

## ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 5: ΕΡΓΟ – ΕΝΕΡΓΕΙΑ

### Εισαγωγικό σημείωμα

Η εισαγωγική συζήτηση προσαρμόζεται στα ενδιαφέροντα των μαθητών και αναφέρεται σε παραδείγματα από την καθημερινή ζωή, όπως η παραγωγή ενέργειας στα εργοστάσια της ΔΕΗ, η ενέργεια που ακτινοβολεί ο ήλιος, η ενέργεια που απαιτείται στις διάφορες φάσεις ενός διαστημικού ταξιδιού.

### Εναλλακτικές απόψεις των μαθητών

#### Έργο

Έχει παρατηρηθεί ότι πολλές φορές οι μαθητές χρησιμοποιούν τις εκφράσεις:

- ✓ Το σώμα έχει έργο.
- ✓ Το έργο είναι ενέργεια.
- ✓ Όταν κρατώ ακίνητο ένα αντικείμενο, παράγω έργο γιατί κουράζομαι.
- ✓ Έργο και ενέργεια είναι εκφράσεις του ίδιου πράγματος.

Επίσης: Επειδή ο ορισμός του έργου περιέχει δύο διανυσματικά μεγέθη, δύναμη και μετατόπιση, οι μαθητές συχνά θεωρούν ότι το έργο είναι διανυσματικό μέγεθος.

#### Ενέργεια

Η έννοια της ενέργειας, επειδή είναι αφηρημένη, δύσκολα προσεγγίζεται από τους μαθητές. Πολλές φορές οι μαθητές ισχυρίζονται ότι:

- ✓ Ένα ακίνητο σώμα δεν μπορεί να έχει ενέργεια.
- ✓ Η ενέργεια στην ερμηνεία φαινομένων συγχέεται με τη δύναμη.
- ✓ Όταν ένα σώμα σταματά να κινείται, η ενέργεια που είχε χάνεται.

Η εξάρτηση της κινητικής ενέργειας από το τετράγωνο της ταχύτητας δύσκολα γίνεται κατανοητή από τους μαθητές. Επίσης, πολλοί μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν τη μεταβολή της δυναμικής και της κινητικής ενέργειας και δείχνουν απροθυμία να χρησιμοποιήσουν τη γενική και κάπως αφηρημένη αρχή διατήρησης της ενέργειας ως εργαλείο για την επίλυση των προβλημάτων.

#### Ισχύς

Η έννοια της ισχύος, ως ρυθμός παραγωγής έργου δύσκολα γίνεται κατανοητή από τους μαθητές, ενώ οι έννοιες του έργου και της ισχύος συχνά συγχέονται. Τέλος, οι

μαθητές συχνά θεωρούν ότι οι μηχανές παράγουν περισσότερο έργο από την ενέργεια που προσφέρεται σ' αυτές.

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. R. Duit and P. Haessler, "Learning and teaching Energy", The content of science, The falmer Press, USA, 1995.
2. R. Driver, A. Squires, P. Rushworth, V. Wood-Robinson, "Οικοδομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών- Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών", Εκδόσεις Τυπωθήτω, Γιώργος Δάρδανος, Αθήνα 1998.
3. Α. Κασσέτας, «Το Μήλο και το Κουάρκ», Εκδόσεις Σαββάλας, Αθήνα 2004.

#### **Στόχοι**

Οι μαθητές:

