

# ΦΥΣΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ **Νικόλαος Αντωνίου**, Καθηγητής Πανεπιστημίου Αθηνών  
**Παναγιώτης Δημητριάδης**, Φυσικός, Εκπαιδευτικός  
Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης  
**Κωνσταντίνος Καμπούρης**, Φυσικός, Εκπαιδευτικός  
Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης  
**Κωνσταντίνος Παπαμιχάλης**, Φυσικός, Εκπαιδευτικός  
Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης  
**Λαμπρινή Παπατσιμπα**, Φυσικός, Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας  
Εκπαίδευσης

ΚΡΙΤΕΣ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΤΕΣ **Κωνσταντίνος Κρίκος**, Σχολικός Σύμβουλος  
**Πέτρος Περσεφόνης**, Αναπληρωτής Καθηγητής Πανεπιστημίου  
Πατρών (Τμήμα Φυσικής)  
**Γεώργιος Τουντουλίδης**, Φυσικός, Εκπαιδευτικός  
Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΣΗ **Θεόφιλος Χατζησομπάνης**, Μηχανικός ΕΜΠ, Εκπαιδευτικός

ΦΙΛΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ **Βασιλική Αναστασοπούλου**, Φιλολόγος

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΠΟΕΡΓΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΥΓΓΡΑΦΗ **Γεώργιος Κ. Παληός**, Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

ΕΞΩΦΥΛΛΟ **Σαράντης Καραβούζης**, Ζωγράφος

ΠΡΟΕΚΤΥΠΩΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ **ΑΦΟΙ Ν. ΠΑΠΠΑ & ΣΙΑ Α.Ε.Β.Ε.**, Ανώνυμος Εκδοτική &  
Εκτυπωτική Εταιρεία

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 Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

Πράξη με τίτλο:

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

Επιστημονικοί Υπεύθυνοι Έργου  
**Αντώνιος Σ. Μπομπέτσας**  
Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου  
**Γεώργιος Κ. Παληός**  
Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

Αναπληρωτές Επιστημονικοί Υπεύθυνοι Έργου  
**Ιγνάτιος Ε. Χατζηευστρατίου**  
Μόνιμος Πάρεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου  
**Γεώργιος Χαρ. Πολύζος**  
Πάρεδρος Ε.Θ. του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

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

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΕΚΔΟΣΗΣ

ΕΚΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΜΑΚΕΤΑΣ,  
ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΑΛΛΑΓΩΝ ΒΑΣΕΙ ΥΠΟΔΕΙΞΕΩΝ

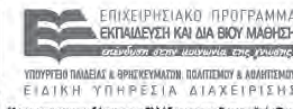
ΤΟΥ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΥ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟΥ,

ΠΡΟΕΚΤΥΠΩΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ:

**ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ / Ι.Τ.Υ.Ε. «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»**



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ

Νικόλαος Αντωνίου, Παναγιώτης Δημητριάδης, Κωνσταντίνος Καμπούρης,  
Κωνσταντίνος Παπαμιχάλης, Λαμπρινή Παπατσίμπα

ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ: 

# ΦΥΣΙΚΗ

## Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»



## Περιεχόμενα

Πρόλογος .....	7
----------------	---

### ΕΝΟΤΗΤΑ 1 ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Ηλεκτρική δύναμη και φορτίο

<b>ΑΠΟ ΤΟ ΚΕΧΡΙΜΠΑΡΙ ΣΤΟΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ</b> .....	11
1.1. Γνωριμία με την ηλεκτρική δύναμη .....	11
1.2. Το ηλεκτρικό φορτίο .....	12
1.3. Το ηλεκτρικό φορτίο στο εσωτερικό του ατόμου .....	15
1.4. Τρόποι ηλέκτρισης και η μικροσκοπική ερμηνεία .....	16
1.5. Νόμος του Κουλόμπ .....	22
1.6. Το ηλεκτρικό πεδίο .....	24

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Ηλεκτρικό ρεύμα

<b>ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΟΣ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΣ</b> .....	35
2.1. Το ηλεκτρικό ρεύμα .....	35
2.2. Ηλεκτρικό κύκλωμα .....	39
2.3. Ηλεκτρικά δίπολα .....	43
2.4. Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η αντίσταση ενός αγωγού .....	48
2.5. Εφαρμογές αρχών διατήρησης στη μελέτη απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων .....	52

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Ηλεκτρική ενέργεια

<b>ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΖΩΗ</b> .....	65
3.1. Θερμικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος .....	65
3.2. Χημικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος .....	72
3.3. Μαγνητικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος .....	73
3.4. Ηλεκτρική και μηχανική ενέργεια .....	76
3.5. Βιολογικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος .....	78
3.6. Ενέργεια και ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος .....	79

### ΕΝΟΤΗΤΑ 2 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ – ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Ταλαντώσεις

<b>ΠΕΡΙΟΔΙΚΕΣ ΚΙΝΗΣΕΙΣ</b> .....	89
4.1. Ταλαντώσεις .....	89
4.2. Μεγέθη που χαρακτηρίζουν μια ταλάντωση .....	91
4.3. Ενέργεια και ταλάντωση .....	92

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Μηχανικά κύματα

<b>Η ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΑΞΙΔΕΥΕΙ</b> .....	98
5.1. Μηχανικά κύματα .....	98
5.2. Κύμα και ενέργεια .....	100
5.3. Χαρακτηριστικά μεγέθη του κύματος .....	101

5.4. Ήχος .....	104
5.5. Υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου.....	106

## ΕΝΟΤΗΤΑ 3 ΟΠΤΙΚΗ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Φύση και διάδοση του φωτός

<b>ΦΩΣ: ΑΠΟ ΤΗ ΜΥΘΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ</b> .....	115
6.1. Φως: όραση και ενέργεια.....	115
6.2. Διάδοση του φωτός .....	118

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. Ανάκλαση του φωτός

<b>ΤΟ ΦΩΣ ΕΠΙΣΤΡΕΦΕΙ</b> .....	128
7.1. Ανάκλαση του φωτός.....	128
7.2. Εικόνες σε καθρέφτες: είδωλα.....	131
7.3. Προσδιορισμός ειδώλου σε κοίλους και κυρτούς καθρέφτες .....	134

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. Διάθλαση του φωτός

8.1. Διάθλαση του φωτός .....	141
8.2. Εφαρμογές της διάθλασης του φωτός.....	144
8.3. Ανάλυση του φωτός.....	147
8.4. Το χρώμα.....	148

