

Περιλαμβάνει τις λύσεις  
στις ασκήσεις του  
σχολικού βιβλίου

ΑΝΤΩΝΗΣ ΣΑΡΡΗΓΙΑΝΝΗΣ

# Φυσική

Γ' Γυμνασίου



ΕΚΔΟΣΕΙΣ  
ΠΑΤΑΚΗ  
[www.patakis.gr](http://www.patakis.gr)

ΒΙΒΛΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ



ΑΝΤΩΝΗΣ ΣΑΡΡΗΓΙΑΝΝΗΣ

# ΦΥΣΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



ΕΚΔΟΣΕΙΣ  
ΠΑΤΑΚΗ

Θέση υπογραφής δικαιούχου δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας,  
εφόσον η υπογραφή προβλέπεται από τη σύμβαση.

Το παρόν έργο πνευματικής ιδιοκτησίας προστατεύεται κατά τις διατάξεις της ελληνικής νομοθεσίας (Ν. 2121/1993), όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει σήμερα, και τις διεθνείς συμβάσεις περί πνευματικής ιδιοκτησίας. Απαγορεύεται απολύτως η άνευ γραπτής αδείας του εκδότη κατά οποιονδήποτε τρόπο ή μέσο (ηλεκτρονικό, μηχανικό ή άλλο) αντιγραφή, φωτοανατύπωση και εν γένει αναπαραγωγή, εκμίσθωση ή δανεισμός, μετάφραση, διασκευή, αναμετάδοση στο κοινό σε οποιαδήποτε μορφή και η εν γένει εκμετάλλευση του συνόλου ή μέρους του έργου.

Εκδόσεις Πατάκη – Εκπαίδευση  
Αντώνης Σαρρηγιάννης, *Φυσική Γ΄ Γυμνασίου*  
Υπεύθυνος έκδοσης: Νίκος Κύρος  
Διορθώσεις: Νάντια Κουτσουρούμπα  
Σελιδοποίηση: Αλέξιος Μάστορης  
Φιλμ-μοντάζ: Μαρία Ποινιού-Ρένεση  
Copyright © Σ. Πατάκης ΑΕΕΔΕ (Εκδόσεις Πατάκη)  
και Αντώνης Σαρρηγιάννης, Αθήνα, 2017  
Πρώτη έκδοση από τις Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα, Αύγουστος 2017  
ΚΕΤ Α919 – ΚΕΠ 566/17  
ISBN 978-960-16-7183-3



ΠΑΝΑΓΗ ΤΣΑΛΔΑΡΗ (ΠΡΩΗΝ ΠΕΙΡΑΙΩΣ) 38, 104 37 ΑΘΗΝΑ,  
ΤΗΛ.: 210.36.50.000, 210.52.05.600, 801.100.2665, ΦΑΞ: 210.36.50.069  
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ: ΕΜΜ. ΜΠΕΝΑΚΗ 16, 106 78 ΑΘΗΝΑ, ΤΗΛ.: 210.38.31.078  
ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΗΜΑ: ΚΟΡΥΤΣΑΣ (ΤΕΡΜΑ ΠΟΝΤΟΥ - ΠΕΡΙΟΧΗ Β΄ ΚΤΕΟ),  
570 09 ΚΑΛΟΧΩΡΙ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, ΤΗΛ.: 2310.70.63.54, 2310.70.67.15, ΦΑΞ: 2310.70.63.55  
Web site: <http://www.patakis.gr> • e-mail: [info@patakis.gr](mailto:info@patakis.gr), [sales@patakis.gr](mailto:sales@patakis.gr)

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Γράμμα προς τον μαθητή.....	5
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΟ</b>	
Ενότητα 1: Γνωριμία με την ηλεκτρική δύναμη.....	7
Ενότητα 2: Το ηλεκτρικό φορτίο.....	12
Ενότητα 3: Το ηλεκτρικό φορτίο στο εσωτερικό του ατόμου.....	20
Ενότητα 4: Τρόποι ηλέκτρισης και η μικροσκοπική ερμηνεία.....	29
Ενότητα 5: Νόμος του Κουλόμπ.....	41
Ενότητα 6: Το ηλεκτρικό πεδίο.....	53
Συνδυαστικά θέματα.....	62
Θέματα υψηλού επιπέδου.....	64
Επαναληπτικό διαγώνισμα.....	66
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ</b>	
Ενότητα 7: Το ηλεκτρικό ρεύμα.....	68
Ενότητα 8: Ηλεκτρικό κύκλωμα.....	79
Ενότητα 9: Ηλεκτρικά δίπολα.....	93
Ενότητα 10: Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η αντίσταση ενός αγωγού.....	106
Ενότητα 11: Εφαρμογές αρχών διατήρησης στη μελέτη απλών ηλεκτρικών κυκλωμάτων.....	120
Συνδυαστικά θέματα.....	143
Θέματα υψηλού επιπέδου.....	146
Επαναληπτικό διαγώνισμα.....	149
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ</b>	
Ενότητα 12: Θερμικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος.....	151
Ενότητα 13: Χημικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος.....	163
Ενότητα 14: Μαγνητικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος.....	167
Ενότητα 15: Ηλεκτρική και μηχανική ενέργεια.....	173
Ενότητα 16: Βιολογικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος.....	175
Ενότητα 17: Ενέργεια και ισχύς του ηλεκτρικού ρεύματος.....	179
Συνδυαστικά θέματα.....	189
Θέματα υψηλού επιπέδου.....	190
Επαναληπτικό διαγώνισμα.....	193
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ</b>	
Ενότητα 18: Ταλαντώσεις.....	195
Ενότητα 19: Μεγέθη που χαρακτηρίζουν μια ταλάντωση.....	199
Ενότητα 20: Το απλό εκκρεμές.....	206
Ενότητα 21: Ενέργεια και ταλάντωση.....	213
Συνδυαστικά θέματα.....	218
Θέματα υψηλού επιπέδου.....	220
Επαναληπτικό διαγώνισμα.....	223

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ**

Ενότητα 22:	Μηχανικά κύματα – Κύμα και ενέργεια.....	225
Ενότητα 23:	Χαρακτηριστικά μεγέθη του κύματος.....	232
Ενότητα 24:	Ήχος – Υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου.....	244
Συνδυαστικά θέματα	.....	254
Θέματα υψηλού επιπέδου.....		255
Επαναληπτικό διαγώνισμα.....		257

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΦΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ**

Ενότητα 25:	Φως: όραση και ενέργεια.....	258
Ενότητα 26:	Διάδοση του φωτός.....	263

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ**

Ενότητα 27:	Ανάκλαση του φωτός.....	280
Ενότητα 28:	Εικόνες σε καθρέφτες: είδωλα.....	285
Ενότητα 29:	Προσδιορισμός ειδώλου σε κοίλους και κυρτούς καθρέφτες.....	294

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΔΙΑΘΛΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ**

Ενότητα 30:	Διάθλαση του φωτός.....	307
Ενότητα 31:	Εφαρμογές της διάθλασης του φωτός.....	318
Ενότητα 32:	Ανάλυση του φωτός – Το χρώμα.....	326

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΦΑΚΟΙ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ**

Ενότητα 33:	Συγκλίνοντες και αποκλίνοντες φακοί.....	335
Ενότητα 34:	Είδωλα φακών.....	339
Ενότητα 35:	Οπτικά όργανα και το μάτι.....	346

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10: Ο ΑΤΟΜΙΚΟΣ ΠΥΡΗΝΑΣ**

Ενότητα 36:	Ο ατομικός πυρήνας – Περιγραφή του πυρήνα.....	349
Ενότητα 37:	Ραδιενέργεια – Βιολογική δράση της ακτινοβολίας.....	354

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11: ΠΥΡΗΝΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ**

Ενότητα 38:	Ενέργεια και πυρηνικές αντιδράσεις.....	361
Ενότητα 39:	Πυρηνική σχάση.....	363
Ενότητα 40:	Πυρηνική σύντηξη.....	366

Απαντήσεις των ερωτήσεων και λύσεις των ασκήσεων..... 369

Απαντήσεις των ερωτήσεων-ασκήσεων των συνδυαστικών θεμάτων,  
των θεμάτων υψηλού επιπέδου και των επαναληπτικών διαγωνισμάτων..... 417

Απαντήσεις των ερωτήσεων-ασκήσεων του σχολικού βιβλίου..... 435

## Γράμμα προς τον μαθητή

Φίλε μαθητή,

Το βιβλίο που κρατάς στα χέρια σου είναι η υλοποίηση μιας πολύχρονης ιδέας για τη διδασκαλία της Φυσικής στο Γυμνάσιο.

Έπειτα από την εισαγωγή της Φυσικής με πειράματα στην Α΄ Γυμνασίου, η διδασκαλία της Φυσικής έχει ευτυχώς γίνει πιο πειραματική τόσο στη Β΄ όσο και στην Γ΄ Γυμνασίου. Το βιβλίο αυτό είναι ενημερωμένο με βάση τον νέο αυτό τρόπο διδασκαλίας. Προετοιμάζει λοιπόν τον μαθητή, ώστε, εκτός των άλλων, να μπορεί να επεξεργαστεί πίνακες πειραματικών δεδομένων, καθώς και να συμπληρώσει τα αντίστοιχα φύλλα εργασίας. Αυτό επιτυγχάνεται με την παράθεση σε κάθε κεφάλαιο και αρκετών πειραματικών θεμάτων. Επίσης, σε κάθε κεφάλαιο παρατίθενται και δοθέντα θέματα Πανελλήνιων Διαγωνισμών Φυσικής της Ένωσης Ελλήνων Φυσικών.

Η φιλοσοφία στο στήσιμο του βιβλίου είναι η εξής:

- Η ύλη χωρίζεται σε αριθμημένες ενότητες με βάση τη σειρά του σχολικού βιβλίου [Το Κεφάλαιο 1 («Ηλεκτρική δύναμη και φορτίο»), για παράδειγμα, έχει γραφτεί σε έξι ενότητες].
- Κάθε ενότητα περιλαμβάνει τα εξής μέρη:
  - **Βασική θεωρία:** Η θεωρία σε πρώτο και γρήγορο επίπεδο ανάγνωσης. Σκοπός είναι και το αποτελεσματικό κοίταγμα από τον μαθητή πριν από το τεστ ή την τελική εξέταση.
  - **Εμβαθύνοντας στη θεωρία:** Γίνεται μία πιο εμπειριστατωμένη διείσδυση στη θεωρία με τη μορφή αριθμημένων ερωτήσεων – απαντήσεων.
  - **Μεθοδολογία:** Υποδειγματικά λυμένα παραδείγματα. Στον τίτλο τους φαίνεται ο διδακτικός στόχος του καθενός και τι διαπραγματεύεται. Με τα λυμένα αυτά παραδείγματα γίνεται πλήρης κάλυψη των περιπτώσεων που προκύπτουν σε κάθε ενότητα.
  - **Ερωτήσεις:** Ένας μεγάλος αριθμός από ερωτήσεις προς απάντηση όλων των τύπων (κλειστού – ανοικτού τύπου) που «σαρώνουν» την ύλη κάθε ενότητας.
  - **Ασκήσεις:** Ένας μεγάλος αριθμός από ασκήσεις και προβλήματα προς λύση που και πάλι «σαρώνουν» την ύλη της ενότητας.
  - **Έλεγε τις γνώσεις σου:** Στο τέλος κάθε ενότητας ένα κριτήριο αξιολόγησης 40-45 λεπτών σωστά διαβαθμισμένο.
- Στο τέλος κάθε κεφαλαίου παρατίθενται:
  - **Συνδυαστικά θέματα:** Επιτυγχάνεται έτσι το «δέσιμο» της γνώσης μεταξύ των επιμέρους ενότητων του κεφαλαίου.
  - **Θέματα υψηλού επιπέδου:** Τα θέματα αυτά κρίνονται απαραίτητα για όποιους μαθητές σκοπεύουν να λάβουν μέρος στον Πανελλήνιο Διαγωνισμό Φυσικής. Γι' αυτό άλλωστε σε αυτό το τμήμα περιλαμβάνονται και δοθέντα θέματα προηγούμενων διαγωνισμών.

- **Επαναληπτικό διαγώνισμα:** Σε αυτό το διαγώνισμα υπάρχει πάντοτε και πειραματικό θέμα, ώστε να είναι έτοιμος ο μαθητής να απολαύσει χωρίς δυσκολίες τον νέο τρόπο διδασκαλίας της Φυσικής στο Γυμνάσιο.

Από τη θέση αυτή θα ήθελα να ευχαριστήσω:

- Τον υπεύθυνο έκδοσης Νίκο Κύρο για την αμέριστη και γεμάτη μεράκι φροντίδα του, καθώς και τις εύστοχες υποδείξεις και παρατηρήσεις του.
- Τη φιλόλογο Νάντια Κουτσοουρούμπα, γιατί, όταν ένα βιβλίο Φυσικής τύχει τέτοιας φιλολογικής (αλλά και τεχνικής) επιμέλειας, γίνεται πολύ καλύτερο.
- Τον γραφίστα Αλέξιο Μάστορη για την εξαιρετική συνέπειά του στη διάρκεια της εκδοτικής αυτής απόπειρας.

Ο συγγραφέας  
Αντώνης Σαρρηγιάννης



# 1 | Γνωριμία με την ηλεκτρική δύναμη



## A. Βασική θεωρία

### Εισαγωγή

Ο ηλεκτρισμός ήταν γνωστός από την αρχαιότητα. Πρώτος ο Θαλής ο Μιλήσιος, που έζησε στην Ιωνία της Μικράς Ασίας τον 6ο αιώνα π.Χ., παρατήρησε ότι το υλικό **ήλεκτρο** (σήμερα το λέμε κεχριμπάρι), όταν το έτριβε με μάλλινο ύφασμα, αποκτούσε την ιδιότητα να έλκει από απόσταση ελαφρά αντικείμενα, όπως πούπουλα, ξερά φύλλα, κλωστές κτλ.

Τα φαινόμενα αυτά ονομάστηκαν **ηλεκτρικά** από το ήλεκτρο.

Ο Θαλής ο Μιλήσιος περιέγραψε για πρώτη φορά στην ιστορία τις ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις τον 6ο αιώνα π.Χ.

Η συστηματική μελέτη των ηλεκτρικών φαινομένων, ωστόσο, άρχισε τον 16ο αιώνα μ.Χ. από τον Άγγλο φυσικό και γιατρό Γουίλιαμ Γκίλμπερτ (William Gilbert).

### Γνωριμία με την ηλεκτρική δύναμη

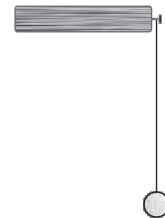
Σώματα όπως το ήλεκτρο, ένας πλαστικός χάρακας ή ένα πλαστικό στυλό που, όταν τα τρίψουμε με ένα άλλο σώμα, αποκτούν την ιδιότητα να έλκουν ελαφρά αντικείμενα λέμε ότι είναι **ηλεκτρισμένα**.

Ηλεκτρική δύναμη ονομάζεται η δύναμη που ασκείται μεταξύ των ηλεκτρισμένων σωμάτων.

Μπορούμε να ελέγξουμε αν ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο χρησιμοποιώντας το ηλεκτρικό εκκρεμές. (Είναι ένα μικρό μπαλάκι από φελιζόλ ή χαρτί που κρέμεται από μία κλωστή.)

Αν το σώμα που πλησιάζουμε στο εκκρεμές έλκει το μπαλάκι, είναι ηλεκτρισμένο.

Ένα ηλεκτρισμένο σώμα μπορεί να έλκει το μπαλάκι του εκκρεμούς χωρίς να έρχεται σε επαφή μαζί του. Συνεπώς:



Οι ηλεκτρικές δυνάμεις ασκούνται από απόσταση.

Οι ηλεκτρικές δυνάμεις δεν είναι πάντοτε ελκτικές.

- Αν τρίψουμε δύο γυάλινες ράβδους με μεταξωτό ύφασμα και τις πλησιάσουμε, θα παρατηρήσουμε ότι **απωθούνται**.

- Αν τρίψουμε δύο πλαστικές ράβδους με μάλλινο ύφασμα και τις πλησιάσουμε, πάλι απωθούνται.
- Αν τρίψουμε μία γυάλινη ράβδο με μεταξωτό ύφασμα και μία πλαστική με μάλλινο και τις πλησιάσουμε, τότε θα παρατηρήσουμε ότι **έλκονται**.

