα αεροπλάνο απογειώνε-
ται, τα σώματα των επιβατών
«πέφτουν προς τα πίσω».

β) Όταν ο οδηγός ενός λεωφορείου φρενάρει απότομα, ένας όρθιος επιβάτης «πέφτει μπροστά».

γ) Τινάζοντας τα βρεγμένα χέρια μας απομακρύνουμε τις σταγόνες από αυτά.

11. Τι εννοούμε λέγοντας ότι η ισορροπία είναι ισοδύναμη με την κίνηση με σταθερή ταχύτητα;

Δύναμη και μεταβολή της ταχύτητας. Δύναμη και αλληλεπίδραση

12. Με βάση τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα να ερμηνεύσεις την κίνηση: α) ενός πλοίου β) ενός ελικοπτήρου γ) ενός αεριωθούμενου αεροπλάνου.

13. Σύμφωνα με το μύθο, ένα άλογο γνώριζε τους νόμους του Νεύτωνα. Όταν του είπαν να σύρει ένα κάρο, αρνήθηκε απαντώντας: «εάν ασκήσω δύναμη στο κάρο προς τα

εμπρός, τότε σύμφωνα με τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα και το κάρο θα ασκήσει δύναμη ίσου μέτρου προς τα πίσω. Συνεπώς, η συνολική δύναμη θα είναι ίση με το μηδέν και σύμφωνα με τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα το κάρο θα παραμείνει ακίνητο». Τι θα απαντούσες σ' αυτό το μάλλον περίεργο άλογο;

14. Πώς εξηγείς το γεγονός ότι οι αθλητές των αλμάτων πατούν γερά στο έδαφος πριν από την πραγματοποίησή τους;

15. Ένα συμμαθητής σου στέκεται στο πάτωμα. Ποιες δυνάμεις του ασκούνται; Έχουν αυτές οι δυνάμεις ίσα μέτρα και αντίθετες κατευθύνσεις; Αποτελούν ζεύγος δράση-αντίδραση; Να αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

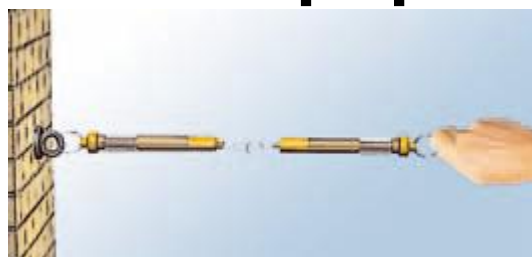
16. Ένα μήλο ισορροπεί πάνω σε ένα οριζόντιο τραπέζι. Ποιες δυνάμεις ασκούνται στο μήλο; Ποια είναι τα ζεύγη των δυνάμεων δράση-αντίδραση;

17. Ένα μεγάλο φορτηγό και ένα μικρό ΙΧ αυτοκίνητο συγκρούονται



μετωπικά. α) Να συγκρίνεις τις δυνάμεις που ασκούνται στα δυο οχήματα κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης. (β) Σε ποιο όχημα παρατηρείται μεγαλύτερη μεταβολή της ταχύτητας; Να αιτιολογήσεις τις απαντήσεις σου.

18. Ένας μαθητής συνδέει δύο δυναμόμετρα και κάνει το πείραμα που φαίνεται στη διπλανή εικόνα. Από τις ενδείξεις των δυ-



ναμόμετρων και από τις κατευθύνσεις των δυνάμεων συμπεραίνει ότι ισχύει ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα. Είναι σωστός ο συλλογισμός του; Ναι ή όχι και γιατί;

Ασκήσεις

ασκήσεις

Η έννοια της δύναμης - Δύο σημαντικές δυνάμεις στον κόσμο

1. Ένα ελατήριο επιμηκύνεται 3 cm όταν ασκείται πάνω του μια δύναμη 12 N.

(α) Πόσο θα επιμηκυνθεί αν του ασκηθεί δύναμη 20 N; (β) Πόση δύναμη πρέπει να του ασκηθεί για να αυξηθεί το μήκος του κατά 10 cm;

Σύνθεση και ανάλυση δύναμης - Ισορροπία υλικού σημείου

2. Στην εικόνα 3.22 τα δυο παιδιά ασκούν δυνάμεις $F_1=60$ N και

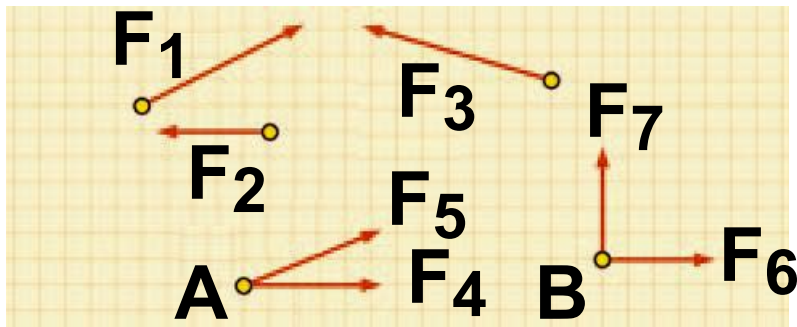
$F_2=115\text{ N}$ με φορά προς τα δεξιά και τα άλλα δυο δυνάμεις $F_3=85\text{ N}$ και $F_4=70\text{ N}$ προς την αντίθετη κατεύθυνση. Πόση είναι η συνισταμένη των δυνάμεων; Προς ποια κατεύθυνση θα κινηθεί ο κρίκος;