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. Φακοί και οπτικά όργανα

<b>ΦΑΚΟΙ: Η ΟΡΑΣΗ ΜΑΣ ΣΤΟΝ ΜΙΚΡΟΚΟΣΜΟ ΚΑΙ ΤΟΝ ΜΕΓΑΛΟΚΟΣΜΟ</b> .....	155
9.1. Συγκλίνοντες και αποκλίνοντες φακοί.....	155
9.2. Είδωλα φακών .....	157
9.3. Οπτικά όργανα και το μάτι.....	159

## ΕΝΟΤΗΤΑ 4 ΠΥΡΗΝΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ – ΠΥΡΗΝΑΣ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10. Ο ατομικός πυρήνας

<b>ΠΥΡΗΝΑΣ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ: Ο ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΓΙΓΑΝΤΑΣ</b> .....	167
10.1. Περιγραφή του πυρήνα.....	167
10.2. Ραδιενέργεια .....	169
10.3. Βιολογική δράση της ακτινοβολίας.....	172

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. Πυρηνικές αντιδράσεις

<b>ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ: ΕΛΙΞΙΡΙΟ ΣΩΤΗΡΙΑΣ Ή ΟΛΕΘΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΟΤΗΤΑ;</b> .....	177
11.1. Ενέργεια και πυρηνικές αντιδράσεις .....	177
11.2. Πυρηνική σχάση.....	178
11.3. Πυρηνική σύντηξη.....	180

## Πρόλογος

Φίλε μαθητή και μαθήτρια στον πρόλογο του βιβλίου Φυσικής της Β' Γυμνασίου σε προσκαλέσαμε στο ξεκίνημα ενός οδοιπορικού στη «χώρα» της Φυσικής Επιστήμης. Οδοιπορικού, με πολλές αναβάσεις, οι οποίες αποτελούν κατακτήσεις του νου και του πολιτισμού αλλά και με δύσβατους δρόμους που γεννούν νέα ερωτηματικά και νέες προκλήσεις για περισσότερη αναζήτηση και γνώση.

Ελπίζουμε ότι μετά τα μαθήματα της Φυσικής στη Β' Γυμνασίου έχεις κατανοήσει τη σημασία που έχει για τον άνθρωπο η σωστή ερμηνεία της δομής και της λειτουργίας της φυσικής πραγματικότητας με βάση την επιστημονική μέθοδο και τους κανόνες που στηρίζονται στο «μέτρο» και τον «ορθό» λόγο. Σήμερα μάλιστα που οι κίνδυνοι από την κακή χρήση της τεχνολογίας συσσωρεύονται, που ο πλανήτης μας απειλείται, από την υπερθέρμανση και την αλλαγή κλίματος, γίνεται ολοφάνερο ότι η επιστημονική γνώση είναι ο μόνος ασφαλής οδηγός που μπορεί να υπαγορεύσει σωστές πολιτικές αποφάσεις των κοινωνιών για ανακοπή των καταστροφών.

Ελπίζουμε ότι προσέρχεσαι στα μαθήματα της Φυσικής της Γ' Γυμνασίου με μεγάλο ενδιαφέρον για τη συνέχεια και μερικοί από εσάς μάλιστα έχετε ήδη αισθανθεί ότι το «οδοιπορικό» αυτό της Επιστήμης που ξεκινήσατε, θα επιθυμούσατε να το συνεχίσετε σε όλη σας τη ζωή. Αυτό το «σκίρτημα» όταν συνοδεύεται από καλές επιδόσεις στο σχολείο, οι παιδαγωγοί το ονομάζουν «κλίση προς την επιστήμη», η οποία πρέπει να καλλιεργηθεί με περισσότερη μελέτη και συνεργασία με τους καθηγητές σας.

Ιδιαίτερα απευθυνόμενοι σε όσους από εσάς αποκομίσατε από τα μαθήματα της Φυσικής της Β' Γυμνασίου περισσότερες απορίες και ερωτήματα παρά ερμηνείες και απαντήσεις, θα θέλαμε να σας επισημάνουμε ότι δεν πρέπει να απογοητεύεστε γιατί είναι συστατικό της οικοδόμησης της γνώσης, η συνεχής διατύπωση ερωτημάτων και αμφιβολιών. Στην πρόοδο της επιστήμης έχουν μεγαλύτερη αξία τα σημαντικά ερωτήματα παρά οι προσωρινές ερμηνείες οι οποίες ενίοτε ανατρέπονται από την εξέλιξη της ίδιας της επιστήμης.

Σε καλούμε να εντείνεις την προσπάθειά σου στη συνέχεια των μαθημάτων της Φυσικής της Γ' Γυμνασίου, σε αυτό τον ανεπανάληπτο διάλογο της Φύσης με τον Άνθρωπο που σου προσφέρει το Σχολείο.

Στο βιβλίο Φυσικής της Γ' Γυμνασίου ακολουθήσαμε τις ίδιες βασικές αρχές και έννοιες που υιοθετήσαμε στο βιβλίο της Β' Γυμνασίου όπως:

- Την έννοια του φυσικού συστήματος
- Την αρχή διατήρησης της ενέργειας
- Το πρότυπο της δομής της ύλης
- Τη σχέση μικροσκοπικών και μακροσκοπικών φαινομένων

Το βιβλίο της Φυσικής της Γ' Γυμνασίου αποτελείται από τέσσερις ενότητες: τον Ηλεκτρισμό, τις Ταλαντώσεις, την Οπτική, τα Πυρηνικά φαινόμενα.

Η ενότητα του Ηλεκτρισμού αποτελείται από τρία κεφάλαια:

Κεφάλαιο 1: Ηλεκτρική δύναμη και φορτίο

Κεφάλαιο 2: Ηλεκτρικό ρεύμα

Κεφάλαιο 3: Ηλεκτρική ενέργεια

Η Ενότητα των Ταλαντώσεων αποτελείται από δύο κεφάλαια:

Κεφάλαιο 4: Ταλαντώσεις

Κεφάλαιο 5: Μηχανικά κύματα

Η Ενότητα της Οπτικής αποτελείται από τέσσερα κεφάλαια:

Κεφάλαιο 6: Φύση και διάδοση του φωτός

Κεφάλαιο 7: Ανάκλαση του φωτός

Κεφάλαιο 8: Διάθλαση του φωτός

Κεφάλαιο 9: Φακοί και Οπτικά όργανα

Η Ενότητα των Πυρηνικών Φαινομένων αποτελείται από δύο κεφάλαια:

Κεφάλαιο 10: Ο ατομικός πυρήνας

Κεφάλαιο 11: Πυρηνικές αντιδράσεις

Ελπίζουμε ότι ολοκληρώνοντας τη μελέτη της Φυσικής στο Γυμνάσιο να έχεις αντιληφθεί τη Φυσική ως μια γοητευτική διαδικασία που σου ανοίγει ένα νέο παράθυρο στον κόσμο που σε περιβάλλει και να έχεις αποκτήσει ως σκεπτόμενος άνθρωπος εμπιστοσύνη στις διεργασίες του νου που έχουν αποκορύφωμα την Επιστημονική Σκέψη. Ζούμε σε μια εποχή όπου ο παραλογισμός και η αμετροέπεια έχουν αρχίσει συστηματικά να υποσκάπτουν τον ορθολογισμό και την αρετή του μέτρου. Για να αντισταθείς στη νέα αυτή απειλή, σε καλούμε να έχεις ως πρότυπο τη διαύγεια και την αυστηρότητα του επιστημονικού επιχειρήματος όπως αυτό αναδεικνύεται στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών και να χειρίζεσαι όλα τα ερωτήματα που προκύπτουν στη ζωή σου με την ίδια σύνεση όπως και στην επιστήμη.