1. Να προσδιορίζουν τις προϋποθέσεις κάτω από τις οποίες μια δύναμη παράγει έργο.
2. Να αποκτήσουν την ικανότητα να υπολογίζουν το έργο που παράγεται από σταθερή δύναμη.
3. Να αποκτήσουν την ικανότητα να υπολογίζουν το έργο μιας δύναμης με διαφορετική κατεύθυνση από τη μετατόπιση του σώματος.
4. Να μπορούν να συσχετίζουν το παραγόμενο έργο με τη μεταφερόμενη ενέργεια σε ένα σώμα.
5. Να μπορούν να διακρίνουν την κινητική από τη δυναμική ενέργεια.
6. Να είναι σε θέση να υπολογίζουν τη δυναμική ενέργεια λόγω βάρους και την κινητική ενέργεια ενός κινούμενου σώματος.
7. Να εξηγούν πώς μετατρέπεται η κινητική ενέργεια σε δυναμική και αντίστροφα, ώστε η ολική μηχανική ενέργεια να διατηρείται σταθερή, να διατυπώνουν το θεώρημα διατήρησης της μηχανικής ενέργειας και να αναγνωρίζουν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες ισχύει.
8. Να είναι σε θέση να εφαρμόζουν το θεώρημα διατήρησης της μηχανικής ενέργειας στην επίλυση απλών προβλημάτων.
9. Να αναφέρουν άλλες μορφές ενέργειας εκτός της μηχανικής και να τις συσχετίζουν με συγκεκριμένα φαινόμενα. Να περιγράφουν τις μετατροπές ενέργειας σε συγκεκριμένα φαινόμενα.
10. Να επεκτείνουν τη διατήρηση της μηχανικής ενέργειας σε μια γενική αρχή διατήρησης της ενέργειας, την οποία να εφαρμόζουν στην ποιοτική ανάλυση των αποτελεσμάτων απλών πειραμάτων και φαινομένων.
11. Κατά τη λειτουργία μιας μηχανής, να εφαρμόζουν την αρχή διατήρησης της ενέργειας και να διακρίνουν τη συνολική ενέργεια από τη χρήσιμη ενέργεια, μέσω της έννοιας της απόδοσης.
12. Να διατυπώνουν τον ορισμό της ισχύος και να υπολογίζουν σε παραδείγματα την ισχύ μιας μηχανής ή μιας δύναμης. Να διακρίνουν την ισχύ από το έργο και από την ενέργεια.

**Διαθεματικές έννοιες**

Το σύστημα, η μεταβολή και η διατήρηση αποτελούν τις θεμελιώδεις έννοιες της διαθεματικής προσέγγισης του Δ.Ε.Π.Σ που διατρέχουν τη μελέτη της ενέργειας. Η ενέργεια εισάγεται ως ποσότητα που διατηρείται κατά τις μεταβολές που συμβαίνουν σε ένα σύστημα σωμάτων.

**Ενδεικτικά διδακτικά βήματα****Έργο σταθερής δύναμης – Εφαρμογές****Στόχοι 1, 2, 3, 4**

Χρησιμοποιώ παραδείγματα από την καθημερινή ζωή για να δείξω την αναγκαιότητα της εισαγωγής της έννοιας του έργου δύναμης (για παράδειγμα ρωτώ τους μαθητές τι επιδιώκουν οι αθλητές ή οι αθλήτριες της άρσης βαρών σ' έναν αγώνα άρσης βαρών: Να ανυψώσουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερο βάρος, ασκώντας δύναμη τουλάχιστον ίσου μέτρου, στο μεγαλύτερο δυνατό ύψος).

Στον ορισμό του έργου σταθερής δύναμης τονίζω ότι η δύναμη είναι σταθερή και έχει την ίδια διεύθυνση με τη μετατόπιση. Ζητώ από τους μαθητές να διεκπεραιώσουν αριθμητικά παραδείγματα, που καλύπτουν όλες τις περιπτώσεις παραγωγής έργου σταθερής δύναμης.

Αξιοποιώ την πειραματική δραστηριότητα «Έργο δύναμης». Για να κινείται το κιβώτιο με σταθερή ταχύτητα, θα πρέπει να ασκείται μέσω του δυναμομέτρου δύναμη ίσου μέτρου και αντίθετης κατεύθυνσης από τη δύναμη της τριβής.

Τονίζω ότι το έργο εκφράζει τη μεταφορά (μηχανικής) ενέργειας. Συνεπώς το έργο και η ενέργεια έχουν την ίδια μονάδα, το Joule.

Διευρύνω την έννοια της δυναμικής ενέργειας, πέρα της βαρυτικής, σε οποιαδήποτε περίπτωση ασκείται δύναμη σ' ένα σώμα. Επισημαίνω με αριθμητικά παραδείγματα και χρησιμοποιώντας τις αντίστοιχες εικόνες του βιβλίου την εξάρτηση της κινητικής ενέργειας από το τετράγωνο της ταχύτητας.

Τονίζω ότι η μηχανική ενέργεια ενός σώματος διατηρείται μόνον όταν πάνω του ενεργούν δυνάμεις ορισμένου είδους (για παράδειγμα δεν διατηρείται όταν ασκούνται δυνάμεις τριβής).

