

# Φυσική

## Β' γυμνασίου

Πρωτοποριακή, διαδραστική μάθηση

Κωνσταντίνος Βουρλιάς, Ιωάννης Γάτσιος, Γεώργιος Γκρος,  
Ευστράτιος Καπότης, Αναστάσιος Μολοχίδης

Επιστημονική εποπτεία: Εμμανουήλ Δρης



2 βιβλία: θεωρία, ασκήσεις,  
λύσεις ασκήσεων σχολικού βιβλίου



Ψηφιακή έκδοση με  
πρόσθετο πολυμεσικό υλικό



600+ διαδραστικές ασκήσεις



50 βίντεο, πειράματα,  
2D-3D, AR-VR προσομοιώσεις



Δώρο:  
εικονικό εργαστήριο πειραμάτων



## Κωδικός ενεργοποίησης του ψηφιακού βιβλίου



### Οδηγίες

(Η χρήση της εφαρμογής απαιτεί συνεχή σύνδεση στο Internet)



Klett Book-App

#### Αγαπητέ χρήστη,

Αν είναι η πρώτη φορά που θα εργαστείτε με την εφαρμογή, παρακαλούμε να επισκεφθείτε το [www.klett.gr/digitalbooks](http://www.klett.gr/digitalbooks) όπου θα βρείτε οδηγίες για τη ΔΩΡΕΑΝ εγκατάσταση του **Klett Book-App** στη συσκευή σας. Παρακολουθήστε, επίσης, βίντεο με οδηγίες και περιήγηση σε περιβάλλον **Klett Book-App** στο [www.klett.gr/physics](http://www.klett.gr/physics).



Εναλλακτικά μπορείτε να κάνετε αναζήτηση του **Klett Book-App** στο store της συσκευής σας (App Store<sup>SM</sup> Google Play<sup>TM</sup>). Μην ξεχνάτε πως πρόκειται για δωρεάν εφαρμογή μέσα στην οποία θα βρίσκετε τα βιβλία μας. Αν έχετε Υπολογιστή (Windows<sup>®</sup> operating system ή Mac OS<sup>®</sup>) στον οποίο θέλετε να εγκαταστήσετε τη δωρεάν εφαρμογή, ακολουθήστε την ίδια διαδικασία κατεβάζοντας την εφαρμογή από τα link που θα βρείτε στο: [www.klett.gr/digitalbooks](http://www.klett.gr/digitalbooks).

- Κάντε εγκατάσταση.
- Ανοίξτε την εφαρμογή.
- Αν είστε **Νέος Χρήστης** κάνετε εγγραφή ως καθηγητής ή μαθητής. Ο κωδικός χρήστη πρέπει να αποτελείται από τουλάχιστον 6 λατινικούς χαρακτήρες.
- Μετά την επιτυχή εγγραφή σας, η εφαρμογή θα σας μεταφέρει αυτόματα στην οθόνη εισόδου για να κάνετε login.
- Εισάγετε στην οθόνη εισόδου το email και τον κωδικό που δηλώσατε. Πατήστε OK.
- Η εφαρμογή ανοίγει. Η επιφάνεια εργασίας είναι χωρισμένη σε τρία επίπεδα/δέσμες από πάνω προς τα κάτω: Τα βιβλία μου, Οι μαθητές μου (Οι καθηγητές μου) και το Βιβλιοπωλείο με τα βιβλία της Klett, μεταξύ των οποίων και το παρόν βιβλίο.
- Στη δέσμη **Βιβλιοπωλείο** πατήστε στο βιβλίο της επιλογής σας το σύμβολο της κλειδαριάς και εισάγετε τον κωδικό (μαζί με τις παύλες) που είναι τυπωμένος στο πάνω τμήμα αυτής της σελίδας. Πατήστε OK. Το βιβλίο ενεργοποιείται για 12 μήνες και εμφανίζεται μετά από 2 δευτερόλεπτα στην πρώτη δέσμη **Τα Βιβλία μου**.
- Αφού μεταφερθεί το βιβλίο στην πρώτη δέσμη με επιτυχία, θα δείτε πάνω του τρία εικονίδια: **Info**, **Μαθητές (Τα στατιστικά μου)**, **Ανάγνωση**. Πατήστε το εικονίδιο **Ανάγνωση** (ανοιχτό βιβλίο). Το βιβλίο φορτώνει μέσα σε 5 έως 30 δευτερόλεπτα ανάλογα με τη σύνδεσή σας.
- Αν είστε μαθητής και γνωρίζετε το email/όνομα χρήστη που χρησιμοποιεί ο καθηγητής σας στην εφαρμογή **Klett Book-App**, πατήστε πάνω στο εικονίδιο **+** στη δέσμη **Οι καθηγητές μου** και στείλτε πρόσκληση διασύνδεσης στον καθηγητή σας. Ο καθηγητής σας μπορεί να εγκρίνει ή να απορρίψει το αίτημά σας. Αν το εγκρίνει, αποκτά πλήρη πρόσβαση στις επιδόσεις σας, όπως επίσης και τη δυνατότητα να σας αποκρύπτει τις λύσεις. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις δυνατότητες της εφαρμογής θα βρείτε στην κατηγορία **Πληροφορίες** εντός της εφαρμογής, όπως επίσης και στην ιστοσελίδα [www.klett.gr/digitalbooks](http://www.klett.gr/digitalbooks).
- Μπορείτε να εισέρχεστε στον λογαριασμό σας από όσες συσκευές επιθυμείτε. Θα πρέπει στις συσκευές αυτές να είναι εγκατεστημένη η εφαρμογή **Klett Book-App**. Η ταυτόχρονη χρήση της εφαρμογής από δύο συσκευές με ίδιο κωδικό εισόδου είναι αδύνατη.



Έχετε ερωτήσεις σχετικά με το **Klett Book-App**; Στείλτε το μήνυμά σας στο: [support@klett.gr](mailto:support@klett.gr).

Σας ευχόμαστε καλό μάθημα!

**Klett Hellas**

# Φυσική

## Β' γυμνασίου

Πρωτοποριακή, διαδραστική μάθηση

Κωνσταντίνος Βουρλιάς, Ιωάννης Γέτσιος, Γεώργιος Γκρος,  
Ευστράτιος Καϊτόης, Αναστάσιος Μολοχίδης

Βιβλίο +



Klett Book-App

Klett Hellas

Αθήνα

# Φυσική

## Β' γυμνασίου

Πρωτοποριακή, διαδραστική μάθηση

Συγγραφείς: Κωνσταντίνος Βουρλιάς, Ιωάννης Γάτσιος, Γεώργιος Γκρος,  
Ευστράτιος Καπότης, Αναστάσιος Μολοχίδης

Επιστημονική εποπτεία: Εμμανουήλ Δρης  
Συντονισμός-παιδαγωγική επιμέλεια: Αλεξάνδρα Κουλουμπάρη  
Αξιολογητές: Παρασκευάς Γιαλούρης, Λαμπρινή Παπασιμπα

Διευθύντρια έκδοσης,  
επιμέλεια και συντονισμός: Ιφιγένεια Ντούμη  
Επιστημονική επιμέλεια: Θεοχάρης Αγγελέτος  
Γλωσσική επιμέλεια: Χρύσα Φραγκιαδάκη

Σχεδιασμός, σελιδοποίηση,  
εικονογράφηση: Cellworks nmc Hellas  
Σχεδιασμός και δημιουργία  
εικονικού εργαστηρίου: Publitor LTD

© Klett Hellas, Αθήνα 2019



Απαγορεύεται η αναδημοσίευση ή αναπαραγωγή του παρόντος έργου στο σύνολό του ή τμηματικά με οποιονδήποτε τρόπο, καθώς και η μετάφραση, διασκευή ή εκμετάλλευσή του με οποιονδήποτε τρόπο, σύμφωνα με τις διατάξεις του ν. 2121/1993. Επίσης απαγορεύεται η αναπαραγωγή με φωτοτυπικές, ηλεκτρονικές ή οποιεσδήποτε άλλες μεθόδους, σύμφωνα με το άρθρο 51 του ν. 2121/1993.

Εκδόσεις KLETT HELLAS  
Λεωφόρος Ιωνίας 110 & Πινδάρου, 17456, Άλιμος, τηλ. 210 9902700  
Email: physics@klett.gr  
www.klett.gr/physics