3. Σ' έναν κρίκο συνδέονται δυο νήματα. Μέσω των νημάτων ασκούνται στον κρίκο δυο δυνάμεις με μέτρα $F_1=4\text{ N}$ και $F_2=3\text{ N}$. Πόση είναι η συνολική δύναμη που ασκείται στον κρίκο, όταν οι δυο δυνάμεις έχουν: (α) ίδια κατεύθυνση, (β) αντίθετη κατεύθυνση, (γ) σχηματίζουν γωνία 90° ;

4. Δυο δυνάμεις F_1 και F_2 έχουν το ίδιο μέτρο 10 N . Να βρεθεί γραφικά η συνισταμένη τους, αν οι δυο δυνάμεις έχουν κοινό σημείο εφαρμογής και σχηματίζουν μεταξύ

τους γωνία: (α) 0° (β) 45° (γ) 60° (δ) 90° (ε) 180° .

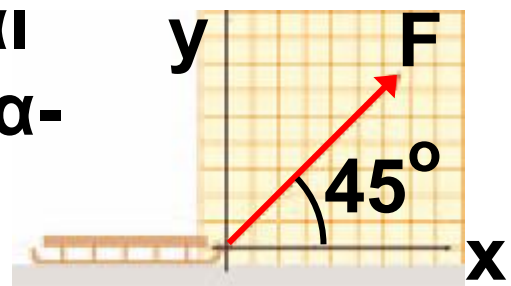
5. Στο παρακάτω σχήμα παριστάνονται επτά δυνάμεις. Να σχεδιάσεις τις δυνάμεις που είναι αντίθετες στις F_1, F_2, F_3 . Οι δυνάμεις F_4 και F_5 έχουν σημείο εφαρμογής το A και οι δυνάμεις F_6 και F_7 έχουν σημείο εφαρμογής το B. Να βρεις γραφικά τη συνισταμένη τους και να υπολογίσεις το μέτρο της.



6. Σ' ένα αντικείμενο ασκούνται δυο δυνάμεις. Μια οριζόντια με μέτρο 6 N και μια κατακόρυφη με μέτρο 8 N. Να βρεις το μέτρο και τη διεύθυνση

της συνισταμένης των δυο δυνάμεων.

7. Ένα μικρό έλκηθρο τραβιέται με ένα σκοινί που σχηματίζει γωνία 45° με το οριζόντιο έδαφος. Μέσω του σκοινιού ασκείται στο έλκηθρο μια δύναμη $F=50\text{ N}$. Να αναλύσεις την F σ' ένα σύστημα οριζόντιου και κατακόρυφου άξονα. Να προσδιορίσεις γραφικά τα μέτρα των δυο συνιστωσών δυνάμεων.



8. Ένα αυτοκίνητο μάζας 1000 kg κινείται με σταθερή ταχύτητα 50 km/h . Ποιο είναι το μέτρο της συνισταμένης δύναμης που ασκείται σ' αυτό;

9. Ένα βιβλίο Φυσικής είναι ακίνητο πάνω στο τραπέζι. Αν το σπρώξεις

με το χέρι σου, γλιστράει πάνω στο τραπέζι και σταματάει.

α) Πώς εξηγείς ότι το βιβλίο παραμένει ακίνητο πριν ασκηθεί σε αυτό η δύναμη από το χέρι σου;

β) Γιατί το βιβλίο κινείται όταν το σπρώχνεις με το χέρι σου;

γ) Πώς εξηγείς ότι το βιβλίο τελικά θα σταματήσει, όταν πάψεις να το σπρώχνεις;

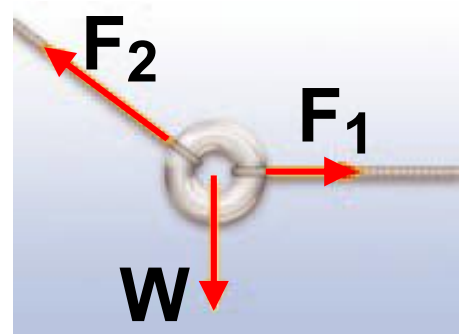
δ) Κάτω από ποιες συνθήκες το βιβλίο θα κινηθεί με σταθερή ταχύτητα;

10. Ένα κουτί μάζας 2 kg βρίσκεται σε οριζόντιο δάπεδο χωρίς τριβές και του ασκείται μια σταθερή οριζόντια δύναμη F με μέτρο 10 N.

Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή: Το κουτί θα κινηθεί με (α) σταθερή ταχύτητα 5 m/s, (β) σταθερή ταχύτητα 20 m/s, (γ) μεταβαλλόμενη ταχύτητα.