**Κινητική – Δυναμική – Μηχανική ενέργεια****Στόχοι 5, 6**

Συνδέω την έννοια της ενέργειας ενός σώματος και τον υπολογισμό της με το έργο των δυνάμεων που ασκούνται πάνω του ή με το έργο των δυνάμεων που ασκεί σε κάποιο

άλλο σώμα όταν αλληλεπιδρά με αυτό. Διακρίνω την ενέργεια λόγω της κίνησης από την ενέργεια λόγω της θέσης ή της κατάστασης ενός σώματος που ενεργούν πάνω του δυνάμεις και ορίζω την κινητική και τη δυναμική ενέργεια σώματος. Αναλύω μερικά παραδείγματα σωμάτων που έχουν κινητική ή δυναμική ενέργεια (κινούμενο φορτηγό, σώμα που πέφτει από κάποιο ύψος προς το έδαφος, βέλος που εκτοξεύεται από τεντωμένη χορδή τόξου). Προσδιορίζω με ποιο τρόπο υπολογίζεται η κινητική και η δυναμική ενέργεια και ζητώ από τους μαθητές να διεκπεραιώσουν αριθμητικές εφαρμογές.

### Η διατήρηση της Μηχανικής Ενέργειας – Εφαρμογές

#### Στόχοι 7, 8

Εκτοξεύω μια μικρή μπάλα προς τα επάνω και ζητώ από τους μαθητές να αναλύσουν την κίνησή της, μέχρις ότου ξαναγυρίσει στο χέρι μου. Κάνω μια σχηματοποίηση του φαινομένου της κίνησης της μπάλας στον πίνακα ή σε διαφάνεια και ζητώ από τους μαθητές να υπολογίσουν την κινητική και τη δυναμική ενέργεια σε μία τυχαία θέση της. Τους καθοδηγώ να διαπιστώσουν ποιοτικά ότι όταν η μια μορφή ενέργειας αυξάνεται, η άλλη μειώνεται και αντίστροφα. Διατυπώνω το θεώρημα διατήρησης της μηχανικής ενέργειας. Ζητώ από τους μαθητές να το εφαρμόσουν στην επίλυση αριθμητικών προβλημάτων. Μπορώ να δείξω την έννοια της διατήρησης ενός μεγέθους χρησιμοποιώντας αναλογίες. Για παράδειγμα, μπορώ να χρησιμοποιήσω δέκα βόλους τους οποίους τοποθετώ σε δύο κουτάκια Κ και Δ. Μετακινώ βόλους από το ένα κουτί στο άλλο, οπότε ο αριθμός των βόλων που περιέχουν τα κουτιά Κ και Δ μεταβάλλεται, ωστόσο ο ολικός τους αριθμός διατηρείται σταθερός.

### Μορφές και μετατροπές της Ενέργειας

#### Στόχος 9

Εισάγω άλλες μορφές ενέργειας, εκτός της μηχανικής, μέσω παραδειγμάτων από την καθημερινή εμπειρία των μαθητών. Εισάγω την ηλεκτρική, τη θερμική, τη χημική, τη φωτεινή και την πυρηνική ενέργεια. Περιγράφω παραδείγματα και συσκευές, όπου η μια μορφή μετατρέπεται στην άλλη. Τονίζω τη σημασία της μετατροπής της ενέργειας στο σύγχρονο πολιτισμό. Παραδείγματα: Μετατροπές της ενέργειας σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα με μπαταρία και λαμπτήρα πυρακτώσεως – Μετατροπές της ενέργειας σε ένα θερμοηλεκτρικό σταθμό της ΔΕΗ – Μετατροπές της ενέργειας στον Ήλιο.

Επισημαίνω μέσω παραδειγμάτων ότι όλες οι μορφές ενέργειας ανάγονται σε δύο θεμελιώδεις (κινητική και δυναμική).

### Η αρχή Διατήρησης της Ενέργειας – Απόδοση μηχανής

#### Στόχοι 10, 11

Εισάγω την αρχή διατήρησης της ενέργειας ως μια γενική αρχή της φύσης. Τονίζω

το εύρος των φαινομένων, στα οποία ισχύει η αρχή διατήρησης της ενέργειας, αν ληφθούν υπόψη όλες οι μορφές της.

Αναλύω τις μετατροπές ενέργειας κατά τη λειτουργία ενός κινητήρα που ανυψώνει ένα σώμα. Εφαρμόζω τη διατήρηση της ενέργειας και εισάγω την έννοια της ωφέλιμης και της δαπανώμενης ενέργειας, καθώς και των θερμικών απωλειών. Εισάγω την έννοια του συντελεστή απόδοσης μιας μηχανής.