ISBN: 978-960-582-100-5



## Ευχαριστούμε τους αξιολογητές:

ΑΓΓΕΛΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΟΥ ΑΛΕΞΙΑ, ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ, ΑΘΑΝΑΣΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, ΑΛΕΞΑΚΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ, ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ ΕΥΓΕΝΙΑ, ΑΛΗΦΑΚΙΩΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΑΜΟΙΡΙΔΗΣ ΠΕΤΡΟΣ, ΑΜΟΥΡΓΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, ΑΝΕΣΤΗ ΒΑΣΙΛΕΙΑ, ΑΝΕΣΤΗΣ ΝΙΚΟΣ, ΑΝΤΩΝΙΟΥ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ, ΑΝΤΩΝΙΟΥ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΑΝΤΩΝΟΓΛΟΥ ΛΕΜΟΝΙΑ, ΑΞΑΡΛΗΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ, ΑΠΟΣΤΟΛΑΚΑΚΗΣ ΑΒΡΑΑΜ, ΑΠΟΣΤΟΛΙΔΗΣ ΒΑΓΓΕΛΗΣ, ΑΠΟΣΤΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ, ΑΠΟΣΤΟΛΟΠΟΥΛΟΥ ΔΗΜΗΤΡΑ, ΑΠΟΣΤΟΛΟΠΟΥΛΟΥ ΣΤΥΛΙΑΝΗ, ΑΠΟΣΤΟΛΟΥ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ, ΑΡΑΠΙΔΟΥ ΜΑΓΔΑΛΗΝΗ, ΑΡΒΑΝΙΤΗΣ ΘΑΝΑΣΗΣ, ΑΡΓΥΡΙΟΥ ΣΤΥΛΙΑΝΗ, ΑΡΓΥΡΟΥΔΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΑΡΩΝΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ, ΒΑΪΤΣΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΒΑΛΑΚΟΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ, ΒΑΛΩΜΕΝΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ, ΒΑΛΚΑΝΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΒΑΛΛΙΑΝΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ, ΒΑΜΒΑΚΑ ΒΕΡΟΝΙΚΗ, ΒΑΡΒΑΤΟΣ ΚΩΣΤΑΣ, ΒΑΡΕΛΟΠΟΥΛΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ, ΒΑΡΣΑΜΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΒΑΣΙΛΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΒΕΛΟΝΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΒΕΝΙΖΕΛΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ, ΒΕΡΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΒΙΔΑΛΑΚΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ, ΒΙΛΛΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΒΙΟΛΑΚΗΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ, ΒΛΑΧΟΣ ΘΑΝΑΣΗΣ, ΒΛΑΧΟΣ ΣΩΤΗΡΗΣ, ΒΟΛΙΚΑ ΜΑΡΙΑ, ΒΟΥΤΣΙΝΑ ΛΑΜΠΡΙΝΗ, ΒΟΥΤΣΙΝΑΣ ΣΤΑΜΑΤΙΟΣ, ΒΡΑΧΝΑΣ ΣΤΑΥΡΟΣ, ΓΑΪΣΙΔΗΣ ΓΙΑΝΝΗΣ, ΓΑΛΑΝΟΜΑΤΗΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ, ΓΑΤΟΥ ΜΑΡΙΤΙΝΑ, ΓΕΩΡΓΑΛΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ, ΓΕΩΡΓΑΝΤΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΓΕΩΡΓΟΥΔΗΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ, ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΘΑΝΑΣΗΣ, ΓΙΑΝΝΟΥΛΗ ΘΕΚΛΑ, ΓΙΑΝΝΟΥΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, ΓΙΑΤΡΟΜΑΝΩΛΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΓΙΩΤΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΓΚΑΝΑΤΣΙΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΓΚΑΪΣΗΣ ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ, ΓΚΙΚΟΥΔΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ, ΓΚΟΓΚΑ ΑΣΗΜΕΝΙΑ, ΓΚΟΓΚΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΓΚΡΟΣ ΑΓΓΕΛΙΚΗ, ΓΡΗΓΟΡΟΠΟΥΛΟΣ ΓΡΗΓΟΡΗΣ, ΓΩΝΙΑΔΗ ΜΑΡΙΑ, ΔΕΜΑΣΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ, ΔΙΑΚΙΔΟΥ ΣΟΦΙΑ, ΔΙΓΕΝΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ, ΔΙΝΤΣΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ, ΕΓΓΑΡΧΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ, ΕΥΜΟΡΦΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ ΣΑΒΒΙΔΗΣ, ΖΑΜΑΓΙΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, ΖΑΜΠΕΛΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΖΑΡΚΑΝΤΖΑΣ ΝΙΚΟΣ, ΖΑΧΑΡΗ ΜΑΡΙΑ, ΖΑΧΑΡΟΠΟΥΛΟΣ ΖΑΧΑΡΙΑΣ, ΖΕΖΑ ΠΗΓΗ, ΖΙΑΚΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, ΖΙΑΝΝΗ ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ, ΖΙΧΝΑΛΗ ΜΑΡΙΑΝΘΗ, ΘΕΟΔΩΡΙΔΗ ΕΛΕΑΝΑ, ΘΡΑΣΥΒΟΥΛΙΔΟΥ ΧΡΥΣΑΝΘΗ, ΙΑΤΣΙΟΥ ΡΟΔΑ, ΙΩΑΝΝΙΔΟΥ ΚΥΡΙΑΚΗ, ΙΩΑΝΝΙΔΟΥ ΜΑΡΙΑ, ΙΩΑΝΝΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ, ΚΑΒΒΑΔΑΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ, ΚΑΛΑΜΙΩΤΗΣ ΣΤΑΜΑΤΗΣ, ΚΑΛΑΣΙΟΥΝΤΑΣ ΣΤΑΜΑΤΗΣ, ΚΑΛΕΜΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΚΑΛΚΑΒΟΥΡΑΣ ΜΙΧΑΗΛ, ΚΑΛΜΠΑΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΚΑΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, ΚΑΛΥΒΑ ΜΑΡΙΝΑ, ΚΑΜΑΡΑ ΝΙΚΗ, ΚΑΜΠΑΝΑΡΑΚΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ, ΚΑΜΠΕΡΙΔΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, ΚΑΝΕΛΛΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΚΑΠΕΛΕΡΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, ΚΑΡΑΒΕΛΗ ΜΑΡΙΑ, ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗ ΛΕΝΑ, ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗΣ ΝΙΚΟΣ, ΚΑΡΑΪΣΚΟΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ, ΚΑΡΑΚΟΛΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ, ΚΑΡΑΚΩΝΣΤΑΝΤΑΚΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ, ΚΑΡΑΜΟΣΧΟΣ ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ, ΚΑΡΑΣΑΒΒΙΔΟΥ ΝΙΚΗ, ΚΑΡΕΛΙΩΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΚΑΡΙΟΦΥΛΛΗ ΟΥΡΑΝΙΑ, ΚΑΡΥΠΙΔΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ, ΚΑΣΣΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ, ΚΑΣΣΟΣ ΛΕΩΝΙΔΑΣ, ΚΑΤΣΕΝΗ ΑΣΗΜΙΝΑ, ΚΙΤΣΗΣ ΕΥΓΕΝΙΟΣ, ΚΙΣΣΕΡΗ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ, ΚΟΛΙΑΚΟΥ ΗΡΩ, ΚΟΛΚΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, ΚΟΛΤΣΑΚΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ, ΚΟΠΑΣΑΚΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ, ΚΟΤΣΑΝΗ ΑΘΗΝΑ, ΚΟΥΤΟΥΜΤΣΙΔΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, ΚΟΥΚΙΟΓΛΟΥ ΣΤΑΥΡΟΣ, ΚΟΥΜΠΙΑΔΗΣ ΜΙΧΑΗΛ, ΚΟΥΝΑΒΗ ΧΡΥΣΟΥΛΑ, ΚΟΥΝΔΟΥΡΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΚΟΥΡΤΙΔΟΥ ΕΛΕΝΗ, ΚΟΥΣΑΝΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΚΟΥΤΕΝΤΑΚΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, ΚΟΥΦΙΔΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΚΡΕΤΣΗ ΓΕΩΡΓΙΑ, ΚΡΙΝΤΗΡΑ ΕΦΗ, ΚΥΠΡΑΙΟΥ ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ ΙΩΑΝΝΑ, ΚΥΠΡΙΩΤΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, ΚΥΡΓΙΑΚΗΣ ΗΛΙΑΣ, ΚΩΝΣΤΑΝΤΕΛΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ, ΚΩΤΣΙΑΡΙΔΗΣ ΜΑΡΚΟΣ, ΛΑΜΠΡΟΠΟΥΛΟΥ ΕΦΗ, ΛΑΠΑΠΑΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ, ΛΕΚΚΑ ΝΕΚΤΑΡΙΑ, ΛΕΜΟΝΗΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ, ΛΙΟΣΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ, ΛΟΘΡΑ ΑΛΕΞΙΑ, ΛΟΥΠΑΚΗΣ ΣΤΑΜΑΤΙΟΣ, ΛΥΚΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΜΑΒΙΔΟΥ ΕΥΦΗΜΙΑ, ΜΑΖΑΡΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΜΑΘΙΟΥΔΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ, ΜΑΛΑΜΟΥ ΣΕΒΑΣΤΗ, ΜΑΝΤΑΦΟΥΝΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ, ΜΑΡΑΓΚΟΥΛΑΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ, ΜΑΡΔΑΝΗ ΙΩΑΝΝΑ, ΜΑΤΣΑΡΙΔΗΣ ΗΛΙΑΣ, ΜΑΥΡΑΚΗΣ ΔΗΜΟΣ, ΜΑΥΡΟΜΜΑΤΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, ΜΑΥΡΟΥΔΗΣ ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ, ΜΕΪΜΑΡΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ, ΜΕΛΙΓΓΙΩΤΗ ΕΛΕΝΗ, ΜΕΛΙΔΩΝΤΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΜΗΛΙΟΣ ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ, ΜΙΛΙΑΔΗ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ, ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ ΔΑΥΙΔ, ΜΙΧΑΛΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΜΙΧΑΛΟΥΔΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ, ΜΙΧΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, ΜΟΥΡΟΥΖΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, ΜΟΥΣΕΛΙΜΗ ΓΕΩΡΓΙΑ, ΜΟΥΤΖΟΥΡΗ ΕΙΡΗΝΗ, ΜΠΑΜΠΑΣΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΜΠΑΣΤΕΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΜΠΕΝΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ, ΜΠΕΝΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, ΜΠΕΣΑΣ ΝΙΚΟΣ, ΜΠΙΚΟΣ ΛΕΩΝΙΔΑΣ, ΜΠΛΑΤΣΙΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ, ΜΠΟΥΣΔΡΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ, ΜΠΟΥΤΣΩΛΗΣ ΦΩΤΙΟΣ, ΜΠΟΥΤΣΑΝΗ ΓΛΥΚΕΡΙΑ, ΜΠΟΥΡΙΤΣΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, ΜΠΟΥΣΝΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΜΩΡΑΪΤΗΣ ΒΥΡΩΝ, ΝΑΤΣΙΚΑ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ, ΝΕΖΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ, ΝΙΚΟΛΑΪΔΟΥ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ, ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ, ΝΤΑΛΤΑΓΙΑΝΝΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ, ΝΤΙΓΚΜΠΑΣΑΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΝΤΟΣΤΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, ΝΤΟΥΒΑΝΗΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ, ΝΤΟΥΒΑΝΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ, ΞΗΡΟΣ ΛΕΩΝΙΔΑΣ, ΠΑΛΑΜΙΔΗ ΕΛΠΙΔΑ, ΠΑΝΑΓΟΥ ΠΑΝΑΓΙΟΥΛΑ, ΠΑΝΙΔΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ, ΠΑΝΟΥΚΛΙΑ ΜΑΡΙΑ, ΠΑΝΤΑΖΗ ΕΙΡΗΝΗ, ΠΑΠΑΒΑΣΙΛΕΙΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΠΑΠΑΔΑ ΦΩΤΕΙΝΗ, ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΓΙΑΝΝΗΣ, ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΑΒΡΑΑΜ, ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ, ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ, ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ ΕΛΠΙΔΑ, ΠΑΠΑΪΩΑΝΝΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ-ΜΑΡΙΑ, ΠΑΠΑΪΩΑΝΝΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΠΑΠΑΪΩΑΝΝΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ-ΧΡΗΣΤΟΣ, ΠΑΠΑΚΥΡΙΑΚΟΠΟΥΛΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΑ, ΠΑΠΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΜΑΡΓΑΡΙΤΑ, ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, ΠΑΠΑΝΔΡΕΟΥ ΣΩΤΗΡΗΣ, ΠΑΠΑΣ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ, ΠΑΠΑΧΡΗΣΤΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ, ΠΑΠΟΥΤΣΗΣ ΣΤΑΜΑΤΙΟΣ, ΠΑΠΠΑ ΔΕΣΠΟΙΝΑ, ΠΑΡΑΣΧΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, ΠΑΤΕΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, ΠΑΤΙΤΑΚΗΣ ΝΙΚΟΣ, ΠΑΥΛΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΠΑΥΛΙΔΗΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ, ΠΑΥΛΟΥΔΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ, ΠΕΡΑΝΤΙΝΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΠΕΡΡΟΤΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, ΠΕΤΡΙΔΟΥ ΕΛΕΝΗ, ΠΕΤΡΙΔΟΥ ΚΑΤΕΡΙΝΑ, ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ ΜΙΧΑΗΛ, ΠΛΑΚΙΔΑΣ ΚΩΣΤΑΣ, ΠΟΛΙΤΗ ΓΙΟΥΛΗ, ΠΟΤΑΜΙΤΗΣ ΛΕΩΝΙΔΑΣ, ΠΟΥΡΝΗ ΑΘΗΝΑ, ΠΡΩΛΑΚΗΣ ΔΗΜΟΣΘΕΝΗΣ, ΡΑΜΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΡΑΠΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΡΟΪΔΑΚΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ, ΡΟΡΡΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ, ΡΩΜΑΝΙΑΣ ΣΤΕΛΙΟΣ, ΡΟΜΕΣΙΔΗΣ ΠΑΝΤΕΛΗΣ, ΣΑΒΒΙΛΩΤΙΔΗΣ ΚΟΣΜΑΣ, ΣΑΒΒΟΡΓΙΝΑΚΗ ΕΥΓΕΝΙΑ, ΣΑΛΟΝΙΚΙΔΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΣΑΜΟΥΗΛΙΔΗΣ ΣΑΜΟΥΗΛ, ΣΑΠΡΙΚΗ ΣΟΦΙΑ, ΣΑΡΑΝΤΗ ΑΝΘΗ, ΣΑΡΑΝΤΙΔΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΣΑΡΡΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΣΙΔΕΡΗ ΕΛΕΝΗ, ΣΙΔΗΡΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΣΙΛΙΟΓΚΑ ΙΩΑΝΝΑ, ΣΚΟΥΡΤΙΑΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ, ΣΜΑΝΗΣ ΘΕΟΦΑΝΗΣ, ΣΜΥΡΝΑΚΗΣ ΤΙΤΟΣ, ΣΤΑΜΑΤΑΡΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΣΤΡΙΜΕΝΟΠΟΥΛΟΣ ΘΕΟΔΟΣΙΟΣ, ΤΑΪΓΑΝΙΔΟΥ ΣΟΦΙΑ, ΤΑΡΝΑΡΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΤΕΣΑΡΗ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ, ΤΕΜΠΕΡΕΚΙΔΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΤΕΡΤΣΟΥΔΗ ΧΑΡΙΣΑ, ΤΖΑΤΖΑΡΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ, ΤΖΕΛΑΤΗ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ, ΤΖΙΒΑΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ, ΤΖΟΒΑΡΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, ΤΡΟΤΟΥΛΟΥ ΙΩΑΝΝΑ, ΤΟΤΣΚΑΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ, ΤΣΑΚΙΡΙΔΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΤΣΑΚΝΗ ΣΤΥΛΙΑΝΗ, ΤΣΑΜΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΤΣΑΡΑΒΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΤΣΑΡΤΣΑΛΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΤΣΙΒΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΤΣΙΛΙΒΙΓΚΟΣ ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ, ΤΣΙΛΙΓΙΑΝΝΗΣ ΣΩΤΗΡΗΣ, ΤΣΙΣΜΑΝΙΔΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΦΑΝΟΥΡΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ, ΦΕΡΕΝΤΙΝΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ, ΦΙΛΙΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ, ΦΙΛΙΠΠΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ, ΦΙΛΙΠΠΟΥ ΣΤΕΦΑΝΟΣ, ΦΡΑΓΚΕΔΗ ΚΑΤΕΡΙΝΑ, ΦΡΑΓΚΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, ΦΩΤΙΑΔΟΥ ΣΑΠΦΩ, ΦΩΤΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, ΧΑΒΙΑΡΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ, ΧΑΪΝΤΟΥΤΗ ΕΛΕΝΗ, ΧΑΡΙΣΙΑΔΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, ΧΑΤΖΗΓΕΩΡΓΙΟΥ ΠΕΤΡΟΣ, ΧΑΤΖΙΚΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ, ΧΟΝΔΡΟΝΙΚΟΥ ΕΥΑΝΘΙΑ, ΧΡΗΣΤΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΨΑΡΑΔΕΛΗ ΕΦΗ, ΨΑΡΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

# Περιεχόμενα

## 1 Εισαγωγή

1.1	Φυσική: μια βασική επιστήμη	10
1.2	Η επιστημονική μέθοδος της έρευνας	14
1.3	Τα φυσικά μεγέθη και οι μονάδες τους	18