11. Στην εικόνα 3.22 τα δυο παιδιά προς τα δεξιά ασκούν δυνάμεις $F_1 = 125 \text{ N}$ και $F_2 = 50 \text{ N}$, ενώ τα δυο παιδιά που τραβούν τα σχοινιά προς τα αριστερά, ασκούν δυνάμεις $F_3 = 100 \text{ N}$ και F_4 . Υπολόγισε το μέτρο της F_4 , αν ο κρίκος παραμένει ακίνητος.

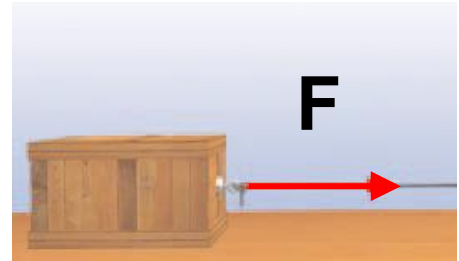
12. Ο κρίκος που παριστάνεται στο σχήμα είναι δεμένος με δυο νήματα και ισορροπεί. Αν



η δύναμη του βάρους που ασκείται στον κρίκο έχει μέτρο 6 N και η δύναμη F_1 που ασκείται από το οριζόντιο νήμα έχει μέτρο 8 N , να προσδιοριστεί το μέτρο της δύναμης F_2 που ασκείται από το άλλο νήμα.

13. Με τη βοήθεια ενός σχοινιού ασκείται μια σταθερή οριζόντια

δύναμη σε ένα κιβώτιο που κινείται ευθύγραμμα και ομαλά πάνω σε τραχύ οριζόντιο δάπεδο. Αν η δύναμη του βάρους που ασκείται στο κιβώτιο έχει μέτρο 200 N και η δύναμη της τριβής



80 N : (α) Να σχεδιάσεις όλες τις δυνάμεις που ασκούνται στο κιβώτιο. (β) Υπολόγισε το μέτρο της δύναμης που ασκεί το σκοινί και της συνισταμένης δύναμης που ασκεί το έδαφος.

Δύναμη και μεταβολή της ταχύτητας. Δύναμη και αλληλεπίδραση

14. Από ένα νήμα κρεμάμε σφαίρα βάρους 5 N , όπως δείχνει η διπλανή εικόνα.



Να σχεδιάσεις και να υπολογίσεις τα μέτρα των δυνάμεων, που ασκούνται: (α) στη σφαίρα, (β) στο νήμα.

15. Ένα κιβώτιο βάρους 20 N ισορροπεί πάνω σ' ένα τραπέζι. (α) Να σχεδιάσεις τις δυνάμεις που ασκούνται στο κιβώτιο και να υπολογίσεις τα μέτρα τους. (β) Να υπολογίσεις το μέτρο της δύναμης που ασκεί το κιβώτιο στο τραπέζι και να τη σχεδιάσεις.

16. Ένα παιδί στο οποίο ασκείται βάρος μέτρου 40 N , στέκεται σε μια ζυγαριά μπάνιου. Η ζυγαριά αυτή είναι ουσιαστικά ένα δυναμόμετρο και είναι βαθμολογημένη σε N . (α) Ποιο είναι το μέτρο και ποια η κατεύθυνση της δύναμης που ασκεί η ζυγαριά στο παιδί; (β) Στη συνέχεια το παιδί παίρνει στα χέρια του ένα γατάκι βάρους 10 N . Ποια είναι τώρα η ένδειξη της ζυγαριάς; (γ) Αφού ο παιδί αφήσει το γατάκι, έρχεται ο πατέρας του και τον πιέζει στους ώμους προς τα κάτω με μια δύναμη

μέτρου 60 N. Ποια είναι τώρα η ένδειξη της ζυγαριάς;

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

- Οι δυνάμεις προκαλούν: (α) μεταβολή στην ταχύτητα των σωμάτων ή και (β) την παραμόρφωσή τους.
- Οι δυνάμεις εμφανίζονται πάντα ως ζεύγη κατά τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των σωμάτων.
- Οι δυνάμεις διακρίνονται σε δυο κατηγορίες: από επαφή και απόσταση.
- Οι δυνάμεις είναι διανυσματικά μεγέθη. Έχουν μέτρο και κατεύθυνση.
- Βάρος ονομάζεται η βαρυτική δύναμη που ασκείται σ' ένα σώμα από τη γη. Το βάρος αλλάζει από τόπο σε τόπο.

- Η τριβή είναι η δύναμη που αντιστέκεται στην κίνηση δυο σωμάτων, που βρίσκονται σε επαφή.
- Συνισταμένη είναι η δύναμη εκείνη που προκαλεί τα ίδια αποτελέσματα με το σύνολο των επιμέρους δυνάμεων που ασκούνται σε ένα σώμα.
- Αδράνεια είναι η τάση των σωμάτων να αντιστέκονται σε οποιαδήποτε μεταβολή της ταχύτητάς τους.
- Πρώτος νόμος του Νεύτωνα:
«Ένα σώμα συνεχίζει να παραμένει ακίνητο ή να κινείται ευθύγραμμα και ομαλά, εφόσον η συνολική δύναμη που ασκείται σ' αυτό είναι μηδέν».
- Ένα υλικό σημείο ισορροπεί όταν η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό είναι μηδέν.