Στη διάρκεια της συγγραφής του βιβλίου είχαμε τη μεγάλη χαρά να συζητήσουμε με τον κ. Παύλο Λυκούδη, πρώην Κοσμήτορα και Ομότιμο καθηγητή της Σχολής Πυρηνικής Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Purdue των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής και λάβαμε υπόψη μας τις παρατηρήσεις του, τα σχόλια και τις προτάσεις του, οι οποίες έχουν συμβάλει στη βελτίωση της ποιότητας του βιβλίου. Επίσης στάθηκαν πολύτιμες για μας οι προτάσεις του για ορισμένα διαθεματικά σχέδια εργασίας.

Οι συγγραφείς

Το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο εκφράζει τις ευχαριστίες του στον ζωγράφο Σαράντη Καραβούζη για την ευγενική προσφορά του στη διαμόρφωση του εξωφύλλου.



# ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

## Ενότητα 1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : Ηλεκτρική δύναμη και φορτίο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : Ηλεκτρικό ρεύμα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : Ηλεκτρική ενέργεια



Από όλα τα φαινόμενα που μελετά η Φυσική, τα ηλεκτρικά επηρέασαν εντονότερα την καθημερινή ζωή των ανθρώπων από τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα.

Στην ενότητα αυτή θα μελετήσουμε τις ηλεκτρικές δυνάμεις, τον τρόπο που περιγράφονται και τα αποτελέσματα που προκαλούν.

Θα διερευνήσουμε κάποια χαρακτηριστικά των ηλεκτρικών δυνάμεων και τον τρόπο περιγραφής μέσω μιας ιδιότητας της ύλης του ηλεκτρικού φορτίου.

Θα διαπιστώσουμε ότι οι ηλεκτρικές δυνάμεις προκαλούν προσανατολισμένη κίνηση φορτισμένων σωματιδίων, το ηλεκτρικό ρεύμα και θα εισάγουμε κατάλληλα μεγέθη για τη ποσοτική μελέτη του.

Τέλος θα συνδέσουμε το ηλεκτρικό ρεύμα με την ηλεκτρική ενέργεια και θα περιγράψουμε μετασχηματισμούς της ηλεκτρικής ενέργειας σε ενέργεια άλλης μορφής.

## ο μια μικρή ιστορία

Μια ημέρα με ξηρή ατμόσφαιρα ενώ η Ελένη -φοιτήτρια της Φιλοσοφικής Σχολής- χτένιζε τα μακριά και πυκνά μαλλιά της προσπαθούσε να θυμηθεί το αρχαίο κείμενο, που είχε αναφέρει ο καθηγητής της την προηγούμενη μέρα.

Το κείμενο ήταν από τον Τίμαιο, έναν από τους «Διαλόγους» του Πλάτωνα, και μιλούσε για την έλξη που ασκούσαν οι μαγνήτες και το κεχριμπάρι καθώς και για το πόσο θαυμαστά πράγματα θα φαινόταν όλα αυτά σε ένα προσεκτικό ερευνητή.

Τότε παρατήρησε τις τρίχες των μαλλιών της να "κολλούν" πάνω στη χτένα και αναρωτήθηκε αν η έλξη στην οποία αναφέρονταν ο Πλάτωνας είχε σχέση με αυτή που ασκούσε η χτένα στα μαλλιά της.



Στο κεφάλαιο αυτό:

- Θα μάθεις για τις ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις και θα τις συνδυάσεις με ένα νέο φυσικό μέγεθος: το ηλεκτρικό φορτίο.
- Θα γνωρίσεις και θα ερμηνεύσεις τους τρόπους ηλεκτρίσης των σωμάτων.
- Θα διερευνήσεις τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ηλεκτρική δύναμη.
- Θα γνωρίσεις την έννοια του ηλεκτρικού πεδίου.

## ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΟ

### ΑΠΟ ΤΟ ΚΕΧΡΙΜΠΑΡΙ ΣΤΟΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

Ο ηλεκτρισμός ήταν γνωστός από την αρχαιότητα. Ο Θαλής ο Μιλήσιος, σπουδαίος φυσικός φιλόσοφος και μαθηματικός που έζησε στην Ιωνία της Μικράς Ασίας τον 6ο αιώνα π.Χ., παρατήρησε ότι το **ήλεκτρο** (κεχριμπάρι) αποκτούσε την ιδιότητα να έλκει από απόσταση ελαφρά αντικείμενα, όπως ξερά φύλλα, στάχια, πούπουλα και κλωστές, όταν το έτριβε με μάλλινο ύφασμα (εικόνα 1.1). Τα φαινόμενα αυτά ονομάστηκαν «ηλεκτρικά» από το όνομα του ήλεκτρου. Ο Θαλής περιέγραψε για πρώτη φορά στην ιστορία τις ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις.

Τον 16ο αιώνα ο Γουίλιαμ Γκίλμπερτ (William Gilbert), φυσικός και γιατρός που έζησε στην Αγγλία (εικόνα 1.2), άρχισε να μελετά συστηματικά τα ηλεκτρικά φαινόμενα. Με τον Γκίλμπερτ αρχίζει ουσιαστικά η ιστορία του ηλεκτρισμού. Μια ιστορία που συνδέεται άμεσα με μερικά από τα πιο μεγαλειώδη τεχνολογικά επιτεύγματα του σύγχρονου πολιτισμού.



**Εικόνα 1.1**

Τα μικρά χαρτάκια έλκονται από το κεχριμπάρι που προηγουμένως το έχουμε τρίψει με ένα κομμάτι μάλλινου υφάσματος.

