

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

### Διδακτικοί στόχοι

Ο μαθητής να αποκτήσει τις ακόλουθες ικανότητες:

1. Περιγράφει πειραματική διαδικασία και σχεδιάζει την αντίστοιχη πειραματική διάταξη με την οποία μπορεί να μετρήσει τη θερμότητα που μεταφέρεται από ένα αντιστάτη, από τον οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, προς το περιβάλλον του. Εξηγεί πώς μπορούμε να βρούμε πειραματικά τη σχέση της θερμότητας με την ένταση και το χρόνο διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος καθώς και με την αντίσταση του αντιστάτη. Διατυπώνει το νόμο του Joule και το χρησιμοποιεί στην επίλυση απλών προβλημάτων.
2. Ερμηνεύει θεωρητικά το φαινόμενο Joule, συνδυάζοντας το ήδη γνωστό του μικροσκοπικό μοντέλο της δομής του μεταλλικού αγωγού, τη μικροσκοπική προέλευση της θερμοκρασίας και του ηλεκτρικού ρεύματος.
3. Περιγράφει και εξηγεί τη λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών – εφαρμογών του φαινομένου Joule.
4. Περιγράφει τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν σε γνωστές από την καθημερινή ή σχολική εμπειρία του, ηλεκτρικές συσκευές. Προσδιορίζει τα κοινά χαρακτηριστικά τους και τις προϋποθέσεις λειτουργίας τους. Σχεδιάζει και συναρμολογεί κύκλωμα που περιλαμβάνει μπαταρία και ηλεκτρικό κινητήρα, ώστε ο κινητήρας να λειτουργήσει. Χρησιμοποιεί αμπερόμετρο και βολτόμετρο, για να μετρά την ηλεκτρική τάση στα άκρα του κινητήρα και την ένταση του ρεύματος που διέρχεται απ' αυτόν.
5. Σε κύκλωμα όπως αυτό που περιγράφεται στο στόχο (δ), εφαρμόζει τις σχέσεις μεταξύ των μεγεθών: ηλεκτρική ενέργεια που μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα στον κινητήρα, διαφορά δυναμικού μεταξύ των πόλων του, φορτίο που μεταφέρεται σε ορισμένο χρόνο από τον έναν πόλο του στον άλλο, ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διέρχεται από τον κινητήρα. Αποδεικνύει τη σχέση της ενέργειας που μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα στον κινητήρα, σε συνάρτηση με την έντάσή του, το χρόνο λειτουργίας και την ηλεκτρική τάση στους πόλους του. Να εφαρμόζει τη σχέση αυτή στην επίλυση απλών προβλημάτων.
6. Ορίζει και υπολογίζει την ισχύ μιας ηλεκτρικής μηχανής. Διακρίνει, αναφέροντας παραδείγματα, τις έννοιες «ισχύς» και «ενέργεια».

## Βασικά διδακτικά βήματα για την επίτευξη των στόχων

### §3.1 Θερμικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος

#### Στόχος 1

- Περιγράφει πειραματική διαδικασία και σχεδιάζει την αντίστοιχη πειραματική διάταξη με την οποία μπορεί να μετρήσει τη θερμότητα που μεταφέρεται από ένα αντιστάτη, από τον οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, προς το περιβάλλον του.
- Εξηγεί πώς μπορούμε να βρούμε πειραματικά τη σχέση της θερμότητας με την ένταση και το χρόνο διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος καθώς και με την αντίσταση του αντιστάτη. Διατυπώνει το νόμο του Joule και το χρησιμοποιεί στην επίλυση απλών προβλημάτων.