Ώστε:

Οι ηλεκτρικές δυνάμεις με τις οποίες αλληλεπιδρούν δύο ηλεκτρισμένα σώματα άλλοτε είναι ελκτικές και άλλοτε απωστικές.

*Δες την ερώτηση εμβάθυνσης 1.1.*

Αν πλησιάσουμε έναν μαγνήτη στο ηλεκτρικό εκκρεμές, θα παρατηρήσουμε ότι ο μαγνήτης **δεν έλκει** το ηλεκτρικό εκκρεμές. Ο μαγνήτης έλκει μόνο τα **σιδηρομαγνητικά** υλικά, δηλαδή αντικείμενα που περιέχουν σίδηρο, κοβάλτιο ή νικέλιο. Ώστε:

Η ηλεκτρική δύναμη ασκείται σε διαφορετικά σώματα απ' ό,τι η μαγνητική.



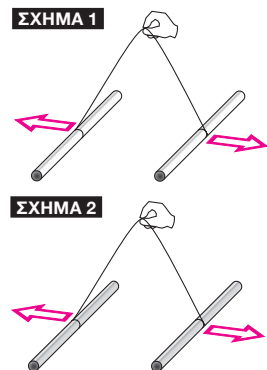
## Β. Εμβαθύνοντας στη θεωρία

**1.1** Διαθέτεις δύο γυάλινες ράβδους και δύο πλαστικές. Τρίψε τις δύο γυάλινες ράβδους με μεταξωτό ύφασμα και τις δύο πλαστικές με μάλλινο ύφασμα. Στη συνέχεια πλησίασε μεταξύ τους τις δύο γυάλινες ράβδους, ύστερα τις δύο πλαστικές και τέλος πλησίασε τη μία από τις γυάλινες στην πλαστική ράβδο. Τι παρατηρείς; Με βάση τις παρατηρήσεις σου να συμπληρώσεις τα κενά τετραγώνια του διπλανού πίνακα με την κατάλληλη λέξη από τις λέξεις «ΕΛΞΗ» ή «ΑΠΩΣΗ».

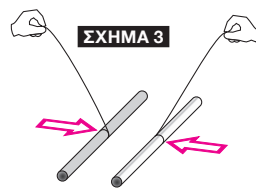
Υλικό φορτισμένης ράβδου	Υλικό φορτισμένης ράβδου	
	Γυαλί	Πλαστικό
Γυαλί		
Πλαστικό		

### ► Απάντηση

- Όταν τρίψεις τις δύο γυάλινες ράβδους στο μεταξωτό ύφασμα, ηλεκτρίζονται. Αν τις πλησιάσεις στη συνέχεια με τον τρόπο που φαίνεται στο σχήμα 1, θα παρατηρήσεις ότι **απωθούνται**.
- Όταν τρίψεις τις δύο πλαστικές ράβδους στο μάλλινο ύφασμα, ηλεκτρίζονται. Αν τις πλησιάσεις στη συνέχεια με τον τρόπο που φαίνεται στο σχήμα 2, θα παρατηρήσεις ότι και πάλι **απωθούνται**.



- Όταν τρίψεις τη γυάλινη ράβδο στο μεταξωτό και την πλαστική στο μάλλινο ύφασμα, ηλεκτρίζονται. Αν τις πλησιάσεις στη συνέχεια με τον τρόπο που φαίνεται στο σχήμα 3, θα παρατηρήσεις ότι αυτή τη φορά **έλκονται**.



	Υλικό φορτισμένης ράβδου	
Υλικό φορτισμένης ράβδου	Γυαλί	Πλαστικό
Γυαλί	ΑΠΩΣΗ	ΕΛΞΗ
Πλαστικό	ΕΛΞΗ	ΑΠΩΣΗ

Όπως φαίνεται από τις τρεις παραπάνω περιπτώσεις, οι όμοιες ράβδοι απωθούνται και οι διαφορετικές έλκονται. Οι όμοιες ράβδοι όμως είναι και όμοια ηλεκτρισμένες, ενώ οι διαφορετικές ράβδοι είναι διαφορετικά ηλεκτρισμένες.

Όστε:

Τα όμοια ηλεκτρισμένα σώματα αλληλεπιδρούν με απωστικές ηλεκτρικές δυνάμεις, ενώ τα διαφορετικά ηλεκτρισμένα σώματα έλκονται.

Με βάση τα όσα προηγήθηκαν ο πίνακας της εκφώνησης συμπληρώνεται με τον τρόπο που φαίνεται παραπάνω.



## Γ. Ερωτήσεις

Να συμπληρώσεις τα κενά που εκφράζονται με τις τελείες (.....) στις προτάσεις 1.2 έως και 1.10 που ακολουθούν.

**1.2** Ο Θαλής ο Μιλήσιος περιέγραψε για ..... φορά στην ιστορία τις ..... αλληλεπιδράσεις τον ..... αιώνα π.Χ.

**1.3** Η συστηματική μελέτη των ηλεκτρικών φαινομένων άρχισε τον ..... αιώνα μ.Χ. από τον Άγγλο φυσικό και γιατρό .....

**1.4** Σώματα που, όταν τα τρίψουμε με ένα άλλο σώμα, αποκτούν την ..... να ..... ελαφρά αντικείμενα λέμε ότι είναι .....

**1.5** Ηλεκτρική ..... ονομάζεται η δύναμη που ασκείται μεταξύ των ..... σωμάτων.

**1.6** Οι ηλεκτρικές δυνάμεις ασκούνται από .....

**1.7** Οι ηλεκτρικές δυνάμεις ..... είναι πάντοτε ελκτικές.

**1.8** Οι ηλεκτρικές δυνάμεις με τις οποίες αλληλεπιδρούν δύο ηλεκτρισμένα σώματα άλλοτε είναι ..... και άλλοτε .....

**1.9** Να συμπληρώσεις κάθε κενό τετραγωνάκι του πίνακα που ακολουθεί με την κατάλληλη από τις λέξεις «ΕΛΞΗ» ή «ΑΠΩΣΗ».

	Υλικό φορτισμένης ράβδου	
Υλικό φορτισμένης ράβδου	Γυαλί	Πλαστικό
Γυαλί		
Πλαστικό		

**1.10** Η ηλεκτρική δύναμη ασκείται σε ..... σώματα απ' ό,τι η .....

**1.11** Από τι υλικά μπορείς να κατασκευάσεις ένα ηλεκτρικό εκκρεμές;

**1.12** Να περιγράψεις πώς με τη βοήθεια ενός ηλεκτρικού εκκρεμούς θα διαπιστώσουμε αν ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο ή όχι.

**1.13** Ποιος ήταν ο πρώτος που παρατήρησε τα ηλεκτρικά φαινόμενα και πότε;

**1.14** Ποιος ήταν ο πρώτος που ασχολήθηκε με τη συστηματική μελέτη των ηλεκτρικών φαινομένων και πότε;

**1.15** Ποια δύναμη ονομάζεται ηλεκτρική;

**1.16** Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι η σωστή;

(α) Οι ηλεκτρικές δυνάμεις ασκούνται μόνο από επαφή.

(β) Η ηλεκτρική και η μαγνητική δύναμη ασκούνται στα ίδια σώματα.

(γ) Ηλεκτρική ονομάζεται η δύναμη που ασκείται μεταξύ μαγνητών.

(δ) Οι ηλεκτρικές δυνάμεις με τις οποίες αλληλεπιδρούν δύο σώματα είναι άλλοτε ελκτικές και άλλοτε απωστικές.

**1.17** Ποια είναι τα υλικά που έλκονται από τους μαγνήτες και πώς ονομάζονται;

**1.18** Να χαρακτηρίσεις καθεμία από τις προτάσεις που ακολουθούν ως σωστή (Σ) ή ως λανθασμένη (Λ).

(α) Η ηλεκτρική δύναμη ασκείται σε διαφορετικά σώματα απ' ό,τι η μαγνητική.

(β) Οι ηλεκτρικές δυνάμεις ασκούνται από απόσταση.

(γ) Οι ηλεκτρικές δυνάμεις με τις οποίες αλληλεπιδρούν δύο ηλεκτρισμένα σώματα είναι πάντοτε απωστικές.

(δ) Οι πρώτοι που ασχολήθηκαν με τον ηλεκτρισμό ήταν οι αρχαίοι Αιγύπτιοι.

**1.19** Να αντιστοιχίσεις καθέναν από τους συνδυασμούς ηλεκτρισμένων υλικών της στήλης 1 με το κατάλληλο από τα αποτελέσματα της στήλης 2.

ΣΤΗΛΗ 1		ΣΤΗΛΗ 2	
1.	Γυαλί – Γυαλί	α.	Έλξη
2.	Γυαλί – Πλαστικό	β.	Άπωση
3.	Πλαστικό – Πλαστικό		

Να γράψεις στα κουτάκια τους σωστούς συνδυασμούς.

## Δ. Έλεγξε τις γνώσεις σου



### ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ



1. Ποιες ήταν οι παρατηρήσεις του Θαλή του Μιλήσιου που τον οδήγησαν στις πρώτες διαπιστώσεις για τις ηλεκτρικές αλληλεπιδράσεις;
2. Να χαρακτηρίσεις καθεμία από τις προτάσεις που ακολουθούν ως σωστή (Σ) ή ως λανθασμένη (Λ).
  - (α) Οι ηλεκτρικές δυνάμεις είναι πάντοτε ελκτικές.
  - (β) Οι μαγνήτες έλκουν τα σιδηρομαγνητικά υλικά.
  - (γ) Οι ηλεκτρικές δυνάμεις ασκούνται από απόσταση.
  - (δ) Τα διαφορετικά φορτισμένα σώματα απωθούνται.
3. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι η σωστή;
  - (α) Πρώτος ασχολήθηκε με τα ηλεκτρικά φαινόμενα ο Γουίλιαμ Γκίλμπερτ τον 16ο αιώνα μ.Χ.
  - (β) Μπορούμε να ελέγξουμε αν ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο χρησιμοποιώντας έναν μαγνήτη.
  - (γ) Η ηλεκτρική δύναμη ασκείται σε διαφορετικά σώματα απ' ό,τι η μαγνητική.
  - (δ) Καμία από τις παραπάνω προτάσεις δεν είναι σωστή.
4. Να περιγράψεις μία πειραματική δραστηριότητα με την οποία θα εξακριβώσεις ότι τα όμοια ηλεκτρισμένα σώματα απωθούνται, ενώ τα διαφορετικά φορτισμένα σώματα έλκονται.

## 2 | Το ηλεκτρικό φορτίο



### Α. Βασική θεωρία

Για να εξηγήσουμε την προέλευση και τις ιδιότητες των ηλεκτρικών δυνάμεων, δεχόμαστε ότι η ύλη έχει μία 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**.

Με άλλα λόγια λοιπόν, οι γυάλινες ή οι πλαστικές ράβδοι μετά την τριβή τους με ύφασμα αποκτούν ηλεκτρικό φορτίο, γίνονται δηλαδή ηλεκτρικά φορτισμένες και τότε αλληλεπιδρούν με ηλεκτρικές δυνάμεις. Μπορούμε να λέμε ότι:

**Ηλεκτρικό φορτίο είναι το φυσικό μέγεθος που, αν αποκτηθεί από ένα σώμα, του δίνει τη δυνατότητα να αλληλεπιδρά μέσω ηλεκτρικών δυνάμεων με άλλα ηλεκτρικά φορτισμένα σώματα ή με πιο ελαφρά σώματα γενικά.**

Είδαμε ότι δύο φορτισμένα σώματα, όπως οι γυάλινες ή οι πλαστικές ράβδοι, άλλοτε **έλκονται** και άλλοτε **απωθούνται**. Το γεγονός αυτό μας αναγκάζει να δεχτούμε ότι υπάρχουν τουλάχιστον **δύο διαφορετικά είδη φορτίου**.

Γενικά όλα τα φορτισμένα σώματα μπορούμε να τα χωρίσουμε σε **δύο** ομάδες ως προς το ηλεκτρικό φορτίο:

**(α)** Σε αυτά που είναι όμοια φορτισμένα με τη **γυάλινη ράβδο** που τρίψαμε με μεταξωτό ύφασμα και **απωθούνται** από αυτήν. Τα σώματα αυτά τα ονομάζουμε **θετικά φορτισμένα** και λέμε ότι έχουν **θετικό φορτίο**.

**(β)** Σε αυτά που είναι όμοια φορτισμένα με την **πλαστική ράβδο** που τρίψαμε με μάλλινο ύφασμα και **απωθούνται** από αυτήν. Τα σώματα αυτά τα ονομάζουμε **αρνητικά φορτισμένα** και λέμε ότι έχουν **αρνητικό φορτίο**.

Τα παραπάνω τα πρότεινε ο Αμερικανός φυσικός και πολιτικός Βενιαμίν Φραγκλίνος (1706-1790).

Δύο σώματα που είναι και τα δύο φορτισμένα με θετικό φορτίο ή και τα δύο με αρνητικό φορτίο λέμε ότι είναι **ομώνυμα φορτισμένα**.

Δύο σώματα που είναι φορτισμένα το ένα με θετικό και το άλλο με αρνητικό φορτίο λέγονται **ετερόνυμα φορτισμένα**.

Με βάση και τα όσα έχουμε πει ως τώρα λοιπόν, μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι:

**Τα ετερόνυμα φορτισμένα σώματα έλκονται, ενώ τα ομώνυμα φορτισμένα απωθούνται.**

*Δες την ερώτηση εμβάθυνσης 2.1.*

## Πώς μετράμε το ηλεκτρικό φορτίο

Το μέγεθος του ηλεκτρικού φορτίου που έχει ένα σώμα το προσδιορίζουμε από το αν το σώμα ασκεί μεγάλη ή μικρή δύναμη σε ένα ηλεκτρικό εκκρεμές. Γενικά δεχόμαστε ότι:

Η ηλεκτρική δύναμη που ασκεί (ή ασκείται σε) ένα φορτισμένο σώμα είναι ανάλογη του ηλεκτρικού φορτίου του.

Μονάδα ηλεκτρικού φορτίου στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) είναι το 1 C (κουλόμπ), προς τιμήν του Γάλλου φυσικού Κουλόμπ, ο οποίος μελέτησε τις ιδιότητες των ηλεκτρικών δυνάμεων μεταξύ φορτισμένων σωμάτων.

Επειδή το 1 C είναι πολύ μεγάλη μονάδα φορτίου, χρησιμοποιούμε και τις υποδιαιρέσεις του:  $1 \text{ mC} = 10^{-3} \text{ C}$ ,  $1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$  και  $1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C}$ .

*Δες την ερώτηση εμβάθυνσης 2.2.*

## Συνολικό φορτίο δύο ή περισσότερων σωμάτων

Έστω ότι έχουμε ένα σύστημα από πολλά φορτισμένα σώματα, άλλα με θετικό και άλλα με αρνητικό φορτίο. Όπως είναι λογικό, το ολικό φορτίο των σωμάτων θα είναι ίσο με το αλγεβρικό άθροισμα των φορτίων τους.

Αν, για παράδειγμα, πλησιάσουμε μία γυάλινη ράβδο με φορτίο  $q_1 = +4 \text{ nC}$  σε μία πλαστική ράβδο με φορτίο  $q_2 = -3 \text{ nC}$ , το ολικό φορτίο του συστήματος θα είναι:

$$q_{\text{ολ}} = q_1 + q_2 = +4 \text{ nC} - 3 \text{ nC} \quad \text{ή}$$
$$q_{\text{ολ}} = +1 \text{ nC}$$

Γενικά:

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

Όταν το ηλεκτρικό φορτίο ενός σώματος ή ενός συστήματος σωμάτων **είναι ίσο με το μηδέν**, τότε το σώμα ή το σύστημα σωμάτων ονομάζεται **ηλεκτρικά ουδέτερο**.



## B. Εμβαθύνοντας στη θεωρία

**2.1** Η αρχική πρόταση των φυσικών για την ονομασία των δύο ειδών φορτίου ήταν το φορτίο της γυάλινης ράβδου να λέγεται φορτίο τύπου A και το φορτίο της πλαστικής φορτίο τύπου B. Με βάση ποια παρατήρηση ο Φραγκλίνος κατέληξε στην τελική ονομασία για θετικό και για αρνητικό φορτίο;

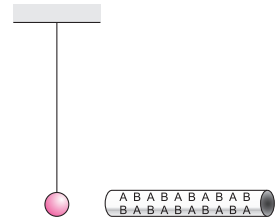
### ► Απάντηση

Ο Φραγκλίνος διαπίστωσε ότι μία φορτισμένη γυάλινη ράβδος (φορτίο τύπου Α) έλκει ένα ηλεκτρικό εκκρεμές.

