

Εισαγωγή στις φυσικές επιστήμες και την επιστημονική καλλιέργεια I

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΚΟΛΙΟΠΟΥΛΟΣ

ΤΕΕΑΠΗ ΠΑΝ/ΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

2022

Περιεχόμενα

Πρόλογος: Είναι δυνατή η διδασκαλία φυσικών επιστημών στο νηπιαγωγείο;

ΜΕΡΟΣ Α: ΘΕΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Κεφάλαιο 1: Τι είναι οι φυσικές επιστήμες;

Κεφάλαιο 2: Οι ιδιότητες της ύλης

Κεφάλαιο 3: Θερμοκρασία, θερμότητα και φυσικές μεταβολές

ΜΕΡΟΣ Β: ΕΡΓΑΣΙΕΣ (Υπό διαμόρφωση)

Εργασία 1: Μετρώντας τη γη: Η μέθοδος του Ερατοσθένη

Εργασία 2: Η μέτρηση του χρόνου στην ιστορία

Εργασία 3: Δυναμόμετρα, ζυγαριές και πυκνόμετρα

Εργασία 4: Η αρχή του Αρχιμήδη: Η υπέρβαση της εμπειρίας

Εργασία 5: Ο αέρας στη μετεωρολογία

Εργασία 6: Ο κύκλος του νερού

Εργασία 7: Το τι, το πώς, το που και το γιατί του θερμομέτρου

Εργασία 8: Το ιστορικό πείραμα του Joule και η αρχή διατήρησης της ενέργειας

Πρόλογος

Είναι δυνατή η διδασκαλία των φυσικών επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση;

Είναι δυνατόν να εισαχθούν οι φυσικές επιστήμες ως διακριτή οντότητα στο αναλυτικό πρόγραμμα της προσχολικής εκπαίδευσης στην Ελλάδα; Το ερώτημα αυτό γίνεται επίκαιρο όχι μόνο γιατί διανύουμε μια περίοδο αλλαγών στα αναλυτικά προγράμματα όλων των εκπαιδευτικών βαθμίδων αλλά και γιατί η εκπαιδευτική έρευνα στον τομέα της προσχολικής εκπαίδευσης έχει συσσωρεύσει σειρά αποτελεσμάτων που νομιμοποιούν την ανάδειξη και επεξεργασία ενός τέτοιου ερωτήματος (Howe, 1993). Το ερώτημα τίθεται και από τη μεριά της κοινότητας των ερευνητών της Διδακτικής των φυσικών επιστημών που διεξάγουν έρευνα στα διάφορα Παιδαγωγικά Τμήματα Προσχολικής Εκπαίδευσης. Μέχρι σήμερα έχουν πραγματοποιηθεί επτά συνέδρια με τον τίτλο «Φυσικές επιστήμες την προσχολική εκπαίδευση» στα [Πρακτικά](#) των οποίων μπορείτε να βρείτε πλούσια βιβλιογραφία σχετική με αυτού του είδους την έρευνα. Από αυτήν, κυρίως, τη σκοπιά θα προσπαθήσουμε να δώσουμε μια τεκμηριωμένη απάντηση στο ερώτημά μας. Ειδικότερα, για ν' απαντήσουμε στο ερώτημα θα πρέπει να εξετάσουμε αν η διδασκαλία των φυσικών επιστημών είναι κοινωνικά αναγκαία, τότε είναι επιστημολογικά έγκυρη, αν είναι γνωσιακά επιτρεπτή και τέλος, τότε καθίσταται διδακτικά εφικτή.

Η κοινωνική αναγκαιότητα

Η κοινωνική αναγκαιότητα της εισαγωγής των φυσικών επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση μπορεί να προκύψει από αυτό που ονομάζουμε συγκρότηση επιστημονικής καλλιέργειας. Η θέση ότι η επιστημονική γνώση αποτελεί πολιτισμικό αντικείμενο και, συνεπώς, αφορά στο σύνολο του πληθυσμού μιας κοινωνίας που οφείλει να ζει ανθρώπινα σ' ένα επιστημονικο-τεχνικό περιβάλλον αλλά και να χειρίζεται αποτελεσματικά το περιβάλλον αυτό, υιοθετείται όλο και περισσότερο από ορισμένα εκπαιδευτικά συστήματα (Κολιόπουλος, 2005). Στα πλαίσια αυτά, οι φυσικές επιστήμες και η τεχνολογία θεωρούνται όλο και περισσότερο βασικά αντικείμενα διδασκαλίας κοντά στη γλώσσα και τα μαθηματικά (δείτε για παράδειγμα το πρόγραμμα αξιολόγησης μαθητών του ΟΟΣΑ [PISA](#)). Έτσι βλέπουμε ακόμη και διαπρεπείς φυσικοί όπως ο Lederman στις Ηνωμένες Πολιτείες και ο Charpac στη Γαλλία, αμφότεροι κάτοχοι βραβείων Nobel, να εμπλέκονται ενεργά στις διαδικασίες εισαγωγής των φυσικών επιστημών στις βαθμίδες της προσχολικής και πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Μια συγκριτική ανάλυση των αναλυτικών προγραμμάτων της προσχολικής εκπαίδευσης στην Αγγλία, Γαλλία και Κύπρο ανέδειξε τη διακριτή παρουσία των φυσικών επιστημών στην προσχολική

εκπαίδευση, ιδιαίτερα στην ηλικία των 5-6 ετών (Κολιόπουλος, Γκρίτση & Ζόγκζα, 2003). Σε κάθε ένα από τα συγκεκριμένα αναλυτικά προγράμματα η έννοια της διακριτότητας των φυσικών επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση εμφανίζεται με διαφορετικό τρόπο. Στο αγγλικό πρόγραμμα οι φυσικές επιστήμες αποτελούν αυτόνομο τομέα από την ηλικία των 5 ετών, ενώ στο γαλλικό πρόγραμμα αρχίζουν να υπάρχουν ως αυτόνομος τομέας από την ηλικία των 8 ετών αλλά υπάρχει μια προγραμματισμένη σταδιακή προετοιμασία γι' αυτό. Τέλος, στο κυπριακό αναλυτικό πρόγραμμα, πάλι, οι φυσικές επιστήμες αντιμετωπίζονται ως αυτόνομος τομέας από την ηλικία των 4 ετών (Κωνσταντίνου κα., 2002). Τελευταία, η Ελλάδα απέκτησε και αυτή αναλυτικό πρόγραμμα προσχολικής εκπαίδευσης όπου οι φυσικές επιστήμες αποτελούν αυτόνομη γνωστική περιοχή (Δείτε το [πρόγραμμα](#)).

Η επιστημολογική εγκυρότητα

Η επιστημολογική αντίληψη για την λειτουργία των φυσικών επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση δεν μπορεί να είναι άλλη από την αντίληψη που είναι δυνατόν να διαμορφώσει κάποιος για τη λειτουργία των φυσικών επιστημών γενικότερα (δείτε *Κεφάλαιο 1*). Η δική μας αντίληψη για τη γνώση των φυσικών επιστημών συμπυκνώνεται στις επόμενες θέσεις:

(α) πρόκειται, κυρίως, για *υποθετική γνώση* η οποία παράγεται κατά τη μελέτη ενός προβλήματος και όχι για γνώση που παράγεται από την παρατήρηση και την εμπειρία, οι οποίες ενίοτε συνιστούν εμπόδια στη συγκρότησή της,

(β) είναι μια *εννοιολογική κατασκευή* που μας επιτρέπει να διαμορφώσουμε μια συγκεκριμένη αντίληψη για τα φυσικά φαινόμενα (μετασχηματισμός των φυσικών φαινομένων σε φαινόμενα φυσικών επιστημών), και

(γ) η γνώση αυτή παράγεται με ένα ειδικό τρόπο που σχηματικά ονομάζουμε *επιστημονική μέθοδο*. Οι θέσεις αυτές αναδεικνύουν τον *εποικοδομητικό* (constructivist) χαρακτήρα της γνώσης των φυσικών επιστημών που έρχεται, πολλές φορές, σε αντίθεση με την κρατούσα εμπειριστική προσέγγιση τόσο των δραστηριοτήτων φυσικών επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση (Ραβάνης, 1999), όσο και των παραδοσιακών αναλυτικών προγραμμάτων φυσικών επιστημών άλλων εκπαιδευτικών βαθμίδων (Κολιόπουλος, 2006).

Για την προσχολική εκπαίδευση, το πλαίσιο αυτό, θα μπορούσε να διατυπωθεί ως εξής: Στόχος των φυσικών επιστημών είναι να μάθουν τα παιδιά να αλλάζουν την αντίληψή τους για τον κόσμο, δηλ. για τα φυσικά φαινόμενα και για τα αντικείμενα, να μάθουν να αντιλαμβάνονται τον κόσμο από μια ειδική σκοπιά. Αυτό, για ένα παιδί 3-5 ετών, μπορεί να σημαίνει απλώς τη συγκρότηση αιτιολογικών

αναπαραστάσεων μέσα από καταστάσεις δράσης επί των φυσικών αντικειμένων ενώ, για ένα παιδί 5-7 ετών, τη συγκρότηση *ενοιολογικών μοντέλων* κατ' αρχήν συμβατών με την επιστημονική γνώση αναφοράς. Για την μέλλουσα/-οντα εκπαιδευτικό της προσχολικής εκπαίδευσης ως γνώση αναφοράς μπορεί να θεωρηθεί το περιεχόμενο αυτών των σημειώσεων (κεφ. 2-5).

Η κοινωνικο-γνωστική δυνατότητα

Το «γνωσιακά επιτρεπτό» της εισαγωγής των φυσικών επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση εμφανίζεται να έχει δύο διαστάσεις. Η πρώτη σχετίζεται με το ερευνητικό ρεύμα περί σπονδυλωτής ανάπτυξης της νόησης το οποίο αμφισβητεί την πιαζετική θεώρηση σύμφωνα με την οποία γενικές αλλαγές συντελούνται κατά το μάλλον ή ήττον ταυτοχρόνως σε διάφορα πεδία γνώσης και υποστηρίζει την ανάπτυξη στην προοπτική *εξειδίκευσης κατά γνωστικό πεδίο* όπως η γλώσσα, τα μαθηματικά, η φυσική κλπ (Karmiloff-Smith, 1998). Τα ευρήματα του ερευνητικού αυτού ρεύματος (όπως, π.χ., ότι τα παιδιά διαμορφώνουν θεωρίες, δηλαδή, κατασκευάζουν αναπαραστάσεις της πραγματικότητας τις οποίες υποστηρίζουν ακόμα και αν επρόκειτο να επινοήσουν ή αγνοήσουν παρατηρήσιμα χαρακτηριστικά) νομιμοποιούν ασφαλώς τη μελέτη της κοινωνικο-γνωστικής ανάπτυξης των παιδιών σε θέματα που σχετίζονται άμεσα με το πεδίο των φυσικών επιστημών ενώ, παράλληλα, αποδυναμώνουν τις αντιλήψεις περί ολιστικής μάθησης. Η δεύτερη διάσταση σχετίζεται με την έρευνα που διεξάγεται στα πλαίσια της Διδακτικής των φυσικών επιστημών από την οποία προκύπτει ότι είναι δυνατή η *εποικοδόμηση πρόδρομων ενοιολογικών μοντέλων* φυσικών επιστημών από τα παιδιά της προσχολικής ηλικίας (Ραβάνης, 1999). Φαίνεται, μάλιστα, ότι τα πρόδρομα μοντέλα εννοιών των φυσικών επιστημών δεν αποτελούν απλή οικειοποίηση των σκέψεων των ενηλίκων ή απλή αναπαράσταση της πραγματικότητας, αλλά δηλώνουν ακριβώς την ποιοτική ιδιομορφία της παιδικής σκέψης η οποία όμως αναπτύσσεται κάτω από την επίδραση των ενηλίκων. Η αντίληψη αυτή επιβεβαιώνει τις ιδέες του Vygotski (1993) ο οποίος ισχυρίζεται ότι η διαδικασία συγκρότησης των επιστημονικών εννοιών διαφέρει απ' αυτή των αυθόρμητων εννοιών (σελ. 259). Για παράδειγμα, η ερευνητική εργασία που διεξάγεται στο ΤΕΕΑΠΗ του Παν/μίου Πατρών δείχνει ότι τα παιδιά της προσχολικής ηλικίας (κυρίως αυτά των 5-6 ετών) σημειώνουν γνωστική πρόοδο σε τομείς φυσικής όπως η φύση του φωτός και ο σχηματισμός σκιών, οι αλλαγές φυσικής κατάστασης του νερού, η επίπλευση των σωμάτων, η επίδραση της τριβής στην κίνηση των αντικειμένων, η έννοια του μαγνήτη, και η μεταφορά της ενέργειας (δείτε πχ, Ραβάνης, 2003 και Ομάδα "[Ενέργεια στην Εκπαίδευση](#)").