Με τη βοήθεια πειράματος επίδειξης (κύκλωμα που περιλαμβάνει ηλεκτρικό λαμπτήρα ή θερμιδόμετρο με ηλεκτρικό αντιστάτη) και αναφορές στην καθημερινή εμπειρία, κατευθύνω τους μαθητές στο συμπέρασμα ότι «αν από έναν αντιστάτη διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, τότε μεταφέρεται από αυτόν προς το περιβάλλον του θερμότητα». Αναζητώ μαζί με τους μαθητές τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται το ποσόν της ηλεκτρικής ενέργειας που μετατρέπεται από έναν αντιστάτη σε ισοδύναμο ποσό θερμότητας. Τους καθοδηγώ ώστε να διαμορφώσουν υποθέσεις και να αναρωτηθούν για τη μορφή του φυσικού νόμου που μπορεί να ισχύει μεταξύ της ηλεκτρικής ενέργειας που μετατρέπεται σε θερμότητα από έναν αντιστάτη αντίστασης  $R$ , όταν διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα έντασης  $I$  από αυτόν για ορισμένο χρονικό διάστημα  $t$ .



Εξηγώ με ποιο τρόπο μπορούμε να ελέγξουμε πειραματικά τις υποθέσεις μας και να «εξεναγκάσουμε» τη φύση να μας αποκαλύψει τα μυστικά της. Θέτω στους μαθητές το ερώτημα: «Πώς μπορώ να βρω πειραματικά ένα φυσικό νόμο, όταν υποψιάζομαι ότι κάποιο φυσικό μέγεθος εξαρτάται από τη μεταβολή δύο ή περισσότερων άλλων μεγεθών, όπως συμβαίνει στην προκειμένη περίπτωση;». Τους υποβοηθώ, ώστε να διαμορφώσουν μόνοι τους την απάντηση: «Κατά την πειραματική διαδικασία φροντίζω να μεταβάλλω κάθε φορά ένα φυσικό μέγεθος, διατηρώντας όλα τα άλλα σταθερά».

Εφαρμόζω το γενικό αυτό κανόνα για την πειραματική επιβεβαίωση του νόμου του Joule.

Ζητώ από τους μαθητές να προτείνουν τρόπους μέτρησης καθενός από τα μεγέθη που θέλουμε να συσχετίσουμε, με βάση τις μέχρι τώρα γνώσεις τους από τη θερμότητα και τον ηλεκτρισμό.



Σχεδιάζω μια πειραματική διάταξη, σύμφωνα με τις τελικές προτάσεις και τους στόχους που διαμορφώθηκαν από τη συζήτηση που προηγήθηκε με τους μαθητές. Εφ' όσον είναι εφικτό, πραγματοποιώ τα σχετικά

πειράματα και ζητώ από τους μαθητές να καταγράψουν τα πειραματικά δεδομένα. Ακολουθεί επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων, σχεδιασμός των αντίστοιχων γραφημάτων και συναγωγή συμπερασμάτων.

Υποβοηθώ τους μαθητές να κάνουν γενίκευση των πειραματικών αποτελεσμάτων και να διατυπώσουν λεκτικά και με μαθηματική μορφή το νόμο του Joule.



Ζητώ από τους μαθητές να εφαρμόσουν το νόμο του Joule σε απλά αριθμητικά προβλήματα: Υποβοηθώ τους μαθητές να επιλύσουν απλά προβλήματα που σχετίζονται με το νόμο του Joule. Προσδιορίζω σαφώς τα δεδομένα και τα ζητούμενα κάθε προβλήματος, καθώς και τα βήματα της διαδικασίας επίλυσης. Κάθε μαθητής εργάζεται μόνος του. Απαντώ στις απορίες που αναδύονται κατά τη διάρκεια της εργασίας κάθε μαθητή.