Επίσης, και μία φορτισμένη πλαστική ράβδος (φορτίο τύπου Β) έλκει το ηλεκτρικό εκκρεμές.

Μία ράβδος που φέρει πάνω της ίσες ποσότητες φορτίων τύπου Α και τύπου Β **δεν** έλκει το ηλεκτρικό εκκρεμές. Συμπεριφέρεται δηλαδή σαν να μην έχει καθόλου φορτίο πάνω της. Αυτό ο Φραγκλίνος το ερμήνευσε ως αλληλοεξουδετέρωση των ίσων ποσοτήτων φορτίου Α και φορτίου Β, δηλαδή αυτές οι ποσότητες φορτίων είναι αντίθετες, όπως στην αλγεβρική λογική συμβαίνει με το άθροισμα, π.χ.,  $+5 - 5 = 0$ .

Με βάση αυτή τη λογική ονόμασε το φορτίο της γυάλινης ράβδου, αντί τύπου Α, θετικό φορτίο και το φορτίο της πλαστικής ράβδου, αντί τύπου Β, αρνητικό φορτίο.



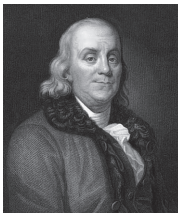
*Μία ράβδος που φέρει πάνω της ίσες ποσότητες φορτίων τύπου Α και τύπου Β δεν έλκει το ηλεκτρικό εκκρεμές.*

**2.2 Το 1 C είναι πολύ μεγάλη μονάδα φορτίου.** Αν μπορούσαμε να φορτίσουμε δύο μικρές σφαίρες με 1 C την καθεμία και τις τοποθετούσαμε έτσι ώστε τα κέντρα τους να απέχουν τρία μέτρα, τότε η ηλεκτρική δύναμη που θα ασκούσε η μία στην άλλη θα ήταν  $10^9$  N, όσο είναι περίπου το βάρος ενός γιγαντιαίου τάνκερ των 100.000 tn φορτωμένου με πετρέλαιο!

Είναι λογικό λοιπόν τα διάφορα φορτισμένα σώματα που συναντάμε γύρω μας να έχουν φορτία της τάξης των  $\mu\text{C}$  ή και των  $\text{nC}$ . Να αναφέρεις μερικά παραδείγματα για το φορτίο διαφόρων σωμάτων.

### ► Απάντηση

- Ένας πλαστικός χάρακας που τον φορτίζουμε με τριβή αποκτά ηλεκτρικό φορτίο μερικά δισεκατομμυριοστά του κουλόμπ, δηλαδή μερικά  $\text{nC}$ .
- Μία γυάλινη ράβδος που την τρίβουμε σε μεταξωτό ύφασμα αποκτά ηλεκτρικό φορτίο της τάξης των  $+2 \text{ nC}$  ή  $+3 \text{ nC}$ .
- Μία πλαστική ράβδος που την τρίβουμε σε μάλλινο ύφασμα αποκτά ηλεκτρικό φορτίο της τάξης των  $-2 \text{ nC}$  ή  $-3 \text{ nC}$ .
- Σε έναν κεραυνό, από την άλλη, το ηλεκτρικό φορτίο που μπορεί να μεταφερθεί από ένα σύννεφο στο έδαφος είναι της τάξης των 25 C!



**Βενιαμίν Φραγκλίνος**  
(Benjamin Franklin, 1706-1790)

*Αμερικανός φυσικός, εφευρέτης, οικονομολόγος και πολιτικός. Εισηγάγε πρώτος τον χαρακτηρισμό περί θετικών και αρνητικών φορτίων και απέδειξε με ριψοκίνδυνα πειράματα ότι ο κεραυνός δεν είναι τίποτα άλλο από μία ροή ηλεκτρικού φορτίου. Πάνω σ' αυτό στήριξε μία σπουδαία εφεύρεσή του, το γνωστό σε όλους μας αλεξικέραυνο.*





## Γ. Ερωτήσεις

**Να συμπληρώσεις τα κενά που εκφράζονται με τις τελείες (.....) στις προτάσεις 2.3 έως και 2.14 που ακολουθούν.**

**2.3** Για να εξηγήσουμε την προέλευση και τις ιδιότητες των ..... δυνάμεων, δεχόμαστε ότι η ύλη έχει μία ..... που τη συνδέουμε με ένα φυσικό μέγεθος: το .....

**2.4** Όταν δύο σώματα έχουν ηλεκτρικό φορτίο, τότε ..... με ηλεκτρικές ..... και λέμε ότι είναι ..... φορτισμένα.

**2.5** Το ηλεκτρικό φορτίο συμβολίζεται με το γράμμα ..... ή .....

**2.6** Ηλεκτρικό φορτίο είναι το ..... μέγεθος που, αν αποκτηθεί από ένα σώμα, του δίνει τη δυνατότητα να ..... μέσω ηλεκτρικών ..... με άλλα ηλεκτρικά ..... σώματα ή με πιο ελαφρά σώματα γενικά.

**2.7** Υπάρχουν ..... διαφορετικά είδη φορτίου.

**2.8** Τα σώματα που είναι όμοια φορτισμένα με μία γυάλινη ράβδο λέμε ότι έχουν ..... φορτίο.

**2.9** Τα σώματα που είναι όμοια φορτισμένα με μία πλαστική ράβδο λέμε ότι έχουν ..... φορτίο.

**2.10** Τα ετερόνυμα φορτισμένα σώματα ....., ενώ τα ..... φορτισμένα απωθούνται.

**2.11** Η ηλεκτρική δύναμη που ασκεί (ή ασκείται σε) ένα φορτισμένο σώμα είναι ..... του ηλεκτρικού φορτίου του.

**2.12** Μονάδα ηλεκτρικού φορτίου στο S.I. είναι το ..... (.....).

**2.13** Το ολικό φορτίο δύο ή περισσότερων φορτισμένων σωμάτων ..... με το αλγεβρικό ..... των ..... τους.

**2.14** Όταν το ηλεκτρικό φορτίο ενός σώματος είναι ίσο με το μηδέν, τότε το σώμα ονομάζεται .....

**2.15** Τι μπορούμε να πούμε ότι είναι το ηλεκτρικό φορτίο;

**2.16** Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι η σωστή;

- (α) Υπάρχουν τρία είδη ηλεκτρικού φορτίου: το θετικό, το αρνητικό και το ουδέτερο φορτίο.  
 (β) Τα σώματα που έχουν ηλεκτρικό φορτίο δεν αλληλεπιδρούν με ηλεκτρικές δυνάμεις.  
 (γ) Δύο φορτισμένα σώματα άλλοτε έλκονται και άλλοτε απωθούνται.  
 (δ) Καμία από τις παραπάνω προτάσεις δεν είναι σωστή.

**2.17** Με τι ισούται το ολικό φορτίο ενός συστήματος φορτισμένων σωμάτων;

**2.18** Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι η σωστή;

- (α) Τα σώματα που έχουν ηλεκτρικό φορτίο λέμε ότι είναι μαγνητισμένα.  
 (β) Οι μαγνήτες ασκούν δυνάμεις, επειδή έχουν ηλεκτρικό φορτίο.  
 (γ) Τα πλαστικά σώματα δε γίνεται να φορτιστούν ηλεκτρικά.  
 (δ) Το ηλεκτρικό φορτίο συμβολίζεται με το γράμμα  $q$  ή  $Q$ .

**2.19** Να χαρακτηρίσεις καθεμία από τις προτάσεις που ακολουθούν ως σωστή (Σ) ή ως λανθασμένη (Λ).

- (α) Υπάρχουν δύο είδη ηλεκτρικού φορτίου: το θετικό και το αρνητικό.   
 (β) Τα θετικά φορτία είναι πιο ισχυρά από τα αρνητικά.   
 (γ) Όσο πιο βαρύ είναι ένα σώμα, τόσο πιο εύκολα φορτίζεται ηλεκτρικά.   
 (δ) Μονάδα ηλεκτρικού φορτίου στο S.I. είναι το 1 C.

**2.20** Να χαρακτηρίσεις καθεμία από τις προτάσεις που ακολουθούν ως σωστή (Σ) ή ως λανθασμένη (Λ).

- (α) Δύο σώματα που είναι και τα δύο φορτισμένα με θετικό ή και τα δύο με αρνητικό φορτίο λέμε ότι είναι ομώνυμα φορτισμένα.   
 (β) Δύο σώματα που είναι φορτισμένα το ένα με θετικό και το άλλο με αρνητικό φορτίο λέμε ότι είναι ετερόνυμα φορτισμένα.   
 (γ) Τα ηλεκτρικά φορτισμένα σώματα δεν έχουν μάζα.   
 (δ) Τα ομώνυμα φορτισμένα σώματα απωθούνται, ενώ τα ετερόνυμα φορτισμένα έλκονται.

**2.21** Να αντιστοιχίσεις κάθε μονάδα φορτίου της στήλης 1 με την ισοδύναμή της ποσότητα της στήλης 2.

ΣΤΗΛΗ 1		ΣΤΗΛΗ 2	
1.	1 nC	α.	$10^{-3}$ C
2.	1 mC	β.	$10^{-12}$ C
3.	1 $\mu$ C	γ.	$10^{-9}$ C
		δ.	$10^{-6}$ C

Να γράψεις στα κουτάκια τους σωστούς συνδυασμούς.



## Δ. Μεθοδολογία

### 2.22 ΜΑΘΕ ΝΑ ΚΑΝΕΙΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥΣ ΜΕ ΤΟ ΟΛΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΩΜΑΤΩΝ.

Σε μία περιοχή περιέχονται τα ίσα μεταξύ τους θετικά φορτία  $+q_1$  και  $+q_2$  και το αρνητικό φορτίο  $q_3 = -4 \mu\text{C}$ . Το σύστημα των φορτίων που περιέχεται στην περιοχή έχει ολικό φορτίο  $q_{\text{ολ}} = +2 \mu\text{C}$ . Να υπολογίσεις την τιμή των φορτίων  $q_1$  και  $q_2$ .

#### ► Λύση

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

Για τα φορτία του συστήματος που εξετάζουμε λοιπόν ισχύει:

$$q_{\text{ολ}} = q_1 + q_2 + q_3 \quad (1)$$

Όμως  $q_1 = q_2$ ,  $q_3 = -4 \mu\text{C}$  και  $q_{\text{ολ}} = +2 \mu\text{C}$ .

Η σχέση (1) λοιπόν γίνεται:

$$+2 \mu\text{C} = q_1 + q_1 - 4 \mu\text{C} \quad \text{ή}$$

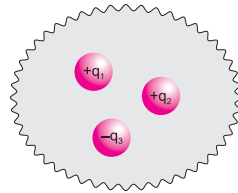
$$2q_1 - 4 \mu\text{C} = +2 \mu\text{C} \quad \text{ή}$$

$$2q_1 = +2 \mu\text{C} + 4 \mu\text{C} \quad \text{ή}$$

$$2q_1 = +6 \mu\text{C} \quad \text{ή}$$

$$q_1 = +3 \mu\text{C}$$

Έτσι, αφού  $q_1 = q_2$ , και  $q_2 = +3 \mu\text{C}$ .



Σύστημα φορτίων

### 2.23 ΜΑΘΕ ΝΑ ΚΑΝΕΙΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΣΤΙΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΦΟΡΤΙΟΥ.

Να μετατρέψεις στο S.I. (δηλαδή σε C) τις παρακάτω ποσότητες ηλεκτρικού φορτίου:

(α)  $q_1 = +4 \text{ mC}$ .

(β)  $q_2 = +200 \mu\text{C}$ .

(γ)  $q_3 = -250 \text{ nC}$ .

(δ)  $q_4 = -1.200 \text{ pC}$ .

#### ► Λύση

##### ΣΗΜΕΙΩΣΗ

•  $1 \text{ mC} = \frac{1}{1.000} \text{ C} = 10^{-3} \text{ C}$

•  $1 \mu\text{C} = \frac{1}{1.000.000} \text{ C} = 10^{-6} \text{ C}$

•  $1 \text{ nC} = \frac{1}{1.000.000.000} \text{ C} = 10^{-9} \text{ C}$

•  $1 \text{ pC}$  (πίκο κουλόμπ)  $= 10^{-12} \text{ C}$

(α) Αφού  $1 \text{ mC} = 10^{-3} \text{ C}$ , έχουμε:

$$q_1 = +4 \text{ mC} = +4 \cdot 10^{-3} \text{ C} \quad \text{ή}$$

$$q_1 = +4 \cdot 10^{-3} \text{ C}$$

(β) Αφού  $1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$ , έχουμε:

$$\begin{aligned} q_2 &= +200 \mu\text{C} = +200 \cdot 10^{-6} \text{ C} \quad \text{ή} \\ q_2 &= +2 \cdot 10^2 \cdot 10^{-6} \text{ C} \quad \text{ή} \\ q_2 &= +2 \cdot 10^{-4} \text{ C} \end{aligned}$$

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ** Ιδιότητες των δυνάμεων

Αν  $a, \beta$  ακέραιοι αριθμοί διάφοροι από το μηδέν και  $\mu, \nu$  φυσικοί αριθμοί, έχουμε:

$$\bullet a^1 = a, \bullet (a \cdot \beta)^\nu = a^\nu \cdot \beta^\nu, \bullet \left(\frac{a}{\beta}\right)^\nu = \frac{a^\nu}{\beta^\nu}, \bullet (a^\mu)^\nu = a^{\mu \cdot \nu}, \bullet a^\mu \cdot a^\nu = a^{\mu + \nu}, \bullet \frac{a^\mu}{a^\nu} = a^{\mu - \nu}, \bullet a^0 = 1$$

(γ) Αφού  $1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C}$ , έχουμε:

$$\begin{aligned} q_3 &= -250 \text{ nC} = -250 \cdot 10^{-9} \text{ C} \quad \text{ή} \\ q_3 &= -2,5 \cdot 10^2 \cdot 10^{-9} \text{ C} \quad \text{ή} \\ q_3 &= -2,5 \cdot 10^{-7} \text{ C} \end{aligned}$$

(δ) Αφού  $1 \text{ pC} = 10^{-12} \text{ C}$ , έχουμε:

$$\begin{aligned} q_4 &= -1.200 \text{ pC} = -1.200 \cdot 10^{-12} \text{ C} \quad \text{ή} \\ q_4 &= -1,2 \cdot 10^3 \cdot 10^{-12} \text{ C} \quad \text{ή} \\ q_4 &= -1,2 \cdot 10^{-9} \text{ C} \end{aligned}$$



## Ε. Ασκήσεις

**2.24** Ένα σύστημα φορτίων αποτελείται από τα ηλεκτρικά φορτία  $q_1 = +5 \mu\text{C}$  και  $q_2 = -3 \mu\text{C}$ . Να υπολογίσεις το ολικό φορτίο του συστήματος.

**2.25** Ένα σύστημα φορτίων αποτελείται από τα ηλεκτρικά φορτία  $q_1 = +4 \mu\text{C}$ ,  $q_2 = -2 \mu\text{C}$ ,  $q_3 = -1 \mu\text{C}$  και  $q_4 = +3 \mu\text{C}$ . Να υπολογίσεις το ολικό φορτίο του συστήματος.

**2.26** Σε μία περιοχή περιέχονται τα ίσα μεταξύ τους θετικά φορτία  $+q_1$  και  $+q_2$  και το αρνητικό φορτίο  $q_3 = -8 \text{ nC}$ . Το σύστημα των φορτίων έχει ολικό φορτίο  $q_{\text{ολ}} = +4 \text{ nC}$ . Να υπολογίσεις την τιμή των φορτίων  $q_1$  και  $q_2$ .

**2.27** Να μετατρέψεις στο S.I. (δηλαδή σε C) τις παρακάτω ποσότητες ηλεκτρικού φορτίου:

(α)  $q_1 = +70 \text{ mC}$ .

(β)  $q_2 = -300 \mu\text{C}$ .