Η διδακτική εφικτότητα

Ο όρος διδακτική εφικτότητα αναφέρεται, αφ' ενός στις διδακτικές στρατηγικές που επιτρέπουν την εποικοδόμηση γνώσεων φυσικών επιστημών για τις οποίες μιλήσαμε στην προηγούμενη ενότητα και αφ' ετέρου, στις πραγματικές συνθήκες διδασκαλίας οι οποίες καθιστούν εφικτό το μετασχηματισμό των *in vitro* διδακτικών παρεμβάσεων και των αποτελεσμάτων τους σε πραγματικές διδασκαλίες μέσα στην αίθουσα του νηπιαγωγείου. Όσον αφορά στις διδακτικές στρατηγικές, έχει αναπτυχθεί μια σειρά τέτοιων στρατηγικών οι οποίες καθιστούν εφικτό τον διδακτικό μετασχηματισμό επιστημονικών μοντέλων σε πρόδρομα εννοιολογικά μοντέλα φυσικών επιστημών. Οι στρατηγικές αυτές αποτελούν όχι μόνο εργαλεία χρήσης των νοητικών παραστάσεων που έχουν τα παιδιά για τα διάφορα φυσικά φαινόμενα πριν από τη διδακτική παρέμβαση, αλλά και περιβάλλοντα που προκρίνουν την ιδέα της συστηματικής συνεργασίας εκπαιδευτικών και παιδιών (Ραβάνης, 1999). Ως παράδειγμα, αναφέρουμε μια στρατηγική που έχει σαν στόχο να δημιουργήσει *κοινωνικο-γνωστική σύγκρουση* ανάμεσα στην αντίληψη των παιδιών ότι το φως εντοπίζεται μόνο στις φωτεινές πηγές ή δέκτες και την επιστημονική αντίληψη ότι το φως είναι μια οντότητα που διαδίδεται στο χώρο (Ραβάνης, 1999). Οι συνθήκες δημιουργίας κοινωνικο-γνωστικής σύγκρουσης επιτυγχάνονται με διδακτικές παρεμβάσεις που περιλαμβάνουν συζητήσεις πάνω σε σχέδια τα οποία απεικονίζουν φωτεινές δέσμες τεχνητού και φυσικού φωτός. Μέσα από τέτοιες παρεμβάσεις αρκετά παιδιά φαίνεται να αλλάζουν την αρχική τους αντίληψη και να συγκροτούν μια αντίληψη κατ' αρχήν συμβατή με το παραδεκτό επιστημονικό μοντέλο αναφοράς.

Η εφαρμογή διδακτικών στρατηγικών όπως αυτή που παρουσιάσαμε προηγούμενα σε πραγματικές συνθήκες διδασκαλίας καθώς και η ένταξή τους στο αναλυτικό πρόγραμμα είναι ένα από τα ζητούμενα της εκπαιδευτικής έρευνας. Προς το παρόν, μόνο υποθέσεις μπορούμε να διατυπώσουμε σχετικά με το πώς μπορεί αυτό να επιτευχθεί. Κεντρικό στοιχείο των υποθέσεων αυτών οφείλει ν' αποτελεί η αρχική κατάρτιση και η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών της προσχολικής εκπαίδευσης οι οποίες/-οι καλούνται να προσεγγίσουν διδακτικά ένα αντικείμενο για το οποίο δεν διαθέτουν εξειδικευμένες γνώσεις (Μπαγάκης κα., 1997). Μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε μετεκπαιδευόμενες νηπιαγωγούς στο Μαράσλειο Διδασκαλείο Αθηνών, έδειξε πως ένα σχετικά μικρό ποσοστό των μετεκπαιδευομένων διατύπωσαν μια πρόθεση αλλαγής αντίληψης προς τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στο νηπιαγωγείο με εμφανείς επιπτώσεις στην αλλαγή των καθημερινών τους πρακτικών (Κολιόπουλος, 2003). Ήταν όμως ενθαρρυντικό το ποσοστό εκείνων που διατύπωσαν μια πρόθεση διαμόρφωσης θετικής στάσης προς τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Το διδακτικά εφικτό, λοιπόν, της εισαγωγής των φυσικών επιστημών στην

προσχολική εκπαίδευση ως διακριτής οντότητας φαίνεται να περνά μέσα από τη συστηματική αναδιάρθρωση της αρχικής μόρφωσης και της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών αυτής της βαθμίδας. Ένα παράδειγμα επιμορφωτικού προγράμματος το οποίο στοχεύει στη διάδοση γνώσεων των φυσικών επιστημών, στην ανάπτυξη και διάδοση διδακτικών δραστηριοτήτων για την προσχολική εκπαίδευση καθώς και στην ανάπτυξη επικοινωνίας ανάμεσα σε εκπαιδευτικούς που εισάγουν τις προηγούμενες δραστηριότητες στη διδασκαλία τους είναι το ευρωπαϊκό πρόγραμμα Fibonacci στα πλαίσια του οποίου μεγάλος αριθμός εκπαιδευτικών της προσχολικής εκπαίδευσης στην περιοχή των Πατρών σχεδίασε και πραγματοποίησε δραστηριότητες φυσικών επιστημών για παιδιά προσχολικής ηλικίας. Όλες αυτές τις δραστηριότητες μπορείτε να τις βρείτε στον δικτυακό τόπο <http://www.ecedu.upatras.gr/fibonacci/>.

Επίλογος

Η κοινωνική ανάγκη για επιστημονικά καλλιεργημένους πολίτες, η διεθνής εμπειρία και, ιδιαίτερα, η ευρωπαϊκή εμπειρία σχετικά με τα αναλυτικά προγράμματα προσχολικής/πρώτης σχολικής εκπαίδευσης, καθώς και τα πορίσματα της έρευνας στους τομείς της κοινωνικο-γνωστικής ανάπτυξης του παιδιού της προσχολικής ηλικίας και της Διδακτικής των φυσικών επιστημών, όχι μόνο νομιμοποιούν το ερώτημα περί εισαγωγής των φυσικών επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση ως διακριτής οντότητας αλλά συνηγορούν υπέρ μιας θετικής απάντησης στο ερώτημα αυτό.

Βιβλιογραφία

- Howe A. (1993). Science in Early Childhood Education. In Spodek B. (Ed.) *Handbook of Research on the Education of Young Children*. McMillan Publishing Co, 225-235.
- Karmiloff-Smith A. (1998). *Πέρα από τη σπονδυλωτή διάνοια. Η Γνωσιοεπιστήμη στην προοπτική της αναπτυξιακής ψυχολογίας*. Εκδόσεις Οδυσσέας.
- Κολιόπουλος Δ. (2003). Η (επι)μόρφωση των εκπαιδευτικών της προσχολικής εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες: Η περίπτωση του Διδασκαλείου Νηπιαγωγών Αθηνών και η διατύπωση του προβλήματος. Στο Μ. Τσιτουρίδου (Επιμ.) *Οι φυσικές επιστήμες και οι νέες τεχνολογίες στην εκπαίδευση παιδιών προσχολικής ηλικίας*. Εκδόσεις Τζιόλα, 33-44.
- Κολιόπουλος Δ. (2005). *Η διδακτική προσέγγιση του μουσείου φυσικών επιστημών*. Μεταίχιμο.
- Κολιόπουλος Δ. (2006). *Θέματα διδακτικής των φυσικών επιστημών*. Μεταίχιμο.
- Κολιόπουλος Δ., Γκρίτση Φ. & Ζόγκζα Β. (2003). Μια συγκριτική ανάλυση αναλυτικών προ-γραμμάτων φυσικών επιστημών για την προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία: η περίπτωση του θεματικού και εννοιολογικού

περιεχομένου. Στο Μ. Τσιτουρίδου (Επιμ.) *Οι φυσικές επιστήμες και οι νέες τεχνολογίες στην εκπαίδευση παιδιών προσχολικής ηλικίας*. Εκδόσεις Τζιόλα, 63-68.

Κωνσταντίνου Κ., Κυριακίδου Ε. & Νικολάου Χ. (2002). *Φυσικές επιστήμες στο νηπιαγωγείο: Βοήθημα για τη νηπιαγωγό*. Εκδόσεις Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού Κύπρου.

Μπαγάκης Γ., Κολιόπουλος Δ. & Κουλαϊδής Β. (1997). Σκιαγράφηση ενός πλαισίου επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών φυσικών επιστημών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης στην Ελλάδα. *Εκπαιδευτική Κοινότητα*, 7, 26-32.

Ραβάνης Κ. (1999). *Οι φυσικές επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση*. Τυπωθήτω.

Ραβάνης Κ. (2003). *Δραστηριότητες για το Νηπιαγωγείο από τον κόσμο της Φυσικής*. Δίπτυχο

Vygotski L. (1993). *Σκέψη και Γλώσσα*. Γνώση.

Κεφάλαιο 1

Τι είναι οι φυσικές επιστήμες

Ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά των φυσικών επιστημών είναι τα ακόλουθα: (α) οι Φυσικές Επιστήμες έχουν ιστορία, (β), η επιστημονική γνώση παράγεται με ειδικό τρόπο (επιστημονική μέθοδος), (γ) βασικό στοιχείο της επιστημονικής μεθόδου είναι η μέτρηση, (δ) η επιστημονική γνώση έχει κοινωνικές διαστάσεις και σχετίζεται με άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η τεχνολογία και η τέχνη.

Οι Φυσικές Επιστήμες έχουν ιστορία

Η γνώσεις των φυσικών επιστημών που εμφανίζονται στα σχολικά και πανεπιστημιακά εγχειρίδια φυσικών επιστημών αποτελούν τα τελικά προϊόντα μιας επίπονης και μη γραμμικής διαδικασίας στην οποία εμπλέκεται η κοινότητα των επιστημόνων. Η εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης αποτελεί αντικείμενο συστηματικής διερεύνησης και μελέτης δύο τουλάχιστον ακαδημαϊκών κλάδων, της Ιστορίας των φυσικών επιστημών και της φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών. Η μελέτη της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών μπορεί να δείξει τις συνθήκες παραγωγής της επιστημονικής γνώσης, τις δυσκολίες που αντιμετώπισαν οι επιστήμονες στο παρελθόν για να παράγουν την αποδεκτή σήμερα γνώση, καθώς και το ότι η γνώση αυτή δεν είναι απόλυτη ούτε παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια της παραγωγής της. Για παράδειγμα, η έννοια του αέρα δεν είχε πάντοτε το ίδιο νόημα. Ο αέρας σήμερα θεωρείται ένα μίγμα αερίων (οξυγόνου, υδρογόνου, αζώτου κλπ) που εμφανίζονται σε συγκεκριμένη αναλογία. Όμως γνωρίζουμε ότι το νόημα αυτής της έννοιας άλλαξε τρεις φορές κατά τη διάρκεια της ιστορίας. Στην αρχή εθεωρείτο ως ομογενές αέριο, ενώ για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα οι επιστήμονες θεωρούσαν ότι ο αέρας είναι μεν ομογενές αέριο αλλά εμφανιζόταν με διάφορες μορφές (π.χ., ως 'σταθεροποιημένος' αέρας, ως 'βλαβερός' αέρας ή ως 'εύφλεκτος' αέρας) κατά τη διάρκεια διαφόρων μεταβολών που υφίστατο η ύλη. Ένα άλλο παράδειγμα είναι οι αλλαγές κατά τη διάρκεια της ιστορίας της μονάδας μέτρησης διαφόρων φυσικών μεγεθών. Για παράδειγμα, η μονάδα μέτρησης του μήκους έχει αλλάξει πολλές φορές ανάλογα με την θεωρία στη βάση της οποίας ορίζεται. Παλαιότερα, μονάδα μέτρησης του μήκους εθεωρείτο η απόσταση ανάμεσα σε δυο παράλληλες γραμμές που χαραχτηκαν σε μια ράβδο φτιαγμένη από κράμα λευκόχρυσου – ιριδίου η οποία φυλάσσεται στο Διεθνές Γραφείο Μέτρων και Σταθμών. Σήμερα, το πρότυπο είναι διαφορετικό και σχετίζεται με το [μήκος κύματος](#) της ακτινοβολίας που εκπέμπει το αέριο 'κρυπτόν' όταν φωτοβολεί.