□ Μάζα είναι το μέτρο της αδράνειας ενός σώματος. Η μάζα κάθε σώματος είναι ίδια σε οποιοδήποτε μέρος του Σύμπαντος κι αν βρεθεί. Η μάζα ενός σώματος είναι μέγεθος διαφορετικό από το βάρος του.

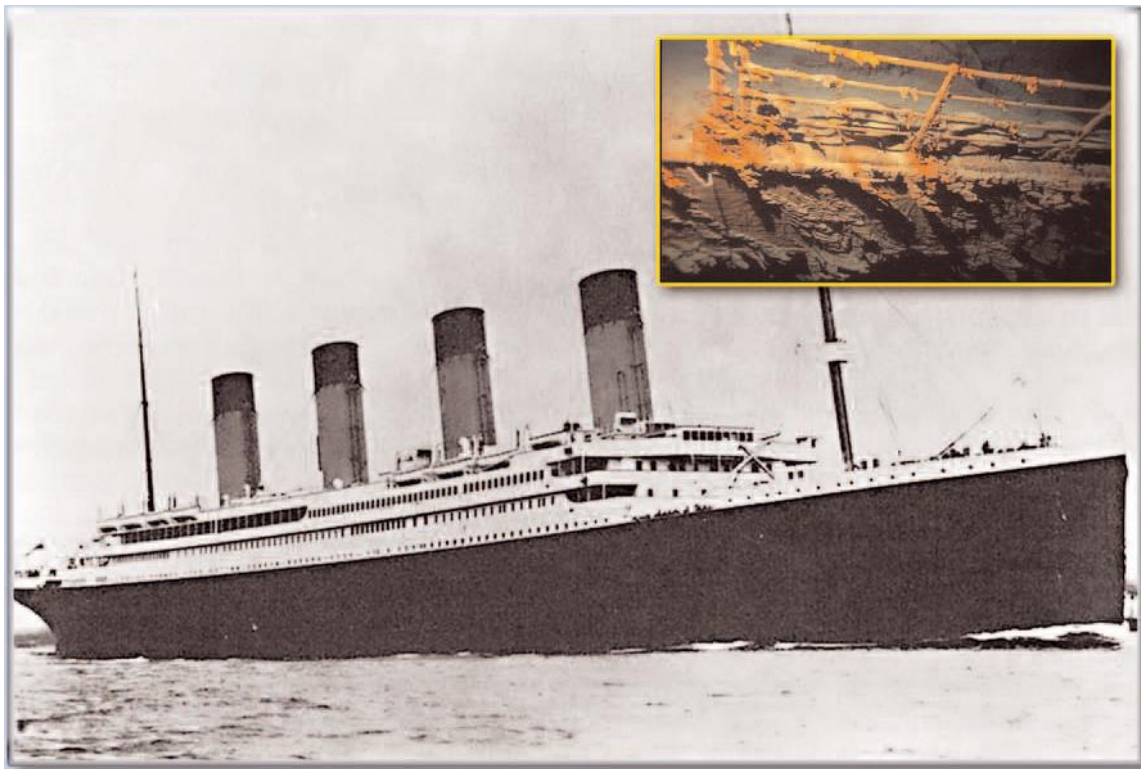
□ Τρίτος νόμος του Νεύτωνα: «Οι δυνάμεις εμφανίζονται πάντοτε ανά ζεύγη. Όταν ένα σώμα ασκεί δύναμη σ' ένα άλλο, τότε και το δεύτερο σώμα ασκεί στο πρώτο δύναμη ίσου μέτρου και αντίθετης φοράς».

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

Δύναμη | Συνισταμένη | Συνιστώσες
Μεταβολή ταχύτητας | Παραμόρφωση | Ισορροπία | Αλληλεπίδραση
Αδράνεια | Δράση-Αντίδραση
Βαρυτική Δύναμη | Βάρος
Πρώτος νόμος του Νεύτωνα
Τρίτος νόμος του Νεύτωνα

μια μικρή ιστορία ...

Το 1912 το πολυτελές υπερωκεάνιο Τιτανικός ξεκίνησε το παρθενικό του ταξίδι από τη Βρετανία προς την Αμερική. Μετά από πρόσκρουση σε παγόβουνο, το πλοίο βυθίστηκε νοτίως του Καναδά. Το ναυά-



γιο αυτό, το πιο πολύνεκρο στην ιστορία, στοίχισε τη ζωή σε 1520 άτομα.

Το 1985 το ναυάγιο του Τιτανικού ανακαλύφθηκε στο βυθό του ωκεα-

νού σε βάθος περίπου 4.000 μέτρων με τη βοήθεια μη επανδρωμένου υποβρυχίου σκάφους.