Ζητώ από τους μαθητές να αναφέρουν παραδείγματα από τις ειδήσεις ή από τις καθημερινές τους εμπειρίες, στα οποία αναφέρεται η έννοια της ενέργειας σε διάφορες όψεις της καθημερινής ζωής. Ρωτώ τους μαθητές τι εννοούμε λέγοντας ότι υπάρχει έλλειψη ενέργειας ή ενεργειακό πρόβλημα, με δεδομένο ότι σύμφωνα με την αρχή διατήρησής της, η ενέργεια δεν μπορεί να ελαττωθεί ή να αυξηθεί.

Ερωτήσεις: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – Εφαρμογές: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14

**Ασκήσεις: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13**

#### Ισχύς μηχανής - Ισχύς δύναμης

##### Στόχος 12

Συσχετίζω το έργο ή την ωφέλιμη ενέργεια που παράγει μια μηχανή με το χρόνο στον οποίο παράγεται. Ζητώ από τους μαθητές να συγκρίνουν δύο ηλεκτροκινητήρες που έχουν την ίδια απόδοση αλλά παράγουν το ίδιο ποσό ωφέλιμης ενέργειας σε διαφορετικούς χρόνους. Εισάγω τον ορισμό της ισχύος. Επισημαίνω τη διαφορά μέσω του ορισμού των μονάδων έργου, ενέργειας και ισχύος.

Επισημαίνω την αναλογία μεταξύ των μεγεθών που ορίζονται ως χρονικοί ρυθμοί στην κίνηση (ταχύτητα και επιτάχυνση) και στο χρονικό ρυθμό του έργου που είναι η ισχύς.

Κατευθύνω τους μαθητές να υπολογίσουν την ισχύ σταθερής δύναμης που ασκείται σε σώμα κινούμενο με σταθερή ταχύτητα. Τους ζητώ να διεκπεραιώσουν αριθμητικές εφαρμογές.

Ερωτήσεις: 8, 9 – Εφαρμογές: 15, 16, 17

**Ασκήσεις: 14, 15, 16, 17**

**ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ 1**

**ΕΝΕΡΓΕΙΑ**

Όνομα μαθητή:.....Τμήμα..... Ημερομηνία.....

1. Δώσε τον ορισμό της δυναμικής ενέργειας βαρύτητας και της κινητικής ενέργειας ενός σώματος **(3 μονάδες)**

.....  
.....  
.....

2. Γράψε το θεώρημα διατήρησης της Μηχανικής Ενέργειας **(3 μονάδες)**

.....  
.....  
.....

3. Σημείωσε με Σ τις σωστές και με Λ τις λανθασμένες προτάσεις: **(3 μονάδες)**

A. Ένα σώμα έχει δύναμη 100 N.

B. Η δύναμη και το έργο της δύναμης είναι διανυσματικά μεγέθη.

Δ. Όταν ένα σώμα μετά από μια ελεύθερη πτώση χτυπήσει στο έδαφος, η ενέργειά του χάνεται.

4. Κράτησε το βιβλίο Φυσικής μάζας 400 g σε ύψος 1,5 μ από το δάπεδο. Υπολόγισε τη δυναμική ενέργεια βαρύτητας του βιβλίου σε αυτή τη θέση.  $g=10 \text{ m/s}^2$  **(3 μονάδες)**

.....  
.....

5. Αν αφήσεις το βιβλίο να πέσει, με τι ταχύτητα θα χτυπήσει στο δάπεδο; **(3 μονάδες)**

.....  
.....

6. Το βιβλίο κτυπά στο δάπεδο και σταματά. Ποιες μετατροπές ενέργειας συμβαίνουν με το χτύπημα στο δάπεδο; **(3 μονάδες)**

.....  
.....

7. Αν πετούσες το βιβλίο οριζόντια από το ίδιο ύψος με ταχύτητα  $u=3 \text{ m/s}$ , με τι ταχύτητα θα έφθανε στο έδαφος; **(2 μονάδες)**

.....  
.....  
.....