Στα τέλη της δεκαετίας του '60 και στις αρχές της δεκαετίας του '70 αρχίζει συστηματικά να εμφανίζεται στην αρθρογραφία ένα εκπαιδευτικό ρεύμα σύμφωνα με το οποίο η εισαγωγή στοιχείων της Ιστορίας των Φυσικών Επιστημών στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών παρουσιάζει εκπαιδευτικά πλεονεκτήματα (Κολιόπουλος, 2012).

Η επιστημονική γνώση παράγεται με ειδικό τρόπο (επιστημονική μέθοδος)

Αν και οι φιλόσοφοι των φυσικών επιστημών εκφράζουν διάφορες διαφωνίες σχετικά με το ποια ακριβώς είναι η μέθοδος παραγωγής της γνώσης των φυσικών επιστημών, σε γενικές γραμμές είναι αποδεκτή η λεγόμενη υποθετικο-παραγωγική μέθοδος. Στον επόμενο πίνακα δίδονται τα βασικά βήματα της μεθόδου αυτής.

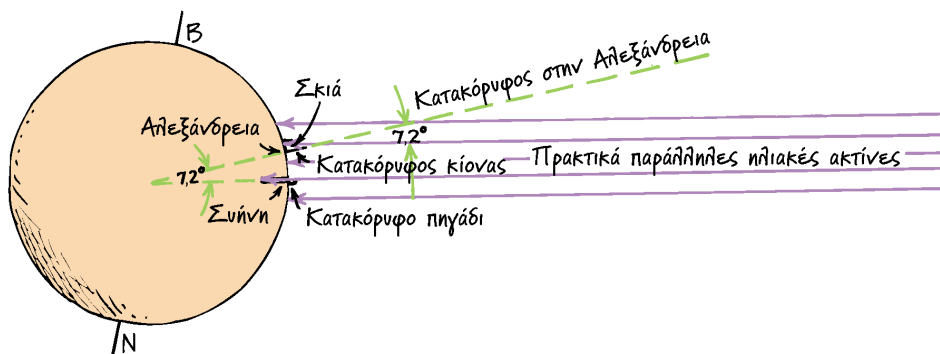
Ανάδειξη, αναγνώριση και διατύπωση ενός προβλήματος	Ποια σώματα πέφτουν πιο γρήγορα; Τα ελαφριά ή τα βαριά;
Διατύπωση μιας εύλογης εικασίας - μιας υπόθεσης - όσον αφορά την απάντηση ή τη λύση	Η ταχύτητα των σωμάτων που πέφτουν δεν εξαρτάται από το βάρος τους
Πρόβλεψη κάποιων παρατηρήσιμων συνεπειών (έλεγχος αν μια υπόθεση είναι σωστή ή εσφαλμένη)	Παρατηρήσιμες πτώσεις σωμάτων (πτώση σωμάτων από τον πύργο της Pisa, πτώση σωμάτων στη σελήνη)
Εκτέλεση πειραμάτων ώστε να διαπιστωθεί αν οι προβλεπόμενες συνέπειες εμφανίζονται	Μέτρηση χρονικών διαστημάτων, διαστημάτων και ταχυτήτων
Διατύπωση συμπερασμάτων	Η ταχύτητα ενός σώματος που εκτελεί ελεύθερη πτώση είναι ανεξάρτητη του βάρους του ($u = g \times t$)

Όπως φαίνεται και από τον πίνακα (δείτε το αριστερό μέρος του πίνακα), η γνώση στις φυσικές επιστήμες απορρέει από τη μελέτη ενός ανοικτού προβλήματος και όχι από την εμπειρία και την παρατήρηση. Η εμπειρία και η παρατήρηση όμως είναι στοιχεία απαραίτητα στην συγκρότησή της. Η εγκυρότητα της γνώσης των φυσικών επιστημών παράγεται μέσω της διατύπωσης υποθέσεων η ορθότητα των οποίων, όμως, πρέπει να ελεγχθεί με βάση κάποιες παρατηρήσιμες συνέπειες που μπορεί να έχουν αυτές οι υποθέσεις (Hewitt, 2007). Έτσι, σχεδιάζονται με βάση τις διάφορες υποθέσεις πειράματα, δηλαδή, ήδη γνωστές φυσικές καταστάσεις οι οποίες όμως μελετώνται μέσα από την οπτική γωνία των υποθέσεων που έχουν διατυπωθεί για την επίλυση του αρχικού προβλήματος. Για παράδειγμα, για να ελεγχθεί η υπόθεση ότι η ταχύτητα των σωμάτων που πέφτουν κατακόρυφα δεν εξαρτάται από το βάρος τους (κεφ. 5), είναι δυνατόν να σχεδιάσουμε ένα πείραμα (πραγματικό ή νοητικό) σχετικό με το φυσικό φαινόμενο της πτώσης των σωμάτων (δείτε δεξιό μέρος του πίνακα). Η πτώση των σωμάτων είναι ένα φαινόμενο που υφίσταται από πάντοτε. Το φαινόμενο αυτό μετασχηματίζεται σε πείραμα όταν το παρατηρούμε υπό την οπτική γωνία μιας υπόθεσης. Οι επιστημονικές υποθέσεις διατυπώνονται ως σχέσεις διαφόρων φυσικών οντοτήτων, δηλαδή οντοτήτων που μπορούν να ποσοτικοποιηθούν και μετρηθούν. Έτσι, στο πείραμα της πτώσης των σωμάτων που προαναφέραμε, η υπό έλεγχο υπόθεση μπορεί να διατυπωθεί ως εξής: Η ταχύτητα με την οποία πέφτει το σώμα είναι ανεξάρτητη του βάρους του. Αποτέλεσμα αυτής της διατύπωσης είναι να κατασκευαστεί μια σχετικά πολύπλοκη συσκευή με την οποία να μπορούμε να μετρήσουμε την (στιγμιαία) ταχύτητα των σωμάτων διαφορετικού βάρους που πέφτουν καθώς και τη χρονική διάρκεια της πτώσης (δείτε στο σχήμα μια τέτοια συσκευή με χρονόμετρο και φωτοκύτταρα τα οποία συνδέονται με ένα μετρητή της ταχύτητας του σώματος που πέφτει). Με βάση συστηματικές και ακριβείς μετρήσεις των διαφόρων φυσικών οντοτήτων που υπεισέρχονται στις διάφορες υποθέσεις, καταλήγουμε σε συμπεράσματα τα οποία επιβεβαιώνουν ή διαψεύδουν τις υποθέσεις. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, οι διάφορες μετρήσεις οδηγούν σε μια σχέση μεταξύ ταχύτητας των σωμάτων που πέφτουν και της χρονικής διάρκειας της πτώσης η οποία επιβεβαιώνει την υπόθεση ότι η ταχύτητα της πτώσης δεν εξαρτάται από το βάρος τους.



Βασικό στοιχείο της επιστημονικής μεθόδου είναι η μέτρηση

Όπως είπαμε και στην προηγούμενη ενότητα, χαρακτηριστικό στοιχείο της επιστημονικής σκέψης είναι το να 'βλέπει' κανείς τα διάφορα φυσικά φαινόμενα ως σχέσεις ανάμεσα σε ποσοτικές φυσικές οντότητες (πχ, χρονική διάρκεια, απόσταση, ταχύτητα, μάζα, όγκος, πυκνότητα, δύναμη, πίεση, ενέργεια κλπ). Οι μετρήσεις στη φυσική είναι είτε άμεσες, με τη χρήση δηλαδή ειδικών οργάνων μέτρησης (ρολόι, μέτρο, ταχύμετρο, ζυγαριά, ογκομετρικός σωλήνας, πυκνόμετρο, δυναμόμετρο, βαρόμετρο, μετρητής ενέργειας κλπ), είτε έμμεσες στις περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή η άμεση μέτρηση (πχ, η μέτρηση της απόστασης γης-σελήνης). Μια διάσημη από την αρχαιότητα έμμεση μέτρηση είναι και η μέτρηση της ακτίνας της γης η οποία προφανώς δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί με άμεσο τρόπο. Η μέτρηση αυτή πραγματοποιήθηκε από τον Ερατοσθένη τον Κυρηναίο. Ο Ερατοσθένης συνέδεσε τη μέτρηση της ακτίνας της γης με τη μέτρηση γωνίας με την οποία πέφτει το ηλιακό φως στη γη (Δείτε το σχήμα). Την πλήρη περιγραφή αυτών των μετρήσεων θα τη διαβάσετε [εδώ](#).



ΕΙΚΟΝΑ ΙΙ Όταν ο Ήλιος μεσουρανή στη Σιώνη, δεν βρίσκεται σε απολύτως κατακόρυφη θέση στην Αλεξάνδρεια, 800 χιλιόμετρα προς Βορράν. Όταν οι ηλιακές ακτίνες εισχωρούν κατευθείαν στο εσωτερικό ενός κατακόρυφου πηγαδιού της Σιώνης, δημιουργούν σκιά σε έναν κατακόρυφο κίονα της Αλεξάνδρειας. Οι κατακόρυφες ευθείες στις δύο τοποθεσίες εκτείνονται μέχρι το κέντρο της Γης, και η μεταξύ τους γωνία είναι ίση με αυτήν που σχηματίζουν οι ακτίνες του Ηλίου με τον κίονα στην Αλεξάνδρεια. Ο Ερατοσθένης μέτρησε ότι η γωνία αυτή είναι ίση με το $1/50$ ενός πλήρους κύκλου. Συνεπώς, η απόσταση Αλεξάνδρειας-Σιώνης είναι το $1/50$ της περιμέτρου της Γης. (Εναλλακτικά, η σκιά του κίονα είναι ίση με το $1/8$ του ύψους του, που σημαίνει ότι η απόσταση μεταξύ των δύο πόλεων είναι ίση με το $1/8$ της ακτίνας της Γης.)

Ένα άλλο παράδειγμα έμμεσης μέτρησης είναι η μέτρηση αποστάσεων μέσω της ταχύτητας του φωτός. Με τη βοήθεια, για παράδειγμα ακτινοβολίας laser, είναι δυνατόν να μετρήσουμε την απόσταση γης – σελήνης. Η ακτινοβολία αυτή προσπίπτει σε σεληνιακούς ανακλαστήρες, ανακλάται και γυρίζει στο μέρος από το οποίο εκπέμφθηκε. Γνωρίζοντας τη ταχύτητα του φωτός και το χρονικό διάστημα της διαδρομής της ακτινοβολίας μπορούμε να υπολογίσουμε την απόσταση που διάνυσε.

Η επιστημονική γνώση έχει κοινωνικές διαστάσεις και σχετίζεται με άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η τεχνολογία και η τέχνη

Στο βιβλίο του 'Χρόνος για φυσικές επιστήμες' ο Αυστραλός επιστημολόγος M. Matthews (2007) περιγράφει πως ένα θέμα φυσικής όπως η κίνηση του απλού εκκρεμούς είναι δυνατόν να συνδεθεί με άλλους κλάδους της ανθρώπινης δραστηριότητας όπως η Θεολογία, η Ιστορία, η Φιλοσοφία και η Τεχνολογία. Για παράδειγμα, η μελέτη της κίνησης του απλού εκκρεμούς σχετίζεται άμεσα με το σημαντικό πρόβλημα της ακριβούς μέτρησης του χρόνου και της κατασκευής ρολογιών ακριβείας τον 17^ο αιώνα. Ένα άλλο παράδειγμα της σχέσης της επιστημονικής γνώσης με άλλες δραστηριότητες του ανθρώπου είναι η σχέση φυσικών επιστημών με τις εικαστικές τέχνες (Κολιόπουλος & Αραπάκη, 2004). Η έννοια του χρώματος είναι διαθεματική, υφίσταται δηλαδή τόσο στο πλαίσιο των φυσικών επιστημών όσο και στο πλαίσιο των εικαστικών τεχνών. Είναι γνωστό πως οι επιστημονικές ιδέες του χημικού P. Chevreuil για την αρμονία των χρωμάτων επηρέασαν τους ιμπρεσιονιστές ζωγράφους. Επίσης, υπάρχουν πλέον πολλά εκπαιδευτικά προγράμματα, όπως αυτό του ερευνητικού οργανισμού [CERN](https://cern.ch) που προσεγγίζουν την μάθηση στις φυσικές επιστήμες μέσω της τέχνης.