(γ)  $q_3 = -1.000 \text{ nC}$ .

(δ)  $q_4 = +1.700 \text{ pC}$ .

**2.28** Σε μία περιοχή περιέχονται τα θετικά φορτία  $q_1 = +6 \text{ mC}$ ,  $q_2 = +4 \text{ mC}$  και το αρνητικό φορτίο  $q_3 = -10.000 \mu\text{C}$ . Να υπολογίσεις το ολικό ηλεκτρικό φορτίο της περιοχής αυτής.

## ΣΤ. Έλεγξε τις γνώσεις σου



### ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ



- (α) Τι σχέση έχει η ηλεκτρική δύναμη που ασκεί (ή ασκείται σε) ένα φορτισμένο σώμα με το ηλεκτρικό του φορτίο;

(β) Ποια είναι η μονάδα ηλεκτρικού φορτίου στο S.I.;
- Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι η σωστή;

(α) Μία γυάλινη ράβδος που την τρίβουμε σε μεταξωτό ύφασμα φορτίζεται με αρνητικό φορτίο.

(β) Το ηλεκτρικό φορτίο συμβολίζεται με το γράμμα  $m$ .

(γ) Το ολικό φορτίο δύο ή περισσότερων φορτισμένων σωμάτων ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα των φορτίων τους.

(δ) Καμία από τις παραπάνω προτάσεις δεν είναι σωστή.
- Να χαρακτηρίσεις καθεμία από τις προτάσεις που ακολουθούν ως σωστή (Σ) ή ως λανθασμένη (Λ).

(α) Μία πλαστική ράβδος που την τρίβουμε σε μάλλινο ύφασμα φορτίζεται με αρνητικό φορτίο.

(β) Τα ομώνυμα (όμοια) ηλεκτρικά φορτία έλκονται, ενώ τα ετερόνυμα (διαφορετικά) απωθούνται.

(γ) Μία γυάλινη ράβδος που την τρίβουμε σε μεταξωτό ύφασμα φορτίζεται με θετικό φορτίο.

(δ) Ηλεκτρικά ουδέτερο ονομάζεται κάθε σώμα που είναι καλός αγωγός της θερμότητας.
- Σε μία περιοχή περιέχονται τα φορτία  $q_1 = +8 \mu\text{C}$ ,  $q_2 = -2 \mu\text{C}$  και το φορτίο  $q_3$ . Αν η περιοχή είναι ηλεκτρικά ουδέτερη, να υπολογίσεις το φορτίο  $q_3$ .

# 3 | Το ηλεκτρικό φορτίο στο εσωτερικό του ατόμου



## Α. Βασική θεωρία

Σύμφωνα με τη σύγχρονη «ατομική θεωρία» που άρχισε να αναπτύσσεται στις αρχές του 19ου αιώνα:

Τα υλικά σώματα αποτελούνται από μικροσκοπικά σωματίδια που ονομάζονται άτομα.

### Η δομή του ατόμου

Σπουδαίοι φυσικοί του 19ου και του 20ού αιώνα κατέληξαν μέσα από παλινδρομήσεις και αλληλοσυμπληρώσεις απόψεων στο να διατυπώσουν τη θεωρία του **ατομικού προτύπου** που περιγράφει το άτομο. Σύμφωνα με αυτό:

1. Κάθε άτομο αποτελείται από έναν **πυρήνα**, που έχει **θετικό** ηλεκτρικό φορτίο, και από τα **ηλεκτρόνια**, που περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα και καθένα από αυτά έχει **αρνητικό** ηλεκτρικό φορτίο.
2. Όλα τα ηλεκτρόνια έχουν την ίδια μάζα και το ίδιο ηλεκτρικό φορτίο. Επομένως είναι όμοια μεταξύ τους.
3. Οι πυρήνες είναι σύνθετα σωματίδια. Αποτελούνται από **πρωτόνια** και **νετρόνια**. Το πρωτόνιο και το νετρόνιο έχουν περίπου ίσες μάζες. Το πρωτόνιο όμως είναι **θετικά** φορτισμένο, ενώ το νετρόνιο είναι ηλεκτρικά ουδέτερο. Όλα τα πρωτόνια έχουν την ίδια μάζα και το ίδιο φορτίο. Επομένως είναι όμοια μεταξύ τους.
4. Το φορτίο του πρωτονίου είναι  $+1,6 \cdot 10^{-19}$  C, ενώ του ηλεκτρονίου είναι  $-1,6 \cdot 10^{-19}$  C. Επομένως το πρωτόνιο και το ηλεκτρόνιο έχουν **αντίθετα** φορτία. **Τα φορτία του ηλεκτρονίου και του πρωτονίου είναι τα πιο μικρά φορτία που έχουν παρατηρηθεί ελεύθερα στη φύση.**
5. Σε κάθε άτομο, ο αριθμός των πρωτονίων του πυρήνα είναι ίσος με τον αριθμό των ηλεκτρονίων που περιφέρονται γύρω από αυτόν. Επομένως **τα άτομα είναι ηλεκτρικά ουδέτερα.**  
Συχνά όμως είναι δυνατόν ένα άτομο να αποβάλει ένα ή δύο ηλεκτρόνια (για παράδειγμα, τα άτομα μιας γυάλινης ράβδου, όταν την τρίβουμε σε μεταξωτό ύφασμα για να την ηλεκτρίσουμε). Τότε παύει να είναι ουδέτερο και ονομάζεται **ión**.

### Πώς τα σώματα αποκτούν ηλεκτρικό φορτίο

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

- Όπως είπαμε, είναι δυνατόν ένα άτομο να αποβάλει ένα ή δύο ηλεκτρόνια. Τότε **υπερισχύει το θετικό** φορτίο των πρωτονίων του πυρήνα του και το άτομο φορτίζεται **θετικά**. Το σώμα που τα άτομά του **απέβαλαν** ηλεκτρόνια φορτίζεται θετικά.
- Τα ηλεκτρόνια που αποβάλλονται από τα άτομα ενός σώματος προσλαμβάνονται συνήθως από ένα άλλο σώμα. Στο σώμα αυτό δημιουργείται **περίσσειμα** ηλεκτρονίων. Έτσι το **αρνητικό** τους φορτίο **υπερισχύει** του θετικού των πρωτονίων του πυρήνα και το σώμα αυτό φορτίζεται **αρνητικά**.

Όστε:

Η φόρτιση των σωμάτων γίνεται με μεταφορά ηλεκτρονίων. Το σώμα που αποβάλλει ηλεκτρόνια φορτίζεται με θετικό φορτίο, ενώ το σώμα που τα προσλαμβάνει φορτίζεται με αρνητικό φορτίο.

Τα πρωτόνια δεν μπορούν να μετακινηθούν εύκολα για δύο λόγους:

- (α) Έχουν μεγάλη μάζα (σε σχέση με τα ηλεκτρόνια).
- (β) Βρίσκονται παγιδευμένα στο εσωτερικό των πυρήνων των ατόμων.

Επειδή τα ηλεκτρόνια **έλκονται** από τους αντίθετα από αυτά φορτισμένους πυρήνες, η απόσπαση ηλεκτρονίων από τα άτομα ενός σώματος **απαιτεί την προσφορά ενέργειας**, ώστε να υπερνικηθεί αυτή η έλξη.

Τρόποι προσφοράς ενέργειας στα ηλεκτρόνια για την ηλέκτριση των ατόμων είναι, για παράδειγμα, η τριβή, η επίδραση ακτινοβολίας κτλ.

*Δες την ερώτηση εμβάθυνσης 3.1.*

## Δύο σημαντικές ιδιότητες του ηλεκτρικού φορτίου

### α) Αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου

Η φόρτιση των σωμάτων οφείλεται σε μετακίνηση ηλεκτρονίων. Τα ηλεκτρόνια ούτε **παράγονται** ούτε **καταστρέφονται**. Σε κάποια διαδικασία απλώς μεταφέρονται. Έτσι, σε **οποιαδήποτε** διαδικασία, όσα ηλεκτρόνια χάνει κάποιο σώμα τα παίρνει κάποιο άλλο σώμα. Επομένως ο συνολικός αριθμός των ηλεκτρονίων δε μεταβάλλεται. Η αρχή αυτή είναι γνωστή ως **αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου**.

Σε οποιαδήποτε διαδικασία, είτε αυτή συμβαίνει στον μικρόκοσμο είτε στον μακρόκοσμο, ο συνολικός αριθμός των ηλεκτρονίων δε μεταβάλλεται, με αποτέλεσμα το ολικό φορτίο να διατηρείται σταθερό.

### β) Κβάντωση του ηλεκτρικού φορτίου

Το ηλεκτρικό φορτίο κάθε συστήματος οφείλεται σε περίσσεια ή σε έλλειμμα ηλεκτρονίων. Ένα ηλεκτρόνιο δεν είναι δυνατόν να διαιρεθεί. Συνεπώς:

Το ηλεκτρικό φορτίο κάθε φορτισμένου σώματος είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του στοιχειώδους φορτίου του ηλεκτρονίου, αν είναι αρνητικά φορτισμένο, ή του αντίθετου φορτίου του πρωτονίου, αν είναι θετικά φορτισμένο.

Το ηλεκτρικό φορτίο δηλαδή εμφανίζεται σε «πακετάκια» τα οποία ονομάζουμε **κβάντα** και αυτή την ιδιότητά του την ονομάζουμε **κβάντωση**.

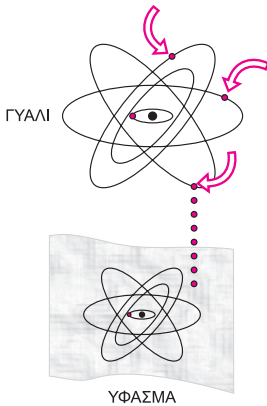
*Δες την ερώτηση εμφάθυνσης 3.2.*



## Β. Εμβαθύνοντας στη θεωρία

**3.1** Τρίβεις μία γυάλινη ράβδο σε ένα κομμάτι μεταξωτό ύφασμα. Να περιγράψεις με τι ηλεκτρικό φορτίο θα ηλεκτριστεί η ράβδος, με τι το ύφασμα και πώς έγινε αυτή η φόρτιση.

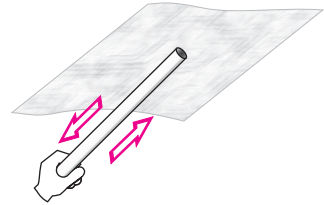
### ► Απάντηση



Καθώς τρίβεις τη ράβδο, από το έργο της τριβής παράγεται ενέργεια.

Τα ηλεκτρόνια 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, που προσλαμβάνει αυτά τα ηλεκτρόνια, αποκτά **περίσσεια** ηλεκτρονίων. Με αυτόν τον τρόπο το ύφασμα φορτίζεται **αρνητικά**.



**3.2** Να αναφέρεις μερικά μεγέθη από την καθημερινή ζωή που είναι κβαντωμένα όπως το ηλεκτρικό φορτίο των φορτισμένων σωμάτων.

### ► Απάντηση

1. Η μικρότερη υποδιαίρεση του 1 € (νόμισμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης) είναι το 1 λεπτό. Κβαντωμένο λοιπόν είναι και οποιοδήποτε χρηματικό ποσό, αφού είναι οπωσδήποτε ακέραιο πολλαπλάσιο του ενός λεπτού. Το ένα λεπτό λοιπόν είναι το κβάντο του χρήματος.
2. Το σκορ ενός ποδοσφαιρικού αγώνα είναι κβαντωμένο, αφού είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του ενός γκολ.  
Το σκορ που θα επιτύχουν οι δύο ομάδες δεν μπορεί να μην είναι ακέραιο.  
Δεν υπάρχει σκορ 2,5-0!





## Γ. Ερωτήσεις

Να συμπληρώσεις τα κενά που εκφράζονται με τις τελείες (.....) στις προτάσεις 3.3 έως και 3.16 που ακολουθούν.

**3.3** Τα υλικά σώματα αποτελούνται από μικροσκοπικά ..... που ονομάζονται .....

**3.4** Η θεωρία του ..... προτύπου περιγράφει το άτομο.

**3.5** Κάθε άτομο αποτελείται από έναν ....., που έχει θετικό ηλεκτρικό φορτίο, και από τα ....., που ..... γύρω από τον πυρήνα και καθένα από αυτά έχει ..... ηλεκτρικό φορτίο.

**3.6** Οι πυρήνες είναι σύνθετα σωματίδια. Αποτελούνται από ..... και ..... . Το πρωτόνιο είναι ..... φορτισμένο, ενώ το νετρόνιο είναι ηλεκτρικά .....

**3.7** Το φορτίο του πρωτονίου είναι ..... C, ενώ του ηλεκτρονίου είναι ..... C. Τα φορτία του ηλεκτρονίου και του πρωτονίου είναι τα πιο ..... φορτία που έχουν παρατηρηθεί ..... στη φύση.

**3.8** Σε κάθε άτομο, ο αριθμός των πρωτονίων του πυρήνα είναι ..... με τον αριθμό των ..... που περιφέρονται γύρω από αυτόν. Επομένως τα άτομα είναι ηλεκτρικά .....

**3.9** Όταν ένα άτομο αποβάλει ένα ή δύο ....., παύει να είναι ουδέτερο και ονομάζεται .....

**3.10** Το σώμα που τα άτομά του απέβαλαν ..... φορτίζεται .....

**3.11** Στο σώμα που προσλαμβάνει ..... δημιουργείται περίσσειμα ηλεκτρονίων, με αποτέλεσμα το σώμα να ..... αρνητικά.

**3.12** Η φόρτιση των σωμάτων γίνεται με ..... ηλεκτρονίων. Το σώμα που ..... ηλεκτρόνια φορτίζεται με θετικό φορτίο, ενώ το σώμα που τα προσλαμβάνει φορτίζεται με ..... φορτίο.

**3.13** Επειδή τα ηλεκτρόνια ..... από τους αντίθετα φορτισμένους ....., η απόσπαση ηλεκτρονίων από τα ..... ενός σώματος απαιτεί την προσφορά ....., ώστε να ..... αυτή η έλξη.

**3.14** Σε οποιαδήποτε διαδικασία, είτε αυτή συμβαίνει στον μικρόκοσμο είτε στον ....., ο συνολικός αριθμός των ..... δε ....., με αποτέλεσμα το ολικό φορτίο να ..... σταθερό.

**3.15** Το ηλεκτρικό φορτίο κάθε ..... σώματος είναι ακέραιο ..... του στοιχειώδους φορτίου του ηλεκτρονίου, αν είναι αρνητικά φορτισμένο, ή του αντίθετου φορτίου του ....., αν είναι ..... φορτισμένο.

**3.16** Το ηλεκτρικό φορτίο εμφανίζεται σε «πακετάκια» τα οποία ονομάζουμε ..... και αυτή την ιδιότητά του την ονομάζουμε .....

**3.17** Να διατυπώσεις τα πέντε βασικά σημεία της θεωρίας του ατομικού προτύπου.

**3.18** Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι η σωστή;

- (α) Τα υλικά σώματα αποτελούνται μόνο από νετρόνια.
- (β) Τα άτομα είναι ηλεκτρικά ουδέτερα.
- (γ) Τα ηλεκτρόνια θα τα συναντήσεις στους πυρήνες των ατόμων.
- (δ) Όταν ένα άτομο αποβάλλει ηλεκτρόνια, φορτίζεται αρνητικά.

**3.19** Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι η σωστή;

- (α) Άλλα ηλεκτρόνια έχουν μεγάλη μάζα και άλλα μικρή.
- (β) Τα πρωτόνια έχουν αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο.
- (γ) Η φόρτιση σωμάτων γίνεται με μετακίνηση πρωτονίων.
- (δ) Η φόρτιση των σωμάτων γίνεται με μετακίνηση ηλεκτρονίων.

**3.20** Να διατυπώσεις την αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου.

**3.21** Να χαρακτηρίσεις καθεμία από τις προτάσεις που ακολουθούν ως σωστή (Σ) ή ως λανθασμένη (Λ).

- (α) Τα υλικά σώματα αποτελούνται από μικροσκοπικά σωματίδια που ονομάζονται άτομα.
- (β) Ο πυρήνας των ατόμων έχει αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο.
- (γ) Οι πυρήνες είναι σύνθετα σωματίδια. Αποτελούνται από πρωτόνια και νετρόνια.
- (δ) Όταν ένα άτομο αποβάλλει ηλεκτρόνια, μετατρέπεται σε ιόν.