# ΕΝΟΤΗΤΑ 2

## Θερμότητα

### ΟΡΓΑΝΟΓΡΑΜΜΑ

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

##### Σχέδιο Διδασκαλίας (6 διδακτικές ώρες)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΑΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΞΕΙΣ
<b>Κ<sub>6</sub> Θερμοκρασία, θερμική ενέργεια και θερμότητα</b> <input type="checkbox"/> Θερμόμετρα και μέτρηση θερμοκρασίας (2 ώρες) <input type="checkbox"/> Θερμότητα-μια μορφή ενέργειας (1 ώρα) <input type="checkbox"/> Πώς μετράμε τη θερμότητα (2 ώρες) <input type="checkbox"/> Θερμοκρασία, θερμότητα και μικρόκοσμος (1 ώρα)	ΕΑ: Βαθμονόμηση θερμομέτρου ΠΔ: Προσδιορισμός θερμοκρασίας με αφή ΠΔ: Χρήση θερμομέτρου ΠΔ: Εξέλιξη θερμοκρασίας δυο σωμάτων σε θερμική επαφή με χρήση αισθητήρων ΠΔ: Κίνηση εμβόλου σύριγγας ΠΔ: Θέρμανση με κίνηση ΕΑ: Μέτρηση θερμότητας ΠΔ: Η Μηχανή του Ήρωνα	Μέτρηση της θερμοκρασίας- Θερμόμετρα

#### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

##### Σχέδιο Διδασκαλίας (4 διδακτικές ώρες)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ
<input type="checkbox"/> Θερμική διαστολή και συστολή (2 διδακτικές ώρες) <b>Κ<sub>7</sub> Θερμικά φαινόμενα</b> <input type="checkbox"/> Αλλαγή κατάστασης <input type="checkbox"/> Εξάτμιση και Συμπύκνωση	ΕΑ: Μεταφορά θερμότητας – Διατήρηση της ενέργειας ΕΑ: Θερμική ισορροπία (ΣΛΑ) ΕΑ: Βρασμός ΕΑ: Διαστολή υγρών και αερίων ΠΔ: Όγκος σφαίρας	Η διαστολή του νερού και η ζωή στη θάλασσα Λειτουργία του ψυγείου και των κλιματιστικών Κλίμα και προσαρμογή των οργανισμών Γεωλογικά ρεύματα και ρεύματα μεταφοράς

<p><b>Κ<sub>8</sub> Διάδοση της θερμότητας</b> (3 διδακτικές ώρες)</p> <p><input type="checkbox"/> Πώς άγεται η θερμότητα</p> <p><input type="checkbox"/> Θερμότητα και ρεύματα μεταφοράς</p> <p>Θερμότητα και ακτινοβολία</p>	<p>ΕΑ: Γραμμική διαστολή ΠΔ: Διμεταλλικό έλασμα</p> <p>ΕΑ: Διαστολή υγρών ΕΑ: Διαστολή αερίων</p> <p>ΠΔ: Μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία</p> <p>ΠΔ: Ρεύματα μεταφοράς</p>	<p>Το φαινόμενο του θερμοκηπίου</p>
--	--	-------------------------------------

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. The meaning of Temperature, Baierlein, Rulph. The Physics Teacher, February 1990, p. 94.
2. Energy from the sun, Weinberg, Carl J., Scientific American, Sept. 1990.
3. Appraising the understanding of science concepts Heat, Watts, D.M. Gilbert J. K. Department of educational studies. University of Surrey, 1985.
4. Children' s idea about temperature, Appleton, Research in Science Education 15: 122-26
5. Πού βρήκαμε την ενέργεια, Ισαάκ Ασίμωφ, Πανεπιστημιακός τύπος
6. Λεονάρ Ντε Βρις, Το πρώτο , το δεύτερο και το τρίτο βιβλίο πειραμάτων, Εκδόσεις Καστανιώτη, Αθήνα 1987.
7. Πειράματα ΦΕ με υλικά καθημερινής χρήσης, ΟΕΔΒ, σελ. 44-51. Μόνο όσον αφορά την πραγματοποίηση πειραματικών δραστηριοτήτων.
8. Μελέτη προβλημάτων διδασκαλίας των θερμικών φαινομένων. Πρόταση για εποικοδομητική προσέγγιση στη διδασκαλία και τη μάθηση των θερμικών φαινομένων στους 4/ετείς φοιτητές του ΠΤΔΕ, Ιωάννης Καρανίκας, Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή.