Ερωτήσεις

1. Για ποιους λόγους η μέτρηση είναι δυνατόν να θεωρείται θεμελιώδες στοιχείο τόσο των φυσικών επιστημών όσο και των καθημερινών δραστηριοτήτων; Να αναφέρετε μερικές «διάσημες» μετρήσεις.
2. Όταν κοιτάμε τον έναστρο ουρανό το βράδυ, η εικόνα που βλέπουμε είναι μια εικόνα του παρελθόντος. Πως συμβαίνει αυτό;
3. Γιατί όταν ο ήλιος ήταν σε ακριβώς κατακόρυφη θέση στη Σύηνη δεν ήταν σε κατακόρυφη θέση στην Αλεξάνδρεια.
4. Σκιαγραφήστε τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου
5. Πως μπορεί να ελεγχθεί το κατά πόσο μια υπόθεση είναι επιστημονική ή όχι;

Βιβλιογραφία

- Hewitt P. (2007). *Οι έννοιες της φυσικής*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Κολιόπουλος Δ. (2012). Εισαγωγή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στο πρόγραμμα σπουδών των Φυσικών Επιστημών: θεωρητικές αφητηρίες και διδακτικές προσεγγίσεις. Στο Μ. Ευαγόρου & Λ. Αβρααμίδου (Επιμ.) *Θεωρητικές και διδακτικές προσεγγίσεις στις φυσικές επιστήμες*. Εκδ. Διάδραση, 28-51.
- Κολιόπουλος Δ. & Αραπάκη Ξ. (2004). Απόπειρες συνεύρεσης Τέχνης, Επιστήμης και Τεχνολογίας στην προσχολική εκπαίδευση: Σχεδιάζοντας ένα επιμορφωτικό πρόγραμμα για το χρώμα, *Εικαστική Παιδεία*, 20, 156-162.

Matthews M. (2007). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες. Ο ρόλος της ιστορίας και της φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών*. Επίκεντρο.

Κεφάλαιο 2

Οι ιδιότητες της ύλης

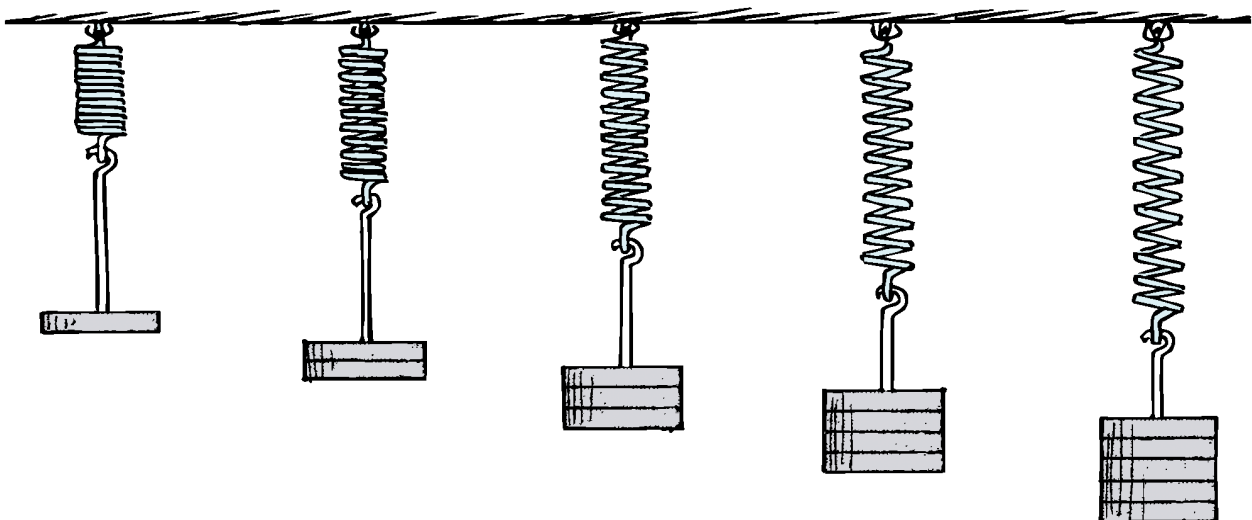
Η ύλη εμφανίζεται με τέσσερεις φυσικές καταστάσεις. Την στερεή, την υγρή, την αέρα και το πλάσμα. Σχετικά άγνωστη στο ευρύ κοινό είναι η κατάσταση της ύλης σε μορφή πλάσματος. Το πλάσμα είναι ένα ηλεκτρισμένο αέριο. Ο ήλιος και άλλα άστρα αποτελούνται ως επί το πλείστον από ύλη σε κατάσταση πλάσματος (Hewitt, 2007). Στη συνέχεια, θα περιγράψουμε ορισμένες βασικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τις τρεις γνωστές καταστάσεις της ύλης: την στερεή, την υγρή και την αέρα. Επίσης, θα μας απασχολήσει τι συμβαίνει όταν τα στερεά σώματα αλληλεπιδρούν με τα υγρά και ιδιαίτερα το φαινόμενο της πλεύσης και της βύθισης των σωμάτων. Η ύλη σε όλες τις καταστάσεις της χαρακτηρίζεται από πέντε πολύ βασικές φυσικές οντότητες οι οποίες μάλιστα, στην καθημερινή ζωή, συγχέονται από πολλούς ανθρώπους και κυρίως από τα μικρά παιδιά. Οι οντότητες αυτές είναι η μάζα, ο όγκος, η πυκνότητα, το βάρος και το ειδικό βάρος. Η μάζα, ο όγκος και το βάρος συνδέονται με τα διάφορα υλικά σώματα, ενώ η πυκνότητα και το ειδικό βάρος χαρακτηρίζουν τα υλικά (τις ουσίες) από τα οποία αποτελούνται τα σώματα. Μάζα έχει ένα δακτυλίδι φτιαγμένο από χρυσό, αλλά πυκνότητα έχει ο χρυσός. Στον παρακάτω πίνακα συγκρίνονται οι πέντε αυτές βασικές φυσικές οντότητες που στην καθομιλουμένη θα μπορούσαμε να ονομάσουμε και ιδιότητες της ύλης.

Βάρος	Μάζα	Ειδικό βάρος	Πυκνότητα	Όγκος
Η δύναμη που δέχεται ένα σώμα μέσα σε ένα πεδίο βαρύτητας	Η ποσότητα της ύλης από την οποία αποτελείται ένα σώμα	Ειδ. βάρος = Βάρος/Όγκος	Πυκνότητα = Μάζα/Όγκος	Ο χώρος τον οποίο καταλαμβάνει η ποσότητα ύλης
Χαρακτηρίζει μια αλληλεπίδραση	Χαρακτηρίζει ένα σώμα	Χαρακτηρίζει το υλικό από το οποίο αποτελείται το σώμα σε συγκεκριμένες συνθήκες αλληλεπίδρασης	Χαρακτηρίζει το υλικό από το οποίο αποτελείται το σώμα	Χαρακτηρίζει ένα σώμα
Αλλάζει όταν αλλάζει η αλληλεπίδραση	<u>Δεν</u> αλλάζει όταν αλλάζει η αλληλεπίδραση	Αλλάζει όταν αλλάζει η αλληλεπίδραση	Φυσική σταθερά	<u>Δεν</u> αλλάζει όταν αλλάζει η αλληλεπίδραση
Δυναμόμετρο	Ζυγαριά	Έμμεση μέτρηση (Ειδ. βάρος = Βάρος/Όγκος)	- Πυκνόμετρο - Έμμεση μέτρηση (Πυκνότητα = Μάζα/Όγκος)	- Ογκομετρικός σωλήνας - Έμμεση μέτρηση (των διαστάσεων του σώματος)
1 Nt	1 Kgr	1 Nt/m ³	1 Kgr /m ³ ή 1 gr/ml	1 m ³ ή 1 cm ³ (1ml)

Το βάρος (και το ειδικό βάρος) είναι οι μόνες οντότητες που χαρακτηρίζουν μια *αλληλεπίδραση* και όχι το ίδιο το σώμα ή το υλικό από το οποίο αποτελείται. Δεν είναι δηλαδή ιδιότητες του ίδιου του σώματος ή του υλικού αλλά μια ιδιότητα της αλληλεπίδρασης των σωμάτων με άλλα σώματα ή πεδία δυνάμεων. Στο συγκεκριμένο πίνακα μπορείτε να βρείτε στην πρώτη γραμμή ένα ορισμό για κάθε φυσική οντότητα, στη δεύτερη γραμμή αν πρόκειται για οντότητα που χαρακτηρίζει ένα σώμα, ένα υλικό ή μια αλληλεπίδραση μεταξύ σωμάτων, στην τρίτη γραμμή αν η οντότητα μεταβάλλεται αν μεταβληθεί το μέτρο της αλληλεπίδρασης, στην τέταρτη γραμμή τη *μονάδα μέτρησης* της φυσικής οντότητας και στην Πέμπτη γραμμή τα *όργανα* ή τον *τρόπο μέτρησης* αυτής της οντότητας. Στη συνέχεια θα ασχοληθούμε με τρεις βασικές οντότητες που χαρακτηρίζουν σώματα ή αλληλεπιδράσεις: την ελαστικότητα που χαρακτηρίζει τα στερεά σώματα, την άνωση που χαρακτηρίζει την αλληλεπίδραση υγρών (γενικότερα ρευστών) και στερών σωμάτων και την πίεση που χαρακτηρίζει κυρίως τα αέρια σώματα.

Η ελαστικότητα των στερών σωμάτων

Ελαστικότητα είναι η ιδιότητα ενός σώματος να αλλάζει το σχήμα του όταν ασκείται πάνω του μια δύναμη παραμόρφωσης και να ανακτά το αρχικό του σχήμα όταν η δύναμη αυτή πάψει να εφαρμόζεται (Hewitt, 2007, σελ. 236). Το *ελατήριο* είναι ένα σώμα που εξ αιτίας της ιδιαίτερης κατασκευής του είναι κατάλληλο για τη μελέτη της ελαστικότητας των σωμάτων. Ο Hooke, βρετανός επιστήμονας σύγχρονος του Νεύτωνα, μελέτησε σε βάθος την ιδιότητα αυτή των ελατηρίων και κατάληξε στη σχέση: 'Η δύναμη (που ασκείται σε ένα ελατήριο) είναι ανάλογη της *επιμήκυνσης* (του ελατηρίου)'. Η ποσοτικοποίηση της ελαστικότητας εμφανίστηκε, λοιπόν, μέσω της φυσικής οντότητας 'επιμήκυνση' και της σχέσης της με τη φυσική οντότητα 'δύναμη'.





Τη διαδικασία με την οποία διαπιστώνεται η σχέση αναλογίας μεταξύ δύναμης και επιμήκυνσης μπορείτε να τη δείτε [εδώ](#). Αν ένα ελατήριο ή ένα σώμα επιμηκυνθεί τόσο ώστε να μη μπορεί να επανέλθει στην αρχική του θέση τότε αυτό σημαίνει ότι παύει να είναι ελαστικό και παραμένει παραμορφωμένο. Το *όριο ελαστικότητας* για ένα συγκεκριμένο αντικείμενο (πχ, ελατήριο) είναι η επιμήκυνση εκείνη πάνω από την οποία τα συγκεκριμένο σώμα παραμορφώνεται μόνιμα.

Η σχέση του Hooke (ή 'νόμος του Hooke') απεδείχθη και τεχνολογικά χρήσιμη γιατί μας επιτρέπει να κατασκευάσουμε το πολύ γνωστό όργανο μέτρησης του βάρους των σωμάτων, το *δυναμόμετρο*. Η αναλογία μεταξύ μήκους και δύναμης

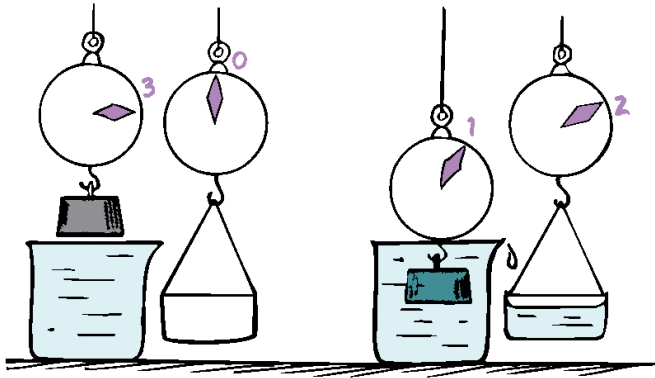
καθιστά δυνατή τη βαθμονόμηση ενός κανόνα σε μονάδες δύναμης (όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα).

Η αρχή του Αρχιμήδη

Πολλά χρόνια πριν από τον Hooke, ο Αρχιμήδης από τις Συρακούσες είχε διατυπώσει (όχι βέβαια στη σύγχρονη γλώσσα της φυσικής) μια άλλη σχέση μεταξύ δύο φυσικών οντοτήτων: της *άνωσης* (A) και του *βάρους* ($B_{υγρ}$) του υγρού που εκτοπίζεται όταν ένα σώμα βυθίζεται (ή επιπλέει) σε ένα υγρό. Η σχέση αυτή, γνωστή και ως 'αρχή του Αρχιμήδη', είναι μια απλή σχέση ισότητας: Η δύναμη της άνωσης που ασκείται σε ένα στερεό σώμα όταν αυτό βυθίζεται (ή επιπλέει) σε ένα υγρό είναι ίση με το βάρος του υγρού που εκτοπίζεται.