**3.22** Να χαρακτηρίσεις καθεμία από τις προτάσεις που ακολουθούν ως σωστή (Σ) ή ως λανθασμένη (Λ).

- (α) Τα ηλεκτρόνια των ατόμων περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα και καθένα από αυτά έχει αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο.
- (β) Το πρωτόνιο και το ηλεκτρόνιο έχουν ίσα φορτία.
- (γ) Το πρωτόνιο και το ηλεκτρόνιο έχουν αντίθετα φορτία.
- (δ) Σώμα που προσλαμβάνει ηλεκτρόνια φορτίζεται με θετικό ηλεκτρικό φορτίο.

**3.23** Στη στήλη 1 αναφέρονται περιπτώσεις ατόμων που απέβαλαν ή προσέλαβαν ηλεκτρόνια. Στη στήλη 2 αναφέρεται το είδος φορτίου που απέκτησαν. Να αντιστοιχίσεις κάθε περίπτωση της στήλης 1 με την κατάλληλη από τις περιπτώσεις της στήλης 2.

ΣΤΗΛΗ 1		ΣΤΗΛΗ 2	
1.	Άτομο που απέβαλε ηλεκτρόνια	α.	Θετικό ιόν
2.	Άτομο που προσέλαβε ηλεκτρόνια	β.	Αρνητικό ιόν
		γ.	Ουδέτερο άτομο

Να γράψεις στα κουτάκια τους σωστούς συνδυασμούς.

**3.24** Τι γνωρίζεις για την κβάντωση του ηλεκτρικού φορτίου;



## Δ. Μεθοδολογία

**3.25** **ΜΑΘΕ ΝΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΖΕΙΣ ΤΟ ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΣ ΦΟΡΤΙΟ.**

Σου δίνεται ότι το 1 C (κουλόμπ) είναι το φορτίο που έχουν  $6,24 \cdot 10^{18}$  ηλεκτρόνια. Να υπολογίσεις το φορτίο του ενός ηλεκτρονίου (στοιχειώδες φορτίο).

### ► Λύση

Ας συμβολίσουμε με το λατινικό γράμμα  $e$  το ηλεκτρικό φορτίο του ενός ηλεκτρονίου και με τον ακέραιο  $N$  το πλήθος των  $6,24 \cdot 10^{18}$  ηλεκτρονίων από τα οποία απαρτίζεται το 1 C ( $N = 6,24 \cdot 10^{18}$  ηλεκτρόνια).

Είναι εύκολο να καταλάβεις ότι το φορτίο του ενός κουλόμπ προκύπτει πολλαπλασιάζοντας το πλήθος ( $N$ ) των ηλεκτρονίων από τα οποία απαρτίζεται επί το ηλεκτρικό φορτίο ( $e$ ) που έχει κάθε ηλεκτρόνιο. Δηλαδή ισχύει ότι:

$$1 \text{ C} = N \cdot e \quad (1)$$

#### ΣΗΜΕΙΩΣΗ Ιδιότητες των δυνάμεων

Εφαρμογές με τις δυνάμεις του 10

- $10^1 = 10$ , •  $10^0 = 1$ , •  $10^8 \cdot 10^{-12} = 10^{8+(-12)} = 10^{8-12} = 10^{-4}$ , •  $\frac{1}{10^{-19}} = 10^{19}$ ,
- $\frac{10^{18}}{10^{-19}} = 10^{18-(-19)} = 10^{18+19} = 10^{37}$ , •  $(10^2)^3 = 10^{2 \cdot 3} = 10^6$

*Δες και το παράδειγμα 2.23.*

Αντικαθιστούμε στη σχέση αυτή όπου  $N = 6,24 \cdot 10^{18}$  ηλεκτρόνια και έχουμε:

$$\begin{aligned} 1 \text{ C} &= 6,24 \cdot 10^{18} \cdot e \quad \text{ή} \\ e &= \frac{1 \text{ C}}{6,24 \cdot 10^{18}} \quad \text{ή} \\ e &= \frac{1}{6,24} \cdot \frac{1}{10^{18}} \text{ C} = 0,16 \cdot 10^{-18} \text{ C} \quad \text{ή} \\ e &= 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \end{aligned}$$

Το φορτίο του ηλεκτρονίου λοιπόν προέκυψε κατά μέτρο ίσο με  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

### 3.26 ΜΑΘΕ ΝΑ ΒΡΙΣΚΕΙΣ ΤΟ ΠΕΡΙΣΣΕΥΜΑ Ή ΤΟ ΕΛΛΕΙΜΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ ΕΝΟΣ ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ.

Η γυάλινη ράβδος που μόλις τρίψαμε σε μεταξωτό ύφασμα απέκτησε ηλεκτρικό φορτίο  $q = +3,2 \text{ nC}$ .

- (α) Η ράβδος απέβαλε κάποια ηλεκτρόνια ή προσέλαβε και άλλα από το ύφασμα;  
 (β) Να υπολογίσεις το πλήθος ( $N$ ) των ηλεκτρονίων που απέβαλε ή προσέλαβε η ράβδος.

(Το φορτίο κάθε ηλεκτρονίου έχει μέτρο  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .)

#### ► Λύση

- (α) Η ράβδος φορτίστηκε με θετικό φορτίο. Επομένως απέβαλε ηλεκτρόνια (τα οποία βέβαια προσέλαβε το μεταξωτό ύφασμα και φορτίστηκε αρνητικά).  
 (β) Το φορτίο  $q$  της ράβδου προκύπτει αν πολλαπλασιάσουμε το πλήθος  $N$  των ηλεκτρονίων που απέβαλε επί το φορτίο  $e$  του κάθε ηλεκτρονίου. Έχουμε δηλαδή ότι:

$$q = N \cdot e \quad (1)$$

Θα μετατρέψουμε το φορτίο  $q = 3,2 \text{ nC}$  της ράβδου στο S.I.:

$$q = 3,2 \text{ nC} = 3,2 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

Στη συνέχεια αντικαθιστούμε στη σχέση (1) και έχουμε:

$$q = N \cdot e \quad \text{ή} \quad 3,2 \cdot 10^{-9} \text{ C} = N \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \quad \text{ή}$$

$$N = \frac{3,2 \cdot 10^{-9} \text{ C}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \quad \text{ή}$$

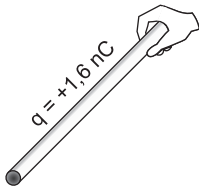
$$N = 2 \cdot 10^{-9 - (-19)} = 2 \cdot 10^{-9+19} = 2 \cdot 10^{10} \text{ ηλεκτρόνια}$$



## Ε. Ασκήσεις

**3.27** Σου δίνεται ότι το  $1 \mu\text{C}$  είναι το φορτίο που έχουν  $6,24 \cdot 10^{12}$  ηλεκτρόνια. Με βάση αυτό να υπολογίσεις το φορτίο του ενός ηλεκτρονίου.

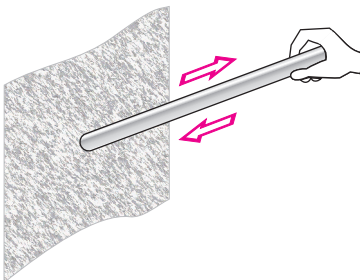
**3.28** Η γυάλινη ράβδος, μόλις την τρίψαμε σε μεταξωτό ύφασμα, απέκτησε ηλεκτρικό φορτίο  $q = +1,6 \text{ nC}$ .



- (α) Η ράβδος απέβαλε κάποια ηλεκτρόνια ή προσέλαβε και άλλα από το ύφασμα;
- (β) Να υπολογίσεις το πλήθος (N) των ηλεκτρονίων που απέβαλε ή προσέλαβε η ράβδος.

(Το φορτίο κάθε ηλεκτρονίου είναι κατά μέτρο  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .)

**3.29** Η πλαστική ράβδος, μόλις την τρίψαμε σε μάλλινο ύφασμα, απέκτησε ηλεκτρικό φορτίο  $q = -4 \text{ nC}$ .



(α) Η ράβδος απέβαλε ηλεκτρόνια ή προσέλαβε και άλλα από το ύφασμα;

(β) Τι ηλεκτρικό φορτίο απέκτησε το ύφασμα;

(γ) Να υπολογίσεις το πλήθος (N) των ηλεκτρονίων που απέβαλε ή προσέλαβε η ράβδος.

(Το φορτίο κάθε ηλεκτρονίου είναι  $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .)

**3.30** Κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας το καταιγιδοφόρο σύννεφο κατέβασε, μέσω ενός κεραυνού, στη γη ηλεκτρικό φορτίο  $q = -19,2 \text{ C}$ !



Να υπολογίσεις το πλήθος (N) των ηλεκτρονίων που μέσω του κεραυνού κατέβηκαν από το καταιγιδοφόρο σύννεφο στη γη. (Το φορτίο κάθε ηλεκτρονίου είναι  $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .)

# ΣΤ. Έλεγε τις γνώσεις σου

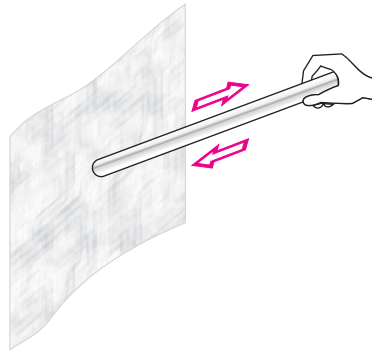


## ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ



1. Να διατυπώσεις τα πέντε βασικά σημεία της θεωρίας του ατομικού προτύπου.
2. Τρίψαμε μία γυάλινη ράβδο σε μεταξωτό ύφασμα και το ύφασμα απέκτησε ηλεκτρικό φορτίο  $-3 \text{ nC}$ . Πόσο ηλεκτρικό φορτίο απέκτησε η ράβδος;
3. Να χαρακτηρίσεις καθεμία από τις προτάσεις που ακολουθούν ως σωστή (Σ) ή ως λανθασμένη (Λ).
 

<b>(α)</b> Η φόρτιση των σωμάτων γίνεται με μεταφορά ατόμων.	<input type="checkbox"/>
<b>(β)</b> Στο άτομο του υδρογόνου περιέχονται 1,5 ηλεκτρόνια.	<input type="checkbox"/>
<b>(γ)</b> Τα πρωτόνια του σιδήρου είναι μεγαλύτερα από τα πρωτόνια του οξυγόνου.	<input type="checkbox"/>
<b>(δ)</b> Σε οποιαδήποτε διαδικασία το ολικό φορτίο διατηρείται σταθερό.	<input type="checkbox"/>
4. Τρίψαμε σε μεταξωτό ύφασμα μία γυάλινη ράβδο. Η ράβδος απέκτησε ηλεκτρικό φορτίο  $q = +2 \text{ nC}$ .



Αν το φορτίο του ηλεκτρονίου είναι κατά μέτρο  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , να υπολογίσεις το πλήθος (N) των ηλεκτρονίων που απέβαλε η ράβδος.

# 4 | Τρόποι ηλέκτρισης και η μικροσκοπική ερμηνεία



## Α. Βασική θεωρία

Πολλά φαινόμενα της καθημερινής μας ζωής οφείλονται στην ηλέκτριση των σωμάτων που μας περιβάλλουν.

Οι τρόποι με τους οποίους ηλεκτρίζονται τα σώματα είναι τρεις:

1. Ηλέκτριση με τριβή.
2. Ηλέκτριση με επαφή.
3. Ηλέκτριση με επαγωγή.

### 1. Ηλέκτριση με τριβή

Όταν τρίβουμε μία γυάλινη ράβδο με μεταξωτό ύφασμα, η ράβδος αποκτά **θετικό** φορτίο, ενώ το ύφασμα **αρνητικό** φορτίο.

#### Ερμηνεία του φαινομένου

Τα πιο απομακρυσμένα από τον πυρήνα ηλεκτρόνια των ατόμων θα τα λέμε **εξωτερικά ηλεκτρόνια**.

Τα εξωτερικά ηλεκτρόνια ενός ατόμου συγκρατούνται με μικρότερη ελκτική δύναμη από τον πυρήνα και μπορούν να αποσπαστούν σχετικά εύκολα από το άτομο.

Όταν τρίβουμε τη γυάλινη ράβδο στο μεταξωτό ύφασμα, εξωτερικά ηλεκτρόνια από άτομα του γυαλιού μετακινούνται στο ύφασμα. Έτσι η γυάλινη ράβδος φορτίζεται **θετικά** και το ύφασμα **αρνητικά**.

#### Γιατί τα ηλεκτρόνια μετακινούνται από το γυαλί στο ύφασμα και όχι από το ύφασμα στο γυαλί;

Τα άτομα των διαφορετικών υλικών είναι διαφορετικά μεταξύ τους. Επομένως και τα εξωτερικά τους ηλεκτρόνια δε συγκρατούνται με την ίδια δύναμη από τους πυρήνες.

Τα εξωτερικά ηλεκτρόνια των ατόμων του υφάσματος συγκρατούνται με ισχυρότερες δυνάμεις απ' ό,τι εκείνα του γυαλιού. Έτσι απαιτείται λιγότερη ενέργεια για να φύγουν ηλεκτρόνια από το γυαλί προς το ύφασμα απ' ό,τι αντίστροφα. Η ενέργεια αυτή προσφέρεται στα ηλεκτρόνια **από τον άνθρωπο** που τρίβει τη ράβδο **μέσω του έργου της δύναμης της τριβής**.

*Δες την ερώτηση εμβάθυνσης 4.1.*

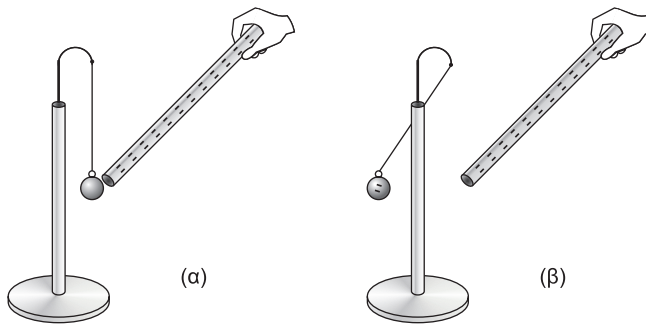
Είναι πολύ σημαντικό να θυμάσαι ότι:

Κατά την ηλέκτριση με τριβή, λόγω της ισχύος της αρχής διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου προκύπτει ότι τα δύο σώματα που τρίβονται αποκτούν ίσα κατά μέτρο αλλά αντίθετα φορτία.

## 2. Ηλέκτριση με επαφή

Όταν αγγίξουμε ένα ηλεκτρικά ουδέτερο σώμα με ένα άλλο φορτισμένο, το πρώτο αποκτά φορτίο **ίδιου είδους** με το φορτισμένο σώμα.

Αυτό συνέβη και στην εικόνα. Η αρχικά ουδέτερη σφαίρα του ηλεκτρικού εκκρεμούς ήρθε σε επαφή με μία **αρνητικά** φορτισμένη πλαστική ράβδο (α). Η σφαίρα απέκτησε **αρνητικό** φορτίο και στη συνέχεια απωθήθηκε από τη ράβδο (β).



### Ερμηνεία του φαινομένου

- Το αρνητικά φορτισμένο σώμα έχει πλεονάσμα ηλεκτρονίων. Όταν έρχεται σε επαφή με το αφόρτιστο, μερικά από τα πλεονάζοντα ηλεκτρόνια, επειδή απωθούνται μεταξύ τους, μετακινούνται προς το αφόρτιστο σώμα και έτσι φορτίζεται και αυτό αρνητικά.
- Το θετικά φορτισμένο σώμα έχει έλλειμμα ηλεκτρονίων. Όταν έρχεται σε επαφή με το αφόρτιστο, μερικά ηλεκτρόνια του ουδέτερου σώματος μετακινούνται προς το θετικά φορτισμένο σώμα. Έτσι έχει πλέον και το αφόρτιστο σώμα έλλειμμα ηλεκτρονίων, οπότε φορτίζεται θετικά (ενώ το αρχικά φορτισμένο σώμα εξακολουθεί να είναι θετικά φορτισμένο).

Κατά την ηλέκτριση με επαφή ισχύει η αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου: Το άθροισμα των φορτίων που αποκτούν τα δύο σώματα τελικά είναι ίσο με το φορτίο που είχε αρχικά το ένα.