Ο Τιτανικός είχε όγκο 137.000 m^3 και μάζα $46.000.000 \text{ kg}$. Μελετώντας αυτό το κεφάλαιο θα μάθουμε να προσδιορίζουμε την πίεση του νερού στο βάθος του ναυαγίου, τη δύναμη που ασκούσε το θαλάσσιο νερό στο πλοίο, ενώ αυτό έπλεε, καθώς επίσης πόσο μέρος του πλοίου ήταν βυθισμένο στο νερό.

Στο κεφάλαιο αυτό:

- θα προσεγγίσουμε τις έννοιες της υδροστατικής πίεσης, της ατμοσφαιρικής πίεσης και της άνωσης.**
- θα μελετήσουμε τη μετάδοση των πιέσεων στα ρευστά, την αρχή του Αρχιμήδη για την άνωση και τη συνθήκη πλεύσης.**

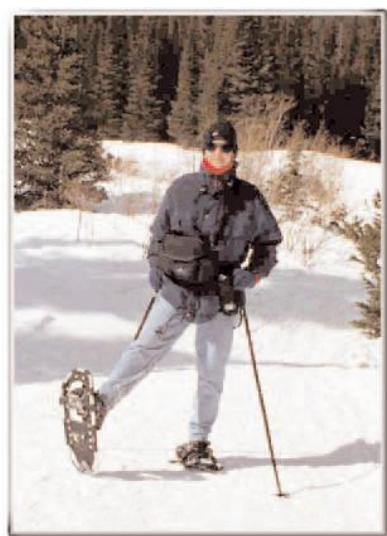
ΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΗ: ΔΥΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Πολλές φορές θα έχεις προσπαθήσει να βαδίσεις πάνω σ' ένα παχύ στρώμα από χιόνι. Δυσκολεύεσαι, τα παπούτσια σου βουλιάζουν. Αντίθετα, παρατηρείς τους χιονοδρόμους να κινούνται με άνεση πάνω σ' αυτό φορώντας τα χιονοπέδιλά τους τα οποία έχουν φαρδιά πέλματα (εικόνα 4.1). Το ίδιο ένα μικρό επιβατηγό αυτοκίνητο βουλιάζει στη λάσπη ή στην άμμο, ενώ τα ειδικά αυτοκίνητα (τζιπ) τα οποία έχουν φαρδιά λάστιχα μπορούν να κινούνται με άνεση. Παρατηρώντας προσεκτικά τα παραπάνω φαινό-

μενα, διαπιστώνουμε ότι η παραμόρφωση μιας επιφάνειας δεν εξαρτάται μόνο από τη δύναμη που ασκείται σε αυτήν, αλλά και από το εμβαδόν της επιφάνειας στην οποία ασκείται η δύναμη.

Εικόνα 4.1.

Όταν ο χιονοδρόμος χρησιμοποιεί χιονοπέδιλα, τα πόδια του δε βυθίζονται στο χιόνι.



Αν καταδυθούμε μέσα στη θάλασσα, σε κάπως μεγάλο βάθος, ή αν ανέβουμε ένα βουνό, θα αισθανθούμε πόνο στα αυτιά. Τι προκαλεί αυτό τον πόνο; Για να περιγράψουμε φαινόμενα όπως αυτά, χρησιμοποιούμε την έννοια της πίεσης.

4.1 ΠΙΕΣΗ

Είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο ότι οι δυνάμεις είναι δυνατόν να προκαλέσουν παραμόρφωση στα σώματα στα οποία ασκούνται. Ο χιονοδρόμος που φαίνεται στην εικόνα 4.1 είναι ακίνητος. Η δύναμη που ασκεί στο έδαφος ισούται με το βάρος του. Όμως το μέγεθος της παραμόρφωσης του χιονιού (δηλαδή το πόσο βουλιάζουν τα παπούτσια του στο χιόνι), εκτός από τη δύναμη, εξαρτάται και από το εμβαδόν της επιφάνειας στην οποία αυτή ασκείται. Ο χιονοδρόμος φορώντας χιονοπέδιλα, τα οποία έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια από τα κοινά παπούτσια, αν και δε μεταβάλλει τη δύναμη που ασκεί στο χιόνι (έδαφος), παρόλα αυτά, προκαλεί σ' αυτό μικρότερη παρα-

μόρφωση. Τότε λέμε ότι η πίεση στο χιόνι είναι μικρότερη. Το ίδιο συμβαίνει και με τα φαρδιά λάστιχα των αυτοκινήτων (εικόνα 4.2).

Εικόνα 4.2.

Τα φορτηγά που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά μεγάλων φορτίων έχουν πολλά και φαρδιά ελαστικά. Με αυτό τον τρόπο αυξάνουν το εμβαδόν της επιφάνειας στην οποία ασκούν τη δύναμη.