Η άνωση ουσιαστικά κάνει τα σώματα που βρίσκονται (μέρος τους ή ολόκληρα) μέσα σε κάποιο υγρό να φαίνονται ελαφρύτερα. Στο επόμενο σχήμα μπορεί να δει κανείς ότι ένα σώμα φαίνεται τόσο ελαφρύτερο όση είναι το βάρος του υγρού που εκτοπίζεται όταν το σώμα βυθιστεί στο υγρό. Με άλλα λόγια, η διαφορά της ένδειξης του δυναμόμετρου πριν και μετά τη βύθιση του σώματος (το πόσο ελαφρύτερο φαίνεται δηλαδή το σώμα) είναι ίση με την δύναμη που του ασκεί το υγρό (την άνωση).

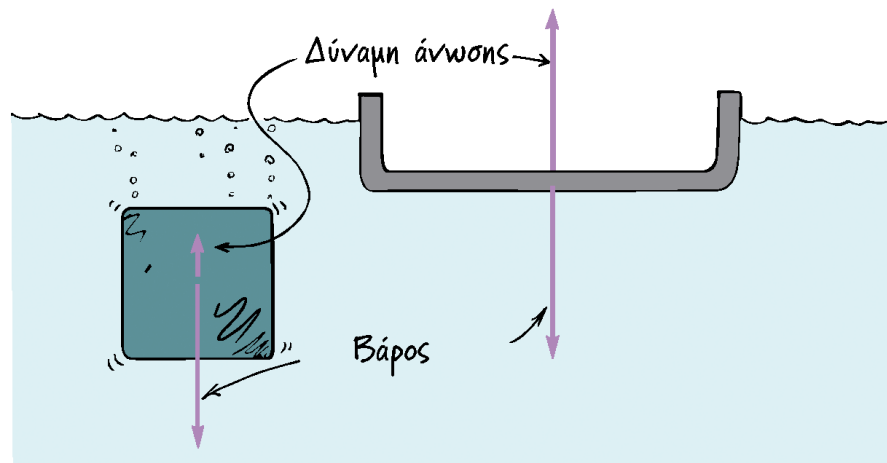
Το μέγεθος της άνωσης που υφίστανται τα διάφορα σώματα εξαρτάται από δύο παράγοντες – φυσικές οντότητες: (α) τον *όγκο του βυθισμένου στο υγρό μέρους* του σώματος και (β) το *ειδικό βάρος του υγρού* μέσα στο οποίο βυθίζεται (μέρος ή ολόκληρο) το σώμα. Έτσι, για παράδειγμα, το



ΕΙΚΟΝΑ 13.12 Ένα σώμα ζυγίζει περισσότερο στον αέρα απ' ό,τι στο νερό. Όταν το βαρίδι της εικόνας, που έχει βάρος 3 N στον αέρα, είναι βυθισμένο στο νερό, φαίνεται να ζυγίζει μόνο 1 N. Το βάρος που «κάνεται», 2 N, ισούται με το βάρος του εκτοπιζόμενου νερού, που ισούται με τη δύναμη της άνωσης.

ίδιο σώμα βυθισμένο σε διαφορετικά υγρά (πχ, σε νερό ή σε αλατόνερο) δέχεται διαφορετική άνωση. Μπορείτε να το διαπιστώσετε αυτό αν προσθέτετε συνεχώς αλάτι σε ένα δοχείο με νερό μέσα στο οποίο είναι βυθισμένο ένα αυγό. Δείτε το σχετικό [βίντεο](#). Επίσης, αν καταφέρουμε να αλλάξει το σχήμα ενός σώματος έτσι ώστε ο όγκος του βυθισμένου τμήματος του να γίνει μεγαλύτερος, τότε και η άνωση που θα του ασκηθεί θα είναι μεγαλύτερη (δείτε το σχήμα).

ΕΙΚΟΝΑ 13.15 Ένας σιδερένιος κύβος βυθίζεται, ενώ μια σιδερένια λεκάνη που αποτελείται από την ίδια ποσότητα υλικού επιπλέει.



Τέλος, χάρη στην αρχή του Αρχιμήδη, μπορούμε να κατασκευάσουμε ένα κριτήριο με το οποίο να μπορούμε να προβλέψουμε ποια ομογενή σώματα θα βυθιστούν και ποια θα επιπλέουν. Ομογενή είναι τα σώματα η ποσότητα ύλης των οποίων είναι ίδια κατανεμημένη σε όλο τον όγκο τους. Το κριτήριο αυτό παρουσιάζεται σχηματικά στον επόμενο πίνακα. Το κριτήριο ισχύει για σώματα που είναι εξ ολοκλήρου βυθισμένα μέσα στο υγρό.

Με βάση την έννοια 'Άνωση'	Με βάση την έννοια 'Πυκνότητα'
Αν $A > B$, τότε το σώμα επιπλέει	Αν $\rho_{\text{υγρού}} > \rho_{\text{σώματος}}$ τότε το σώμα επιπλέει
Αν $A = B$ τότε το σώμα αιωρείται μέσα στο υγρό	Αν $\rho_{\text{υγρού}} = \rho_{\text{σώματος}}$ τότε το σώμα αιωρείται μέσα στο υγρό
Αν $A < B$ τότε το σώμα βυθίζεται	Αν $\rho_{\text{υγρού}} < \rho_{\text{σώματος}}$ τότε το σώμα βυθίζεται

Με βάση την έννοια της άνωσης, αν ένα ομογενές σώμα είναι βυθισμένο εξ ολοκλήρου στο υγρό, τότε αν η άνωση που του ασκείται είναι ίση με το βάρος του τότε το σώμα αιωρείται μέσα στο υγρό, αν η άνωση είναι μεγαλύτερη από το βάρος του τότε το σώμα ανεβαίνει προς την επιφάνεια και τελικά επιπλέει όταν η άνωση γίνει ίση με το βάρος του και, τέλος, αν το βάρος είναι μεγαλύτερο από την άνωση τότε το σώμα βυθίζεται μέσα στο υγρό. Αν χρησιμοποιήσουμε την έννοια της πυκνότητας, τότε η εφαρμογή του κριτηρίου γίνεται πιο απλή. Αν το εξ ολοκλήρου βυθισμένο ομογενές σώμα έχει πυκνότητα ίση με αυτή του υγρού, τότε το σώμα αιωρείται μέσα στο υγρό. Αν η πυκνότητά του είναι μικρότερη από αυτή του υγρού, τότε το σώμα ανεβαίνει προς την επιφάνεια και τελικά επιπλέει. Τέλος, αν το σώμα έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από αυτή του υγρού τότε το σώμα βυθίζεται. Την εφαρμογή του κριτηρίου μπορείτε να τη δείτε σε μια εξαιρετική παλιά [ταινία](#) της εκπαιδευτικής τηλεόρασης της πρώην ΕΡΤ. Η χρήση της έννοιας της 'πυκνότητας' φαίνεται να είναι πολύ πιο εύκολη υπόθεση (σε σχέση με τη χρήση της έννοιας της άνωσης) ακόμη και για παιδιά προσχολικής ηλικίας (Τάνταρος κ.ά., 2004).

Η ιστορία της ατμοσφαιρικής πίεσης

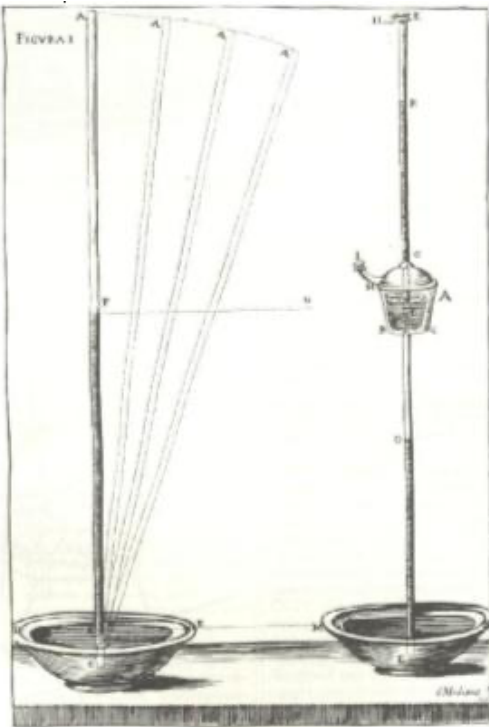
Μια χαρακτηριστική φυσική οντότητα που χαρακτηρίζει τα αέρια σώματα είναι η πίεση. Πιο γνωστή σε όλους μας από τα μετεωρολογικά δελτία είναι η ατμοσφαιρική πίεση, η πίεση δηλαδή του αέρα. Η ατμοσφαιρική πίεση γεννήθηκε σαν έννοια στις αρχές του 17^{ου} αιώνα και η αφήγηση της συγκρότησης αυτής της έννοιας έχει ενδιαφέρον γιατί εμφανίζονται πολλά στοιχεία που χαρακτηρίζουν τη φύση των σύγχρονων φυσικών επιστημών (Δαπόντες, 1985). Δείτε επίσης το κεφ. 1.

Το πρόβλημα

Βρισκόμαστε στις αρχές του 17ου αιώνα. Η ατμοσφαιρική πίεση είναι έννοια για την οποία οι άνθρωποι της εποχής δεν είχαν την παραμικρή ιδέα. Εκείνο που γνώριζαν πραγματικά ήταν πώς να βγάσουν νερό από ένα πηγάδι με τη χρήση της αντλίας. Η ανύψωση του νερού στο σωλήνα της αντλίας μπορούσε να εξηγηθεί με την επίκληση του Αριστοτελικού δόγματος που υποστήριζε ότι η «Η φύση απεχθάνεται το κενό». Ένα απρόσμενο γεγονός προκαλεί τα πρώτα ερωτήματα. Το νερό του σωλήνα της αντλίας αρνείται να ανέβει σε ύψος μεγαλύτερο από δέκα περίπου μέτρα (10,3 m). Ο κηπουρός που διαπίστωσε το παράξενο φαινόμενο ζήτησε από το Γαλιλαίο να του εξηγήσει τι συμβαίνει.

Η εξήγηση του Torricelli

Ένα μόλις χρόνο μετά το θάνατο του Γαλιλαίου, το 1643, ο μαθητής του Torricelli αμφισβητεί το Αριστοτελικό δόγμα και προτείνει τη δική του ερμηνεία για το φαινόμενο. Πρώτα απ' όλα υποθέτει ότι η Γη ολόκληρη «κολυμπάει» μέσα σε ωκεανό από αέρα ο οποίος εξαιτίας του βάρους του προκαλεί πίεση στην επιφάνεια της γης. Η πρωτότυπη σκέψη του βασίστηκε στη γνώση ότι ο αέρας έχει βάρος και στη μεταφορά της γνωστής έννοιας 'πίεση' από τα υγρά στον ατμοσφαιρικό αέρα. Ισχυρίζεται ότι η πίεση στην επιφάνεια του νερού θα πρέπει να είναι το αίτιο για την ανύψωση του νερού στο σωλήνα της αντλίας. Διατυπώνει, έτσι, μια υπόθεση τολμηρή αφού έχει το πνευματικό