## Αγωγοί και μονωτές

Αν φορτίσουμε ένα μεταλλικό σώμα σε κάποια περιοχή του, το ηλεκτρικό φορτίο διασκορπίζεται σε όλη του την έκταση.



Τα σώματα που επιτρέπουν τον διασκορπισμό του ηλεκτρικού φορτίου σε όλη τους την έκταση ονομάζονται ηλεκτρικοί αγωγοί.

Αν φορτίσουμε μία γυάλινη ή μία πλαστική ράβδο, το φορτίο παραμένει εντοπισμένο στην περιοχή που φορτίσαμε. Οι άλλες περιοχές της ράβδου παραμένουν αφόρτιστες.

Τα σώματα στα οποία το φορτίο δε διασκορπίζεται αλλά παραμένει εντοπισμένο στην περιοχή του σώματος που φορτίσαμε ονομάζονται ηλεκτρικοί μονωτές.

Ο σίδηρος, ο χαλκός, το αλουμίνιο, ο υδράργυρος, ο μόλυβδος και όλα τα μέταλλα είναι ηλεκτρικοί αγωγοί.

### Εξήγηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των μετάλλων

Στα άτομα των μετάλλων τα εξωτερικά ηλεκτρόνια συγκρατούνται πολύ χαλαρά από τους πυρήνες, οπότε διαφεύγουν και κινούνται ελεύθερα σε όλη την έκταση του μετάλλου. Γι' αυτό ονομάζονται **ελεύθερα ηλεκτρόνια**.

Τα άτομα του μετάλλου που έχασαν τα εξωτερικά τους ηλεκτρόνια έχουν μετατραπεί σε **θετικά ιόντα**. Αυτά έχουν μεγάλη μάζα και δεν μπορούν να κινηθούν ελεύθερα. Κάνουν όμως μικρές κινήσεις γύρω από συγκεκριμένες θέσεις, σχηματίζοντας μαζί με τα άλλα αντίστοιχα ιόντα ένα πλέγμα.

Σε ένα αφόρτιστο μεταλλικό σώμα το ολικό αρνητικό φορτίο των ελεύθερων ηλεκτρονίων του είναι ίδιο με το ολικό θετικό φορτίο των θετικών ιόντων του. Έτσι ο μεταλλικός αγωγός είναι ηλεκτρικά ουδέτερος, αν και διαθέτει ένα μεγάλο πλήθος ελεύθερων ευκίνητων φορτίων (ηλεκτρονίων).

Αν προσληφθούν ή αποβληθούν ηλεκτρόνια από μία περιοχή του μεταλλικού αγωγού, **λόγω της τυχαίας κίνησης των ελεύθερων ηλεκτρονίων** αυτό το πλεόνασμα ή το έλλειμμα **κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλη την έκταση του αγωγού**.

### Εξήγηση της συμπεριφοράς των μονωτών κατά την ηλέκτρισή τους

Στα άτομα των μονωτών τα εξωτερικά ηλεκτρόνια συγκρατούνται ισχυρά από τους πυρήνες. Έτσι **δεν** προκύπτουν ελεύθερα ηλεκτρόνια που μεταφέρονται εύκολα από τη μία περιοχή στην άλλη.

- Αν προσληφθούν ηλεκτρόνια, παραμένουν παγιδευμένα από τα άτομα στην περιοχή της φόρτισης.
- Αν αποβληθούν ηλεκτρόνια από κάποια περιοχή του μονωτή, το έλλειμμα που δημιουργείται παραμένει και πάλι εντοπισμένο σ' αυτή την περιοχή, αφού δεν είναι δυνατή η μετακίνηση ηλεκτρονίων από άλλες περιοχές του μονωτή προς τη συγκεκριμένη περιοχή της φόρτισης.

Γνωστά μονωτικά υλικά είναι το πλαστικό, το καουτσούκ, το γυαλί, ο εβονίτης, η πορσελάνη, το κερί, το ξύλο κτλ.

- Το καθαρό (απεσταγμένο) νερό είναι μονωτής, ενώ το νερό που τρέχει από τις βρύσες περιέχει άλατα και είναι αγωγός.
- Ο ξηρός αέρας είναι μονωτής, ενώ ο υγρός αέρας είναι αγωγός. Γι' αυτό ένα φορτισμένο σώμα εκφορτίζεται σταδιακά προς το περιβάλλον μέσω του υγρού αέρα.

## Ανίχνευση του ηλεκτρικού φορτίου – Το ηλεκτροσκόπιο

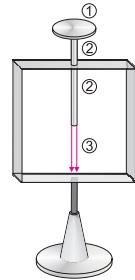
Για τη μελέτη της ηλεκτρίσης και την ανίχνευση του ηλεκτρικού φορτίου στο εργαστήριο χρησιμοποιούμε το όργανο που λέγεται ηλεκτροσκόπιο.

### Περιγραφή

Τα μέρη ενός συνηθισμένου ηλεκτροσκοπίου είναι:

1. ο μεταλλικός δίσκος ή σφαίρα
2. το μεταλλικό στέλεχος
3. τα «φύλλα» του ηλεκτροσκοπίου.

Είναι ένα ή δύο κινητά ελαφρά μεταλλικά ελάσματα που βρίσκονται σε χώρο που περιβάλλεται από γυαλί και μονωτικό υλικό.



### Λειτουργία του ηλεκτροσκοπίου

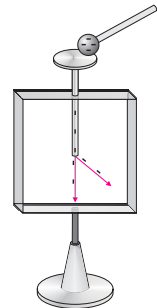
Αρχικά τα φύλλα του ηλεκτροσκοπίου ισορροπούν το ένα δίπλα στο άλλο.

Όταν φέρουμε σε επαφή τον δίσκο με φορτισμένο σώμα, τότε ο δίσκος αποκτά φορτίο ίδιο με το σώμα.

Το φορτίο αυτό διαχέεται σε όλη την έκταση του μεταλλικού στελέχους και φτάνει στα δύο φύλλα, που αποκτούν ίδιο φορτίο και **απωθούνται**. Συνήθως το ένα από αυτά είναι κινητό και το άλλο σταθερό. Έτσι το κινητό φύλλο αποκλίνει από την αρχική του θέση και σχηματίζει γωνία με το ακίνητο. (Δες και το διπλανό σχήμα.)

Όσο πιο μεγάλη είναι η γωνία απόκλισης, τόσο περισσότερο φορτίο έχει το σώμα που ακουμπήσαμε στον μεταλλικό δίσκο και αντίστροφα.

Το ηλεκτρικό εκκρεμές είναι και αυτό ένα απλό ηλεκτροσκόπιο.



## 3. Ηλέκτριση με επαγωγή

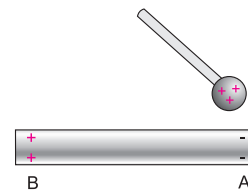
### α) Ηλέκτριση αγωγών με επαγωγή

Αν πλησιάσουμε στο ένα άκρο μιας μεταλλικής αφόρτιστης ράβδου μία θετικά φορτισμένη σφαίρα, θα διαπιστώσουμε ότι και τα δύο άκρα της ράβδου αποκτούν ηλεκτρικό φορτίο.

Το άκρο το πλησιέστερο στη σφαίρα φορτίστηκε με αρνητικό φορτίο, ενώ το απέναντι φορτίστηκε με θετικό.

Αν απομακρύνουμε τη σφαίρα, η μεταλλική ράβδος παύει να είναι ηλεκτρισμένη.

Επομένως η μεταλλική ράβδος παραμένει ηλεκτρισμένη όσο βρίσκεται κοντά της φορτισμένη σφαίρα.



Η παρουσία μιας φορτισμένης σφαίρας κοντά σε μία μεταλλική ράβδο προκαλεί διαχωρισμό των θετικών από τα αρνητικά φορτία στη ράβδο. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ηλεκτρίση με επαγωγή.

Συνολικά όμως η ράβδος **δεν έχει ηλεκτρικό φορτίο**. Στην περίπτωση αυτή, η μεταλλική ράβδος **είναι ηλεκτρισμένη**, ενώ **δεν είναι φορτισμένη**.

### Ερμηνεία του φαινομένου

- Καθώς πλησιάζουμε στο άκρο Α της μεταλλικής ράβδου τη θετικά φορτισμένη σφαίρα, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια της ράβδου έλκονται και κινούνται προς το άκρο της Α, ενώ τα θετικά ιόντα δεν μπορούν να μετακινηθούν. Στο άκρο Α τότε έχουμε πλεόνασμα ηλεκτρονίων, με αποτέλεσμα να φορτίζεται αρνητικά. Αντίθετα, από το άκρο Β έχει μετακινηθεί σημαντικός αριθμός ηλεκτρονίων (προς το άκρο Α), με αποτέλεσμα να υπερισχύουν τα θετικά ιόντα και να φορτίζεται θετικά.

Στο σύνολό της όμως η ράβδος **δεν είναι φορτισμένη**. Ούτε προσέλαβε, αλλά ούτε απέβαλε ηλεκτρόνια. Απλώς, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια της μετακινήθηκαν από τη μία της άκρη στην άλλη. Η ράβδος είναι **ηλεκτρισμένη**.

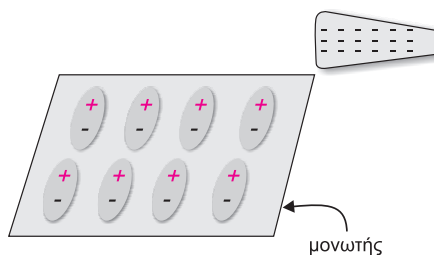
- Όταν απομακρύνουμε τη θετικά φορτισμένη σφαίρα από το άκρο Α της ράβδου, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που είχαν συσσωρευτεί εκεί έλκονται από το θετικό άκρο Β και αλληλοαπωθούμενα κατανέμονται πάλι ομοιόμορφα, ώστε το φορτίο σε κάθε περιοχή της ράβδου να είναι μηδέν.

Όλα τα μεταλλικά αντικείμενα μπορούν να ηλεκτριστούν με επαγωγή.

*Δες την ερώτηση εμβάθυνσης 4.2.*

### β) Ηλεκτρίση μονωτών με επαγωγή

Όταν πλησιάσουμε ένα αρνητικά φορτισμένο σώμα σε έναν μονωτή, αυτό απωθεί τα ηλεκτρόνια των ατόμων, αλλά δεν μπορεί να τα απομακρύνει από τα άτομα. Τα αναγκάζει όμως να βρίσκονται στην περιοχή του ατόμου που είναι σε μεγαλύτερη απόσταση από το φορτισμένο σώμα.



Το άτομο (ή το μόριο) φαίνεται από τη μία άκρη του θετικά φορτισμένο και από την άλλη αρνητικά. Λέμε ότι είναι **πολωμένο**.

Αυτός ο προσανατολισμός των ατόμων (ή των μορίων) έχει ως αποτέλεσμα στο άκρο του μονωτή το πλησιέστερο προς το αρνητικά φορτισμένο σώμα να εμφανίζεται **θετικό φορτίο** και στο άλλο **αρνητικό**.

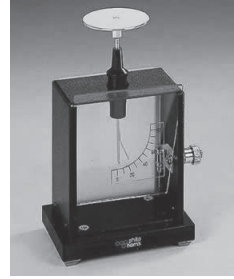
Με αυτόν τον τρόπο ο μονωτής εμφανίζεται ηλεκτρισμένος (αν και είναι αφόρτιστος).

Αν απομακρύνουμε το αρνητικά φορτισμένο σώμα, τα άτομα (ή τα μόρια) επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση και τότε ο μονωτής παύει να είναι ηλεκτρισμένος.

Με όσα είπαμε παραπάνω μπορούμε να ερμηνεύσουμε το πώς ένα φορτισμένο στίλο έλκει κομματάκια από χαρτί ή το πώς το μπαλόκι που το τρίψαμε στο πουλόβερ μας έλκεται από τον ουδέτερο τοίχο.

*Δες την ερώτηση εμβάθυνσης 4.2.*

Ηλεκτροσκόπιο  
εργαστηρίου



## Β. Εμβαθύνοντας στη θεωρία

**4.1** Δε φορτίζονται το ίδιο εύκολα όλα τα υλικά. Να ταξινομήσεις κάποια υλικά ανάλογα με το είδος του φορτίου που αποκτούν όταν τα τρίβουμε μεταξύ τους με τέτοια σειρά, ώστε καθένα από αυτά, αν το τρίψουμε με κάποιο από τα επόμενά του, να αποκτά θετικό φορτίο ενώ το άλλο αρνητικό.

### ► Απάντηση

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται μία τέτοια ταξινόμηση. Το καθένα από τα υλικά δίνει ηλεκτρόνια σε οποιοδήποτε από τα επόμενά του υλικά τριφτεί. Συνεπώς αυτό φορτίζεται με θετικό φορτίο (έλλειμμα ηλεκτρονίων), ενώ το επόμενο του φορτίζεται με αρνητικό φορτίο (περίσσεια ηλεκτρονίων).

*Δες προσεκτικά τον πίνακα.*

ΠΙΝΑΚΑΣ	
1.	Αμίαντος
2.	Γούνα κουνελιού
3.	Γυαλί
4.	Μαλλί
5.	Γούνα γάτας
6.	Μετάξι
7.	Δέρμα ανθρώπου
8.	Βαμβάκι
9.	Ξύλο
10.	Κεχριμπάρι
11.	Θείο
12.	Καουτσούκ
13.	Πλαστικό

Είναι προφανές ότι, αν τριφτεί ο αμίαντος σε γούνα κουνελιού, ο αμίαντος θα φορτιστεί θετικά (δίνει ηλεκτρόνια) και η γούνα αρνητικά (προσλαμβάνει ηλεκτρόνια). Αν τριφτεί το γυαλί (μία γυάλινη ράβδος) σε βαμβάκι, το γυαλί θα φορτιστεί θετικά ενώ το βαμβάκι αρνητικά κτλ.

**4.2** Να αναφέρεις δύο βασικές διαφορές που έχει η φόρτιση με επαγωγή από τη φόρτιση με επαφή.

#### ► Απάντηση

1. Με επαφή το αρχικά αφόρτιστο σώμα αποκτά ίδιο (ομώνυμο) φορτίο με το αρχικά φορτισμένο.  
Με επαγωγή η περιοχή που βρίσκεται απέναντι από το αρχικά φορτισμένο σώμα αποκτά αντίθετο ηλεκτρικό φορτίο.
2. Με επαφή το αρχικά αφόρτιστο σώμα αποκτά ηλεκτρικό φορτίο (φορτίζεται) και αυτό.  
Με επαγωγή το αρχικά αφόρτιστο σώμα δε φορτίζεται. Αποκτά δύο φορτισμένες περιοχές, μία σε κάθε άκρη του, αλλά συνολικά παραμένει ηλεκτρικά ουδέτερο. Έτσι λέμε ότι απλώς ηλεκτρίζεται.



## Γ. Ερωτήσεις

**Να συμπληρώσεις τα κενά που εκφράζονται με τις τελείες (.....) στις προτάσεις 4.3 έως και 4.15 που ακολουθούν.**

**4.3** Οι τρόποι με τους οποίους ηλεκτρίζονται τα σώματα είναι τρεις:

1. Ηλέκτριση με .....
2. Ηλέκτριση με .....
3. Ηλέκτριση με .....

**4.4** Κατά την ηλέκτριση με τριβή, λόγω της ισχύος της αρχής ..... του ..... φορτίου προκύπτει ότι τα δύο σώματα που τρίβονται αποκτούν ..... κατά μέτρο αλλά ..... φορτία.

**4.5** Όταν αγγίξουμε ένα ηλεκτρικά ουδέτερο σώμα με ένα άλλο φορτισμένο, το πρώτο αποκτά φορτίο ..... είδους με το ..... σώμα.

**4.6** Κατά την ηλέκτριση με επαφή ισχύει η αρχή ..... του ηλεκτρικού .....: Το ..... των φορτίων που αποκτούν τα δύο σώματα τελικά είναι ..... με το φορτίο που είχε αρχικά το ένα.

**4.7** Τα σώματα που επιτρέπουν τον ..... του ηλεκτρικού φορτίου σε ..... τους την ..... ονομάζονται ..... αγωγοί.

**4.8** Τα σώματα στα οποία το φορτίο ..... διασκορπίζεται αλλά παραμένει ..... στην περιοχή του σώματος που φορτίσαμε ονομάζονται ηλεκτρικοί .....