## 2 Κινήσεις

2.1	Η περιγραφή της κίνησης	28
2.2	Η έννοια της ταχύτητας	40
2.3	Κίνηση με σταθερή ταχύτητα	52
2.4	Μεταβαλλόμενη κίνηση	60
	<b>Physics is fun</b>	<b>68</b>
	<b>Ερωτήσεις αξιολόγησης</b>	<b>70</b>

## 3 Δυνάμεις

3.1	Η έννοια «Δύναμη»	74
3.2	Δύο σημαντικές δυνάμεις στον κόσμο: βάρος και τριβή	86
3.3	Σύνθεση και ανάλυση δυνάμεων	98
3.4	Δύναμη και ισορροπία	110
3.5	Ισορροπία υλικού σημείου	118
3.6	Δύναμη και μεταβολή της ταχύτητας	124
3.7	Δύναμη και αλληλεπίδραση: ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα	134
	<b>Physics is fun</b>	<b>142</b>
	<b>Ερωτήσεις αξιολόγησης</b>	<b>144</b>

Επεξήγηση  
συμβόλων



Βίντεο



Βίντεο-πείραμα



AR

Επαυξημένη  
πραγματικότητα



VR

Εικονική  
πραγματικότητα



3D

Τρισδιάστατες  
απεικονίσεις

## 4 Πίεση

4.1	Πίεση στα στερεά	148
4.2	Υδροστατική πίεση	156
4.3	Ατμοσφαιρική πίεση	164
4.4	Μετάδοση των πιέσεων στα ρευστά Αρχή του Πασκάλ	172
4.5	Άνωση – Αρχή του Αρχιμήδη	180
4.6	Πλεύση	188
	<b>Physics is fun</b>	<b>196</b>
	<b>Ερωτήσεις αξιολόγησης</b>	<b>198</b>

## 5 Ενέργεια

5.1	Έργο και ενέργεια	202
5.2	Δυναμική και κινητική ενέργεια	212
5.3	Η μηχανική ενέργεια και η διατήρησή της	222
5.4	Μορφές και μετατροπές ενέργειας	230
5.5	Διατήρηση της ενέργειας	234
5.6	Πηγες ενέργειας	238
5.7	Απόδοση μηχανής	244
5.8	Ισχύς μηχανής	250
	<b>Physics is fun</b>	<b>258</b>
	<b>Ερωτήσεις αξιολόγησης</b>	<b>260</b>

## 6 Θερμότητα

6.1	Θερμόμετρα και μέτρηση θερμοκρασίας	264
6.2	Θερμότητα: μια μορφή ενέργειας	272
6.3	Πώς μετράμε τη θερμότητα	278
6.4	Θερμοκρασία, θερμότητα και μικρόκοσμος	286
6.5	Θερμική διαστολή και συστολή	292
	<b>Physics is fun</b>	<b>302</b>
	<b>Ερωτήσεις αξιολόγησης</b>	<b>303</b>



Εκτυπώσιμο  
υλικό



2D προσομιώσεις



Διαδραστική  
άσκηση



Επιπρόσθετο  
ψηφιακό υλικό



Απαιτητική  
άσκηση

# Πρόλογος

Το βιβλίο Φυσικής, που κρατάτε στα χέρια σας, αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα ενός εκπαιδευτικού πακέτου που απευθύνεται ταυτόχρονα τόσο στους μαθητές όσο και στους εκπαιδευτικούς, είναι δηλαδή ένα μαθησιακό και διδακτικό πακέτο. Το περιεχόμενο υλικό (έντυπο και ψηφιακό) έχει στόχο τον διδακτικό μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης, ώστε αυτή να γίνει εύληπτη και κατανοητή από τους μαθητές της Β' Γυμνασίου. Παράλληλα, το εκπαιδευτικό πακέτο αποτελεί και μια διαρκή διδακτική πρόταση για τους εκπαιδευτικούς, εμπλουτισμένη με σύγχρονα στοιχεία της επιστήμης της Διδακτικής της Φυσικής. Έτσι, το σύνολο αυτού του εκπαιδευτικού πακέτου αποτελεί ψηφίδες μιας σύγχρονης διδακτικής και μαθησιακής προσέγγισης της επιστημονικής γνώσης. Ελπίζουμε να ολοκληρωθεί με τη διδασκαλία, όπου θα συναντηθούν οι γνώσεις, η διάθεση και η εμπειρία των εκπαιδευτικών με τα ανήσυχα πνεύματα των μαθητών και μαθητριών.

Η συγγραφική ομάδα προσπάθησε με τον καλύτερο δυνατό τρόπο να προσεγγίσει με σαφήνεια την προς διδασκαλία επιστημονική γνώση, όπως τουλάχιστον αυτή περιγράφεται από το τρέχον διαθεματικό ενιαίο πλαίσιο προγραμμάτων σπουδών και διατρέχει όλες τις θεματικές ενότητες, ενσωματώνοντας καινοτομικά διδακτικά χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στη βελτίωση των διαδικασιών της μάθησης και της διδασκαλίας. Προσπάθησε ώστε το υλικό να είναι σύγχρονο, ευχάριστο, εύχρηστο και φιλικό προς τον μαθητή, με σκοπό να κεντρίσει το ενδιαφέρον και την προσοχή του, ώστε να αυξήσει τα κίνητρά του για εμπλοκή στην εκπαιδευτική διαδικασία και τη συνεπαγόμενη μάθηση.

Πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί:

## **...από τους μαθητές:**

Οι μαθητές μπορούν να έρθουν σε επαφή με την κλασική, έντυπη μορφή του βιβλίου αλλά και να εισέλθουν σε ένα ψηφιακό, πλήρως διαδραστικό περιβάλλον μελέτης και μάθησης. Έχουν τη δυνατότητα να παρακολουθήσουν εκπαιδευτικά video, animation, να εκτελέσουν πειράματα και εκπαιδευτικές προσομοιώσεις, να λύσουν ασκήσεις και προβλήματα διαβαθμισμένης δυσκολίας, λαμβάνοντας άμεσα ανατροφοδότηση και υποδείξεις ανάλογα με τη στρατηγική που ακολούθησαν, να οργανώσουν τη μελέτη τους, να επικοινωνήσουν με τον εκπαιδευτικό αλλά και να παίξουν ειδικά διαμορφωμένα εκπαιδευτικά παιχνίδια. Οι μαθητές μπορούν πια να μελετούν και μόνοι τους, έχοντας ανά πάσα στιγμή πληροφόρηση για την πρόοδό τους. Η διαδικασία της μάθησης γίνεται εξαιρετικά ευχάριστη με αναφορές και παραδείγματα από την καθημερινή ζωή, την τεχνολογία, την τέχνη, τον αθλητισμό, αλλά και μέσα από βιωματικές δραστηριότητες. Τα ερωτήματα προκαλούν την περιέργεια, το ενδιαφέρον και την άμεση εμπλοκή των μαθητών. Συνδυάζονται με πειράματα με απλά υλικά αλλά και με τη σύγχρονη τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας (VR), επαυξημένης πραγματικότητας (AR) και εικονικών εργαστηρίων, μέσα από διαδικασίες ανακάλυψης, εποικοδόμησης, διερεύνησης και STEM.



Με ποικίλους τρόπους και χρησιμοποιώντας πολλαπλές αναπαραστάσεις, βιωματικές καταστάσεις και εφαρμογές της καθημερινής ζωής, το διδακτικό και μαθησιακό πακέτο παρέχει μια εστίαση στις βασικές έννοιες, αρχές και νόμους της Φυσικής. Η εμπλοκή με ένα μεγάλο αριθμό ερωτήσεων και ασκήσεων που δεν απαιτούν απομνημόνευση και χρήση πληθώρας αποσπασματικών γνώσεων και τεχνικών, προετοιμάζει άριστα τους μαθητές και τις μαθήτριες για τις σχολικές εξετάσεις, αναπτύσσοντας έτσι την κριτική ικανότητά τους και όχι την αποστήθιση. Μέσα από αναλυτική παρουσίαση παραδειγμάτων, δίνεται βαρύτητα στη μεθοδολογία και στις στρατηγικές επίλυσης, ώστε ο μαθητής να μπορεί να αντιμετωπίσει οποιαδήποτε άσκηση ή πρόβλημα, είτε τώρα είτε στο μέλλον.

### **...από τους εκπαιδευτικούς:**

Οι εκπαιδευτικοί έχουν ένα ολοκληρωμένο διδακτικό πακέτο, με έντυπο και ψηφιακό υλικό, καρτέλες διδασκαλίας για άμεση χρήση με προτεινόμενα πειράματα και ασκήσεις διαβαθμισμένης δυσκολίας, με την απαιτούμενη θεωρητική υποστήριξη, με προτάσεις πειραματισμού με τα αντίστοιχα φύλλα εργασίας αλλά και μια σύγχρονη εκπαιδευτική πλατφόρμα, όπου μπορούν να αλληλεπιδρούν με τους μαθητές τους. Η διαχείριση της επιστημονικής γνώσης μπορεί να γίνει, με εύκολο τρόπο, απόλυτα εξατομικευμένη για κάθε μαθητή. Αξιοποιώντας όλες τις δυνατότητες που προσφέρει σήμερα η τεχνολογία ο κάθε εκπαιδευτικός μπορεί να οργανώσει το υλικό του, να αξιολογήσει τον πρόοδο του κάθε μαθητή ξεχωριστά και να προσφέρει, εξατομικευμένα, τις βέλτιστες διαδικασίες μάθησης.

Η συγγραφή του εκπαιδευτικού πακέτου ενισχύθηκε και υποστηρίχθηκε από μια πολυάριθμη ομάδα κριτών, αποτελούμενη από καταξιωμένους επιστήμονες, εκπαιδευτικούς και ερευνητές.

Αγαπητέ μαθητή και αγαπητή μαθήτρια. Το βιβλίο *Φυσική Β' Γυμνασίου* που κρατάς στα χέρια σου είναι ένα βιβλίο που θέλεις να διαβάσεις γιατί από παθητικό αναγνώστη και ακροατή, σε κάνει συμμετοχο σε μια γοητευτική προσέγγιση της επιστημονικής γνώσης. Θεωρούμε ότι, με τα χαρακτηριστικά που ενσωματώνει, είναι βιβλίο αναφοράς που τόσο εσύ όσο και τα μέλη της οικογένειάς σου θα συνεχίσετε να χρησιμοποιείτε, ακόμη και στην επόμενη βαθμίδα εκπαίδευσης.

Η συγγραφική ομάδα  
και η εκδοτική εταιρεία

# 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ ΔΕΙΓΜΑ - DEMO - ΔΕΙΓΜΑ  
Η ΑΝΑΔΗΜΟΣΙΕΥΣΗ ΚΑΙ Η ΕΚΤΥΠΩΣΗ



ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ Η ΑΝΑΔΗΜΟΣΙΕΥΣΗ ΚΑΙ Η ΕΚΤΥΠΩΣΗ



Ουράνιο τόξο σίγουρα έχεις θαυμάσει! Μπορείς να θυμηθείς σε ποιες συνθήκες το βλέπουμε; Έχεις προσέξει ποτέ διπλό ουράνιο τόξο, σαν αυτό που βλέπεις στην εικόνα; Αν ναι, έχεις παρατηρήσει τη σειρά των χρωμάτων του σε σχέση με το πρωτεύον;

Σε αυτό το κεφάλαιο θα μάθεις:

Πώς οι επιστήμονες παρατηρούν και μελετούν φαινόμενα όπως το ουράνιο τόξο και ποια μεθοδολογία ακολουθούν.

Ποια είναι τα φυσικά μεγέθη και πώς μετριοούνται.

# 1.1 Φυσική: μια βασική επιστήμη

Σε αυτό το υποκεφάλαιο θα μάθεις:

- Τι ονομάζουμε φαινόμενο και ποια η σχέση του με τη Φυσική.
- Την προέλευση της Φυσικής και τον λόγο για τον οποίο σχετίζεται με τα μαθηματικά.
- Μερικές πρακτικές εφαρμογές της Φυσικής στην καθημερινή ζωή.

ΔΕΙΓΜΑ – DEMO – ΔΕΙΓΜΑ  
Η ΑΝΑΔΗΜΟΣΙΕΥΣΗ ΚΑΙ Η ΕΚΤΥΠΩΣΗ

Όταν ένα μεταλλικό αντικείμενο που περιέχει σίδηρο το αφήσεις εκτεθειμένο στον ατμοσφαιρικό αέρα και την υγρασία για μεγάλο χρονικό διάστημα, τότε αυτό σβειδώνεται· σκουριάζει, όπως βλέπεις στην καθημερινή ζωή.

Τα βακτήρια, εξαιτίας μεταλλάξεων στο DNA τους, γίνονται ανθεκτικότερα σε ουσίες που τα καταπολεμούν και τις ονομάζουμε αντιβιοτικά.

Ένα καλοκαιρινό βράδυ, παρατηρώντας τον έναστρο ουρανό, βλέπεις ένα «πεφταστέρι», δηλαδή ένα μετέωρο να εισέρχεται στην ατμόσφαιρα της Γης.