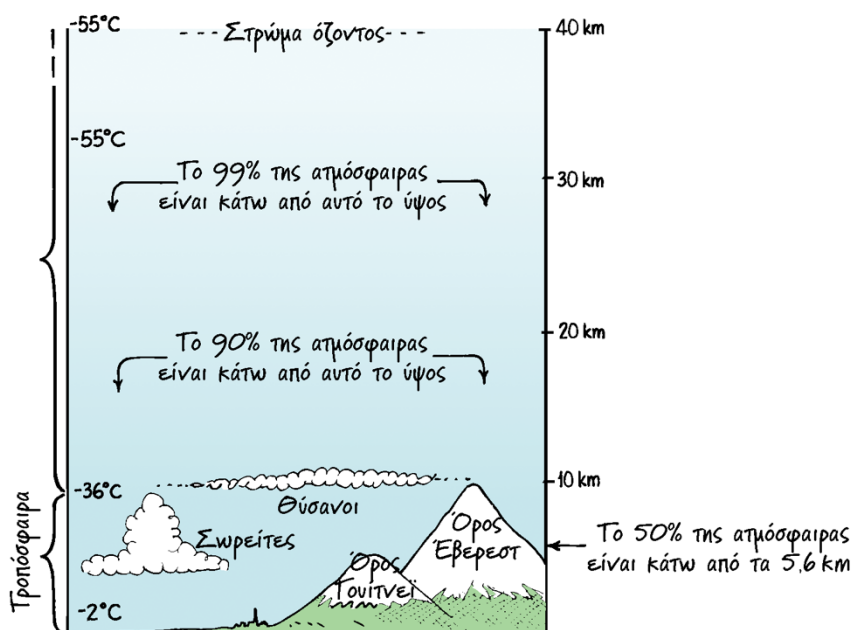


θάρος να αγνοήσει το κυρίαρχο δόγμα που κανείς, στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν τολμούσε να θέσει σε αμφισβήτηση. Ένας απευθείας έλεγχος της υπόθεσης δεν είναι δυνατός. Ο Torricelli μπροστά στη δυσκολία, προσανατολίζει τη σκέψη του σε μια έμμεση επαλήθευση. Σκέφτεται πως αν αντικαταστήσει το νερό του σωλήνα μ' ένα άλλο υγρό μεγαλύτερου ειδικού βάρους, όπως είναι ο υδράργυρος, η πίεση του αέρα θα μπορούσε αυτή τη φορά να εξισορροπήσει μια στήλη υδραργύρου σε ύψος μικρότερο από 10,3 μέτρων. Είναι σε θέση, μάλιστα, να προβλέψει ακριβώς πόσο θα είναι αυτό το ύψος, αφού γνωρίζει ότι το ειδικό βάρος του υδραργύρου είναι περίπου 14 φορές μεγαλύτερο απ' αυτό του νερού. Στη συνέχεια,

υπολογίζει ότι ο υδράργυρος θα πρέπει να συγκρατείται εντός του σωλήνα σε ύψος 76 εκατοστών. Επιπλέον, ο Torricelli δεν είχε παρά να επινοήσει μια πειραματική διάταξη η οποία να του επιτρέπει την επαλήθευση της πρόβλεψής του. Με μια απλή και έξυπνη στη σύλληψη διάταξη (δείτε το διπλανό σχήμα), η πρόβλεψη του βγαίνει αληθινή. Ο υδράργυρος επίμονα στέκεται σε ύψος 76 εκατοστών από την επιφάνεια του υδραργύρου της λεκάνης, ακόμα κι αν ο σωλήνας βρίσκεται σε κλίση. Και πάλι όμως οι αντίπαλοι της ιδέας της ατμοσφαιρικής πίεσης δεν πείθονται. Ο Pascal, σύγχρονος επιστήμονας του Torricelli, αναλαμβάνει να πραγματοποιήσει ακόμη ένα πείραμα επιβεβαίωσης αυτής της ιδέας. Ο Pascal για να επιβεβαιώσει τις ιδέες του Torricelli επαναλαμβάνει το πείραμά του σε μεγάλο υψόμετρο.

Το πείραμα του Pascal

Η υπόθεση του Torricelli γοήτευσε τον Pascal ο οποίος κατανόησε τη σημασία που θα είχε η πραγματοποίηση ενός αποφασιστικού (κρίσιμου) πειράματος. Σκέφτηκε ότι η πίεση του αέρα σ' ένα ψηλό βουνό θα είναι μικρότερη απ' αυτήν στην πεδιάδα. Διατυπώνει την εξής υπόθεση: αν η πίεση του αέρα είναι πράγματι το αίτιο για την ανύψωση του υδραργύρου στο βαρομετρικό σωλήνα του Torricelli, τότε σε ένα ορισμένο υψόμετρο ο υδράργυρος θα στεκόταν σε ύψος μικρότερο από 76 εκατοστά. Ο Pascal ζούσε στη Νορμανδία μια περιοχή χωρίς ψηλά βουνά. Ζήτησε, λοιπόν, από το γαμπρό του Perier που κατοικούσε στο Clermond-Ferrand να πραγματοποιήσει το πείραμα για να επαληθευθεί οριστικά η υπόθεση του Torricelli. Το 1648 ο Perier ακολουθεί τις λεπτομερείς οδηγίες του Pascal και κάνει τις απαραίτητες μετρήσεις. Τα δεδομένα από το πείραμα δικαιώνουν τον Torricelli και δίνουν το τελειωτικό χτύπημα στο δόγμα «η φύση απεχθάνεται το κενό». Από τότε, μια καινούρια εποχή ανοίγεται στη μελέτη των αερίων. Σήμερα γνωρίζουμε ότι η ατμοσφαιρική πίεση μειώνεται όσο ανεβαίνουμε προς τα υψηλότερα επίπεδα της ατμόσφαιρας όπως στο παρακάτω σχήμα.



ΕΙΚΟΝΑ 14.1 Η ατμόσφαιρα της Γης. Ο αέρας είναι πιο συμπιεσμένος στη στάθμη της θάλασσας απ' ό,τι στα μεγαλύτερα υψόμετρα. Όπως ένας τεράστιος σωρός από φτερά, ο αέρας στον «υψιβάνα» συμπιέζεται περισσότερο από τον αέρα στην κορυφή.

Η συσκευή του Torricelli κατάλληλα βαθμονομημένη είναι το λεγόμενο *υδραργυρικό βαρόμετρο*. Σήμερα υπάρχουν και άλλα πιο σύγχρονα βαρόμετρα για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης (δείτε την επόμενη εικόνα).

Η γνώση της έννοιας της ατμοσφαιρικής πίεσης μπορεί να εξηγήσει μια σειρά από ενδιαφέροντα φυσικά φαινόμενα και ιδιαίτερα εκείνα που οφείλονται σε διαφορές της ατμοσφαιρικής πίεσης. Όταν δηλαδή, δύο περιοχές αέρα που βρίσκονται σε επαφή έχουν ή αποκτούν διαφορετική ατμοσφαιρική πίεση, τότε παρατηρούνται συνήθως μετακινήσεις αερίων, υγρών ή στερεών σωμάτων ή/και παραμορφώσεις στερεών σωμάτων. Αλλά και άλλες μη αναμενόμενες φυσικές καταστάσεις. Η επόμενη δραστηριότητα, που προέρχεται από το βιβλίο του Π. Κουμαρά 'Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της φυσικής' (2003), περιγράφει ένα τέτοιο χαρακτηριστικό φαινόμενο. Περισσότερες δραστηριότητες μπορείτε να βρείτε και [εδώ](#).



Το τσαλάκωμα του αλουμινένιου κουτιού

Τι χρειάζεσαι: ένα αλουμινένιο κουτί αναψυκτικού, νερό, ένα πιάτο, ηλεκτρικό μάτι, ή γκαζάκι για θέρμανση.

Τι θα κάνεις: Ρίξε λίγο νερό στο κουτί, 2-3 κουταλιές, και τοποθέτησέ το στο αναμμένο ηλεκτρικό μάτι. Αφού το νερό βράσει για λίγο και αρχίσουν να βγαίνουν υδρατμοί, πιάσε το κουτί με ένα πανί και βάλτο κατακόρυφα με το στόμιο προς τα κάτω, σε ένα πιάτο με κρύο νερό. Σπρώξε ελαφρά τον πάτο του κουτιού προς το κάτω με τη βοήθεια του πανιού, ώστε τα χείλη του να εφαρμόζουν καλά στον πάτο του πιάτου.

Τι θα δεις: Το αλουμινένιο κουτί τσαλακώνεται.

Το φούσκωμα του μπαλονιού

Η παραμόρφωση του κουτιού οφείλεται στο ότι ο αέρας μέσα στο κουτί αποκτά πολύ μικρότερη πίεση από τον εξωτερικό αέρα. Η πίεση μέσα στο κουτί μειώθηκε αρκετά γιατί μειώθηκε η ποσότητα του αέρα εξ αιτίας της ψύξης του (δείτε και κεφ. 3). Η διαφορά εξωτερικής και εσωτερικής πίεσης δημιούργησε δυνάμεις απ' έξω προς τα μέσα οι οποίες παραμόρφωσαν το κουτί.



Ένα άλλο φαινόμενο είναι το εξής: Η διόγκωση ενός μπαλονιού που βρίσκεται μέσα σε μια συσκευή από την οποία αφαιρούμε τον αέρα με μια αντλία (δείτε την εικόνα). Η πίεση του αέρα που βρίσκεται μέσα στην στο δοχείο μειώνεται αφού αφαιρείται ο αέρας. Η πίεση όμως του αέρα που βρίσκεται μέσα στο μπαλόνι παραμένει η ίδια (είναι δηλαδή μεγαλύτερη από την πίεση του

αέρα που βρίσκεται μέσα στην αντλία κενού. Συνεπώς ο αέρας μέσα στο μπαλόνι τείνει να διασταλεί (το μπαλόνι φουσκώνει).

Ερωτήσεις

1. Όταν μια φρατζόλα ψωμιού συμπιέζεται τα παθαίνει ο όγκος της; Η μάζα της; Η πυκνότητά της;
2. Τι έχει μεγαλύτερη πυκνότητα, μια βαριά ράβδος από ατόφιο χρυσό ή ένα δαχτυλίδι από ατόφιο χρυσό; Αιτιολογείτε την απάντησή σας.
3. Γιατί λέμε ότι ένα ελατήριο είναι ελαστικό;
4. Τι δηλώνει το όριο ελαστικότητας για ένα συγκεκριμένο αντικείμενο; Αν ένα αντικείμενο μάζας 1 Kgf επιμηκύνει ένα ελατήριο κατά 2 cm όταν αναρτάται σε αυτό, κατά πόσο θα επιμηκυνθεί το ελατήριο αν αναρτήσουμε σε αυτό φορτίο μάζας 3 Kgf;
5. Πόση είναι η άνωση που ασκείται σε ένα βυθισμένο σώμα σε σχέση με το βάρος του εκτοπιζομένου υγρού;
6. Αν ένα δοχείο ενός λίτρου (lt) είναι βυθισμένο κατά το ήμισυ στο νερό, πόσος είναι ο όγκος του εκτοπιζομένου νερού; Πόση είναι στην περίπτωση αυτή η δύναμη της άνωσης στο δοχείο;
7. Ένα κομμάτι αλουμίνιο όγκου 10 cm³ τοποθετείται σε ένα ποτήρι γεμάτο νερό μέχρι τα χείλη. Το ποτήρι ξεχειλίζει. Κάνουμε το ίδιο σε ένα άλλο ποτήρι με ένα κομμάτι μόλυβδο όγκου 10 cm³. Το κομμάτι του μόλυβδου εκτοπίζει μεγαλύτερη, μικρότερη ή την ίδια ποσότητα νερού; Γιατί;
9. Ποια είναι η αιτία της ατμοσφαιρικής πίεσης;
10. Σε ποιο ύψος από τη στάθμη της θάλασσας πρέπει να ανεβείτε για να έχετε από κάτω τη μισή ατμόσφαιρα;
11. Όταν πίνετε ένα υγρό με καλαμάκι, το υγρό αναρροφάται ή ωθείται προς τα πάνω; Τι είναι αυτό που το ωθεί; Αιτιολογείστε την απάντησή σας.
12. Τι θα συνέβαινε στα αντικείμενα ενός αεροπλάνου που πετά σε ύψος 10 Km αν, παρ' ελπίδα, άνοιγε μια τρύπα σε αυτό;

Βιβλιογραφία

- Δαπόντες, Ν. (1985). Ένα πείραμα – υπόδειγμα ηλικίας τριακοσίων πενήντα περίπου χρόνων. *Φυσικός Κόσμος*, 100.
- Hewitt P. (2007). *Οι έννοιες της φυσικής*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Τάνταρος Σ., Κολιόπουλος Δ., Παπανδρέου Μ. & Ραβάνης Κ. (2004). Επίπλευση και βύθιση των σωμάτων: Πρόδρομα μοντέλα και συμβολικές παραστάσεις. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Έρευνα και Πράξη*, 7, 31-36.