**Λογισμικό:**

9. ΣΕΠ (Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον) Πείραμα 1-8 (ΠΙ, έργο Οδύσσεια)

## ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

### 1. Μυθολογία

Σύμφωνα με τον Όμηρο, ο Δίας κυριαρχεί στον Ουρανό με τα σύννεφα και τον αιθέρα, τη φωτιά-θερμό και το φως. Ο Άδης βασιλεύει στα σκοτάδια στο «ζόφον κερόε-ντα», όπου ο αήρ συμπίπτει με το ψυχρό, και ο Ποσειδώνας στη θάλασσα. Σ' αυτή τη κοσμολογική εικόνα, συναντάμε το θερμό μαζί με το φως και το ψυχρό μαζί με το σκοτάδι ως αρχέγονες κοσμικές ουσίες, στη διάθεση των θεϊκών δυνάμεων και στη ρίζα της κοσμικής σύνθεσης.

Στη «Θεογονία» του Ησίοδου μέσα από μια αρχέγονη ενότητα, το χάος, γεννιούνται με διαχωρισμό ζεύγη αντίθετων στοιχείων (πρώτων ουσιών) το θερμό και το ψυχρό, το υγρό και το ξηρό που θα διαφοροποιήσουν τέσσερις περιοχές του χώρου: Το φλογισμένο ουρανό, τον ψυχρό αέρα, την ξηρή γη και την υγρή θάλασσα. Τα αντίθετα, στη συνέχεια, ενώνονται σύμφωνα με την αρχή του Έρωτα και καθένα με τη σειρά του επικρατεί, στα πλαίσια ενός ατελείωτου κύκλου, στα φυσικά φαινόμενα, στη διαδοχή των εποχών, στη γέννηση και το θάνατο κάθε έμβιου όντος.

Στη δομή αυτή που αποτελεί και τη βάση της σκέψης των Ιώνων φιλοσόφων, το θερμό και το ψυχρό είναι οι αρχέγονες, άφθαρτες ουσίες που εξακολουθούν να υπάρχουν μέσα στις οντότητες που γεννιούνται με Έρωτα, όπου το θερμό νοείται σχεδόν πάντα μαζί με το φως και το ψυχρό μαζί με το σκοτάδι.

Οι αλλαγές, στις οποίες συμμετέχουν οι ουσίες θερμό και ψυχρό, γίνονται με βάση ορθολογισμένες αρχές χωρίς την καθοριστική παρουσία θεϊκών δυνάμεων.

### 2. Ο λόγος των Ιώνων φιλοσόφων

Στον κοσμογονικό μύθο του Ησίοδου το θερμό, το ψυχρό, το ξηρό και το υγρό πέρα από τις ουσίες στοιχεία, διατηρούν και ένα χαρακτήρα θεϊκής δύναμης. Από τη θεϊκή αυτή δύναμη πρόκειται να τα απαλλάξουν, στη συνέχεια, οι Ίωνες «φυσικοί φιλόσοφοι». Βέβαια, η δομή της σκέψης και η μεθοδολογία των Ιώνων φιλοσόφων ήταν τελείως διαφορετική από τη σύγχρονη επιστημονική σκέψη, δηλαδή τη διατύπωση υποθέσεων για την ερμηνεία των φαινομένων και την πραγματοποίηση πειραμάτων για την επιβεβαίωση ή απόρριψη των υποθέσεων. Όμως επειδή οι φιλόσοφοι δίδασκαν στην αγορά των πόλεων, ο λόγος τους όφειλε να είναι πειστικός, γεγονός που οδήγησε στον εξορθολογισμό του μύθου. Έτσι το θερμό και το ψυχρό γίνονται ουσιαστικά ουσίες της φύσης, ενώ η κίνηση είναι υπεύθυνη, σύμφωνα με τον Αναξίμανδρο, για την εμφάνιση των πρώτων μορφών. Υπάρχουν, επιπλέον, οι παγκόσμιες αρχές: Η «δίκη» του Αναξίμανδρου, το «νείκος» του Εμπεδοκλή και ο «πόλεμος» του Ηράκλειτου. Με βάση αυτές τις αρχές, λύνεται πειστικά και το κοσμολογικό πρόβλημα και εξηγείται η λειτουργία της φύσης χωρίς την παρέμβαση των θεών. Η φιλοσοφία έχει πια γεννηθεί. Στον κόσμο της Ιωνι-