Τι είναι πίεση;

Πίεση ονομάζουμε το πηλίκο της δύναμης που ασκείται κάθετα σε μια επιφάνεια προς το εμβαδόν της επιφάνειας αυτής.

$$\text{πίεση} = \frac{\text{δύναμη που ασκείται κάθετα στην επιφάνεια}}{\text{εμβαδόν επιφάνειας}}$$

Χρησιμοποιώντας μαθηματικά σύμβολα γράφουμε:

$$p = \frac{F_k}{A} \quad (4.1)$$

όπου F_k είναι το μέτρο της ολικής δύναμης που ασκείται κάθετα σε επιφάνεια εμβαδού A .

Ακόνισε το μυαλό σου

Εικόνα 4.3.

Ο φακίρης μπορεί να ξαπλώνει με άνεση πάνω στην επιφάνεια των καρφιών. Μπορείς να εξηγήσεις γιατί;



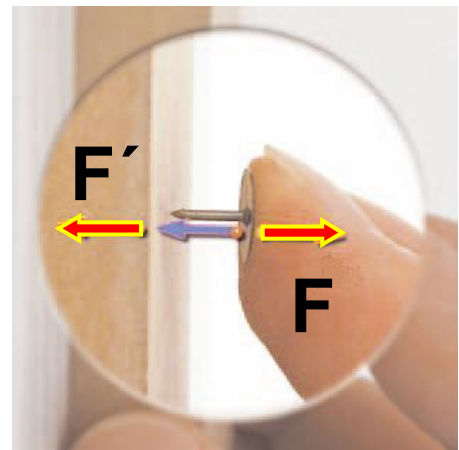
Κάθε φορά που χρειάζεται να κρεμάσεις μια ανακοίνωση στον αντίστοιχο πίνακα που υπάρχει στο σχολείο ή στο δωμάτιο σου χρησιμοποιείς πινέζες. Έχεις αναρωτηθεί γιατί; Αν όχι, ας σκεφτούμε μαζί με

βάση τη σχέση 4.1. Με το χέρι σου ασκείς δύναμη στο κεφάλι της πινέζας. Όπως μάθαμε όμως στο προηγούμενο κεφάλαιο, το χέρι σου και η πινέζα αλληλεπιδρούν, επομένως και η πινέζα ασκεί στο χέρι σου αντίθετη δύναμη. Η πινέζα τελικά ασκεί δυο δυνάμεις. Μια στο δάκτυλο σου (F) και μια στον πίνακα (F'). Οι δυνάμεις αυτές έχουν σχεδόν ίσα μέτρα (εικόνα 4.4). Η επιφάνεια επαφής της πινέζας με το δάκτυλο σου (κεφάλι της πινέζας) A_K είναι περίπου 400 φορές μεγαλύτερη από την επιφάνεια επαφής A_M της πινέζας με τον πίνακα. Σύμφωνα με τη σχέση 4.1, η πίεση P_M που δέχεται ο πίνακας από την πινέζα είναι 400 φορές μεγαλύτερη από την πίεση P_D που δέχεται το δάκτυλο σου. Γι' αυτό η

πινέζα διεισδύει στον πίνακα και όχι στο δάχτυλο σου. Γενικότερα, η πίεση που δέχεται μια επιφάνεια είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που ασκείται κάθετα σε αυτή και όσο μικρότερο είναι το εμβαδόν της.

Εικόνα 4.4.

Η πινέζα ασκεί δυο δυνάμεις: (α) στο δάχτυλο: την F και (β) στον πίνακα: F' . $F=F'$. Η επιφάνεια επαφής πινέζας-



δάχτυλου είναι $A_{\text{κεφάλι}}$ και πινέζας-πίνακα είναι $A_{\text{μύτη}}$. Αλλά $A_{\text{κεφάλι}} = 400 A_{\text{μύτη}}$. Επομένως:

$$p_{\kappa} = \frac{F}{A_{\text{κεφάλι}}} \quad \text{και} \quad p_{\mu} = \frac{F}{A_{\text{μύτη}}}$$

$$\frac{\rho_{\mu}}{\rho_{\kappa}} = \frac{A_{\kappa}}{A_{\mu}} = 400$$

Μονάδες της πίεσης

Η πίεση είναι παράγωγο μέγεθος, επομένως οι μονάδες προκύπτουν από τον ορισμό της μέσω της σχέσης 4.1. Στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I.), η μονάδα της δύναμης F είναι το N και του εμβαδού A της επιφάνειας το m^2 . Άρα, η μονάδα της πίεσης θα είναι το $\frac{N}{m^2}$.

Η μονάδα αυτή λέγεται και Pascal (Πασκάλ) προς τιμή του Γάλλου μαθηματικού, φυσικού και φιλοσόφου Μπλαιζ Πασκάλ (εικόνα 4.5), δηλαδή:

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{N}{m^2}$$

Πολύ συχνά χρησιμοποιείται και το kP_a (Κιλοπασκάλ) που ισούται με $1000 P_a$.

Εικόνα 4.5.

Μπλαιζ Πασκάλ (Blaise Pascal) 1623-1662

Μαθηματικός, φυσικός και φιλόσοφος που έζησε στη Γαλλία. Έγινε γνωστός κυρίως για τις μελέτες του στα μαθηματικά οι οποίες αφορούσαν τις πιθανότητες. Στη φυσική μελέτησε το έργο του Γαλιλαίου καθώς και του Τορικέλλι και δημοσίευσε πολλές σημαντικές εργασίες σε σχέση με τις ιδιότητες των ρευστών.