Κεφάλαιο 3

Τα θερμικά φαινόμενα

Θερμικά φαινόμενα εμφανίζονται όταν συμβαίνει θέρμανση ή ψύξη των διαφόρων σωμάτων. Τα



αποτελέσματα αυτής της φυσικής διαδικασίας μπορούμε να τα κατατάξουμε σε τέσσερις διαφορετικές ομάδες φαινομένων¹:

(α) *Αύξηση (ή μείωση ή διατήρηση) της θερμοκρασίας των σωμάτων.* Τέτοια παραδείγματα είναι: η αύξηση της θερμοκρασίας μιας ποσότητας νερού σε ένα δοχείο που θερμαίνεται όταν το τοποθετήσουμε πάνω σε ένα «μάτι»

κουζίνας, η μείωση της θερμοκρασίας μιας ποσότητας νερού όταν ψύχεται μέσα στη συντήρηση ψυγείου, η αυξομείωση της θερμοκρασίας δύο ποσοτήτων νερού (θερμό και ψυχρό νερό) όταν τις αναμίξουμε και η διατήρηση της θερμοκρασίας του αέρα σε ανεκτά επίπεδα ένα χειμωνιάτικο βράδυ σε ένα καλά μονωμένο δωμάτιο που θερμαίνεται με καλοριφέρ. Στις περιπτώσεις αυτές διαπιστώνουμε, κυρίως με τη χρήση θερμομέτρου την αύξηση, μείωση ή διατήρηση στα ίδια επίπεδα της θερμοκρασίας των διαφόρων σωμάτων. Πρέπει να επισημανθεί ότι η λέξη θέρμανση δεν σχετίζεται πάντοτε με την έννοια 'θερμό' που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή ζωή. Μπορεί, για παράδειγμα, να υπάρχει θέρμανση στη συντήρηση ενός ψυγείου (αν τοποθετηθεί τροφή θερμοκρασίας χαμηλότερης από 5° C τότε αυτή θα θερμανθεί).

(β) *Αλλαγή φυσικής κατάστασης των σωμάτων.* Τέτοια παραδείγματα είναι: Η τήξη (λιώσιμο) πάγου μέσα σε ένα ποτήρι με πορτοκαλάδα, η εξάτμιση μιας ποσότητας οινοπνεύματος πάνω στο χέρι μας, ο βρασμός (βράσιμο) μιας ποσότητας τσαγιού και το θάμπωμα τζαμιών του αυτοκινήτου μια βροχερή μέρα. Τα φαινόμενα αυτά είναι πολύ γνωστά στη φύση ιδιαίτερα όταν εμφανίζονται σε μεγάλη κλίμακα (σχηματισμός νεφών, βροχή, εμφάνιση πάγων κλπ). Η εμφάνιση του νερού σε τρεις διαφορετικές καταστάσεις (υγρή, στερεή και αέρια και οι διαδικασίες μετασχηματισμού από την μία στην άλλη ονομάζονται 'κύκλος του νερού'. Κατά τη διάρκεια αλλαγής της φυσικής κατάστασης των σωμάτων η θερμοκρασία τους παραμένει σταθερή. Μάλιστα η θερμοκρασία αυτή για κάθε διαφορετική ουσία αποτελεί και μια φυσική σταθερά (δηλαδή παραμένει η ίδια, ανεξάρτητα από την ποσότητα της ύλης που αλλάζει τη φυσική της κατάσταση. Για παράδειγμα, για το αποσταγμένο νερό, όταν αυτό βράζει, η θερμοκρασία βρασμού είναι 100° C.

¹ Υπάρχουν και άλλες κατηγορίες φαινομένων όπως οι χημικές μεταβολές που δεν θα μας απασχολήσουν εδώ.

(γ) *Αλλαγή μεγέθους των σωμάτων.*

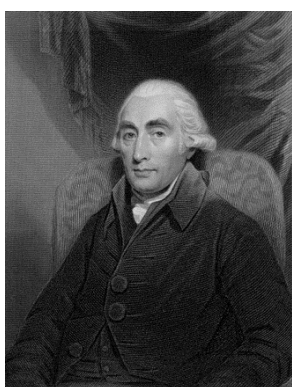
Πρόκειται για τις γνωστή διαστολή και συστολή των σωμάτων.

Π.χ., η διαστολή / συστολή μιας μεταλλικής ράβδου (γραμμές τραίνου), η διαστολή ή συστολή του υδραργύρου σε ένα υδραργυρικό θερμόμετρο και η διαστολή του αέρα μέσα σε ένα μπαλόνι. Όταν τα σώματα θερμαίνονται, τότε διαστέλλονται, ενώ όταν ψύχονται συστέλλονται, εκτός από το νερό το οποίο ακολουθεί αντίθετη πορεία ανάμεσα τους 0°C και στους 4°C ('ανωμαλία διαστολής ύδατος').

(δ) *Δημιουργία κίνησης.* Η θέρμανση των σωμάτων μπορεί να δημιουργήσει κίνηση. Το πιο γνωστό παράδειγμα είναι η λειτουργία της ατμομηχανής. Η δημιουργία κίνησης εξ αιτίας της θέρμανσης νερού (και της μετατροπής του σε ατμό) ή της θέρμανσης αέρα είναι φαινόμενα γνωστά από την αρχαιότητα, (πχ ο υδροστρόβιλος του Ήρωνα), αλλά η μετατροπή τους σε τεχνολογικά φαινόμενα συμβαίνει μετά τον 18^ο αιώνα με τεράστιες κοινωνικές επιπτώσεις (βιομηχανική επανάσταση, βελτίωση της ποιότητας της καθημερινής ζωής, ανεξέλεγκτη ρύπανση της ατμόσφαιρας εξ αιτίας της καύσης ρυπογόνων καυσίμων για τη θέρμανση του νερού).

Η εξήγηση των θερμικών φαινομένων (θερμοκρασία – θερμότητα)

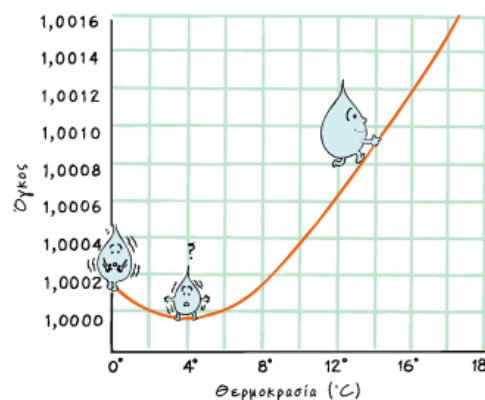
Μια πρώτη ποιοτική εξήγηση όλων των παραπάνω φαινομένων δίδεται από ένα εννοιολογικό



πλαίσιο βασικό στοιχείο του οποίου είναι η διάκριση των εννοιών 'θερμοκρασία' και 'θερμότητα'. Ιστορικά, μόνον όταν επιτεύχθηκε αυτή η διάκριση, άρχισαν οι επιστήμονες (όπως ο Joseph Black) να αντιλαμβάνονται πως εξηγούνται τα θερμικά φαινόμενα. Η εξήγηση αυτή βασίζεται στο λεγόμενο 'μοντέλο των ενεργειακών αλυσίδων' (Κολιόπουλος, 2014) όπου η θερμότητα θεωρείται μια οντότητα που η βασική της ιδιότητα είναι η *μεταφορά* της από θερμότερα σε ψυχρότερα σώματα (αλληλεπιδραστική ιδιότητα). Αντιθέτως, η θερμοκρασία είναι μια οντότητα που χαρακτηρίζει τα ίδια τα σώματα (σε σχέση πάντοτε με το περιβάλλον τους) και συγκεκριμένο το πόσο 'θερμά' ή 'ψυχρά' είναι (καταστατική ιδιότητα).

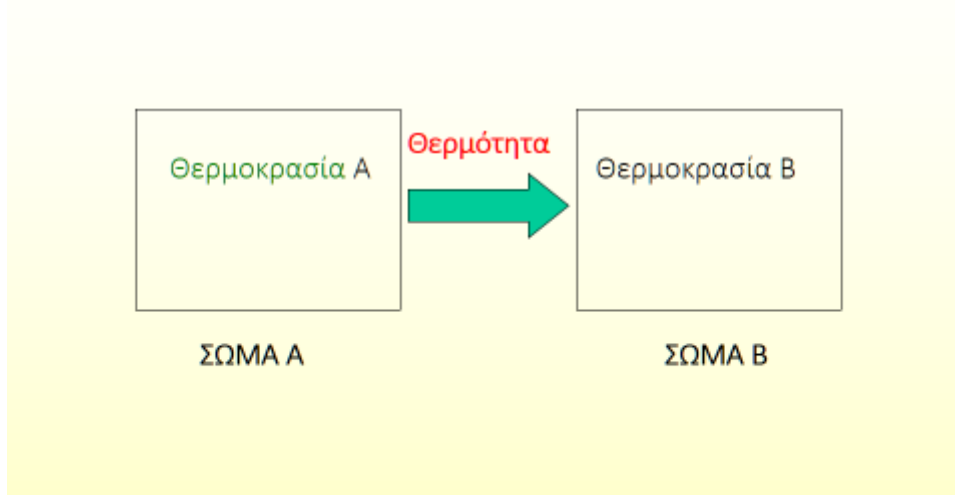
ΟΙ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ – ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ

ΕΙΚΟΝΑ 15.16 Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία, το νερό αρχικά συστέλλεται και εν συνεχεία διαστέλλεται.



Πιο συγκεκριμένα, αν δύο σώματα A και B αλληλεπιδράσουν θερμικά μεταξύ τους (αν, π.χ., έλθουν σε επαφή ή βρίσκονται σε απόσταση και συνδεθούν με ένα ρευστό, όπως γίνεται στην περίπτωση του καυστήρα και του καλοριφέρ), και το A έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία από το B, τότε μια ποσότητα θερμότητας θα μεταφερθεί από το σώμα A στο σώμα B. Τα αποτελέσματα αυτής της μεταφοράς ενέργειας (θερμότητας) μπορεί να είναι διάφορα, ανάλογα με την περίπτωση και τις συγκεκριμένες συνθήκες. Πχ, αν πρόκειται για την ανάμιξη δυο ποσοτήτων νερού, τότε η θερμοκρασία του θερμότερου θα μειωθεί και η θερμοκρασία του ψυχρότερου θα αυξηθεί². Όταν το τελικό μίγμα αποκτήσει την ίδια θερμοκρασία τότε θα σταματήσει η μεταφορά θερμότητας και θα επέλθει *θερμική ισορροπία* στο σύστημα. Αν πάλι πρόκειται για μια ποσότητα πάγου που αφήνουμε σε θερμοκρασία περιβάλλοντος μια καλοκαιρινή μέρα, τότε η μεταφορά θερμότητας από το περιβάλλον (σώμα A) στην ποσότητα του πάγου (σώμα B) θα έχει ως αποτέλεσμα κατ' αρχήν τη μείωση της θερμοκρασίας του πάγου και στη συνέχεια το λιώσιμο του πάγου (όπου η θερμοκρασία θα διατηρείται σταθερή μέχρι να λιώσει όλη η ποσότητα του πάγου). Μια σχηματική αναπαράσταση αυτού του εξηγητικού μοντέλου φαίνεται στο επόμενο σχήμα.

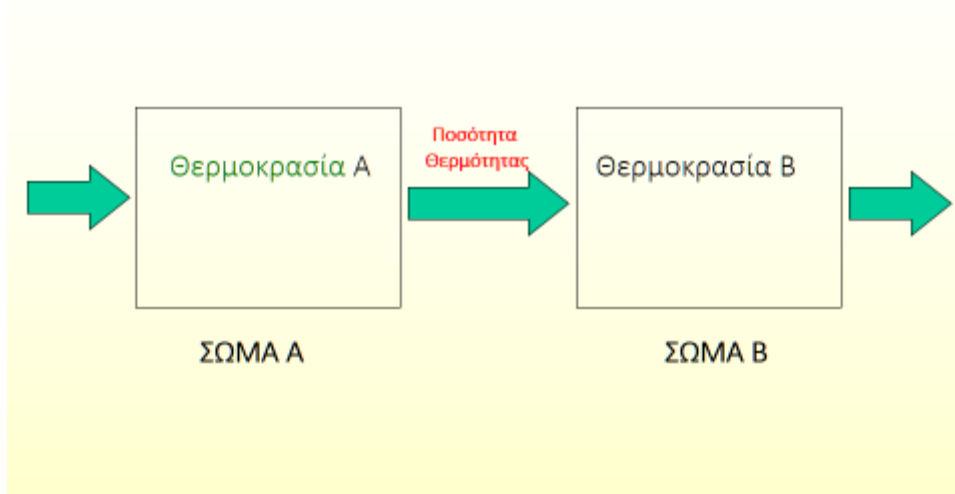
Η εξήγηση των θερμικών φαινομένων (βασικό μοντέλο)



Ένα ελαφρώς πιο σύνθετο σε σχέση με το προηγούμενο εξηγητικό μοντέλο είναι αυτό που φαίνεται στο επόμενο σχήμα.

² Η αύξηση της θερμοκρασίας ενός σώματος μπορεί να επέλθει όχι μόνο με μεταφορά θερμότητας αλλά και με μεταφορά *μηχανικού έργου*, δηλαδή, μιας άλλης μορφής μεταφοράς ενέργειας (πχ, θέρμανση ενός σώματος με τη βοήθεια της δύναμης της τριβής) (Κολιόπουλος, 2014).