### 1.1 Γνωριμία με την ηλεκτρική δύναμη

*Έχεις παρατηρήσει ότι πολλές φορές οι τρίχες έλκονται από τη χτένα καθώς χτενίζεις τα στεγνά μαλλιά σου;*

Τρίψε δυνατά έναν πλαστικό χάρακα ανάμεσα στα φύλλα του βιβλίου σου. Στη συνέχεια πλησίασε τον σε μικρά χαρτάκια. Θα παρατηρήσεις ότι ο χάρακας τον οποίο έτριψες έλκει τα χαρτάκια, δηλαδή ασκεί δύναμη σ' αυτά.

Σώματα, όπως ο πλαστικός χάρακας ή το ήλεκτρο, που αποκτούν την ιδιότητα να ασκούν δύναμη σε ελαφρά αντικείμενα, όταν τα τρίψουμε με κάποιο άλλο σώμα, λέμε ότι είναι **ηλεκτρισμένα**. Η δύναμη που ασκείται μεταξύ των ηλεκτρισμένων σωμάτων ονομάζεται **ηλεκτρική**.

*Πώς μπορούμε να διαπιστώσουμε αν ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο;*

Για να ελέγξουμε αν ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο, χρησιμοποιούμε το **ηλεκτρικό εκκρεμές**. Μπορείς εύκολα να κατασκευάσεις ένα ηλεκτρικό εκκρεμές. Κρέμασε ένα ελαφρύ αντικείμενο (μικρό μπαλάκι από φελιζόλ ή χαρτί) σε μια κλωστή. Πλησίασε το σώμα που θέλεις να ελέγξεις αν είναι ηλεκτρισμένο στο μπαλάκι του εκ-

#### Φυσική και Ιστορία



**Εικόνα 1.2**

**Γουίλιαμ Γκίλμπερτ (1540–1643)**

Ήταν γιατρός της βασίλισσας της Αγγλίας Ελισάβετ και υπήρξε πρωτοπόρος στις έρευνες για τον μαγνητισμό και τον ηλεκτρισμό. Ήταν ο πρώτος που χρησιμοποίησε τους όρους «ηλεκτρική έλξη», «ηλεκτρική δύναμη», «ηλεκτρικός πόλος», γι' αυτό και από πολλούς θεωρείται ο πατέρας του ηλεκτρισμού.



Εικόνα 1.3

Ο χάρακας έλκει το σφαιρίδιο του εκκρεμούς. Συμπεραίνουμε ότι ο χάρακας είναι ηλεκτρισμένος.

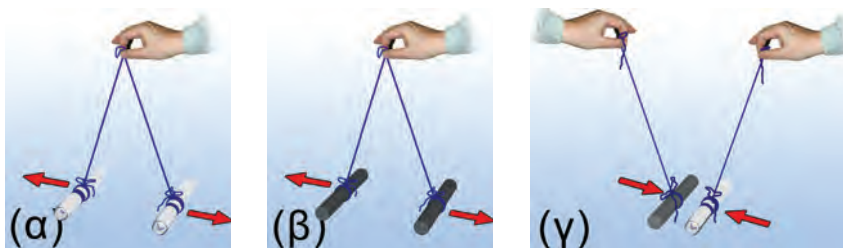


Εικόνα 1.4

**Διάκριση ηλεκτρικής-μαγνητικής δύναμης**  
Πλησιάζουμε διαδοχικά έναν μαγνήτη σε σιδερένιους συνδετήρες και σε ηλεκτρικό εκκρεμές. Ο μαγνήτης έλκει μόνο τους συνδετήρες.

Εικόνα 1.5 ▶

(α, β). Οι όμοια ηλεκτρισμένες ράβδοι απωθούνται, ενώ οι διαφορετικά ηλεκτρισμένες ράβδοι έλκονται (γ).



κρεμούς (εικόνα 1.3). Αν το σώμα έλκει το μπαλάκι, τότε το σώμα είναι ηλεκτρισμένο.

Παρατήρησε ότι ο ηλεκτρισμένος χάρακας έλκει το μπαλάκι του εκκρεμούς χωρίς να έρχεται σε επαφή μαζί του. Η ηλεκτρική δύναμη που ασκεί ο χάρακας στο μπαλάκι δρα από απόσταση. Συνεπώς **οι ηλεκτρικές δυνάμεις ασκούνται από απόσταση.**

*Ένας μαγνήτης ασκεί ηλεκτρική δύναμη;*

Αν πλησιάσουμε έναν μαγνήτη στο ηλεκτρικό εκκρεμές, θα διαπιστώσουμε ότι ο μαγνήτης δεν έλκει το ηλεκτρικό εκκρεμές. Ο μαγνήτης έλκει μόνον αντικείμενα που περιέχουν σίδηρο, κοβάλτιο ή νικέλιο, υλικά που ονομάζονται σιδηρομαγνητικά (εικόνα 1.4). **Η ηλεκτρική δύναμη ασκείται σε διαφορετικά σώματα από ό,τι η μαγνητική.**

*Οι ηλεκτρικές δυνάμεις είναι πάντοτε ελκτικές;*

Διαπιστώσαμε ότι ένα ηλεκτρισμένο σώμα ασκεί ελκτική ηλεκτρική δύναμη σε ένα άλλο. Όμως αυτό συμβαίνει πάντοτε;

Τρίψε δύο γυάλινες ράβδους με μεταξωτό ύφασμα. Αν τις πλησιάσεις, θα παρατηρήσεις ότι απωθούνται (εικόνα 1.5α). Το ίδιο θα συμβεί αν πλησιάσεις δύο πλαστικές ράβδους ή λουρίδες που έχεις τρίψει με μάλλινο ύφασμα (εικόνα 1.5β). Αν όμως τρίψεις μια γυάλινη ράβδο με μεταξωτό ύφασμα και μια πλαστική με μάλλινο και στη συνέχεια τις πλησιάσεις, θα δεις ότι οι δύο ράβδοι έλκονται (εικόνα 1.5γ).