### Στόχος 2

- ☐ Ερμηνεύει θεωρητικά το φαινόμενο Joule, συνδυάζοντας το ήδη γνωστό του μικροσκοπικό μοντέλο της δομής του μεταλλικού αγωγού, τη μικροσκοπική προέλευση της θερμοκρασίας και του ηλεκτρικού ρεύματος



Ζητώ από τους μαθητές να ανατρέξουν στη μικροσκοπική δομή των μεταλλικών αγωγών για να ερμηνεύσουν το φαινόμενο Joule. Τους υπενθυμίζω τη σχέση θερμοκρασίας – κινητικής ενέργειας των δομικών λίθων ενός υλικού και την έννοια της θερμικής ενέργειας σώματος. Τους υποβοηθώ να συνδυάσουν τις εμπλεκόμενες μικροσκοπικές διαδικασίες (κίνηση ελεύθερων ηλεκτρονίων μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο, σύγκρουση ελεύθερων ηλεκτρονίων και ιόντων του μεταλλικού πλέγματος κτλ), ώστε να μπορέσουν να περιγράψουν το μικροσκοπικό μηχανισμό αύξησης της θερμοκρασίας μεταλλικού αγωγού από τον οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα.

### Στόχος 3

- ☐ Περιγράφει και εξηγεί τη λειτουργία ηλεκτρικών συσκευών – εφαρμογών του φαινομένου Joule



Ζητώ από τους μαθητές να αναφέρουν συσκευές, γνωστές από την καθημερινή ζωή, των οποίων η λειτουργία στηρίζεται στο φαινόμενο Joule. Να τις περιγράψουν και να τις σχεδιάσουν σχηματικά. Τους ζητώ να αναλύσουν τον τρόπο λειτουργίας αυτών των συσκευών, σύμφωνα με τις γνώσεις που απέκτησαν σχετικά με το φαινόμενο Joule.

### **§3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6** Βιολογικά, χημικά, μαγνητικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος. Ηλεκτρική και μηχανική ενέργεια και ισχύς

#### **Στόχος 4**

- ❑ Περιγράφει τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν σε γνωστές από την καθημερινή ή σχολική εμπειρία του, ηλεκτρικές συσκευές.
- ❑ Προσδιορίζει τα κοινά χαρακτηριστικά τους και τις προϋποθέσεις λειτουργίας τους. Σχεδιάζει και συναρμολογεί κύκλωμα που περιλαμβάνει μπαταρία και ηλεκτρικό κινητήρα, ώστε ο κινητήρας να λειτουργήσει.
- ❑ Χρησιμοποιεί αμπερόμετρο και βολτόμετρο, για να μετρά την ηλεκτρική τάση στα άκρα του κινητήρα και την ένταση του ρεύματος που διέρχεται απ' αυτόν.

Ζητώ από τους μαθητές να αναφέρουν ηλεκτρικές συσκευές από την καθημερινή τους εμπειρία και να περιγράψουν τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν κατά τη λειτουργία τους. Τους κατευθύνω να προσδιορίσουν τα κοινά χαρακτηριστικά όλων αυτών των ηλεκτρικών συσκευών: α) έχουν δύο πόλους, β) στους πόλους τους εφαρμόζεται ηλεκτρική τάση, γ) απ' αυτές διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα, δ) μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε ενέργεια άλλης μορφής.



Συναρμολογώ κύκλωμα που περιλαμβάνει ηλεκτρική πηγή, ροοστάτη, κινητήρα, αμπερόμετρο και βολτόμετρο. Ο κινητήρας μπορεί να ανυψώνει μικρό βάρος με τη βοήθεια νήματος. Με το αμπερόμετρο μετρώ την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διέρχεται από τον κινητήρα και με το βολτόμετρο, την τάση στα άκρα του. Ζητώ από τους μαθητές να περιγράψουν τις μετατροπές ενέργειας κατά τη λειτουργία του κινητήρα. Αλλάζω την ένταση του ρεύματος και την τάση στα άκρα του και ζητώ από τους μαθητές να διαμορφώσουν υποθέσεις για να εξηγήσουν, στη γλώσσα της ενέργειας, τις παρατηρούμενες μεταβολές.