Πολλές φορές στη γλώσσα που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή, συγχέουμε τη δύναμη με

την πίεση. Στη φυσική πρέπει να είμαστε πολύ προσεκτικοί και να μη χρησιμοποιούμε το ένα μέγεθος αντί του άλλου. Η δύναμη και η πίεση είναι δύο διαφορετικά φυσικά μεγέθη. Η δύναμη έχει κατεύθυνση, είναι διανυσματικό μέγεθος και μετριέται σε N, ενώ η πίεση δεν έχει κατεύθυνση, δεν είναι διανυσματικό μέγεθος. Η πίεση εκφράζει τη δύναμη που ασκείται κάθετα στη μονάδα επιφάνειας και μετριέται σε $\frac{N}{m^2}$.

Δραστηριότητα

Πόση πίεση ασκείς όταν στέκεσαι στο έδαφος με τα δύο ή με το ένα πόδι;

► Υπολόγισε το βάρος σου σε N.

- ▶ Σημείωσε σ' ένα χαρτί το περίγραμμα του παπουτσιού σου.
- ▶ Σχεδίασε ένα ορθογώνιο που να έχει περίπου το ίδιο εμβαδόν με το περίγραμμα.
- ▶ Υπολόγισε το εμβαδόν του σε τετραγωνικά μέτρα.
- ▶ Με βάση τον ορισμό της πίεσης, βρες την πίεση που ασκείς στο έδαφος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1.

ΟΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΔΥΝΑΜΗΣ-ΠΙΕΣΗΣ

Δύναμη	Πίεση
Διάνυσμα	Δεν είναι διάνυσμα
Μονάδες: N	Μονάδες: $\frac{N}{m^2}$

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.

Η ΚΛΙΜΑΚΑ ΤΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ ΜΑΣ

Τόπος	Πίεση σε Pa
Κέντρο του Ήλιου	2×10^{16}
Κέντρο της Γης	4×10^{11}
Μέγιστο βάθος των ωκεανών	10^8
Πίεση στην ατμόσφαιρα της Αφροδίτης	9×10^6
Ψηλά τακούνια στο πάτημα	10^6
Λάστιχο αυτοκινήτου	2×10^5
Πίεση του ατμοσφαιρικού αέρα στην επιφάνεια της θάλασσας	10^5
Στην κορυφή του Έβερεστ	3×10^4
Αρτηριακή πίεση	$1,6 \times 10^4$
Πίεση δυνατού ήχου	30

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.

Η ΚΛΙΜΑΚΑ ΤΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ ΜΑΣ

Πίεση ασθενούς ήχου	3×10^{-5}
Μέγιστο κενό (που πετύχαμε πειραματικά)	10^{-12}

Δύναμη και πίεση

Σε πολλές εφαρμογές στην καθημερινή μας ζωή επιδιώκουμε να έχουμε άλλοτε μικρές και άλλοτε μεγάλες πιέσεις. Ελέγχουμε την πίεση που δέχεται μια επιφάνεια όχι μέσω της δύναμης που ασκούμε, αλλά κυρίως μέσω του εμβαδού της επιφάνειας επαφής.

Μικρή επιφάνεια επαφής -μεγάλη πίεση: το σώμα κόβεται

Για να κοπεί μια επιφάνεια, πρέπει να δεχτεί μεγάλη πίεση και όχι ν' ασκηθεί σ' αυτή μεγάλη δύναμη.

Γι' αυτό τα μαχαίρια και τα ψαλίδια έχουν μικρή επιφάνεια, ώστε ν' ασκούν μεγάλες πιέσεις και να κόβουν εύκολα.



► Εκτίμησε το εμβαδόν της κόψης ενός ψαλιδιού, μετρώντας τις αντίστοιχες διαστάσεις του.

► Υπολόγισε την πίεση του ψαλιδιού σε ένα φύλλο χαρτί, αν η δύναμη που ασκείς σε αυτό καθώς το χρησιμοποιείς είναι 10 N.

**Μεγάλη επιφάνεια-μικρή πίεση:
δε βουλιάζει**

Τα βαριά οχήματα, όπως τα τανκς και οι μπουλντόζες, καθώς και τα βαριά ζώα, όπως τα παχύδερμα (ελέφαντες, ρινόκεροι, ιπποπόταμοι) για να μπο-



ρούν να κινούνται χωρίς να βου-
λιάζουν σε μαλακά λασπώδη εδά-
φη, θα πρέπει να ασκούν μικρές
πιέσεις. Γι' αυτό τα τανκς και οι
μπουλντόζες διαθέτουν ερπύστριες
που αποτελούνται από μεγάλες
μεταλλικές επιφάνειες, ενώ τα πα-
χύδερμα πολύ μεγάλα πέλματα. Με
αυτό τον τρόπο τα βάρος κατανέ-
μεται σε μεγάλη επιφάνεια επαφής
και η πίεση στο έδαφος είναι πολύ
μικρή.