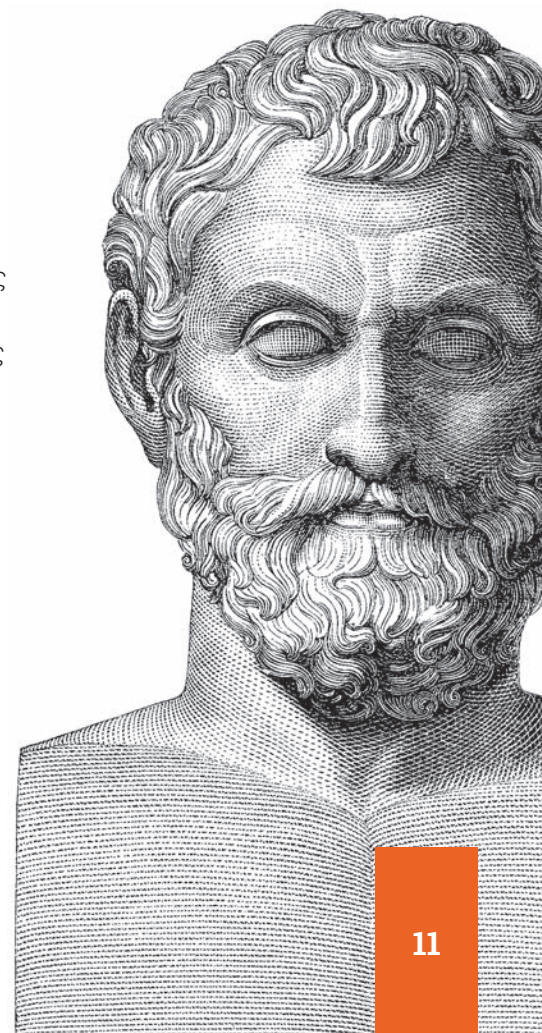
Το μετέωρο, καθώς εισέρχεται στην ατμόσφαιρα της Γης, αλληλεπιδρά με αυτή, με αποτέλεσμα να ακτινοβολεί.

Όλες τις προηγούμενες μεταβολές και διαδικασίες ή παρόμοιές τους τις ονομάζουμε αντιστοίχως χημικά, βιολογικά ή φυσικά **φαινόμενα**. Αυτά τα φαινόμενα τα μελετούν οι φυσικές επιστήμες, στις οποίες ανήκουν η **βιολογία**, η **χημεία**, η **φυσική**, η **γεωλογία** κλπ.

Ως βασικές **φυσικές επιστήμες** μπορούν να θεωρηθούν η **φυσική**, που μελετά τα φυσικά φαινόμενα, η **χημεία**, που μελετά τα χημικά φαινόμενα, η **βιολογία**, που μελετά το φαινόμενο της ζωής, και η **γεωλογία**, που μελετά τον πλανήτη μας. Βέβαια, υπάρχουν κλάδοι τους, όπως η **αστρονομία**, η **μετεωρολογία**, η **ωκεανογραφία**, η **γεωγραφία**, η **παλαιοντολογία**, η **κλιματολογία**, η **κοσμολογία**, η **οικολογία** κλπ.

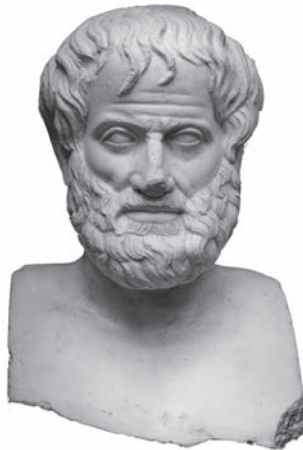
Η μελέτη του φυσικού κόσμου παλαιότερα ονομαζόταν **φυσική φιλοσοφία** και από αυτή γεννήθηκε το μεγαλύτερο μέρος των σύγχρονων επιστημών.

Η φυσική φιλοσοφία έχει τις ρίζες της στην αρχαία Ελλάδα, όταν οι προσωκρατικοί φιλόσοφοι, όπως ο **Θαλής ο Μιλήσιος**, προσπάθησαν να εξηγήσουν τα φυσικά φαινόμενα, μέσω παρατηρήσεων, κάνοντας υποθέσεις και δίνοντας ερμηνείες απαλλαγμένες από δοξασίες. Με τον τρόπο αυτόν κατόρθωσαν να κάνουν επιτυχείς προβλέψεις για φυσικά φαινόμενα, όπως ηλιακές εκλείψεις και καιρικά φαινόμενα και κατανοώντας τα να κάνουν σωστούς και πιο ακριβείς υπολογισμούς, όπως ο υπολογισμός της περιφέρειας της Γης από τον Ερατοσθένη.



## Φυσική, μια θεμελιώδης επιστήμη

Η Φυσική προέρχεται από την ελληνική λέξη φύση και την πρώτη καταγραφή της την έχουμε από τον **Αριστοτέλη**. Η Φυσική μελετά και προσπαθεί να **ερμηνεύσει** βασικές φυσικές έννοιες, μεγέθη και φαινόμενα: την κίνηση των σωμάτων, τις δυνάμεις, τις αλληλεπιδράσεις, την ενέργεια, τη δομή της ύλης, τον ήχο, το φως. Σύμφωνα με τον Αριστοτέλη:



Αριστοτέλης

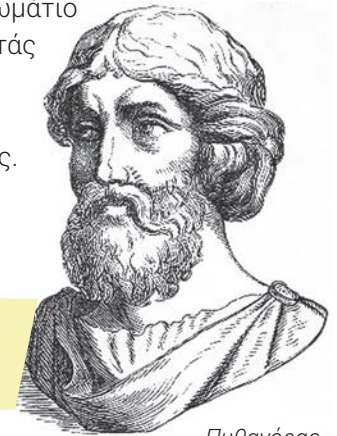
«Θεωρούμε ότι γνωρίζουμε καλώς κάτι όταν έχουμε γνωρίσει τα πρωταρχικά αίτια και τις θεμελιακές αρχές αυτού και των στοιχείων που το συνιστούν».

Η Φυσική δεν αποτελεί απλώς ένα τμήμα των φυσικών επιστημών αλλά είναι μια **θεμελιώδης επιστήμη** αφού οι έννοιες και τα μεγέθη που μελετά αποτελούν τη βάση όλων των υπόλοιπων φυσικών επιστημών. Μέσα από τη μελέτη της, μπορείς να αποκτήσεις καλύτερη κατανόηση των φαινομένων που παρατηρείς και να γνωρίζεις τον τρόπο με τον οποίο συνδέονται όλες οι φυσικές μεταβλητές στη Γη αλλά και σε ολόκληρο το σύμπαν. Αυτός είναι και ο λόγος που

στις μελλοντικές σου σπουδές, άσχετα με το επιστημονικό ή τεχνολογικό πεδίο που θα επιλέξεις, η Φυσική θα είναι ένα από τα υποχρεωτικά αντικείμενα μελέτης. Ακόμη και αν οι σπουδές σου δεν περιλαμβάνουν μαθήματα Φυσικής, η γνώση των φυσικών αρχών και των φυσικών νόμων θα σε βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση πολλών φαινομένων της καθημερινότητάς σου.

Πέραν των χρήσιμων γνώσεων που θα σου προσφέρει, θα σε βοηθήσει να **προστατευτεί** από επικίνδυνα φυσικά φαινόμενα, όπως είναι ο κεραυνός, αλλά και να **απολαύσεις** και να **θαυμάσεις** τη φύση με ασφάλεια, ή και να χρησιμοποιήσεις με ασφάλεια ό,τι αυτή σου προσφέρει, κατανοώντας τους νόμους που τη διέπουν.

Πολλές φορές στην καθημερινή σου ζωή εφαρμόζεις τους νόμους της Φυσικής για να **προβλέψεις** φαινόμενα ή για να κινηθείς με ασφάλεια στο φυσικό περιβάλλον, χωρίς να το συνειδητοποιείς. Για παράδειγμα, ξέρεις ότι αν ξεχάσεις το μπουκαλάκι με το νερό σου στον ήλιο, μετά δεν θα μπορείς να το πιεις, γιατί θα είναι πολύ ζεστό. Όταν είσαι σε ένα ζεστό δωμάτιο τον χειμώνα, δεν θα ανοίξεις ούτε την πόρτα ούτε το παράθυρο, γιατί ξέρεις ότι το δωμάτιο μετά θα είναι κρύο. Όταν περπατάς σε ένα βρεγμένο δάπεδο, προσέχεις περισσότερο, γιατί ξέρεις ότι μπορεί να γλιστρήσεις.



Πυθαγόρας

## Η σχέση μαθηματικών και φυσικής



Γαλιλαίος

«Το βιβλίο της φύσης είναι γραμμένο στη γλώσσα των μαθηματικών».

Η ρήση αυτή του **Γαλιλαίου** αντικατοπτρίζει την αλληλένδετη σχέση μαθηματικών και Φυσικής. Περίπου δύο χιλιάδες χρόνια νωρίτερα, ο **Πυθαγόρας** ανέφερε πως τα μαθηματικά κυβερνούν το σύμπαν. Ας δούμε όμως για ποιους λόγους οι επιστήμονες διαχρονικά έχουν καταλήξει σε αυτό το συμπέρασμα.

Χρησιμοποιώντας τη γλώσσα των μαθηματικών στη Φυσική, μπορούμε να εκφράσουμε την εξάρτηση μεταξύ των φυσικών μεγεθών με μια μαθηματική εξίσωση. Με αυτόν τον τρόπο είμαστε σε θέση να **προβλέψουμε** με ακρίβεια την τιμή ενός φυσικού μεγέθους· για παράδειγμα, με πόση ταχύτητα πρέπει να εκτοξευτεί ένας πύραυλος για να φτάσει στη Σελήνη ή για να τεθεί σε τροχιά ένας τεχνητός δορυφόρος.

Επίσης μπορούμε να ελέγξουμε την ορθότητα της μαθηματικής σχέσης μεταξύ των φυσικών μεγεθών με τη βοήθεια του πειράματος ή, όπως λέμε στη Φυσική, να επιβεβαιώσουμε πειραματικά έναν νόμο.

Η τεράστια ανάπτυξη και η πρόοδος της επιστήμης, τους καρπούς της οποίας απολαμβάνουμε όλοι σήμερα, οφείλονται στη χρήση της γλώσσας των μαθηματικών για τη μελέτη των φυσικών φαινομένων, καθώς και του πειράματος, για τον έλεγχο της ορθότητας των

μαθηματικών εξισώσεων που περιγράφουν τις σχέσεις μεταξύ των φυσικών μεγεθών.

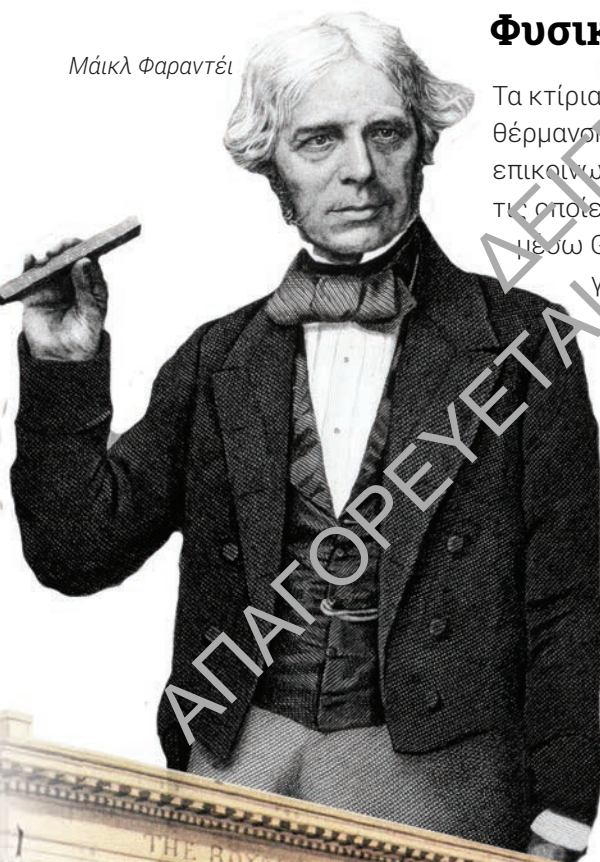
Σε αυτό το βιβλίο, όπως και σε κάθε άλλο βιβλίο Φυσικής, θα συναντήσεις μαθηματικές εξισώσεις και γραφικές παραστάσεις, που σκοπός τους δεν είναι να σε δυσκολέψουν, αλλά, αντίθετα, να σε βοηθήσουν να μπορείς να προβλέψεις την εξέλιξη ενός φυσικού φαινομένου και, γενικά, να καταλαβαίνεις τον κόσμο γύρω σου.