**4.9** Σε ένα αφόρτιστο μεταλλικό σώμα το ολικό ..... φορτίο των ελεύθερων ηλεκτρονίων του είναι ..... με το ολικό φορτίο των ..... ιόντων του. Έτσι ο μεταλλικός αγωγός είναι ηλεκτρικά ....., αν και διαθέτει ένα μεγάλο πλήθος ..... ευκίνητων φορτίων (.....).

**4.10** Τα μέρη ενός συνηθισμένου ηλεκτροσκοπίου είναι: ο ..... δίσκος ή σφαίρα, το μεταλλικό ..... και τα «.....» του ηλεκτροσκοπίου.

**4.11** Το ηλεκτρικό εκκρεμές είναι και αυτό ένα απλό .....

**4.12** Η παρουσία μιας φορτισμένης σφαίρας κοντά σε μία μεταλλική ράβδο προκαλεί ..... των ..... από τα ..... φορτία στη ράβδο. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ..... με .....

**4.13** Στην ηλέκτριση με επαγωγή το αρχικά αφόρτιστο σώμα ..... φορτίζεται. Αποκτά ..... φορτισμένες περιοχές, μία σε κάθε άκρη του, αλλά συνολικά παραμένει ηλεκτρικά ..... Έτσι λέμε ότι απλά .....

**4.14** Όλα τα ..... αντικείμενα μπορούν να ηλεκτριστούν με επαγωγή.

**4.15** Στην ηλέκτριση μονωτών με επαγωγή τα άτομα ή τα μόρια του μονωτή λέμε ότι είναι .....

**4.16** Πόσοι και ποιοι είναι οι τρόποι με τους οποίους ηλεκτρίζονται τα σώματα;

**4.17** Αν τρίψουμε μία γυάλινη ράβδο σε μεταξωτό ύφασμα:

- (α) Τι ηλεκτρικό φορτίο θα αποκτήσει η ράβδος;
- (β) Τι ηλεκτρικό φορτίο θα αποκτήσει το ύφασμα;
- (γ) Να ερμηνεύσεις το φαινόμενο.

**4.18** Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι η σωστή;

- (α) Δύο σώματα που τρίβονται μεταξύ τους και ηλεκτρίζονται αποκτούν ίσα κατά μέτρο αλλά αντίθετα φορτία.
- (β) Κατά την ηλέκτριση με επαφή το αρχικά αφόρτιστο σώμα αποκτά αντίθετο φορτίο από αυτό που έχει το αρχικά φορτισμένο σώμα.
- (γ) Κατά την ηλέκτριση με επαφή δεν ισχύει η αρχή διατήρησης του φορτίου.
- (δ) Καμία από τις παραπάνω προτάσεις δεν είναι σωστή.

**4.19** Αν τρίψουμε μία πλαστική ράβδο σε μάλλινο ύφασμα:

- (α) Τι ηλεκτρικό φορτίο θα αποκτήσει η ράβδος;
- (β) Τι ηλεκτρικό φορτίο θα αποκτήσει το ύφασμα;
- (γ) Να ερμηνεύσεις το φαινόμενο.

**4.20** Ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι η σωστή;

- (α) Αν φορτίσουμε ένα μεταλλικό σώμα σε κάποια περιοχή του, το ηλεκτρικό φορτίο παραμένει εντοπισμένο σε αυτή την περιοχή.
- (β) Ο σίδηρος είναι ηλεκτρικός αγωγός, ενώ ο χαλκός είναι μονωτής.
- (γ) Ο σίδηρος και ο χαλκός, ως μέταλλα, είναι ηλεκτρικοί αγωγοί.
- (δ) Καμία από τις παραπάνω προτάσεις δεν είναι σωστή.

**4.21** Να περιγράψεις ένα πείραμα με το οποίο πραγματοποιούμε ηλέκτριση με επαφή.

**4.22** Να ερμηνεύσεις το φαινόμενο της ηλέκτρισης με επαφή.

**4.23** Να χαρακτηρίσεις καθεμία από τις προτάσεις που ακολουθούν ως σωστή (Σ) ή ως λανθασμένη (Λ).

- (α) Όταν αγγίξουμε ένα ηλεκτρικά ουδέτερο σώμα με ένα άλλο φορτισμένο, το πρώτο αποκτά φορτίο ίδιου είδους με το φορτισμένο σώμα.
- (β) Στην ηλέκτριση με επαφή το άθροισμα των φορτίων που αποκτούν τα δύο σώματα τελικά είναι ίσο με το φορτίο που είχε αρχικά το ένα.
- (γ) Κατά την ηλέκτριση με τριβή δεν ισχύει η αρχή διατήρησης του φορτίου.
- (δ) Αν φορτίσουμε σε μία περιοχή της μία πλαστική ράβδο, το φορτίο διασκορπίζεται σε όλη την έκτασή της.

**4.24** Ποια σώματα ονομάζονται ηλεκτρικοί αγωγοί;

**4.25** Ποια σώματα ονομάζονται ηλεκτρικοί μονωτές;

**4.26** Να δώσεις την εξήγηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

**4.27** Να χαρακτηρίσεις καθεμία από τις προτάσεις που ακολουθούν ως σωστή (Σ) ή ως λανθασμένη (Λ).

- (α) Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των μετάλλων οφείλεται στα ελεύθερα ηλεκτρόνια που διαθέτουν.
- (β) Ο ξηρός αέρας είναι αγωγός, ενώ ο υγρός αέρας είναι μονωτής.
- (γ) Το γυαλί και η πορσελάνη είναι μονωτές.
- (δ) Το ηλεκτρικό εκκρεμές είναι και αυτό ένα απλό ηλεκτροσκόπιο.

**4.28** Να περιγράψεις ένα απλό ηλεκτροσκόπιο. Από ποια μέρη αποτελείται;

**4.29** Λειτουργία του ηλεκτροσκοπίου.

**4.30** Με βάση τον πίνακα της ερώτησης εμβάθυνσης 4.1 να αντιστοιχίσεις κάθε στοιχείο της στήλης 1 με το κατάλληλο στοιχείο από τη στήλη 2 του πίνακα που ακολουθεί.

ΣΤΗΛΗ 1		ΣΤΗΛΗ 2	
Υλικά που τρίβονται σε βαμβάκι		Ηλεκτρικό φορτίο που αποκτούν	
1.	Αμίαντος	α.	Αρνητικό
2.	Κεχριμπάρι	β.	Θετικό
3.	Καουτσούκ		

Να γράψεις στα κουτάκια τους σωστούς συνδυασμούς.

**4.31** Τι ονομάζεται ηλεκτρίση με επαγωγή;

**4.32** Ερμηνεία της ηλεκτρίσης αγωγών με επαγωγή.

**4.33** Ερμηνεία της ηλεκτρίσης μονωτών με επαγωγή.

**4.34** Να χαρακτηρίσεις καθεμία από τις προτάσεις που ακολουθούν ως σωστή (Σ) ή ως λανθασμένη (Λ).

- (α) Τα μεταλλικά σώματα, όταν φορτίζονται με επαγωγή, αποκτούν πάντοτε αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο.
- (β) Μία γυάλινη ράβδος, όταν φορτίζεται με επαγωγή, αποκτά θετικό ηλεκτρικό φορτίο.
- (γ) Τα σώματα που φορτίζονται με επαγωγή συνολικά δεν έχουν ηλεκτρικό φορτίο. Δε φορτίζονται ακριβώς, αλλά ηλεκτρίζονται.
- (δ) Όλα τα μεταλλικά αντικείμενα μπορούν να ηλεκτριστούν με επαγωγή.



## Δ. Μεθοδολογία

**4.35** ΜΑΘΕ ΝΑ ΕΦΑΡΜΟΖΕΙΣ ΤΗΝ ΑΡΧΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΙΣΗ ΜΕ ΕΠΑΦΗ.

Τρίψαμε σε μεταξωτό ύφασμα μία γυάλινη ράβδο και στη συνέχεια την ακουμπήσαμε σε μία μεταλλική σφαίρα.

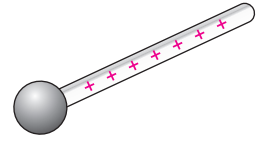
(α) Να περιγράψεις τι θα συμβεί.



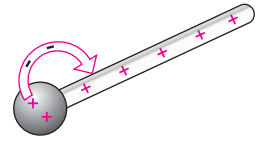
- (β) Η ράβδος, πριν την ακουμπήσουμε στη σφαίρα, είχε ηλεκτρικό φορτίο  $q_{\rho_{\text{αρχ}}} = +4 \text{ nC}$ . Λίγο μετά την επαφή της με τη σφαίρα, η ράβδος είχε φορτίο  $q_{\rho_{\text{τελ}}} = +3 \text{ nC}$ . Να υπολογίσεις το ηλεκτρικό φορτίο που απέκτησε η σφαίρα.

► Λύση

- (α) Όταν η θετικά φορτισμένη γυάλινη ράβδος έρθει σε επαφή με την αρχικά ουδέτερη μεταλλική σφαίρα, κάποια από τα ελεύθερα ηλεκτρόνια της σφαίρας έλκονται από το θετικό φορτίο της ράβδου και πάνε σε αυτήν. Δημιουργείται λοιπόν έλλειμμα ηλεκτρονίων στη σφαίρα και φορτίζεται και αυτή θετικά.



Τα ηλεκτρόνια που πάνε στη ράβδο εξουδετερώνουν ισάριθμα θετικά ιόντα της ράβδου. Έτσι, αν και εξακολουθεί να παραμένει θετικά φορτισμένη η ράβδος, το θετικό της φορτίο ελαττώνεται.



- (β) Την ηλεκτρίση με επαφή διέπει η αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου. Έτσι το άθροισμα του τελικού φορτίου της ράβδου και του φορτίου της σφαίρας θα είναι ίσο με το αρχικό φορτίο της ράβδου. Δηλαδή:

$$q_{\rho_{\text{τελ}}} + q_{\sigma\phi} = q_{\rho_{\text{αρχ}}} \quad (1)$$

Αλλά  $q_{\rho_{\text{αρχ}}} = +4 \text{ nC}$  και  $q_{\rho_{\text{τελ}}} = +3 \text{ nC}$ .

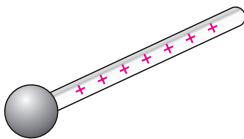
Αντικαθιστώντας στη σχέση (1), έχουμε:

$$+3 \text{ nC} + q_{\sigma\phi} = +4 \text{ nC} \quad \text{ή} \quad q_{\sigma\phi} = +4 \text{ nC} - 3 \text{ nC} \quad \text{ή} \\ q_{\sigma\phi} = +1 \text{ nC}$$



## Ε. Ασκήσεις

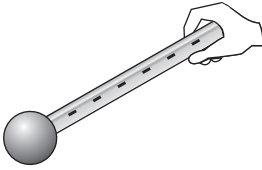
**4.36** Τρίψαμε σε μεταξωτό ύφασμα μία γυάλινη ράβδο και στη συνέχεια την ακουμπήσαμε σε μία ουδέτερη μεταλλική σφαίρα.



- (α) Να περιγράψεις τι θα συμβεί.  
(β) Η ράβδος, πριν την ακουμπήσουμε

στη σφαίρα, είχε ηλεκτρικό φορτίο  $q_{\rho_{\text{αρχ}}} = +3 \text{ nC}$ . Λίγο μετά την επαφή της με τη σφαίρα, η ράβδος είχε φορτίο  $q_{\rho_{\text{τελ}}} = +2 \text{ nC}$ . Να υπολογίσεις το ηλεκτρικό φορτίο που απέκτησε η σφαίρα.

**4.37** Τρίψαμε σε μάλλινο ύφασμα μία πλαστική ράβδο και στη συνέχεια την ακουμπήσαμε σε μία ουδέτερη μεταλλική σφαίρα.



- (α) Να περιγράψεις τι θα συμβεί.  
 (β) Η ράβδος, πριν την ακουμπήσουμε στη σφαίρα, είχε ηλεκτρικό φορτίο

$q_{\text{αρχ}} = -3 \text{ nC}$ . Λίγο μετά την επαφή της με τη σφαίρα, η ράβδος είχε διπλάσιο φορτίο από τη σφαίρα. Να υπολογίσεις το ηλεκτρικό φορτίο που απέκτησε η σφαίρα, καθώς και το ηλεκτρικό φορτίο που απέμεινε στη ράβδο.

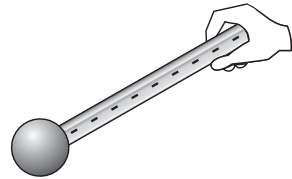
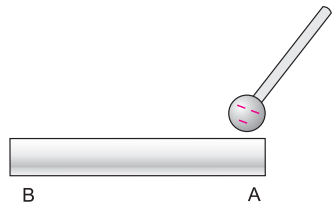
## ΣΤ. Έλεγε τις γνώσεις σου



### ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ



- Τι γνωρίζεις για την ηλέκτριση των μονωτών με επαγωγή;
- Να αναφέρεις δύο βασικές διαφορές που έχει η φόρτιση με επαγωγή από τη φόρτιση με επαφή.
- Πλησιάσαμε στο άκρο Α της αρχικά αφόρτιστης μεταλλικής ράβδου ΑΒ μία αρνητικά φορτισμένη σφαίρα.
  - Τι ηλεκτρικό φορτίο θα αποκτήσει το άκρο Α της ράβδου και τι το άκρο της Β;
  - Πόσο είναι το ολικό ηλεκτρικό φορτίο της ράβδου ΑΒ;
  - Η ράβδος ΑΒ είναι φορτισμένη ή ηλεκτρισμένη;
  - Αν απομακρύνουμε την αρνητικά φορτισμένη σφαίρα από τη ράβδο, τι θα συμβεί;
- Τρίψαμε σε μάλλινο ύφασμα μία πλαστική ράβδο και στη συνέχεια την ακουμπήσαμε σε μία ουδέτερη μεταλλική σφαίρα.
  - Να περιγράψεις τι θα συμβεί.
  - Η ράβδος, πριν την ακουμπήσουμε στη σφαίρα, είχε ηλεκτρικό φορτίο  $q_{\text{αρχ}} = -4,8 \text{ nC}$ . Λίγο μετά την επαφή της με τη σφαίρα, η ράβδος είχε φορτίο  $q_{\text{τελ}} = -3,2 \text{ nC}$ . Να υπολογίσεις το ηλεκτρικό φορτίο που απέκτησε η σφαίρα.
  - Αν το φορτίο του ενός ηλεκτρονίου είναι  $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , να υπολογίσεις τον αριθμό (N) των ηλεκτρονίων που μετακινήθηκαν από ή προς τη σφαίρα.



# 5 | Νόμος του Κουλόμπ



## Α. Βασική θεωρία

Ο Γάλλος φυσικός Σαρλ Κουλόμπ (1736-1806) μελέτησε τα χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής δύναμης ακολουθώντας μια σειρά πειραμάτων ακριβείας. Κατάφερε έτσι να απαντήσει στο ερώτημα: «Από ποια μεγέθη και πώς εξαρτάται το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης που ασκείται από ένα φορτισμένο σώμα σε ένα άλλο;».

### Ηλεκτρική δύναμη και απόσταση

Η ηλεκτρική δύναμη με την οποία αλληλεπιδρούν δύο μικρές φορτισμένες σφαίρες είναι αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασης μεταξύ των μικρών σφαιρών.

*Δες την ερώτηση εμβάθυνσης 5.1.*

### Ηλεκτρική δύναμη και φορτίο

Η ηλεκτρική δύναμη με την οποία αλληλεπιδρούν δύο μικρές φορτισμένες σφαίρες είναι ανάλογη με το ηλεκτρικό φορτίο κάθε σφαίρας και επομένως με το γινόμενο τους όταν η απόσταση των σφαιρών είναι σταθερή.

*Δες την ερώτηση εμβάθυνσης 5.2.*

Τα συμπεράσματα του Κουλόμπ τα ονομάζουμε **νόμο του Κουλόμπ** για την ηλεκτρική δύναμη. Συνοψίζοντάς τα, μπορούμε να διατυπώσουμε τον νόμο του Κουλόμπ.