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι **οι ηλεκτρικές δυνάμεις με τις οποίες αλληλεπιδρούν δύο ηλεκτρισμένα σώματα άλλοτε είναι ελκτικές και άλλοτε απωστικές** (πίνακας 1.1).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1		
Υλικό φορτισμένης ράβδου	Γυαλί	Πλαστικό
Γυαλί	άπωση	έλξη
Πλαστικό	έλξη	άπωση

## 1.2 Το ηλεκτρικό φορτίο

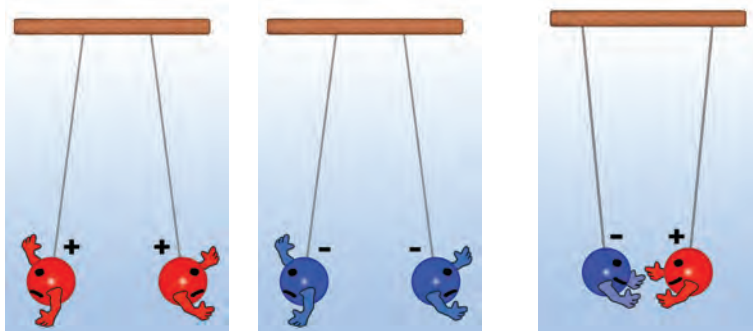
*Τι προκαλεί τις ηλεκτρικές δυνάμεις; Τι συμβαίνει στον πλαστικό χάρακα, στη γυάλινη ράβδο ή στο κεχριμπάρι όταν τα τρίβουμε με το χαρτί ή το ύφασμα και ηλεκτρίζονται;*

Για να εξηγήσουμε την προέλευση και τις ιδιότητες των ηλεκτρικών δυνάμεων, δεχόμαστε ότι η ύλη έχει μια ιδιότητα που τη συνδέουμε με ένα φυσικό μέγεθος: το **ηλεκτρικό φορτίο**. Όταν δύο σώματα έχουν ηλεκτρικό φορτίο, τότε αλληλεπιδρούν με ηλεκτρικές δυνάμεις και λέμε ότι είναι ηλεκτρικά **φορτισμένα**. Το ηλεκτρικό φορτίο συμβολίζεται με το γράμμα  $q$  ή  $Q$ .

Λέμε λοιπόν ότι οι γυάλινες ή πλαστικές ράβδοι, μετά την τριβή τους με ύφασμα, αποκτούν ηλεκτρικό φορτίο, δηλαδή είναι ηλεκτρικά φορτισμένες. Ωστόσο είδαμε ότι δύο φορτισμένα σώματα, όπως οι παραπάνω ράβδοι, άλλοτε **έλκονται** και άλλοτε **απωθούνται** (εικόνα 1.5). Το γεγονός αυτό μας αναγκάζει να δεχθούμε ότι **υπάρχουν τουλάχιστον δύο διαφορετικά είδη φορτίου**.

Όταν δύο (ή περισσότερα) ηλεκτρικά φορτισμένα σώματα **απωθούνται** μεταξύ τους, τότε λέμε ότι έχουν **φορτίο ίδιου είδους** (ή ότι είναι όμοια φορτισμένα). Ενώ, όταν **έλκονται** μεταξύ τους, λέμε ότι έχουν **φορτία διαφορετικού είδους** (ή ότι είναι αντίθετα φορτισμένα).

Γενικά όλα τα φορτισμένα σώματα μπορούμε να τα χωρίσουμε σε δύο ομάδες: α) αυτά που είναι όμοια φορτισμένα με τη γυάλινη ράβδο που τρίψαμε με μεταξωτό ύφασμα (απωθούνται από αυτή) και β) αυτά που είναι όμοια φορτισμένα με την πλαστική ράβδο που τρίψαμε με μάλλινο ύφασμα (απωθούνται από αυτή). Ο Αμερικανός πολιτικός και φυσικός Β. Φραγκλίνος (εικόνα 1.6) πρότεινε τα σώματα που ανήκουν στην πρώτη ομάδα να τα ονομάζουμε **θετικά φορτισμένα** και να λέμε ότι έχουν **θετικό φορτίο**. Αυτά δε που ανήκουν στη δεύτερη ομάδα να τα ονομάζουμε **αρνητικά φορτισμένα** και να λέμε ότι έχουν **αρνητικό φορτίο** (εικόνα 1.7).

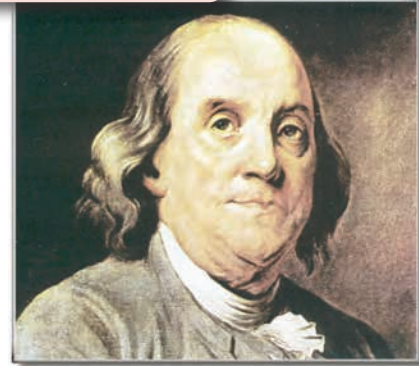


### Πώς μετράμε το ηλεκτρικό φορτίο

Τρίψε ελαφρά στις σελίδες του βιβλίου σου έναν πλαστικό χάρακα και πλησίασέ τον σε ένα ηλεκτρικό εκκρεμές. Θα παρατηρήσεις ότι το εκκρεμές έλκεται από αυτό τον χάρακα και αποκλίνει. Ο φορτισμένος χάρακας ασκεί ηλεκτρική δύναμη στο εκκρεμές. Τρίψε εντονότερα τον χάρακα στις σελίδες του ίδιου βιβλίου και πλησίασέ τον πάλι στο εκκρεμές, στην ίδια απόσταση απ' αυτό. Παρατήρησε ότι τώρα το εκκρεμές αποκλίνει πολύ περισσότερο. Η ηλεκτρική δύναμη που ασκεί ο χάρακας στο εκκρεμές είναι τώρα μεγαλύτερη.

*Σε τι διαφέρει το πρώτο από το δεύτερο πείραμα;* Η μοναδική διαφορά τους είναι η διαδικασία που ακολουθήσαμε για να φορτίσουμε τον χάρακα (τον τρίψαμε εντονότερα στο ίδιο βιβλίο). Δεχόμαστε λοιπόν ότι στο δεύτερο πείραμα ο χάρακας απέκτησε περισσότερο φορτίο. Αποδίδουμε την ισχυρότερη έλξη στην αντίστοιχη αύξηση του ηλεκτρικού φορτίου του χάρακα.

#### Φυσική και Ιστορία



Εικόνα 1.6

*Ένας φυσικός στην πολιτική ή ένα πολιτικός στη φυσική; Βενιαμίν Φραγκλίνος (1706–1790)*

*Έζησε στην Αμερική και ήταν συγγραφέας, φυσικός και πολιτικός. Ως φυσικός έγινε γνωστός για τις μελέτες και τα πειράματά του σχετικά με τον ηλεκτρισμό. Εφηύρε το αλεξικέραυνο. Ως πολιτικός συνέβαλε σημαντικά στην ανεξαρτησία των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής και στη διαμόρφωση του Αμερικανικού Συντάγματος.*

◀ Εικόνα 1.7

*Μεταξύ σωμάτων που είναι φορτισμένα με το ίδιο είδος φορτίου ασκούνται απωστικές δυνάμεις, ενώ μεταξύ σωμάτων με διαφορετικό είδος φορτίου ασκούνται ελκτικές δυνάμεις.*