Η σημαντικότερη συνεισφορά των μαθηματικών στη Φυσική είναι η ποσοτική σχέση μεταξύ των φυσικών μεγεθών, η οποία δίνει τη δυνατότητα της ακριβούς πρόβλεψης και πειραματικής επιβεβαίωσης ή διάψευσης. Πιθανόν να αναρωτήθηκες για ποιο λόγο να υπάρχει όριο ταχύτητας των **70 km/h**, π.χ. σε έναν επαρχιακό δρόμο. Γιατί να μην είναι αυτό το όριο μεγαλύτερο; Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, δηλαδή το ζητούμενο όριο ταχύτητας, οι ειδικοί επιστήμονες έλαβαν υπόψη τους πόσο χρόνο χρειάζεται ένα συνηθισμένο αυτοκίνητο, που κινείται με **70 km/h** να ακινητοποιηθεί όταν βρεθεί μπροστά σε ένα εμπόδιο,

π.χ. ένα ζώο που διασχίζει τον δρόμο. Για τον υπολογισμό της ταχύτητας λήφθηκε υπόψη η κατάσταση του οδοστρώματος, οι τριβές που υπάρχουν ανάμεσα στα συνήθη ελαστικά αυτοκινήτων και το οδόστρωμα, καθώς μεταβάλλονται αυτές οι τριβές σε μια βροχερή ημέρα, η κλίση που έχει ο οδηγός στο συγκεκριμένο σημείο, η κλίση του οδοστρώματος κλπ. Βλέπεις ότι δεν είναι καθόλου απλό το πρόβλημα και χρειάζονται μαθηματικοί τύποι, πολλές φορές ιδιαίτερα πολύπλοκοι, για να γίνει σωστά μια πρόβλεψη.

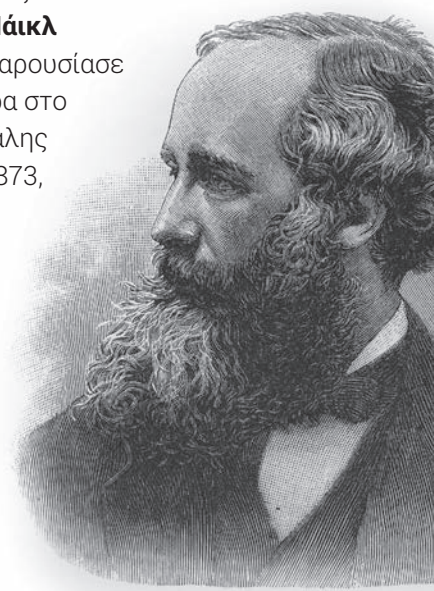
## Φυσικές επιστήμες και τεχνολογία

Μάικλ Φαραντέι



Τα κτίρια όπου ζούμε σήμερα, ο τρόπος θέρμανσης και ψύξης τους, οι συσκευές επικοινωνίας, οι εξοπλισμένες συσκευές με τις οποίες επικοινωνείς, πλοηγείσαι μέσω GPS ή λαμβάνεις μετρήσεις για τους καρδιακούς σου παλμούς, τα μέσα μεταφοράς, τα διαστημόπλοια, το διαδίκτυο και πλήθος άλλων εφευρέσεων και συσκευών, υπάρχουν χάρη στην κατανόηση και εφαρμογή φυσικών αρχών και νόμων. Στην πραγματικότητα, δεν μπορούμε να ξέρουμε εκ των προτέρων τις πρακτικές εφαρμογές των ανακαλύψεων της Φυσικής ούτε και τον αντίκτυπό τους στην πρόοδο της τεχνολογίας. Πολλές

φορές οι πρακτικές εφαρμογές τους είναι πραγματικά απροσδόκητες. Για παράδειγμα, όταν το 1821 ο **Μάικλ Φαραντέι** (Michael Faraday) παρουσίασε τον πρώτο ηλεκτρικό κινητήρα στο Βασιλικό Ινστιτούτο της Μεγάλης Βρετανίας και αργότερα, το 1873, ο **Τζέιμς Κλερκ Μάξγουελ** (James Clerk Maxwell) κατόρθωσε με τέσσερις μόνο μαθηματικές εξισώσεις να περιγράψει πλήρως όλα τα ηλεκτρικά και μαγνητικά φαινόμενα, κανένας δεν μπορούσε να φανταστεί ότι, ύστερα από μερικές μόνο δεκαετίες, ο πολιτισμός θα βασιζόταν όλο και περισσότερο στις εφαρμογές του ηλεκτρομαγνητισμού.



Τζέιμς Κλερκ Μάξγουελ

# 1.2 Η επιστημονική μέθοδος της έρευνας

Σε αυτό το υποκεφάλαιο θα μάθεις:

- Ποιες επιστημονικές μέθοδοι αναπτύχθηκαν προκειμένου να ερμηνευτούν τα φυσικά φαινόμενα.
- Ποια βήματα ακολουθούν οι επιστήμονες κατά την έρευνά τους.
- Πότε αλλάζει μια επιστημονική θεωρία.

Επίσης, με τη βοήθεια της φυσικής θα μπορέσεις να απαντήσεις το εξής:



Με ποιο τρόπο εξελίχθηκε η επιστήμη από την εποχή του Γαλιλαίου και του Μίτσον μέχρι σήμερα.





Στην εικόνα βλέπεις τον μεγάλο Άγγλο ποιητή **Τζον Μίλτον** (John Milton) να κοιτάζει μέσα από το τηλεσκόπιο του Γαλιλαίου. Ο ποιητής εντυπωσιάστηκε από τις δυνατότητες της επιστήμης, η οποία στο εξής θα επηρέαζε σημαντικά και την τέχνη.

Η επιστήμη δεν είναι μόνο ένα σύνολο γνώσεων αλλά και οι μέθοδοι με τις οποίες παράγεται αυτό το σύνολο γνώσεων. Είδαμε ότι οι προσηκράτικοί φιλόσοφοι κατόρθωσαν να κάνουν επιτυχείς προβλέψεις για φυσικά φαινόμενα όπως οι ηλιακές εκλείψεις, στηριζόμενοι στην ερμηνεία που έδιναν για τα παρατηρούμενα φυσικά φαινόμενα. Έτσι διαμόρφωσαν μια θεωρία. Σήμερα, όμως, οι επιστήμονες δεν στηρίζονται αποκλειστικά στην παρατήρηση. Μπορεί να διατυπώσουν μια υπόθεση βασισμένοι στις γνώσεις που ήδη έχουν, πιθανώς λανθασμένες, προκειμένου να ερμηνεύσουν ένα φαινόμενο. Στη συνέχεια, όμως, πρέπει η υπόθεση αυτή να επιβεβαιωθεί και με πείραμα ώστε να τροποποιήσει κάποια θεωρία ή να αποτελέσει μια νέα θεωρία.

Έτσι, στην επιστήμη της Φυσικής διαμορφώθηκαν «επιστημονικές μέθοδοι», με απαραίτητη προϋπόθεση όλων την επιβεβαιωτική χρήση του πειράματος. Γι' αυτό, όλες τελικά αναφέρονται ως «επιστημονική μέθοδος της έρευνας».

## Η επιστημονική μέθοδος της έρευνας και η εκπαιδευτική μέθοδος με διερεύνηση

Η επιστημονική μέθοδος που εφαρμόζεται στην ερευνητική διαδικασία έχει επεκταθεί και στην εκπαίδευση στη Φυσική. Ακολουθεί τα ίδια βήματα, αλλά αντί του όρου «έρευνα» χρησιμοποιείται ο όρος «διερεύνηση» για την εκπαιδευτική διαδικασία. Τα βήματα τόσο της επιστημονικής μεθόδου της έρευνας όσο και της επιστημονικής-εκπαιδευτικής μεθόδου με διερεύνηση είναι:

## A. Παρατήρηση – έναυσμα ενδιαφέροντος

Οι επιστήμονες παρατηρούν τον φυσικό κόσμο και προσπαθούν να τον κατανοήσουν. Η παρατήρησή τους συχνά ξεκινά με έναυσμα κάποιο φυσικό φαινόμενο που προσπαθούν να ερμηνεύσουν. **Το ίδιο κάνεις και εσύ καθώς διερευνάς ένα φαινόμενο.** Πολλές φορές το φαινόμενο που παρατηρούν είναι πολυδιάστατο και πρέπει να εστιάσουν σε κάποια συγκεκριμένη πτυχή του την οποία θέλουν να μελετήσουν. Για παράδειγμα, όταν θέλουν να μελετήσουν την τριβή στην περίπτωση ενός ανθρώπου που περπατάει, δεν τους ενδιαφέρει το χρώμα των μαλλιών του ή ποιος περπατάει δίπλα του. Τους ενδιαφέρει, όμως, να παρατηρήσουν τι παπούτσια φοράει και σε τι είδους δάπεδο περπατάει.

## B. Διατύπωση υποθέσεων

Οι επιστήμονες, όπως θα εξηγήσουμε παρακάτω, περιγράφουν το φαινόμενο με τη βοήθεια ποσοτήτων που μπορούν να μετρηθούν ή, όπως λέμε, φυσικών μεγεθών. Διενεργούν έρευνες για τα ποια επιστημονικά δεδομένα υπάρχουν ήδη, θέτουν ερωτήσεις και διατυπώνουν προβλέψεις, βασίζονται στην υπάρχουσα γνώση τους. Προσπαθούν να εκφράσουν τις σχέσεις μεταξύ των μεγεθών με τη βοήθεια των μαθηματικών, δηλαδή διατυπώνουν μια υπόθεση (συνήθως με μια μαθηματική εξίσωση) που εκφράζει τη σχέση μεταξύ των μεγεθών. **Το ίδιο κάνεις και εσύ!** Κατά την εκπαιδευτική διαδικασία χρησιμοποιείς τις γνώσεις σου, διατυπώνεις υποθέσεις για τις αιτίες του φαινομένου, με ποια άλλα φαινόμενα είναι δυνατό αυτό να συνδέεται και προτείνεις πειράματα για να διερευνήσεις το φαινόμενο και να επιβεβαιώσεις ή όχι τις υποθέσεις σου.

## Γ. Πείραμα

Οι επιστήμονες, κατά την έρευνά τους, ελέγχουν με τη βοήθεια του πειράματος αν η υπόθεσή τους είναι σωστή. Με τα πειράματα θα λέγαμε ότι «ανακρίνουν» τη φύση, κάνουν συνεχείς και καλά καθορισμένες «ερωτήσεις» μέχρι να μπορέσουν να εξηγήσουν τις παρατηρήσεις τους και να επαληθεύσουν ή να διαψεύσουν τις υποθέσεις τους. Τα πειράματα γίνονται συνήθως σε επιστημονικά εργαστήρια, επειδή εκεί μπορούμε να μεταβάλουμε με ελεγχόμενο τρόπο τις τιμές των φυσικών μεγεθών που

επηρεάζουν το φαινόμενο και να ελαχιστοποιήσουμε τους ανεπιθύμητους παράγοντες που επηρεάζουν την εξέλιξή του. **Το ίδιο μαθαίνεις να κάνεις και εσύ, τηρώντας πάντα τους κανόνες ασφαλείας του εργαστηρίου!**

## Δ. Συμπεράσματα – φυσικοί νόμοι – θεωρία

Με βάση τα αποτελέσματα των πειραμάτων, οι επιστήμονες εξαγουν συμπεράσματα και ελέγχουν αν οι υποθέσεις τους ήταν σωστές. Αν τα πειράματα επιβεβαιώσουν την υπόθεση, τότε η υπόθεση μπορεί να γενικευτεί και γίνεται νόμος, διαφορετικά η διαδικασία ξεκινά από την αρχή.

**Το ίδιο κάνεις και εσύ, στον βαθμό των δυνατοτήτων σου.**

Οι **φυσικοί νόμοι** είναι συνοπτικές περιγραφές των νόμων ή των κανόνων που ακολουθούν τα φυσικά φαινόμενα. Δεν τους έχουμε δημιουργήσει εμείς, ούτε μπορούμε να τους αλλάξουμε. Μπορούμε, όμως, με την εφαρμογή της επιστημονικής μεθόδου, να τους ανακαλύψουμε και να τους κατανοήσουμε. Οι φυσικοί νόμοι εκφράζονται μέσω κάποιας μαθηματικής εξίσωσης, είναι αποτέλεσμα επιστημονικών δεδομένων και επαναλαμβανόμενων πειραμάτων και είναι εναρμονισμένοι με την επιστημονική θεωρία. Για παράδειγμα, ο νόμος του Χουκ (Hooke), που αναφέρεται στη δύναμη και τη συσπίρωση ενός ελατηρίου, εκφράζεται μαθηματικά με την εξίσωση  $F = k \cdot \Delta l$ . Η **επιστημονική θεωρία** είναι πιο σύνθετη από έναν φυσικό νόμο. Ενώ ένας φυσικός νόμος περιγράφει ή εξηγεί μια φυσική μεταβολή, μια επιστημονική θεωρία εξηγεί μια μεγάλη ομάδα συναφών φυσικών φαινομένων. Φαινόμενα της καθημερινότητάς σου συνήθως εξηγούνται με τη νευτώνεια θεωρία. Φαινόμενα του μικρόκοσμου εξηγούνται με την κβαντομηχανική, ενώ φαινόμενα του μεγάκοσμου ή φαινόμενα με εξαιρετικά μεγάλες ταχύτητες εξηγούνται με τη θεωρία της σχετικότητας.