κής φιλοσοφίας, το θερμό συνυπάρχει με το φως στη φωτιά, στον αιθέρα, στο φλογισμένο ουρανό. Το ψυχρό συνυπάρχει με το σκοτάδι στον αέρα, που βρίσκεται κάτω από τον ουρανό και πάνω από τη γη. Το ξηρό κυριαρχεί στη γη και το υγρό στη θάλασσα. Ταυτόχρονα, όλα τα αντίθετα συνυπάρχουν παντού και η διαρκής πάλη τους δικαιολογεί τις αλλαγές. Έτσι, η διαδοχική επικράτηση ενός εκάστου των «στοιχείων» εξηγεί επιπλέον και τους ορατούς κύκλους των αλλαγών στη φύση.

### 3. Η Αριστοτελική θεωρία

Σύμφωνα με την Αριστοτελική φιλοσοφία τα επίγεια σώματα συντίθενται από τέσσερις ουσίες: το πυρ, τον αέρα, το ύδωρ και τη γη. Το θερμό, το ψυχρό, το υγρό και το ξηρό είναι οι πρωταρχικές ποιότητες των σωμάτων. Τα τέσσερα δομικά στοιχεία του κόσμου έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά (ποιότητες). Το πυρ είναι το θερμό και ξηρό, ο αήρ θερμός και υγρός, το ύδωρ ψυχρό και υγρό και η γη ψυχρή και ξηρή. Όταν τα σώματα έρχονται σε επαφή, είναι δυνατόν να ανταλλάσσουν τις ποιότητές τους, οπότε δημιουργούνται νέα σώματα π.χ. Νερό (ψυχρό, υγρό) + Φωτιά (θερμό, υγρό)=γη (ψυχρό, ξηρό)+Αέρας (θερμό, υγρό). Οι ιδέες αυτές χρησιμοποιήθηκαν από τους αλχημιστές στο Μεσαίωνα για να εξηγήσουν τις χημικές μεταβολές.

Επίσης κατά τον Αριστοτέλη, όταν μια ποιότητα κυκλωθεί από την αντίθετή της, ενισχύεται. Μια σπηλιά το καλοκαίρι είναι δροσερή γιατί κυκλώνεται από θερμό αέρα, ενώ η ίδια σπηλιά το χειμώνα είναι σχετικά θερμή, γιατί κυκλώνεται από ψυχρό αέρα.

### 4. Το θερμό και το ψυχρό ως «δυνάμεις» που ξεπηδούν από αντίστοιχες πηγές.

Σύμφωνα με τον Crosseteste, εξέχοντα συγγραφέα φυσικής φιλοσοφίας του 13ου αιώνα μ.Χ., η θερμότητα και το ψύχος είναι ακτίνες δύναμης που πηγάζουν αντίστοιχα από θερμά και ψυχρά σώματα - πηγές και αποτελούν την αιτία της δράσης της πηγής πάνω σ' ένα άλλο σώμα από απόσταση.

Οι «πειραματιστές» του 17ου αιώνα μ.Χ. κινήθηκαν στα χνάρια του Γαλιλαίου συνεχίζοντας την προσπάθεια αμφισβήτησης της Αριστοτελικής φυσικής φιλοσοφίας του τέλους του Μεσαίωνα και χρησιμοποίησαν συστηματικά το θερμόμετρο για τον προσδιορισμό του βαθμού θέρμανσης των σωμάτων, πριν ακόμη η έννοια της θερμοκρασίας διαφοροποιηθεί από αυτή της θερμότητας.

Στα πλαίσια της Γαλιλαϊκής φυσικής, τα θερμικά φαινόμενα συνδέονται με τις μηχανικές μεταβολές και ερμηνεύονται με βάση ένα μηχανιστικό μοντέλο. Το μοντέλο αυτό θεωρούσε τη θερμότητα και το ψύχος ως «δυνάμεις» με τη στενή έννοια της απευθείας δράσης ενός αντικειμένου πάνω σε ένα άλλο, όταν αυτά έρχονται σε επαφή. Οι πηγές μετά από παρατεταμένη χρήση εξαντλούνται (η φλόγα ενός κεριού σβήνει και ένα σύστημα ψύξης λιώνει), ενώ οι αποδέκτες εμφανίζουν μηχανικές, μετρήσιμες μεταβολές ως αποτέλεσμα της δράσης των δυνάμεων που ασκούν οι πηγές.