#### Φυσική και καθημερινή ζωή και Βιολογία



Εικόνα 1.8

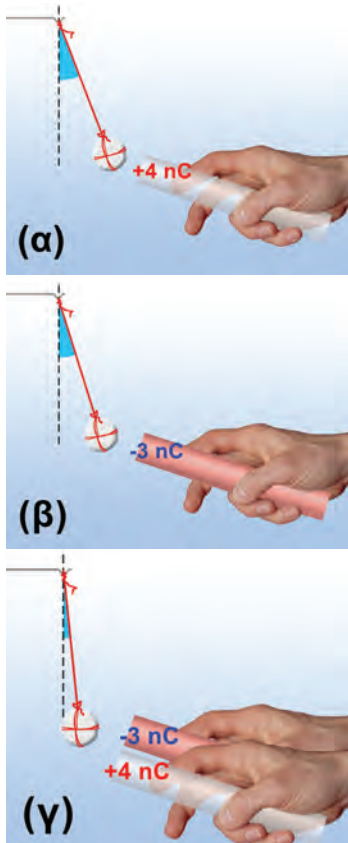
*Μια εξαιρετικά ευαίσθητη τεχνική για τη λήψη δακτυλικών αποτυπωμάτων στηρίζεται στο γεγονός ότι τα ανόμοια φορτισμένα σώματα έλκονται. Έτσι τα αρνητικά φορτισμένα σωματίδια του χαρτονομίσματος προσκολλώνται στις θετικά φορτισμένες πρωτεΐνες των δακτύλων που παραμένουν στο χαρτόνισμα κάθε φορά που το αγγίζουμε.*



Εικόνα 1.9

**Το Κουλόμπ στην καθημερινή μας ζωή**

Σπινθήρες, όπως αυτός που δημιουργείται μεταξύ των σφαιρών της εικόνας, μεταφέρουν από τη μία στην άλλη ποσότητα φορτίου μικρότερη από ένα εκατομμυριοστό του C ( $1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$ ). Τρίβοντας ένα αντικείμενο συνηθισμένων διαστάσεων, αυτό δεν μπορεί να αποκτήσει, σε κάθε τετραγωνικό εκατοστό της επιφάνειάς του, ποσότητα φορτίου μεγαλύτερη από 1 δισεκατομμυριοστό του C ( $1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C}$ ). Αν σε μια επιφάνεια συγκεντρωθεί ποσότητα φορτίου μεγαλύτερη από την παραπάνω, τότε το φορτίο μεταφέρεται στον περιβάλλοντα αέρα και έτσι δημιουργούνται σπινθήρες σαν αυτόν που παριστάνεται στην εικόνα.



Εικόνα 1.10

Το συνολικό φορτίο των δύο ράβδων (α, β) είναι μικρότερο από τις καθεμιάς χωριστά (γ).

Γενικά δεχόμαστε ότι η **ηλεκτρική δύναμη που ασκεί (ή ασκείται σε) ένα φορτισμένο σώμα είναι ανάλογη του ηλεκτρικού φορτίου του.**

Σύμφωνα με την παραδοχή αυτή μπορούμε να συγκρίνουμε, άρα και να μετρήσουμε, τα φορτία δύο σωμάτων μετρώντας τις ηλεκτρικές δυνάμεις που ασκούν σε ένα τρίτο σώμα κάτω από τις ίδιες συνθήκες (από την ίδια απόσταση και μέσα στο ίδιο υλικό μέσο, για παράδειγμα τον αέρα).

Η μονάδα του ηλεκτρικού φορτίου στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) ονομάζεται **Κουλόμπ** (Coulomb), προς τιμήν του Γάλλου φυσικού Κουλόμπ, ο οποίος μελέτησε τις ιδιότητες των ηλεκτρικών δυνάμεων μεταξύ των φορτισμένων σωμάτων. Συμβολίζεται με το γράμμα C.

Το 1 C είναι πολύ μεγάλη μονάδα φορτίου. Αν μπορούσαμε να φορτίσουμε δύο μικρές σφαίρες με 1 C την καθεμιά και τις τοποθετούσαμε έτσι ώστε τα κέντρα τους να απέχουν ένα μέτρο, τότε η ηλεκτρική δύναμη που θα ασκούσε η μια στην άλλη θα ήταν  $10^9 \text{ N}$  (σχεδόν ένα εκατομμύριο φορές μεγαλύτερη από το βάρος ενός ενήλικα)! Γι' αυτό στις εφαρμογές χρησιμοποιούμε υποπολλαπλάσια του 1 C:

το  $1 \mu\text{C}$  (ένα μικροκουλόμπ) με  $1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$  ή

το  $1 \text{ nC}$  (ένα νανοκουλόμπ) με  $1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C}$ .

Μια γυάλινη ράβδος ή μια πλαστική ταινία που τις φορτίζουμε με τριβή αποκτούν φορτίο μερικά δισεκατομμυριοστά του Κουλόμπ, δηλαδή μερικά nC (εικόνα 1.9). Η γυάλινη ράβδος που έχουμε τρίψει με μεταξωτό ύφασμα αποκτά θετικό φορτίο. Έτσι, αν για παράδειγμα το φορτίο q της ράβδου είναι 3 nC, γράφουμε:  $q = +3 \text{ nC}$ . Αντίθετα η πλαστική ράβδος αποκτά αρνητικό φορτίο. Αν το φορτίο της q είναι 3 nC, γράφουμε:  $q = -3 \text{ nC}$ .

*Πώς μπορούμε να υπολογίσουμε το συνολικό φορτίο δύο ή περισσότερων σωμάτων;*

Πλησίασε στο ηλεκτρικό εκκρεμές διαδοχικά μια φορτισμένη γυάλινη και μια πλαστική ράβδο (εικόνες 1.10α, 1.10β). Στη συνέχεια κράτησέ τις κοντά και πλησίασέ τις πάλι στο εκκρεμές. Θα παρατηρήσεις ότι τώρα η απόκλιση του εκκρεμούς είναι πολύ μικρότερη (εικόνα 1.10γ). Οι δύο ράβδοι μαζί συμπεριφέρονται σαν να έχουν μικρότερο φορτίο απ' ό,τι η καθεμία χωριστά. Έτσι λοιπόν το ολικό φορτίο των ράβδων είναι ίσο με το αλγεβρικό άθροισμα των φορτίων τους. Αν για παράδειγμα η μια έχει φορτίο  $q_1 = +4 \text{ nC}$  και η άλλη  $q_2 = -3 \text{ nC}$ , τότε το ολικό φορτίο και των δύο μαζί είναι:

$$q = q_1 + q_2 = (+4 \text{ nC}) + (-3 \text{ nC}) = 1 \text{ nC}$$

Γενικά **το ολικό φορτίο δύο ή περισσότερων φορτισμένων σωμάτων ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα των φορτίων τους.**

Όταν το **συνολικό φορτίο** ενός ή περισσότερων σωμάτων είναι **ίσο με το μηδέν**, τότε το σώμα ή το σύνολο των σωμάτων ονομάζεται **ηλεκτρικά ουδέτερο**.