## Ε. Συνεχής επανέλεγχος – γενικεύσεις

Οι θεωρίες ελέγχονται συνεχώς με νέα πειράματα από άλλους επιστήμονες, οι οποίοι συνεχίζουν την αναζήτηση απαντήσεων και εξηγήσεων για τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί ο φυσικός κόσμος.

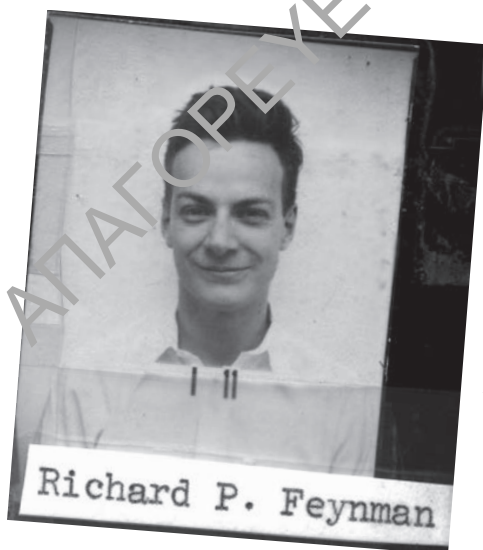
### Ο ρόλος σου κατά την εκπαιδευτική διαδικασία

**είναι παρόμοιος**, αφού δοκιμάζεις τα συμπεράσματά σου με τις εφαρμογές και τα ερμηνεύεις με τις προσομοιώσεις των κινήσεων των μικροσκοπικών σωματιδίων από τα οποία αποτελείται ο φυσικός κόσμος.

Η επιστημονική μέθοδος μέσα από την παρατήρηση, τη συνεχή διατύπωση πολλών υποθέσεων, τον πειραματισμό και την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων έχει συμβάλει στην πρόοδο και την εξέλιξη της επιστήμης, ειδικότερα της Φυσικής. Συμβάλλει επίσης και στην εκπαίδευση στη Φυσική. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εφαρμοστεί όμως και πέραν της επιστήμης και της εκπαίδευσης.

### Την ίδια μέθοδο εφαρμόζεις και εσύ στην καθημερινότητά σου.

Για παράδειγμα, καθώς προσπαθείς να κάνεις βόλτα με το ποδήλατό σου, ασκείς δύναμη με το πόδι σου στο πετάλι, αυτό περιστρέφεται (πιο εύκολα τώρα) και το ποδήλατο δεν κινείται. Κάνεις μια υπόθεση, για παράδειγμα ότι η αλυσίδα έχει φύγει από τη θέση της. Για να ελέγξεις την υπόθεσή σου εκτελείς πείραμα. Κατεβαίνεις από το ποδήλατο και ελέγχεις αν η αλυσίδα είναι στη θέση της. Αν η αλυσίδα είναι εκεί, τότε καταλήγεις στο συμπέρασμα ότι δεν είναι αυτή το πρόβλημα. Τώρα, για να μπορέσεις να λύσεις το πρόβλημά σου, πρέπει να δημιουργήσεις μια νέα υπόθεση (μήπως το σύστημα με το οποίο περιστρέφονται τα πετάλια έχει πρόβλημα;) και να εκτελέσεις το κατάλληλο πείραμα για να την ελέγξεις.



Ρίτσαρντ Φάινμαν,  
Αμερικανός  
φυσικός 1918-1988,  
Νόμπελ Φυσικής  
1965

## Η επιστημονική στάση

Οι επιστημονικές θεωρίες, πέραν των εξηγήσεων των φαινομένων και των διαδικασιών του φυσικού κόσμου, πολλές φορές προβλέπουν και φαινόμενα που δεν έχουν ακόμη παρατηρηθεί. Όμως, μια επιστημονική θεωρία παραμένει πάντα η ίδια; Μπορεί να αλλάξει ή να τροποποιηθεί;

Αρκεί μόνο ένα πείραμα (αφού επαναληφθεί, φυσικά) για να αμφισβητηθεί η θεωρία. Αν επαναλαμβανόμενα πειράματα και παρατηρήσεις που έχουν γίνει με ακρίβεια και από πολλούς ανεξάρτητους ερευνητές δεν συμφωνούν με τη θεωρία, τότε αυτή πιθανώς, τροποποιείται, αναθεωρείται ή καταρρίπτεται. «Αν τα πειράματα δεν επαληθεύουν τη θεωρία, τότε αυτή είναι λανθασμένη, ανεξάρτητα από το πόσο κομψή είναι ή ποιος επιστήμονας τη διατύπωσε», όπως χαρακτηριστικά είχε επισημάνει ο Ρίτσαρντ Φάινμαν (βλ. εικόνα).

Στην επιστήμη δεν υπάρχει θέση για αυθεντίες και δογματισμούς. Άμεσα διατυπώνεται μια άλλη υπόθεση και ελέγχεται ξανά με εφαρμογή όλων των βημάτων της επιστημονικής μεθόδου. Αν η νέα υπόθεση επιβεβαιωθεί από τα πειράματα, τότε αυτή είναι η νέα θεωρία.

Η πρόοδος της επιστήμης δεν είναι πάντα γραμμική. Αν και οι επιστήμονες εφαρμόζουν τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου, αυτό δεν συμβαίνει πάντοτε με τη σειρά που αναφέρθηκε πιο πριν. Τυχαίες παρατηρήσεις, η μεταβολή παραμέτρων σε πειράματα χωρίς κάποια προηγούμενη υπόθεση για το τι θα συμβεί, η έμπνευση, ή ακόμα και η διαίσθηση, οδηγούν σε νέα αποτελέσματα και νέες έρευνες. Αυτό που παραμένει σταθερό είναι το ότι η Φυσική βασίζεται στις παρατηρήσεις και στο πείραμα, το οποίο είναι πάντα ο κριτής της ορθότητας μιας υπόθεσης ή μιας θεωρίας.

Η πρόοδος στην επιστήμη, όμως, δεν ξεκινά πάντα από την παρατήρηση. Ιστορικά, πολλές φορές μέσα από τη διατύπωση μιας θεωρίας, προβλέφθηκαν συγκεκριμένα φαινόμενα. Για παράδειγμα, το 1915 ο Αϊνστάιν διατύπωσε τη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας, μια θεωρία για τη βαρύτητα, η οποία έδινε διέξοδο σε προηγούμενες θεωρίες, όπως η νευτώνεια μηχανική (βλ. κεφ. 3), που δεν μπορούσαν να ερμηνεύσουν συγκεκριμένες παρατηρήσεις, όπως π.χ. τη μετατόπιση του περιηλίου του πλανήτη Ερμή. Στη συνέχεια, διατυπώθηκαν υποθέσεις και επινοήθηκαν πειραματικές διαδικασίες, με στόχο την επιβεβαίωση ή την απόρριψη της θεωρίας. Όσο τα δεδομένα από τα πειράματα δεν απορρίπτουν τη θεωρία, αλλά είναι συμβατά με αυτήν, τόσο ισχυροποιείται η θεωρία. Από το 1915 που διατυπώθηκε η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας, έχει επιβεβαιωθεί πολλές φορές πειραματικά. Πρόσφατα μάλιστα, επιβεβαιώθηκε πειραματικά η ύπαρξη των βαρυτικών κυμάτων, που προβλέπονται από αυτή (Νόμπελ Φυσικής 2017).

# 1.3 Τα φυσικά μεγέθη και οι μονάδες τους

Σε αυτό το υποκεφάλαιο θα μάθεις:

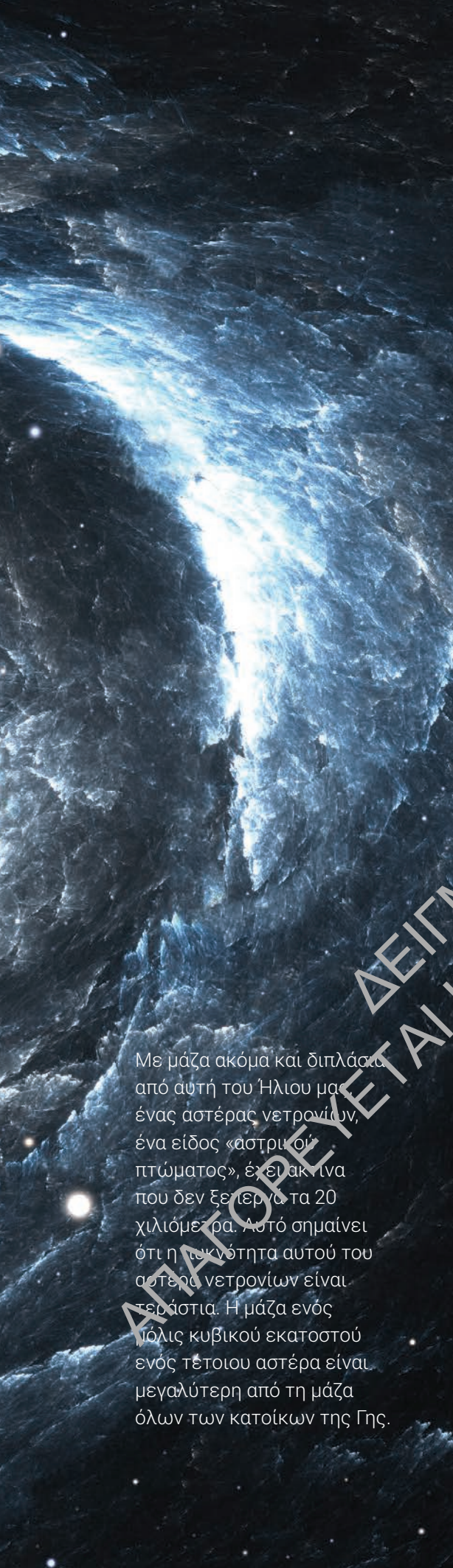
- Ποια είναι τα θεμελιώδη και ποια τα παράγωγα φυσικά μεγέθη.
- Τι είναι το Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI).
- Ποια είναι τα πολλαπλάσια και τα υποπολλαπλάσια των μονάδων.
- Να ορίζεις την πυκνότητα και να την υπολογίζεις.

Επίσης, με τη βοήθεια της Φυσικής θα μπόρέσεις να απαντήσεις τα εξής:



Πώς ορίστηκε το ένα στάδιο ή το ένα μίλι;

Πόση είναι η πυκνότητα ενός αστερα νετρονίων ή της Γης ή του σώματός σου;



Με μάζα ακόμα και διπλάσια από αυτή του Ήλιου με έναν αστέρα νετρονίων, ένα είδος «αστρικού πτώματος», έχει ακτίνα που δεν ξεπερνά τα 20 χιλιόμετρα. Αυτό σημαίνει ότι η πυκνότητα αυτού του αστέρα νετρονίων είναι τεράστια. Η μάζα ενός μόλις κυβικού εκατοστού ενός τέτοιου αστέρα είναι μεγαλύτερη από τη μάζα όλων των κατοίκων της Γης.

Η Φυσική είναι πειραματική επιστήμη και χρησιμοποιεί τη διαδικασία σύγκρισης ομοειδών μεγεθών για να κάνει μετρήσεις με τη βοήθεια οργάνων μέτρησης, όπως για παράδειγμα όταν μετράς το ύψος σου με τη βοήθεια του μέτρου.

**Φυσικό μέγεθος ονομάζουμε κάθε ποσότητα που χρησιμοποιούμε για να περιγράψουμε ένα φυσικό φαινόμενο.** Για να μελετήσεις ένα φυσικό φαινόμενο πρέπει να μετρήσεις τα φυσικά μεγέθη που το περιγράφουν. Μεγέθη όπως η μάζα, ο χρόνος, η ταχύτητα, η πυκνότητα, η θερμοκρασία είναι **φυσικά μεγέθη**.

Σύμφωνα με τον **Λόρδο Κέλβιν\***:

*«Όταν μπορείς να μετρήσεις αυτά που περιγράφεις και να τα εκφράσεις με αριθμούς, τότε ξέρεις κάτι για αυτά, αλλιώς η γνώση σου είναι αποσπασματική και ελλιπής».*

Για να μετρήσεις ένα φυσικό μέγεθος πρέπει να το συγκρίνεις με ένα άλλο ομοειδές το οποίο ονομάζουμε μονάδα μέτρησης. Αποτέλεσμα της μέτρησης ενός φυσικού μεγέθους είναι η αριθμητική τιμή που δείχνει πόσες φορές χωράει η **μονάδα μέτρησης** στο μέγεθος, καθώς και η μονάδα μέτρησής του. Για παράδειγμα, όταν λες ότι ο στίβος σε ένα στάδιο είναι **400 m**, εννοείς ότι είναι **400** φορές μεγαλύτερος από τη μονάδα μέτρησης του μήκους που είναι το **1 m**. Η διαδικασία της μέτρησης ενός φυσικού μεγέθους απαιτεί όργανα μέτρησης και υπολογισμούς, ενώ μπορεί να είναι απλή ή πολύπλοκη.

Για να κάνεις ακριβείς μετρήσεις φυσικών μεγεθών, χρειάζεσαι μονάδες μέτρησης που δεν αλλάζουν και μπορούν να αναπαραχθούν από τόπο σε τόπο.