#### **Στόχος 5**

- ❑ Σε κύκλωμα όπως αυτό που περιγράφεται στο στόχο (δ), εφαρμόζει τις σχέσεις μεταξύ των μεγεθών: ηλεκτρική ενέργεια που μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα στον κινητήρα, διαφορά δυναμικού μεταξύ των πόλων του, φορτίο που μεταφέρεται σε ορισμένο χρόνο από τον έναν πόλο του στον άλλο, ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διέρχεται από τον κινητήρα.
- ❑ Αποδεικνύει τη σχέση της ενέργειας που μεταφέρει το ηλεκτρικό ρεύμα στον κινητήρα, σε συνάρτηση με την έντασή του, το χρόνο λειτουργίας και την ηλεκτρική τάση στους πόλους του. Να εφαρμόζει τη σχέση αυτή στην επίλυση απλών προβλημάτων.



Σχεδιάζω στον πίνακα και ζητώ από τους μαθητές να αντιγράψουν στο τετράδιό τους κύκλωμα που περιλαμβάνει ηλεκτρική πηγή, ηλεκτρική συσκευή (για παράδειγμα ηλεκτρικό κινητήρα), αμπερόμετρο και βολτόμετρο συνδεδεμένο στα άκρα της συσκευής. Υποβοηθώ τους μαθητές να

συνδυάσουν τις ήδη γνωστές τους σχέσεις μεταξύ των εννοιών: ηλεκτρική ενέργεια – ηλεκτρική τάση – ηλεκτρικό φορτίο – ένταση ηλεκτρικού ρεύματος, και να υπολογίσουν την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει η ηλεκτρική συσκευή.

Υποβοηθώ τους μαθητές στην επίλυση σχετικών προβλημάτων με τον τρόπο που αναφέρθηκε στην ανάλυση του στόχου γ.

### **Στόχος 6**

- Ορίζει και υπολογίζει την ισχύ μιας ηλεκτρικής μηχανής. Διακρίνει, αναφέροντας παραδείγματα, τις έννοιες «ισχύς» και «ενέργεια».



Συναρμολογώ πάλι τη διάταξη που αναφέρθηκε στην ανάλυση του στόχου 5. Τροφοδοτώ τον ηλεκτρικό κινητήρα με διαφορετικές τάσεις και ηλεκτρικά ρεύματα. Ζητώ από τους μαθητές να συγκρίνουν την ενέργεια και τους χρόνους που απαιτούνται για την ανύψωση του βάρους σε κάθε περίπτωση. Εισάγω την έννοια της ισχύος μιας μηχανής και επιδιώκω μέσω παραδειγμάτων ώστε οι μαθητές να διακρίνουν την ωφέλιμη ενέργεια που αποδίδει μια συσκευή από την ισχύ της συσκευής. Εισάγω τις μονάδες της ισχύος και αναφέρω παραδείγματα μηχανών και την αντίστοιχη ισχύ τους.



Υποβοηθώ τους μαθητές να εφαρμόσουν τον ορισμό της ισχύος και να υπολογίσουν την ηλεκτρική ισχύ που καταναλώνει ο κινητήρας σε συνάρτηση με την τάση των πόλων του και την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διέρχεται απ' αυτόν.

## ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 1

Τμήμα: .....

Όνομα και επίθετο: .....

**Πειραματική διαδικασία: Πώς μεταβάλλεται η αντίσταση ενός σύρματος με τη θερμοκρασία;**

Στη διπλανή πειραματική διάταξη ο αντιστάτης είναι βυθισμένος μέσα σε νερό. Η θερμοκρασία του είναι ίση με τη θερμοκρασία του νερού και τη μετράμε με το εικονιζόμενο θερμόμετρο. Μετράμε και την αντίσταση του αντιστάτη με το ωμόμετρο. Παρατηρούμε ότι όταν η θερμοκρασία ( $\theta$ ) του αντιστάτη μεταβάλλεται, μεταβάλλεται και η αντίστασή του ( $R$ ).

**A**

Μέτρησε την αντίσταση του αντιστάτη σε διαφορετικές θερμοκρασίες και καταχώρησε τις τιμές θερμοκρασίας ( $\theta$ ) – αντίστασης ( $R$ ) στον πίνακα Α.