1.3 Το ηλεκτρικό φορτίο στο εσωτερικό του ατόμου

Η σύγχρονη «ατομική θεωρία» άρχισε να αναπτύσσεται στις αρχές του 19ου αιώνα. Σύμφωνα με αυτήν τα υλικά σώματα αποτελούνται από μικροσκοπικά σωματίδια που ονομάζονται άτομα.

**Η δομή του ατόμου**

Από τα μέσα του 19ου και μέχρι τις αρχές του 20ού αιώνα πραγματοποιήθηκαν πολλά πειράματα, από τα οποία προέκυψε ότι το άτομο αποτελείται από άλλα απλούστερα σωματίδια. Σπουδαίοι φυσικοί των αρχών του 20ού αιώνα όπως ο Νεοζηλανδός Έρνεστ Ράδερφορντ (Ernest Rutherford) και ο Δανός Νήλς Μπορ (Niels Bohr) κατέληξαν στην περιγραφή του ατόμου μέσω ενός **προτύπου** (εικόνα 1.11), σύμφωνα με το οποίο:

1. Κάθε άτομο αποτελείται από έναν **πυρήνα** γύρω από τον οποίο περιφέρονται τα **ηλεκτρόνια** (εικόνα 1.12). **Ο πυρήνας και τα ηλεκτρόνια είναι φορτισμένα σωματίδια: Ο πυρήνας έχει θετικό φορτίο, ενώ κάθε ηλεκτρόνιο αρνητικό.** Έτσι ο πυρήνας έλκει κάθε ηλεκτρόνιο, ενώ τα ηλεκτρόνια απωθούνται μεταξύ τους.
2. Όλα τα ηλεκτρόνια είναι όμοια. Έχουν την ίδια μάζα και το ίδιο ηλεκτρικό φορτίο.
3. Οι πυρήνες είναι σύνθετα σωματίδια (εικόνα 1.12). Αποτελούνται από **πρωτόνια** και **νετρόνια**. Το πρωτόνιο και το νετρόνιο έχουν σχεδόν ίσες μάζες. Όμως το πρωτόνιο είναι θετικά φορτισμένο, ενώ το νετρόνιο δεν έχει φορτίο, δηλαδή είναι ηλεκτρικά ουδέτερο. Όλα τα πρωτόνια είναι πανομοιότυπα. Έχουν την ίδια μάζα και το ίδιο φορτίο.
4. **Το πρωτόνιο και το ηλεκτρόνιο έχουν αντίθετα φορτία ακριβώς ίδιου όμως μεγέθους:** το φορτίο του πρωτονίου είναι  $+1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ , ενώ του ηλεκτρονίου είναι  $-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ . **Τα φορτία του πρωτονίου και του ηλεκτρονίου είναι τα πιο μικρά φορτία που έχουν παρατηρηθεί ελεύθερα στη φύση.**
5. Ο αριθμός των πρωτονίων του ατόμου είναι ίσος με τον αριθμό των ηλεκτρονίων του. Επομένως το ολικό φορτίο του ατόμου είναι ίσο με το μηδέν. **Όστε τα άτομα είναι ηλεκτρικά ουδέτερα.** Ωστόσο σε πολλές περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα συμβαίνει στην ηλεκτρίση των σωμάτων με τριβή, είναι δυνατόν ένα άτομο να αποβάλει ένα ή δύο ηλεκτρόνια. Τότε παύει να είναι ηλεκτρικά ουδέτερο και ονομάζεται **ιόν**.

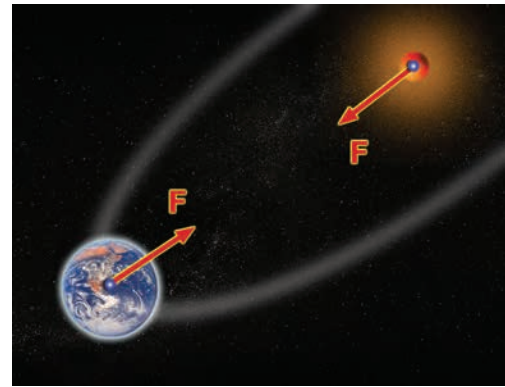
**Πώς τα σώματα αποκτούν ηλεκτρικό φορτίο**

Πώς εξηγείται η φόρτιση των σωμάτων με βάση τη μικροσκοπική δομή της ύλης;

Τα σώματα αποτελούνται από άτομα, τα οποία είναι ηλεκτρικά ουδέτερα. Έτσι τα σώματα είναι και αυτά ηλεκτρικά ουδέτερα.

Είναι όμως δυνατόν ένα σώμα να προσλάβει ή να αποβάλει ηλεκτρόνια. Στην περίπτωση που το σώμα έχει προσλάβει ηλεκτρόνια

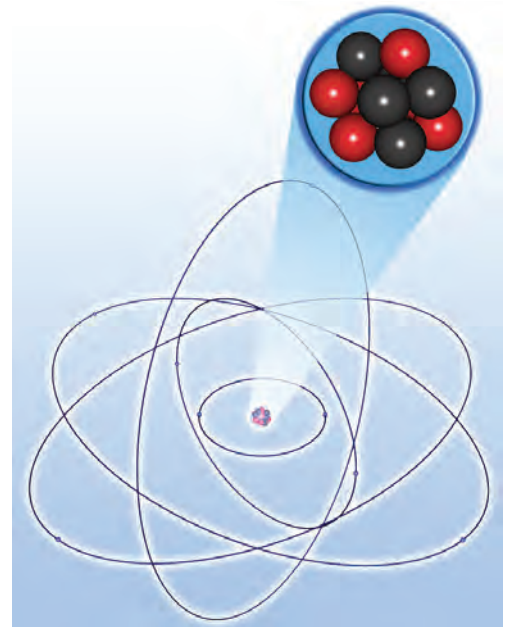
Ανάπτυξε τη διαίσθησή σου



Εικόνα 1.11

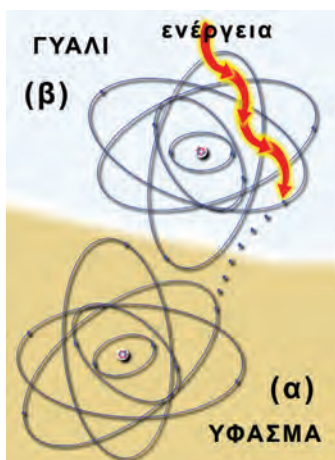
**Πλανητικό σύστημα και άτομο**

Είδαμε στη Β' τάξη ότι η αδράνεια είναι ιδιότητα της ύλης και μέτρο της αδράνειας είναι η μάζα. Ο ήλιος και η γη έχουν μάζα. Αλληλεπιδρούν με βαρυτικές δυνάμεις. Τα ηλεκτρόνια και ο πυρήνας έχουν ηλεκτρικό φορτίο. Αλληλεπιδρούν με ηλεκτρικές δυνάμεις. Πολλές φορές λέμε ότι το άτομο μοιάζει με το πλανητικό μας σύστημα.