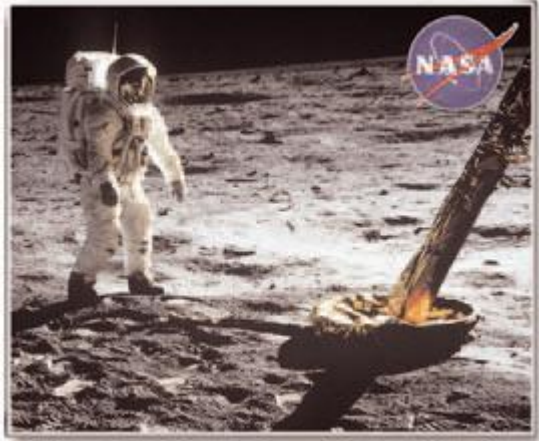
► Αναζήτησε πληροφορίες για το
βάρος και τις διαστάσεις του
πέλματος ενός ρινόκερου.

► Υπολόγισε την πίεση που ασκεί
στο έδαφος.

► Σύγκρινε τη με την πίεση που
εσύ ασκείς στο έδαφος.

Οι σχεδιαστές διαστημοπλοίων
που προορίζονται να προσεδαφι-
στούν στη σελήνη ή σε άλλους

πλανήτες τα εφοδιάζουν με ειδικά μαλακά πέλματα μεγάλου εμβαδού ώστε να μη βυθίζονται σε άγνωστα εδάφη.



Πίεση των ρευστών

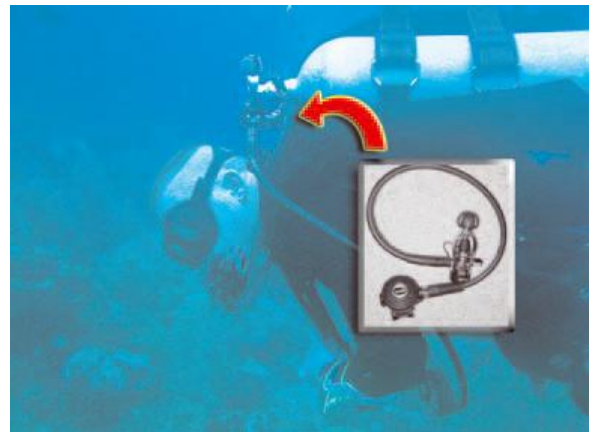
Το λάδι, το πετρέλαιο, το μέλι, ο αέρας είναι ρευστά. Ρευστά ονομάζουμε τα σώματα που δεν έχουν σταθερό σχήμα, αλλά παίρνουν το σχήμα του δοχείου στο οποίο τοποθετούνται. Τα ρευστά σώματα επίσης έχουν τη δυνατότητα να ρέουν. Τα πιο κοινά ρευστά είναι το νερό και ο αέρας.

Όταν ένα ρευστό βρίσκεται σε ισορροπία, πιέζει κάθε επιφάνεια με την οποία βρίσκεται σε επαφή. Έτσι το νερό όταν βουτάμε σ' αυτό ή ο ατμοσφαιρικός αέρας πιέζουν

τα τύμπανα των αυτιών μας (εικόνα 4.6). Η πίεση αυτή προκαλεί το αίσθημα του πόνου στα αυτιά μας όταν ανεβαίνουμε σε μεγάλο ύψος στην ατμόσφαιρα ή όταν καταδυόμαστε σε μεγάλο βάθος στη θάλασσα. Η πίεση που ασκεί ένα υγρό που ισορροπεί ονομάζεται υδροστατική πίεση. Η πίεση που ασκεί ο ατμοσφαιρικός αέρας ονομάζεται ατμοσφαιρική πίεση.

Εικόνα 4.6.

Η πίεση του αέρα που αναπνέουν οι δύτες ρυθμίζεται κατάλληλα, ώστε να εξισορροπεί την υδροστατική πίεση του νερού.



Περιεχόμενα 2ου τόμου

ΕΝΟΤΗΤΑ 1 ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Κεφάλαιο 2. Κινήσεις

2.4. Κίνηση με μεταβαλλόμενη ταχύτητα.....	7
--	---

Κεφάλαιο 3. Δυνάμεις

ΥΛΗ ΚΑΙ ΚΙΝΗΣΗ	36
3.1. Η έννοια δύναμη.....	37
3.2. Δύο σημαντικές δυνάμεις στον κόσμο	54
3.3. Σύθεση και ανάλυση δυνάμεων	69
3.4. Δύναμη και ισορροπία.....	84
3.5. Ισορροπία υλικού σημείου....	91
3.6. Δύναμη και μεταβολή ταχύτητας.....	97
3.7. Δύναμη και αλληλεπίδραση	106

Κεφάλαιο 4. Πίεση

ΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΗ: ΔΥΟ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

4.1. Πίεση 145

Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946,108, Α').

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας, Θρησκευμάτων και Αθλητισμού / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.