**Η μετρολογία είναι η επιστήμη της μέτρησης.** Η ύπαρξή της χάνεται στα βάθη των αιώνων. Τα πρώτα ερωτήματα ήταν **«πόσο απέχουν δύο αντικείμενα μεταξύ τους»** και **«πού βρίσκονται»**. Αρχικά οι μονάδες μέτρησης συσχετιζονταν με το ανθρώπινο σώμα ή την κίνησή του και χρησιμοποιήθηκαν για χιλιετίες. Οι Έλληνες, όπως μας λέει ο Ξενοφώντας, χρησιμοποίησαν τον πόδα, το στάδιο (απόσταση τετρακοσίων βημάτων), το πλέθρο, τον παρασάγγη, ενώ οι Ρωμαίοι το μίλι (απόσταση χιλίων διπλών βημάτων). Η γιάρδα, που χρησιμοποιείται στις αγγλοσαξονικές χώρες, είναι η απόσταση από τον αντίχειρα μέχρι τη μύτη, με τεντωμένο χέρι, του βασιλιά της Αγγλίας Ερρίκου του Α'. Η ανατροπή έγινε από ιδέες που επικράτησαν με τη Γαλλική Επανάσταση, μετά το 1789, και ξέφυγε από το **ανθρωποκεντρικό μοντέλο**. Η βάση για τον ορισμό της καινούριας μονάδας ήταν η Γη.

\* Ο Ουίλιαμ Τόμσον (William Thomson) ή αλλιώς Λόρδος Κέλβιν, ήταν Ιρλανδός-Αγγλος φυσικός που επινόησε τη θερμοκρασιακή κλίμακα Κέλβιν, όπως θα μάθεις στο κεφάλαιο 6.

Ως **1 m** ορίστηκε το ένα προς δέκα εκατομμύρια  $1/10\,000\,000$  της απόστασης του Βόρειου Πόλου από τον Ισημερινό, κατά μήκος ενός μεσημβρινού της Γης.

Σήμερα, που οι απαιτήσεις για μεγαλύτερη ακρίβεια μετρήσεων αυξήθηκαν, καθώς και η ανάγκη να μπορούν αυτές να χρησιμοποιηθούν σε διάφορα μέρη της Γης, αλλά και οπουδήποτε εκτός Γης, ο καθορισμός των μονάδων μέτρησης έχει τροποποιηθεί (από τις 20 Μαΐου 2019) με βάση διάφορες παγκόσμιες σταθερές. Τέτοιες είναι η συχνότητα της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από το άτομο του καισίου 133, η ταχύτητα του φωτός στο κενό  $c$ , η σταθερά Planck  $h$ , το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο  $e$ , η σταθερά Boltzmann  $k$  και η σταθερά Avogadro  $N_A$ .

## A Τα θεμελιώδη μεγέθη: Το μήκος, ο χρόνος και η μάζα



Στη μηχανική υπάρχουν τρία φυσικά μεγέθη, το **μήκος**, ο **χρόνος** και η **μάζα**, τα οποία ονομάζονται **θεμελιώδη μεγέθη**, γιατί από αυτά προκύπτουν όλα τα υπόλοιπα φυσικά μεγέθη που λέγονται **παράγωγα**. Γενικά, στη Φυσική τα θεμελιώδη μεγέθη είναι επτά και θα τα δούμε παρακάτω.

Οι μονάδες μέτρησης των θεμελιωδών μεγεθών ονομάζονται **θεμελιώδεις μονάδες** και είναι οι εξής:

το **μέτρο 1 m** για το μήκος,

το **δευτερόλεπτο 1 s** για τον χρόνο και

το **χιλιόγραμμα 1 kg** για τη μάζα.

<b>Μέτρηση μήκους</b>	Μονάδα μέτρησης του μήκους είναι το ένα μέτρο <b>1 m</b> . Ένα μέτρο <b>1 m</b> είναι η απόσταση που διανύεται από το φως στο κενό, σε χρονικό διάστημα ίσο με το <b>1/299 792 458 s</b> . Για μέτρηση μηκών μικρότερων από το ένα μέτρο χρησιμοποιούμε το εκατοστό ( $1\text{ cm} = 10^{-2}\text{ m}$ ), το χιλιοστό ( $1\text{ mm} = 10^{-3}\text{ m}$ ), το μικρόμετρο ( $1\text{ }\mu\text{m} = 10^{-6}\text{ m}$ ) κ.ά. Για μέτρηση μηκών μεγαλύτερων από το ένα μέτρο χρησιμοποιούμε το χιλιόμετρο ( $1\text{ km} = 10^3\text{ m}$ ). Συνηθισμένα όργανα μέτρησης του μήκους είναι το υποδεκάμετρο, η μετροταινία, το πτυσσόμενο μέτρο.
<b>Μέτρηση χρόνου</b>	Μονάδα μέτρησης του χρόνου είναι το ένα δευτερόλεπτο <b>1 s</b> . Για τη μέτρηση του χρόνου χρησιμοποιούμε αστρονομικά φαινόμενα που ονομάζονται <b>περιοδικά φαινόμενα</b> και επαναλαμβάνονται αναλλοίωτα σε ίσα χρονικά διαστήματα, όπως η περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της, που δημιουργεί την εναλλαγή μέρας και νύχτας. Αν δεν απαιτείται μεγάλη ακρίβεια μετρήσεων, ορίζεται ως ένα δευτερόλεπτο το <b>1/86 400</b> της μέσης ηλιακής ημέρας.
<b>Μέτρηση μάζας</b>	Μονάδα μέτρησης της μάζας είναι το ένα χιλιόγραμμα <b>1 kg</b> . <span style="float: right;">(Βλέπε σελ. 23)</span>

## B Παράγωγα φυσικά μεγέθη

Όλα τα υπόλοιπα φυσικά μεγέθη εκτός από τα θεμελιώδη λέγονται **παράγωγα φυσικά μεγέθη** και οι μονάδες τους παράγωγες. Υπάρχουν μαθηματικές σχέσεις που συνδέουν τα θεμελιώδη και τα παράγωγα φυσικά μεγέθη.

### Μέτρηση εμβαδού (A)

Εμβαδόν είναι η έκταση μιας επιφάνειας. Ως μονάδα μέτρησης του εμβαδού θεωρούμε το εμβαδόν ενός τετραγώνου πλευράς ενός μέτρου **1 m**.  
Εμβαδόν τετραγώνου = μήκος πλευράς × μήκος πλευράς  
**μονάδα εμβαδού = 1 m × 1 m = 1 m<sup>2</sup>**  
Μονάδα μέτρησης του εμβαδού στο SI είναι το ένα τετραγωνικό μέτρο **1 m<sup>2</sup>**. Αυτό εκφράζεται μέσω της θεμελιώδους μονάδας του μήκους, που είναι το **1 m**.

### Μέτρηση όγκου (V)

Όγκος είναι ο χώρος που καταλαμβάνει ένα σώμα. Ως μονάδα μέτρησης του όγκου θεωρούμε τον όγκο ενός κύβου ακμής ενός μέτρου (**1 m**).  
Όγκος κύβου = μήκος ακμής × μήκος ακμής × μήκος ακμής  
**μονάδα όγκου = 1 m × 1 m × 1 m = 1 m<sup>3</sup>**  
Μονάδα μέτρησης του όγκου στο SI είναι το ένα κυβικό μέτρο **1 m<sup>3</sup>**. Αυτό εκφράζεται μέσω της θεμελιώδους μονάδας του μήκους, που είναι το **1 m**.  
Στην πράξη, και κυρίως για υγρά και αέρια, χρησιμοποιούμε ως μονάδες όγκου το ένα λίτρο **1 L = 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>** και το ένα मिलιλιτρό ή κυβικό εκατοστό **1 ml = 1 cm<sup>3</sup> = (10<sup>-2</sup>m)<sup>3</sup> = 10<sup>-6</sup> m<sup>3</sup>**.

### Μέτρηση πυκνότητας (ρ)

Όταν σε μια ταινία βλέπεις κάποιον να σηκώνει μια ράβδο χρυσού, καταλαβαίνεις ότι πρέπει να έχει μεγάλη μάζα, γιατί δυσκολεύεται, ενώ ο όγκος της είναι περίπου όσο ένα σφουγγάρι στην τάξη σου. Αυτό σημαίνει ότι κάποια υλικά είναι πιο πυκνά από άλλα, με συνέπεια σε ίδιο όγκο να αντιστοιχεί μεγαλύτερη μάζα. Το φυσικό μέγεθος που εκφράζει αυτή την ιδιότητα ονομάζεται **πυκνότητα**.

**Πυκνότητα ενός υλικού είναι ένα φυσικό μέγεθος που ισούται με το πηλίκο της μάζας του σώματος διά του όγκου του.**

$$\rho = \frac{m}{V}$$

**Μονάδα πυκνότητας στο SI: μονάδα πυκνότητας =  $\frac{\text{μονάδα μάζας}}{\text{μονάδα όγκου}} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$**

#### Παρατηρήσεις για την πυκνότητα

- ✓ Η πυκνότητα εκφράζει τη μάζα του υλικού που περιέχεται σε ένα σώμα ανά μονάδα όγκου του, για παράδειγμα, πυκνότητα χρυσού **19 300 kg/m<sup>3</sup>** σημαίνει ότι **1 m<sup>3</sup>** χρυσού έχει μάζα **19 300 kg**.
- ✓ Η πυκνότητα είναι χαρακτηριστικό του υλικού κάθε σώματος και όχι του συγκεκριμένου σώματος ή της ποσότητας του υλικού. Για παράδειγμα, η πυκνότητα του νερού είναι ίδια είτε αυτό περιέχεται σε ένα ποτήρι, είτε σε μια λίμνη.
- ✓ Η μονάδα μέτρησης της πυκνότητας είναι παράγωγη μονάδα γιατί εκφράζεται μέσω των θεμελιωδών μονάδων της μάζας **kg** και του μήκους **m**.
- ✓ Στην πράξη για την πυκνότητα χρησιμοποιούμε και τη μονάδα **1 g/cm<sup>3</sup>**. Ισχύει **1 g/cm<sup>3</sup> = 10<sup>3</sup> kg/m<sup>3</sup>**.
- ✓ Η πυκνότητα του ανθρώπινου σώματος είναι από **1 000 kg/m<sup>3</sup>** έως **1090 kg/m<sup>3</sup>** και ενός αστέρα νετρονίων είναι από **8 · 10<sup>16</sup> kg/m<sup>3</sup>** έως **2 · 10<sup>18</sup> kg/m<sup>3</sup>**.

#### Συμπέρασμα για τα παράγωγα μεγέθη:

Η μονάδα μέτρησης κάθε παράγωγου μεγέθους μπορεί πάντοτε να εκφραστεί ως συνάρτηση των μονάδων των θεμελιωδών μεγεθών.



## Διεθνές Σύστημα Μονάδων (Système international d'unités)



Το φύλλο της Εφημερίδας της Κυβερνήσεως καθιερώνει για πρώτη φορά την υποχρεωτική χρήση του Μετρικού Συστήματος στην Ελλάδα.

### Πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια μονάδων

Οι μονάδες πολλές φορές είναι πολύ μικρές ή πολύ μεγάλες για χρήση σε διάφορες περιπτώσεις. Για τον σκοπό αυτόν χρησιμοποιούνται πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια των μονάδων του SI, που λέγονται προθέματα ή παράγοντες πολλαπλασιασμού.

Για παράδειγμα:

το ένα χιλιόμετρο είναι  $1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$ ,  
το ένα χιλιόγραμμα είναι  $1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g}$ ,  
το ένα εκατοστό  $1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$ ,  
το ένα χιλιοστό  $1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$ ,  
το ένα τετραγωνικό εκατοστό  
 $1 \text{ cm}^2 = (10^{-2} \text{ m})^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$ .

Θεμελιώδη μεγέθη	Θεμελιώδεις μονάδες
Μήκος	1 m, μέτρο
Μάζα	1 kg, χιλιόγραμμα
Χρόνος	1 s, δευτερόλεπτο
Θερμοκρασία	1 K, κέλβιν
Ηλεκτρικό ρεύμα	1 A, αμπέρ
Ένταση φωτεινής ακτινοβολίας	1 cd, καντέλα
Ποσότητα ουσίας	1 mol, γραμμομόριο

Το σύνολο των θεμελιωδών και των παράγωγων φυσικών μονάδων αποτελεί ένα σύστημα. Σήμερα από όλες τις χώρες χρησιμοποιείται το **Διεθνές Σύστημα Μονάδων SI**. Το SI, το οποίο καθιερώθηκε το 1960, βασίστηκε στο Μετρικό Σύστημα που υιοθετήθηκε πρώτα στη Γαλλία, στην Ολλανδία το 1816 και στην Ελλάδα από το 1836. Στον παραπάνω πίνακα φαίνονται τα **επτά θεμελιώδη φυσικά μεγέθη και οι θεμελιώδεις μονάδες στο SI**.