Εικόνα 1.12

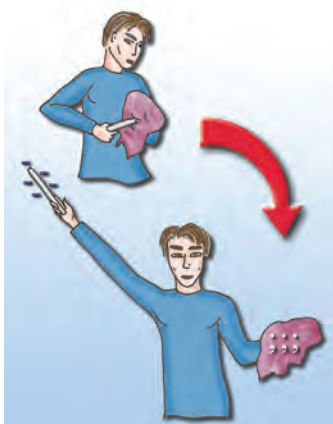
Το πλανητικό πρότυπο του ατόμου.



Εικόνα 1.13

Τα ηλεκτρόνια από τα άτομα των μορίων του γυαλιού απορροφούν ενέργεια και απομακρύνονται από αυτό· έτσι στα άτομα των μορίων του γυαλιού δημιουργείται έλλειμμα ηλεκτρονίων. Το γυαλί αποκτά θετικό φορτίο. Το ύφασμα προσλαμβάνει αυτά τα ηλεκτρόνια και έτσι αποκτά περίσσεια ηλεκτρονίων. Το ύφασμα φορτίζεται αρνητικά.

**Ακόνισε το μυαλό σου**



Εικόνα 1.14

Από τη γούνα ηλεκτρόνια μεταφέρονται στη ράβδο. Η ράβδος αποκτά πλεόνασμα ηλεκτρονίων, δηλαδή φορτίζεται αρνητικά. Το φορτίο που αποκτά η ράβδος είναι  $q = -20 \text{ nC}$ . Η γούνα φορτίζεται; Αν ναι, πόση ποσότητα φορτίου αποκτά; Αιτιολόγησε την απάντησή σου.

αποκτά πλεόνασμα ηλεκτρονίων, οπότε παύει να είναι ηλεκτρικά ουδέτερο και αποκτά αρνητικό φορτίο (εικόνα 1.13α). Αν έχει αποβάλλει ηλεκτρόνια, τότε έχει έλλειμμα ηλεκτρονίων, οπότε υπερσχύει το θετικό φορτίο των πρωτονίων και το σώμα έχει ολικό φορτίο θετικό (εικόνα 1.13β).

Η φόρτιση των σωμάτων γίνεται με μεταφορά ηλεκτρονίων. Τα πρωτόνια δεν μπορούν να μετακινηθούν εύκολα γιατί έχουν μεγάλη μάζα και επιπλέον βρίσκονται παγιδευμένα στο εσωτερικό των πυρήνων των ατόμων.

Η απόσπαση ηλεκτρονίων από τα άτομα ενός σώματος απαιτεί την προσφορά ενέργειας, έτσι ώστε να μπορέσουν τα ηλεκτρόνια να υπερνικήσουν την έλξη των πυρήνων (εικόνα 1.13). Ενέργεια στα ηλεκτρόνια των ατόμων προσφέρεται με ποικίλους τρόπους, όπως για παράδειγμα με τριβή, με την επίδραση ακτινοβολίας κ.λπ. Επειδή στο εσωτερικό των ατόμων υπάρχουν σωματίδια με δύο είδη ηλεκτρικού φορτίου (πρωτόνια και ηλεκτρόνια), γι' αυτό στη φύση εμφανίζονται μόνο δύο είδη ηλεκτρικού φορτίου (θετικά και αρνητικά).

**Δύο σημαντικές ιδιότητες του ηλεκτρικού φορτίου**

Η φόρτιση των σωμάτων οφείλεται σε μετακίνηση ηλεκτρονίων. Τα ηλεκτρόνια ούτε παράγονται ούτε καταστρέφονται. Απλώς μεταφέρονται. Επομένως ο συνολικός αριθμός των ηλεκτρονίων δεν μεταβάλλεται, με αποτέλεσμα **σε οποιαδήποτε διαδικασία**, είτε αυτή συμβαίνει στον μικρόκοσμο είτε στον μακρόκοσμο, **το ολικό φορτίο να διατηρείται σταθερό**. Η αρχή αυτή είναι γνωστή ως αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου. Η **αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου**, είναι από τις πιο σημαντικές αρχές της σύγχρονης φυσικής όπως και η αρχή διατήρησης της ενέργειας.

Κάθε ηλεκτρικά φορτισμένο σώμα έχει περίσσεια ή έλλειμμα ηλεκτρονίων. Ένα ηλεκτρόνιο δεν είναι δυνατόν να διαιρεθεί. Συνεπώς το ηλεκτρικό φορτίο κάθε φορτισμένου σώματος είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του στοιχειώδους φορτίου του ηλεκτρονίου (ή του αντίθετου φορτίου του πρωτονίου). Το ηλεκτρικό φορτίο εμφανίζεται σε «πακετάκια» τα οποία ονομάζουμε κβάντα και αυτή του την ιδιότητα την ονομάζουμε **κβάντωση**. Σκέψου ότι κβαντωμένο είναι και οποιοδήποτε χρηματικό ποσό έχεις στο πορτοφόλι σου αφού υπάρχει μόνο ως ακέραιο πολλαπλάσιο του λεπτού που είναι το κβάντο του χρήματος.

**1.4 Τρόποι ηλεκτρίσης και η μικροσκοπική ερμηνεία**

**Φυσική και Μαθηματικά**

Αν γνωρίζετε ότι το 1 C είναι το φορτίο που έχουν  $6,24 \cdot 10^{18}$  ηλεκτρόνια, να υπολογίσετε το φορτίο ενός ηλεκτρονίου (στοιχειώδες φορτίο).

Στην καθημερινή μας ζωή μπορούμε να παρατηρήσουμε πολλά φαινόμενα που οφείλονται στην ηλεκτρίση των σωμάτων που μας περιβάλλουν (εικόνα 1.15). Αν τρίψεις το περιτύλιγμα μιας καραμέλας, αυτό κολλά στα δάχτυλά σου. Αν τρίψεις ένα μπαλόνι πάνω στο μάλλινο πουλόβερ σου, αυτό μπορεί να κολλήσει σε έναν κατακόρυφο τοίχο. Όταν βγαίνεις από το αυτοκίνητο έχοντας τρίψει τα ρούχα σου στο κάθισμα και μετά πιάσεις το μεταλλικό χερούλι