**B**

Τοποθέτησε τα πειραματικά σημεία θερμοκρασίας – αντίστασης στους άξονες  $R$ - $\theta$ . Παρατήρησε ότι τα πειραματικά σημεία βρίσκονται σχεδόν πάνω σε μια ευθεία. Σχεδίασε την ευθεία που διέρχεται πλησιέστερα στο σύνολο των σημείων.

**Γ**

Ποια είναι η μορφή της μαθηματικής σχέσης που συνδέει την αντίσταση του αντιστάτη με τη θερμοκρασία του, σύμφωνα με τα πειραματικά σου αποτελέσματα;

ΠΙΝΑΚΑΣ Α	
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ $\theta$ °C	ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ $R$ Ω

## ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1

Τμήμα: .....

Όνομα και επίθετο: .....

1. Κλειστό κύκλωμα (ή απλά κύκλωμα) ονομάζουμε ένα σύνολο από ηλεκτρικές ή ηλεκτρονικές συσκευές, που συνδέονται μεταξύ τους με καλώδια, έτσι ώστε να σχηματίζονται κλειστές διαδρομές. Από ένα κλειστό κύκλωμα είναι δυνατό να διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα.
  - α. Σχεδίασε ένα κύκλωμα που περιλαμβάνει μια μπαταρία, ένα λαμπτήρα, ένα διακόπτη και καλώδια.
  - β. Σημείωσε με (+) τον πόλο της μπαταρίας που έχει υψηλότερο δυναμικό και με (-) τον πόλο με το χαμηλότερο δυναμικό. Όταν ο διακόπτης είναι κλειστός, σημείωσε με ένα βέλος (→) την κατεύθυνση της κίνησης των ηλεκτρονίων κατά μήκος των καλωδίων του κυκλώματος. Ποια είναι η συμβατική φορά του ηλεκτρικού ρεύματος; Σημείωσέ τη με ένα βέλος και γράψε από κάτω «συμβατική φορά του ηλ. ρεύματος».
  - γ. Στο κύκλωμα που έχεις σχεδιάσεις πρόσθεσε ένα βολτόμετρο, έτσι ώστε να μπορούμε να μετράμε την ηλεκτρική τάση (διαφορά δυναμικού) στους πόλους της μπαταρίας.
2. Αν η ηλεκτρική τάση της μπαταρίας είναι 6 V, πόση είναι η μεταβολή της ηλεκτρικής ενέργειας ενός ηλεκτρονίου, που ξεκινά από τον αρνητικό πόλο της μπαταρίας και φτάνει στο θετικό; [Το στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο είναι  $e=1,6 \times 10^{-19}$  C.]
3. Περίγραψε τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν κατά τη λειτουργία του κυκλώματος που έχεις σχεδιάσει.

## ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 2

Τμήμα: .....

Όνομα και επίθετο: .....

1. Ένας ηλεκτρικός φανός αποτελείται από μια μπαταρία, ένα λαμπάκι και ένα διακόπτη, συνδεδεμένα μεταξύ τους.
  - α. Σχεδίασε το κύκλωμα του ηλεκτρικού φανού.
  - β. Όταν ο φανός λειτουργεί, να περιγράψεις τις μετατροπές ενέργειας που συμβαίνουν σ' αυτόν.
  
2. Ένας ηλεκτρικός κινητήρας ανεβάζει, με σταθερή ταχύτητα, έναν ανελκυστήρα βάρους  $w=100.000\text{ N}$ , κατά  $15\text{ m}$ , σε  $30\text{ s}$ . Υπολόγισε την ισχύ του κινητήρα. Σύγκρινε την ισχύ του κινητήρα με την ισχύ ενός αρσιβαρίστα, που σηκώνει σε ύψος  $2\text{ m}$ , βάρη μάζας  $100\text{ kg}$ , σε  $2\text{ s}$  ( $g=10\text{ m/s}^2$ ).