Όνομα προθέματος	Σύμβολο	Παράγοντας πολλαπλασιασμού
tera (τέρα)	T	$10^{12}$
giga (γίγα)	G	$10^9$
mega (μέγα)	M	$10^6$
kilo (χιλιο, κίλο)	k	$10^3$
centi (εκατοστό, σέντι)	c	$10^{-2}$
milli (χιλιοστό, μίλι)	m	$10^{-3}$
micro (μίκρο)	μ	$10^{-6}$
nano (νάνο)	n	$10^{-9}$
pico (πίκο)	p	$10^{-12}$



## Μονόμετρα και διανυσματικά φυσικά μεγέθη

Τα φυσικά μεγέθη που ορίζονται πλήρως όταν δοθεί η αριθμητική τους τιμή και η αντίστοιχη μονάδα τους λέγονται **μονόμετρα**. Τέτοια είναι η θερμοκρασία, η μάζα, ο χρόνος, η πυκνότητα κ.ά. Για παράδειγμα, η μέγιστη

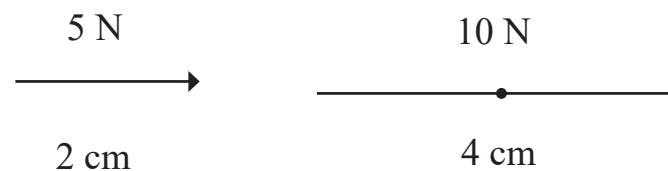
θερμοκρασία σήμερα θα είναι  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  ενώ το βράδυ θα πέσει στους  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , η μάζα σου είναι  $60\text{ kg}$ , το πουτίχο διάλειμμα είναι στις  $9:00\text{ πμ}$ , η πυκνότητα του νερού είναι  $1000\text{ kg/m}^3$ .

Υπάρχουν φυσικά μεγέθη που για να οριστούν πλήρως χρειάζονται περισσότερες πληροφορίες, όπως η ταχύτητα, η δύναμη κ.ά. Τα μεγέθη αυτά περιλαμβάνουν την έννοια της κατεύθυνσης και λέγονται **διανυσματικά**. Κάθε διανυσματικό μέγεθος έχει κατεύθυνση στον χώρο και μέτρο. Με τον όρο **κατεύθυνση** εννοούμε τη διεύθυνση και τη φορά του. Για παράδειγμα, η ταχύτητα ενός αυτοκινήτου έχει τη διεύθυνση του δρόμου στον οποίο κινείται και φορά προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά, όπως το βλέπει ένας παρατηρητής από έξω, ανάλογα προς τα πού κινείται. Το μέτρο του διανύσματος είναι ένας θετικός αριθμός συνοδευόμενος από την αντίστοιχη μονάδα του μεγέθους αυτού, που δείχνει πόσο μεγάλο είναι το μέγεθος. Για παράδειγμα, το μέτρο της ταχύτητας ενός αυτοκινήτου είναι  $54\text{ km/h}$ .

Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται νότια με ταχύτητα  $80\text{ km/h}$  και ένα άλλο κινείται δυτικά με ταχύτητα  $80\text{ km/h}$ , τότε, ενώ τα μέτρα των ταχυτήτων είναι ίσα, τα διανύσματα δεν είναι ίσα γιατί έχουν διαφορετική κατεύθυνση.

Κάθε διανυσματικό μέγεθος παριστάνεται με ένα βέλος. Η ευθεία στην οποία βρίσκεται το βέλος καθορίζει τη διεύθυνση του διανύσματος, η αιχμή του βέλους τη φορά του, και το μήκος του, υπό κλίμακα, το μέτρο του. Τα διανυσματικά φυσικά μεγέθη συμβολίζονται με ένα γράμμα και ένα βελάκι, για παράδειγμα η ταχύτητα  $\vec{v}$ , η δύναμη  $\vec{F}$ , ενώ τα μέτρα τους χωρίς το βελάκι.

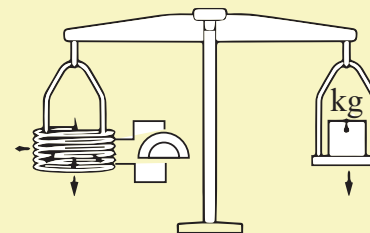
Αν θέλουμε να παραστήσουμε μια δύναμη μέτρου  $10\text{ N}$  που είναι οριζόντια προς τα δεξιά, χρησιμοποιούμε κλίμακα όπου αντιστοιχίζουμε π.χ.  $2\text{ cm}$  σε  $5\text{ N}$  ( $2\text{ cm} \cdot 5\text{ N}$ ). Το διάνυσμα που συμβολίζει τη δύναμη μέτρου  $10\text{ N}$  θα είναι ένα βέλος μήκους  $4\text{ cm}$ .



Το πρότυπο χιλιόγραμμα

### Ο ορισμός του χιλιόγραμμου

Το πρότυπο χιλιόγραμμο κατασκευάστηκε από κράμα λευκόχρυσου-ιριδίου, έχει σχήμα κυλίνδρου και φυλάσσεται από το 1889 στο Διεθνές Γραφείο Μέτρων και Σταθμών που βρίσκεται στις Σέβρες, ένα νοτιοδυτικό προάστιο του Παρισιού. Η μάζα του ορίζεται να είναι  $1\text{ kg}$ . Μετά τις 20 Μαΐου του 2019, που εφαρμόστηκαν οι νέοι ορισμοί των θεμελιωδών μονάδων, το χιλιόγραμμο ορίζεται βάσει της τιμής της σταθεράς Planck  $h$ , της συχνότητας ακτινοβολίας ατόμου του καυσίου 133 και της ταχύτητας του φωτός στο κενό  $c$ .



Ο ζυγός Kibble

Σήμερα οι επιστήμονες χρησιμοποιούν μια νέα συσκευή για τον ορισμό του χιλιόγραμμου, έναν ηλεκτρομηχανικό ζυγό, τον «ζυγό Kibble» (παλαιότερα ονομαζόταν ζυγός Watt). Ένας τέτοιος ζυγός είναι ο NIST-4 του Εθνικού Ινστιτούτου Προτύπων και Τεχνολογίας των Ηνωμένων Πολιτειών.

## A Ερωτήσεις

1 Να συμπληρώσεις τα κενά στις παρακάτω προτάσεις με τους κατάλληλους όρους.

- α** Όταν λέμε ότι η πυκνότητα του υδραργύρου είναι  $13,6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  εννοούμε ότι αν ζυγίσουμε όγκο  $1 \text{ cm}^3$  υδραργύρου, αυτός θα έχει μάζα .....
- β** Η μονάδα μέτρησης κάθε παράγωγου μεγέθους μπορεί πάντοτε να εκφραστεί ως συνάρτηση των μονάδων των ..... μεγεθών.
- γ** Για να μετρήσεις ένα φυσικό μέγεθος πρέπει να το ..... με ένα άλλο ομοειδές.
- δ** Στη μηχανική υπάρχουν τρία ..... μεγέθη: το ..... και η .....

2 Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;

Βάλε Σ δίπλα στην πρόταση που, κατά τη γνώμη σου, είναι σωστή και Λ δίπλα σε εκείνη που είναι λάθος.

- α** Ένα κομμάτι σίδηρο είναι πιο βαρύ από ένα κομμάτι ξύλο ίδιου όγκου.
- β** Αν κόψουμε ένα κομμάτι ξύλο στη μέση, η μάζα, ο όγκος και η πυκνότητά του μειώνονται επίσης στο μισό.
- γ** Η μεταβολή στη θερμοκρασία μπορεί να μεταβάλει την πυκνότητα ενός υλικού.
- δ** Τα αέρια σώματα δεν έχουν πυκνότητα.

3 Επίλεξε το σωστό:

Παρατηρώντας δύο αντικείμενα πάνω στο γραφείο σου, μπορείς να συμπεράνεις εύκολα ποιο έχει:

- α** μεγαλύτερη μάζα.
- β** μεγαλύτερο όγκο.
- γ** μεγαλύτερη πυκνότητα.
- δ** Τίποτα από τα παραπάνω.

4 Ποια από τις παρακάτω μονάδες φυσικών μεγεθών είναι πολλαπλάσιο μονάδας του SI;

- α**  $1 \text{ s}$
- β**  $1 \text{ m}$
- γ**  $1 \text{ kg}$
- δ**  $1 \text{ km}$





## B Παράδειγμα επίλυσης άσκησης

### Άσκηση

Η Τράπεζα της Ελλάδος φυλάει στο θησαυροφυλάκιο της ράβδους χρυσού μάζας  $m_{\text{χρ}} = 12,5 \text{ kg}$  η καθεμία. Να υπολογίσεις τον όγκο κάθε ράβδου.

Δίνεται η πυκνότητα του χρυσού  $\rho_{\text{χρ}} = 19\,300 \text{ kg/m}^3$ .



### Απάντηση

#### Βήμα 1°

Αναγνωρίζεις τα δεδομένα και μετατρέπεις όλες τις μονάδες στο σύστημα SI:

- Η μάζα της ράβδου είναι:  $m_{\text{χρ}} = 12,5 \text{ kg}$ .
- Η πυκνότητα του χρυσού  $\rho_{\text{χρ}} = 19\,300 \text{ kg/m}^3$ .

Το ζητούμενο είναι ο όγκος της ράβδου  $V$ .

Δεδομένα	Ζητούμενο
$m_{\text{χρ}} = 12,5 \text{ kg}$	$V$
$\rho_{\text{χρ}} = 19\,300 \text{ kg/m}^3$	
Βασική σχέση: $\rho = \frac{m}{V}$	

#### Βήμα 2°

Υπολογίζεις τον όγκο  $V$  της ράβδου από τη σχέση της πυκνότητας του χρυσού:

$$\rho_{\text{χρ}} = \frac{m_{\text{χρ}}}{V} \quad \text{ή} \quad V = \frac{m_{\text{χρ}}}{\rho_{\text{χρ}}} \quad \text{ή} \quad V = \frac{12,5 \text{ kg}}{19\,300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \quad \text{ή} \quad V = 0,00065 \text{ m}^3$$

## Γ Ασκήσεις

- 1 Πριν από τέσσερα δεκατομμύρια χρόνια περίπου, μετεωρίτες εμπλουτισμένοι με μικρές ποσότητες πολύτιμων μετάλλων –συμπεριλαμβανομένου και του χρυσού– σφυροκόπησαν την πρώιμη Γη, διαδικασία που συνεχίζεται. Υπολογίζεται ότι, από την αρχή της γνωστής ανθρώπινης ιστορίας μέχρι και το 2010, εξορύχτηκαν συνολικά  $168\,700\,000 \text{ kg}$  χρυσού. Να υπολογίσεις τον συνολικό όγκο του χρυσού που εξορύχτηκε από τη Γη.

Δίνεται η πυκνότητα του χρυσού  $\rho_{\text{χρ}} = 19\,300 \text{ kg/m}^3$ .

- 2 Να υπολογίσεις τη μάζα αλουμινίου όγκου  $V = 1,5 \text{ m}^3$  που χρειάζεται να παραγγείλει ένα εργοστάσιο κουφωμάτων αλουμινίου.

Δίνεται η πυκνότητα του αλουμινίου  $\rho_{\text{αλ}} = 2700 \text{ kg/m}^3$ .



# Φυσική

## Β' γυμνασίου

Απογείωσε τις επιδόσεις σου στο μάθημα της Φυσικής με πλούσιο έντυπο και ψηφιακό υλικό!



### Σετ 2 βιβλίων

#### Βιβλίο μαθητή που περιλαμβάνει:

- Όλη την ύλη της Β' Γυμνασίου, σύμφωνα με το επίσημο πρόγραμμα σπουδών του Υπουργείου Παιδείας
- Εύληπτη παρουσίαση της θεωρίας με παραδείγματα από την καθημερινότητα
- 600+ ασκήσεις και πειράματα
- Πλούσια εικονογράφηση και fun facts

#### Βιβλίο ασκήσεων που περιλαμβάνει:

- Επιπρόσθετες ασκήσεις για εμπέδωση της ύλης και πρακτική εφαρμογή της θεωρίας και μεθοδολογίας
- Λύσεις των ασκήσεων του σχολικού εγχειριδίου για έλεγχο και αυτοαξιολόγηση

### Ψηφιακό πακέτο

#### με 12μηνη πρόσβαση στην LMS εφαρμογή Klett Book-App\* που περιλαμβάνει:

- Την ψηφιακή έκδοση του βιβλίου του μαθητή και του βιβλίου ασκήσεων, με όλες τις ασκήσεις πλήρως διαδραστικές, βίντεο-πειράματα, ανακεφαλαιωτικά βίντεο, animation και προσομοιώσεις
- Το περιοδικό *Η Φυσική σήμερα: Νέα και δραστηριότητες*
- Δωρεάν πρόσβαση στο εικονικό εργαστήριο πειραμάτων για την εκτέλεση πειραμάτων σε περιβάλλον 3D, AR και VR



Klett Book-App

\*Απαιτείται συνεχής σύνδεση στο Internet  
Δείτε τους όρους χρήσης στο [www.klett.gr/termsba](http://www.klett.gr/termsba)  
Δείτε τις προδιαγραφές συσκευών στο [www.klett.gr/physics](http://www.klett.gr/physics)

[www.klett.gr/physics](http://www.klett.gr/physics)

ISBN 978-960-582-100-5



9 789605 821005