### Νόμος του Κουλόμπ

#### α) Μέτρο των ηλεκτρικών δυνάμεων

Το μέτρο της ηλεκτρικής δύναμης ( $F$ ) με την οποία αλληλεπιδρούν δύο σημειακά φορτία ( $q_1$  και  $q_2$ ) είναι ανάλογο του γινομένου των φορτίων και αντιστρόφως ανάλογο του τετραγώνου της μεταξύ τους απόστασης ( $r$ ). Στη γλώσσα των μαθηματικών γράφουμε:

$$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

Το  $K$  είναι μία σταθερά αναλογίας. Λέγεται ηλεκτρική σταθερά. Η τιμή της εξαρτάται:

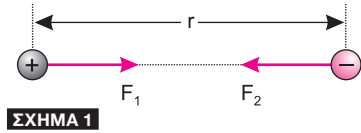
- από το υλικό μέσα στο οποίο βρίσκονται τα φορτισμένα σώματα
- από το σύστημα μονάδων που χρησιμοποιούμε.

Στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) για το κενό και κατά προσέγγιση για τον αέρα έχει τιμή  $K = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ .

### β) Κατεύθυνση των ηλεκτρικών δυνάμεων

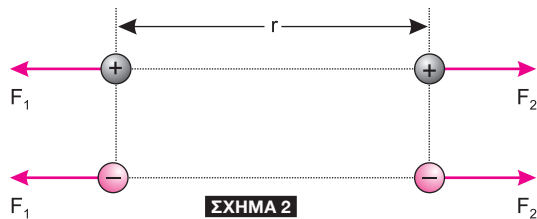
Η ηλεκτρική δύναμη είναι διανυσματικό μέγεθος. Επομένως έχει διεύθυνση και φορά.

- Η διεύθυνσή της βρίσκεται πάντοτε στην ευθεία που συνδέει τα δύο μικρά (σημειακά) φορτία.



ΣΧΗΜΑ 1

- Η φορά της δύναμης είναι:
  - Από το ένα φορτίο προς το άλλο (ελκτική δύναμη), όταν τα φορτία είναι αντίθετα (ετερώνυμα). (Δες το σχήμα 1.)
  - Αντίθετη (απωστική δύναμη), όταν τα φορτία είναι όμοια (ομώνυμα). (Δες το σχήμα 2.)



ΣΧΗΜΑ 2

Είναι φανερό ότι οι ηλεκτρικές δυνάμεις είναι δυνάμεις δράσης – αντίδρασης, οπότε, σύμφωνα με τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα, έχουν αντίθετη φορά και ίσα μέτρα.

Δες τις ερωτήσεις εμβάθυνσης 5.3 και 5.4.



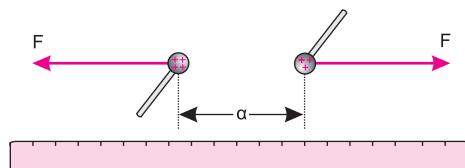
## Β. Εμβαθύνοντας στη θεωρία

**5.1** Να περιγράψεις ένα πείραμα με το οποίο προσδιορίζουμε τη σχέση μεταξύ ηλεκτρικής δύναμης και απόστασης.

### ► Απάντηση

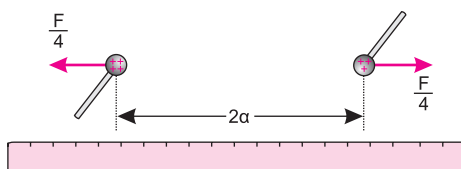
Ο Κουλόμπ πειραματίστηκε με δύο μικρές φορτισμένες σφαίρες ως εξής:

- Τις τοποθέτησε σε απόσταση  $a$  μεταξύ τους και μέτρησε τις δυνάμεις με τις οποίες αλληλεπιδρούν. Έστω  $F$  το μέτρο αυτών των δυνάμεων (σχήμα 1).



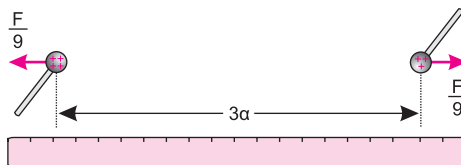
ΣΧΗΜΑ 1

- Διατηρώντας σταθερό το φορτίο των σφαιρών, τις τοποθέτησε στη συνέχεια σε απόσταση  $2\alpha$ . Οι δυνάμεις με τις οποίες αλληλεπιδρούν υποτετραπλασιάστηκαν, δηλαδή τα μέτρα τους έγιναν  $\frac{F}{4}$  (σχήμα 2).



ΣΧΗΜΑ 2

- Διατηρώντας πάντοτε το φορτίο των σφαιρών σταθερό, τις τοποθέτησε σε απόσταση  $3\alpha$ . Τώρα το μέτρο των δυνάμεων έγινε  $\frac{F}{9}$  (σχήμα 3).



ΣΧΗΜΑ 3

Από τα παραπάνω προέκυψε ότι:

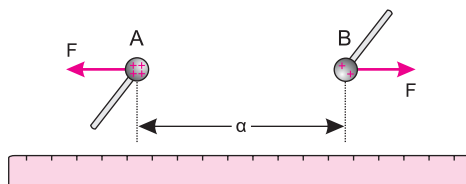
Η ηλεκτρική δύναμη είναι αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασης μεταξύ των μικρών σφαιρών.

**5.2** Να περιγράψεις ένα πείραμα με το οποίο προσδιορίζουμε τη σχέση ηλεκτρικής δύναμης και φορτίου.

► **Απάντηση**

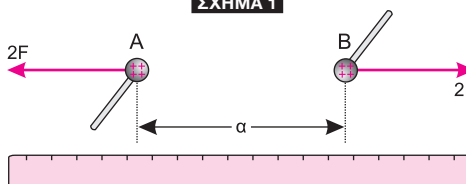
Ο Κουλόμπ πειραματίστηκε με δύο φορτισμένες μικρές σφαίρες ως εξής:

- Τοποθέτησε τις φορτισμένες σφαίρες A και B σε απόσταση  $\alpha$  μεταξύ τους και μέτρησε τις δυνάμεις με τις οποίες αλληλεπιδρούν. Έστω  $F$  το μέτρο των δυνάμεων (σχήμα 1).



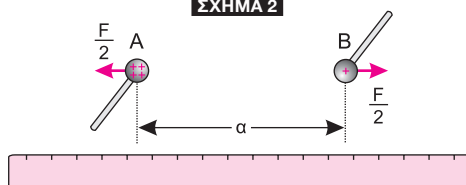
ΣΧΗΜΑ 1

- Διατηρώντας σταθερή την απόσταση, **διπλασίασε** το φορτίο της σφαίρας B. Οι δυνάμεις ανάμεσα στις σφαίρες **διπλασιάστηκαν** και αυτές. Δηλαδή τα μέτρα τους έγιναν  $2F$  (σχήμα 2).



ΣΧΗΜΑ 2

- Διατηρώντας πάντα σταθερή την απόσταση, **υποδιπλασίασε** το φορτίο της σφαίρας B. Οι δυνάμεις ανάμεσα στις σφαίρες **υποδιπλασιάστηκαν** και αυτές. Δηλαδή τα μέτρα τους έγιναν  $\frac{F}{2}$  (σχήμα 3).



ΣΧΗΜΑ 3

Από τα παραπάνω προέκυψε ότι:

Η ηλεκτρική δύναμη είναι ανάλογη με το φορτίο κάθε σφαίρας και επομένως με το γινόμενο τους όταν η απόσταση των σφαιρών είναι σταθερή.

**5.3** Ποιος είναι ο ρόλος των ηλεκτρικών δυνάμεων στη φύση;

► **Απάντηση**

Από τον νόμο του Κουλόμπ προκύπτει ότι η ηλεκτρική δύναμη ανάμεσα σε δύο μικρές σφαίρες φορτισμένες με 1 C η καθεμία, όταν βρίσκονται σε απόσταση 3 m, θα είναι ίση με  $10^9$  N, δηλαδή 1 δισεκατομμύριο N. Όσο δηλαδή είναι το βάρος ενός γιγαντιαίου τάνκερ των 100.000 tη φορτωμένου με πετρέλαιο! (Δες την ερώτηση 2.2.) Προφανώς, το 1 C είναι πολύ μεγάλη μονάδα φορτίου και τέτοια φορτία δεν εμφανίζονται στα φαινόμενα της καθημερινής ζωής.

Επιπλέον, επειδή τα περισσότερα σώματα έχουν σχεδόν ίσους αριθμούς πρωτονίων και ηλεκτρονίων, οι ηλεκτρικές δυνάμεις, αν και υπάρχουν, δε γίνονται αντιληπτές, επειδή αλληλοεξουδετερώνονται.

Ωστόσο, οι ηλεκτρικές δυνάμεις παίζουν κυρίαρχο ρόλο στον σχηματισμό των ατόμων, των μορίων από τα άτομα, των κρυστάλλων και επομένως στις χημικές αντιδράσεις και στα βιολογικά φαινόμενα.

Αντίθετα, οι ηλεκτρικές δυνάμεις δεν παίζουν κανένα ρόλο στις κινήσεις των ουράνιων σωμάτων, επειδή το ολικό τους φορτίο είναι ίσο με το μηδέν. Οι κινήσεις αυτές προσδιορίζονται από τις βαρυτικές δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους.

**5.4 Έλξη μεταξύ φορτισμένου και ουδέτερου σώματος**

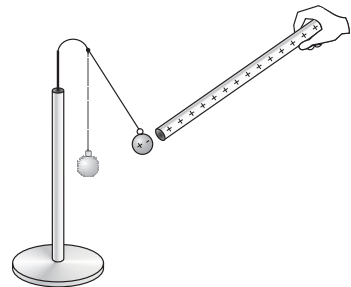
Να εξηγήσεις με τη βοήθεια του νόμου του Κουλόμπ γιατί ένα φορτισμένο σώμα έλκει ένα ουδέτερο.

► **Απάντηση**

Πλησιάζουμε μία θετικά φορτισμένη γυάλινη ράβδο σε ένα ηλεκτρικά ουδέτερο μπαλάκι από αλουμινόχαρτο. Παρατηρούμε ότι το μπαλάκι έλκεται!

*Εξήγηση του φαινομένου*

Καθώς πλησιάζουμε τη ράβδο στο μπαλάκι, το μπαλάκι ηλεκτρίζεται από επαγωγή. Η περιοχή της μπάλας κοντά στη ράβδο φορτίζεται αρνητικά και έλκεται από αυτήν, ενώ η απέναντι φορτίζεται θετικά και απωθείται. Η αρνητικά φορτισμένη περιοχή όμως βρίσκεται πιο κοντά στη ράβδο απ' ό,τι η θετικά φορτισμένη. Έτσι, η ελκτική δύναμη είναι μεγαλύτερη από την απωστική και τελικά το μπαλάκι έλκεται από τη ράβδο.





## Γ. Ερωτήσεις

**Να συμπληρώσεις τα κενά που εκφράζονται με τις τελείες (.....) στις προτάσεις 5.5 έως και 5.10 που ακολουθούν.**

**5.5** Η ηλεκτρική δύναμη με την οποία αλληλεπιδρούν δύο μικρές φορτισμένες σφαίρες είναι ..... με το ..... της απόστασης μεταξύ των μικρών σφαιρών.

**5.6** Η ηλεκτρική δύναμη με την οποία ..... δύο μικρές φορτισμένες σφαίρες είναι ..... με το ..... κάθε σφαίρας και επομένως με το ..... τους όταν η ..... των σφαιρών είναι σταθερή.

**5.7** Το ..... της ηλεκτρικής δύναμης  $F$  με την οποία αλληλεπιδρούν δύο σημειακά φορτία ( $q_1$  και  $q_2$ ) είναι ..... του ..... των φορτίων και ..... ανάλογο του ..... της μεταξύ τους ..... ( $r$ ). Δηλαδή  $F = \dots\dots\dots$

**5.8** Στη σχέση του νόμου του Κουλόμπ, το  $K$  είναι μία σταθερά .....  
Η τιμή της εξαρτάται:

- από το ..... μέσα στο οποίο βρίσκονται τα ..... σώματα
- από το ..... μονάδων που χρησιμοποιούμε.

**5.9** Η διεύθυνση της ηλεκτρικής δύναμης βρίσκεται πάντοτε στην ..... που συνδέει τα δύο μικρά (σημειακά) φορτία.

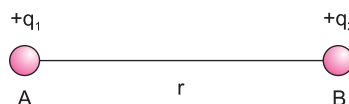
**5.10** Η φορά της ηλεκτρικής δύναμης είναι ....., όταν τα φορτία είναι αντίθετα (ετερόνυμα), και ....., όταν τα φορτία είναι όμοια (ομώνυμα).

**5.11** Ποια είναι η σχέση μεταξύ της ηλεκτρικής δύναμης και της απόστασης;

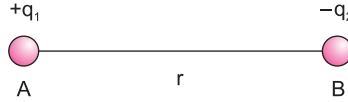
**5.12** Ποια είναι η σχέση ανάμεσα στην ηλεκτρική δύναμη και στο ηλεκτρικό φορτίο;

**5.13** Να διατυπώσεις τον νόμο του Κουλόμπ.

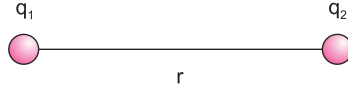
**5.14** Τα όμοια σημειακά ηλεκτρικά φορτία  $+q_1$  και  $+q_2$  βρίσκονται σε απόσταση  $r$  μεταξύ τους. Να σχεδιάσεις τις ηλεκτρικές δυνάμεις με τις οποίες αλληλεπιδρούν.



**5.15** Τα αντίθετα σημειακά φορτία  $+q_1$  και  $-q_2$  βρίσκονται σε απόσταση  $r$  μεταξύ τους. Να σχεδιάσεις τις ηλεκτρικές δυνάμεις με τις οποίες αλληλεπιδρούν.



**5.16** Τα σημειακά ηλεκτρικά φορτία  $q_1$  και  $q_2$  απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $r$ .

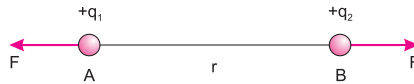


Αν διπλασιάσουμε την απόσταση διατηρώντας σταθερά τα φορτία, οι ηλεκτρικές δυνάμεις που ανταλλάσσουν:

- (α) Θα διπλασιαστούν και αυτές.
- (β) Θα τετραπλασιαστούν.
- (γ) Θα παραμείνουν ίδιες.
- (δ) Θα υποτετραπλασιαστούν.

Ποια είναι η σωστή απάντηση;

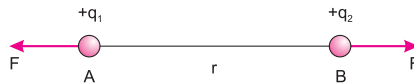
**5.17** Αν αντικαταστήσουμε το φορτίο  $+q_2$  του σχήματος με ένα άλλο διπλάσιο ( $+2q_2$ ) διατηρώντας σταθερά το φορτίο  $+q_1$  και την απόσταση  $r$ , τότε οι ηλεκτρικές δυνάμεις  $F$  θα γίνουν:



- (α)  $\frac{F}{2}$ .
- (β)  $\frac{F}{4}$ .
- (γ)  $2F$ .
- (δ)  $4F$ .

Ποια είναι η σωστή απάντηση;

**5.18** Αν διπλασιάσουμε ταυτόχρονα το φορτίο  $q_1$ , το φορτίο  $q_2$  και την απόσταση  $r$ , οι ηλεκτρικές δυνάμεις  $F$  θα γίνουν:



- (α)  $4F$ .
- (β)  $16F$ .
- (γ)  $\frac{F}{16}$ .
- (δ) Δε θα μεταβληθούν.

Ποια είναι η σωστή απάντηση;

**5.19** Να χαρακτηρίσεις καθεμία από τις προτάσεις που ακολουθούν ως σωστή (Σ) ή ως λανθασμένη (Λ).

- (α) Η ηλεκτρική σταθερά  $K$  εξαρτάται από το υλικό μέσα στο οποίο βρίσκονται τα φορτισμένα σώματα.
- (β) Η σταθερά  $K$  έχει πάντοτε την ίδια τιμή, ανεξάρτητα από το σύστημα μονάδων που χρησιμοποιούμε.
- (γ) Η ηλεκτρική δύναμη είναι μονόμετρο μέγεθος.
- (δ) Οι ηλεκτρικές δυνάμεις παίζουν κυρίαρχο ρόλο στον σχηματισμό των ατόμων.