Η εξήγηση των θερμικών φαινομένων (βελτιωμένο μοντέλο)



Το βελτιωμένο αυτό μοντέλο μπορεί να εξηγήσει, για παράδειγμα, το γιατί αν ένα σώμα αποδίδει συνεχώς θερμότητα δεν μειώνεται η θερμοκρασία του (π.χ., ένα 'μάτι' κουζίνας υγραερίου). Όπως φαίνεται και από την εικονική αναπαράσταση αυτό συμβαίνει επειδή στο συγκεκριμένο σώμα μεταφέρεται ενέργεια από κάποιο τρίτο σώμα το οποίο συνεχώς αντικαθιστά την ενέργεια η οποία αποδίδεται. Το βελτιωμένο μοντέλο εξηγεί επίσης γιατί αν και ένα σώμα δέχεται θερμότητα δεν

αυξάνεται η θερμοκρασία του ή και πολλές φορές μειώνεται(!). Αυτό π.χ., συμβαίνει όταν θερμαίνουμε τον αέρα ενός δωματίου που δεν είναι καλά μονωμένο.



ΕΙΚΟΝΑ 16.1 Το πάτωμα που είναι καλυμμένο με πλακάκια μας φαίνεται πιο κρύο από το ξύλινο, παρ' όλο που και τα δύο υλικά έχουν την ίδια θερμοκρασία. Ο λόγος είναι ότι το πλακάκι είναι καλύτερος αγωγός της θερμότητας από το ξύλο, με αποτέλεσμα η θερμότητα να απάγεται πιο γρήγορα από το πόδι που ακουμπά σε αυτό.

Το βασικό όμως στοιχείο του νέου μοντέλου είναι ο χαρακτηρισμός της θερμότητας ως ποσοτικής οντότητας. Η θερμότητα είναι μια φυσική οντότητα που μπορεί να μετρηθεί (η μονάδα μέτρησης είναι η *θερμίδα* - cal - αλλά μετριέται και σε *Joule* που είναι η βασική μονάδα μέτρησης της ενέργειας). Η ποσότητα θερμότητας που αποδίδεται ή απορροφάται από ένα σώμα εξαρτάται από κυρίως από την ουσία (υλικό) από την οποία αποτελείται το σώμα. Το νερό για παράδειγμα αποδίδει ή απορροφά θερμότητα με πιο αργό ρυθμό απ' ότι τα μέταλλα ή το χώμα και κατά συνέπεια μικρότερη ποσότητα θερμότητας αποδίδεται ή απορροφάται από μια ποσότητα νερού

παρά από την ίδια ποσότητα μετάλλου ή χώματος σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. 'Η

αλλιώς, για ν' ανέβει η θερμοκρασία κατά 1°C , χρειάζεται να μεταφερθεί μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας σε μια ποσότητα νερού σε σχέση με την ίδια ποσότητα μετάλλου ή χώματος. Με αυτό το κριτήριο διακρίνουμε τις διάφορες ουσίες σε καλούς ή κακούς αγωγούς της θερμότητας.

Όπως όλα τα μοντέλα των φυσικών επιστημών, έτσι και το προτεινόμενο μοντέλο μεταφοράς θερμότητας (το οποίο ανήκει, όπως είπαμε, στην κατηγορία των ενεργειακών αλυσίδων) δεν μπορεί να εξηγήσει με λεπτομέρεια όλα τα φαινόμενα ή όλες τις όψεις μια κατηγορίας φαινομένων. Για παράδειγμα, δεν μπορεί να εξηγηθεί με λεπτομέρεια γιατί κατά τη διάρκεια της αλλαγής της φυσικής κατάστασης των σωμάτων, η θερμοκρασία τους παραμένει σταθερή. Για να εξηγηθεί αυτό θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ένα άλλο (συμβατό ασφαλώς με το μοντέλο μεταφοράς θερμότητας) μοντέλο. Στην περίπτωση της αλλαγής φυσικής κατάστασης μεγαλύτερη εξηγητική αξία αποκτά ένα μικροσκοπικό μοντέλο (δηλαδή ένα μοντέλο που δέχεται ότι τα διάφορα σώματα αποτελούνται από μικροσκοπικές οντότητες που ονομάζονται μόρια). Το μοντέλο αυτό δεν θα μας απασχολήσει εδώ.

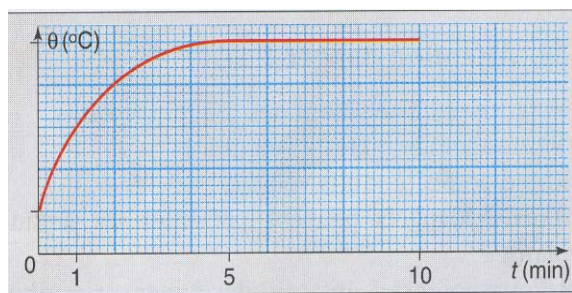
Το θερμόμετρο και η μέτρηση της θερμοκρασίας

Η ακριβής μέτρηση του πόσο 'θερμό' ή 'ψυχρό' είναι ένα σώμα γίνεται με το όργανο που ονομάζουμε *θερμόμετρο*. Η φυσική οντότητα που μετράμε με το θερμόμετρο είναι η θερμοκρασία.

Το *θερμοσκόπιο* είναι ένας μακρινός πρόγονος του θερμομέτρου (στην εικόνα φαίνεται το θερμοσκόπιο του Φίλωνα που βασίζεται στη διαστολή ή συστολή θερμαινόμενου ή ψυχόμενου αέρα). Με τα θερμοσκόπια έχουμε μόνο ποιοτικές εκτιμήσεις της θερμοκρασίας ενός σώματος. Το θερμόμετρο γίνεται πραγματικό όργανο μέτρησης όταν αποκτά *κλίμακα μέτρησης* και *μονάδα μέτρησης*. Η κλίμακα μέτρησης που χρησιμοποιούμε στην Ευρώπη είναι η [κλίμακα Κελσίου](#) και η μονάδα μέτρησης της θερμοκρασίας είναι ο *βαθμός Κελσίου* ($^\circ \text{C}$).



Η ακριβής μέτρηση της θερμοκρασίας αποτελεί αφ' ενός μια κοινωνική αναγκαιότητα (π.χ., η ακριβής μέτρηση της θερμοκρασίας τροφίμων στα ψυγεία, η μέτρηση της θερμοκρασίας ενός ασθενούς ή η μέτρηση της θερμοκρασίας του αέρα για μετεωρολογική χρήση) και αφ' ετέρου απαραίτητο μεθοδολογικό εργαλείο στις φυσικές επιστήμες στα πλαίσια της διαδικασίας επιβεβαίωσης των διαφόρων επιστημονικών υποθέσεων (δείτε το κεφ. 1). Για παράδειγμα, για να επιβεβαιωθεί η υπόθεση ότι η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του βρασμού του νερού παραμένει σταθερή, θα πρέπει να ληφθεί μια σειρά μετρήσεων θερμοκρασίας τις οποίες ο επιστήμονας ή ο



φοιτητής μπορεί να μετασχηματίσει σε ένα επιστημονικό συμπέρασμα χρησιμοποιώντας τη γλώσσα των μαθηματικών (βλ. το διπλανό σχήμα).

Υπάρχουν διάφορα είδη θερμομέτρων (υδραργυρικά, μεταλλικά, ηλεκτρικά κλπ). Η αρχή λειτουργίας κάθε είδους θερμομέτρου βασίζεται σε μια ιδιότητα του

θερμαινόμενου ή ψυχόμενου μέσου από το οποίο είναι κατασκευασμένο το θερμοόμετρο να εμφανίζει μια παρατηρούμενη αλλαγή ως αποτέλεσμα της αύξησης ή μείωσης της θερμοκρασίας του. Για παράδειγμα, η αρχή λειτουργίας ενός υδραργυρικού ιατρικού θερμομέτρου βασίζεται στη διαστολή μιας ποσότητας υδραργύρου που βρίσκεται μέσα σ' ένα γυάλινο σωλήνα. Το ίδιο συμβαίνει στα οινοπνευματικά θερμοόμετρο όπου χρησιμοποιείται ως υγρό που διαστέλλεται ή συστέλλεται το οινόπνευμα. Στα μεταλλικά θερμοόμετρα, η αύξηση/μείωση της θερμοκρασίας αντιστοιχεί στη διαστολή/συστολή ενός διμεταλλικού ελάσματος.



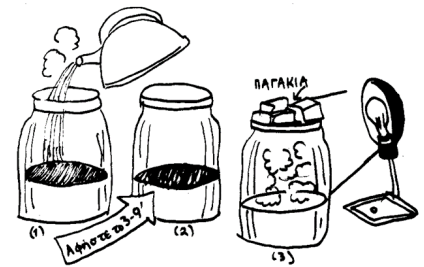
ΕΙΚΟΝΑ 15.13 Ένα διμεταλλικό έλασμα. Ο ορείχαλκος διαστέλλεται περισσότερο από την σίδηρο όταν θερμαίνεται, και συστέλλεται περισσότερο όταν ψύχεται. Λόγω αυτής της συμπεριφοράς του, το έλασμα κάμπτεται με τον τρόπο που φαίνεται στο σχήμα.

Τα ηλεκτρικά θερμοόμετρα βασίζονται στο φαινόμενο κατά το οποίο η αυξομείωση της θερμοκρασίας ορισμένων υλικών δημιουργεί ανάλογη ηλεκτρική τάση που μετράμε στα άκρα τους. Η θερμομέτρηση είναι μια διαδικασία που εξηγείται εύκολα με το μοντέλο της μεταφοράς θερμότητας. Πρόκειται για τη μεταφορά θερμότητας από (ή προς) το θερμομετρούμενο σώμα προς (ή από) το θερμοόμετρο. Όταν επέλθει θερμική ισορροπία ανάμεσα στο θερμοόμετρο και το θερμομετρούμενο σώμα, τότε οι θερμοκρασίες των δύο σωμάτων εξισώνονται και συνεπώς η θερμοκρασία που μετράμε συμπίπτει με αυτή του θερμομετρούμενου σώματος.

Ερωτήσεις

1. Ποια είναι η θερμοκρασία πήξης του νερού στη κλίμακα Κελσίου; Η θερμοκρασία βρασμού;

2. Τι θερμαίνεται πιο γρήγορα όταν του παρέχεται θερμότητα; Ο σίδηρος ή το νερό;
3. Αν το γυαλί και ο υδράργυρος διαστέλλονταν με τον ίδιο ρυθμό, θα υπήρχαν τα κοινά θερμόμετρα υδραργύρου;
4. Γιατί ένα διμεταλλικό έλασμα κάμπτεται όταν θερμαίνεται;
5. Να αναφέρετε μια εξαίρεση στον κανόνα: 'όταν μια ουσία θερμαίνεται, διαστέλλεται'.
6. Υπάρχει περίπτωση όταν θερμαίνουμε τον αέρα ενός δωματίου με καλοριφέρ να μην αυξάνεται η θερμοκρασία του;
7. Βρείτε διαφορές και ομοιότητες σε ένα υδραργυρικό και σε ένα οινοπνευματικό θερμόμετρο.
8. Βρείτε διαφορές και ομοιότητες σε ένα υδραργυρικό και σε ένα μεταλλικό θερμόμετρο.
9. Για ποιους λόγους είναι αναγκαία η μέτρηση της θερμοκρασίας με ακρίβεια;
10. Αν μετρήσουμε τη θερμοκρασία ενός κομματιού σιδήρου ή ενός κομματιού ξύλου ίδιου μεγέθους που βρίσκονται πολλή ώρα στον ίδιο χώρο θα διαπιστώσουμε ότι είναι ίδια. Γιατί όταν τα πιάσουμε θα αισθανθούμε ότι το κομμάτι σιδήρου είναι πιο κρύο από το κομμάτι ξύλου;
11. Γιατί μια ηλιόλουστη μέρα, γύρω στο μεσημέρι, η θερμοκρασία εδάφους που βρίσκεται κοντά σε θάλασσα είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας;
12. Πότε σταματάει να 'ανεβαίνει' ή να 'κατεβαίνει' το θερμόμετρο κατά τη διάρκεια μιας θερμομέτρησης;
13. Γιατί δεν χρησιμοποιούμε θερμόμετρα νερού?
14. Πως εξηγείται το φαινόμενο της παραγωγής νέφους μέσα στη γυάλα;



Βιβλιογραφία

1. Hewitt P. (2007). *Οι έννοιες της φυσικής*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
2. Κολιόπουλος, Δ. & Μέλη, Κ. (2022). *Η διδασκαλία της ενέργειας*. University Studio Press.