

«Χρήση του Arduino για τη λήψη μετρήσεων Θερμοκρασίας»

Κουντουριώτης Γιώργος¹

¹ Φυσικός, M.Sc., Ph.D., 7^ο Γυμνάσιο Καβάλας
geok13@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή περιγράφεται η χρήση του μικροελεγκτή Arduino κατά την εκτέλεση ενός πειράματος που περιγράφεται στο βιβλίο Φυσικής της Α' Γυμνασίου σχετικό με τη θερμική ισορροπία. Αντί της λήψης και καταγραφής των μετρήσεων της θερμοκρασίας με το χέρι, προτείνουμε τη χρήση του Arduino για το σκοπό αυτό. Ο μικροελεγκτής μας δίνει τη δυνατότητα να πάρουμε τις μετρήσεις θερμοκρασίας σε ίσα χρονικά διαστήματα, χωρίς ο πειραματιστής να εισάγει σφάλμα λόγω διαβάσματος των θερμοκρασιών σε λάθος χρονικές στιγμές. Επίσης τα χρονικά αυτά διαστήματα μπορούν να είναι μικρότερα σε σχέση με τις μετρήσεις που θα κατέγραφε ένας άνθρωπος. Έτσι, η καμπύλη θερμοκρασίας – χρόνου μέχρι τη θερμική ισορροπία είναι περισσότερο ομαλή και πιο κοντά στην προβλεπόμενη από τη θεωρία. Επιπλέον, περιγράφεται η εφαρμογή και τα αποτελέσματα μιας ολοκληρωμένης διδακτικής – μαθησιακής ακολουθίας εποικοδομητικού τύπου για τη θερμική ισορροπία στην οποία το κεντρικό πείραμα αξιοποιεί το Arduino.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Θερμική ισορροπία, Arduino, Εναλλακτικά συστήματα λήψης και καταγραφής μετρήσεων, Διδακτική – Μαθησιακή Ακολουθία.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια, τα συστήματα συγχρονικής λήψης και επεξεργασίας δεδομένων (data-Logging ή MBL systems) χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στην Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Αυτό είναι συνέπεια των δυνατοτήτων που παρέχουν, και της μείωσης της τιμής τους που τα κάνει διαθέσιμα σε όλο και περισσότερα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα.

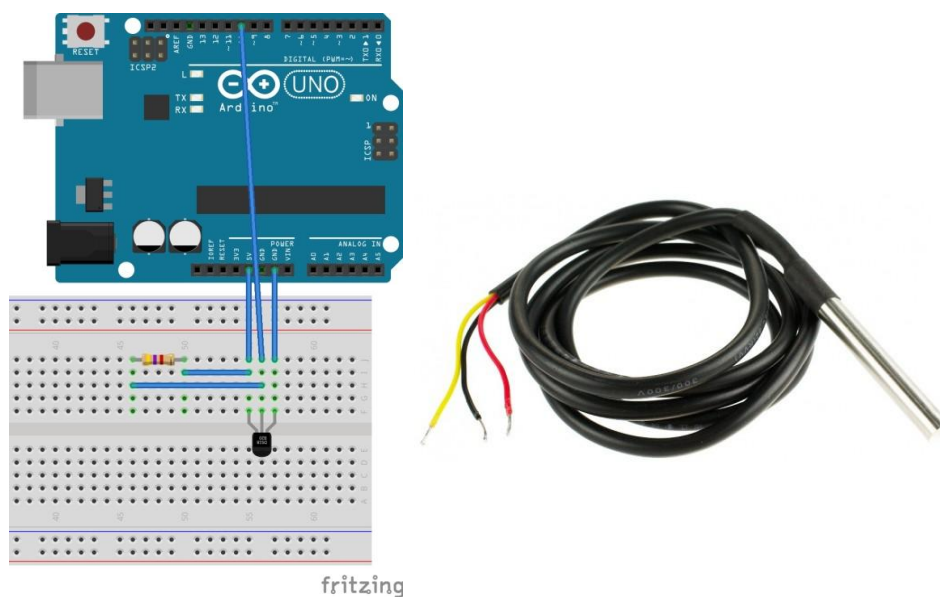
Η εκπαιδευτική αξία των συστημάτων αυτών για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες έχει αναγνωρισθεί εδώ και αρκετά χρόνια. Οι Rogers & Wild (1996), για παράδειγμα, αναφέρουν τα εξής οφέλη:

- Βελτιώνουν την ποιότητα των μετρήσεων,
- Ελαττώνουν την κουραστική δουλειά κατά τη λήψη των μετρήσεων,
- Επεκτείνουν τις δυνατότητες παρατήρησης,
- Διευκολύνουν την επεξεργασία των μετρήσεων μέσω της άμεσης δημιουργίας γραφημάτων ή άλλων αναπαραστάσεων,
- Ενεργοποιούν τους μαθητές με την άμεση ανατροφοδότηση,
- Ενθαρρύνουν την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και την εξαγωγή συμπερασμάτων,
- Επεκτείνουν το εύρος των διερευνήσεων των μαθητευόμενων.

Τα συστήματα αυτά είναι ιδιαίτερος χρήσιμα σε περιπτώσεις όπου χρειάζεται να πάρουμε πολλές μετρήσεις σε μικρό χρονικό διάστημα ή μετρήσεις διεσπαρμένες σε μεγάλες χρονικές περιόδους ή όταν πρέπει να πραγματοποιήσουμε ταυτόχρονες μετρήσεις.

Μπορεί κανείς να βρει σήμερα αρκετά διαφορετικά συστήματα συγχρονικής λήψης και επεξεργασίας δεδομένων (πχ MultiLog, MultiLogPro, Einstein™ Learning Platform, Labmate+ κτλ) τα οποία όμως είναι ακριβά και κλειστά δηλαδή έχουν τους δικούς τους αισθητήρες και συνεργάζονται με συγκεκριμένα προγράμματα για τη λήψη και επεξεργασία των δεδομένων. Τα συστήματα αυτά συνήθως περιλαμβάνουν μια συσκευή που ονομάζεται data-Logger και η οποία μπορεί να συνδεθεί με οποιοδήποτε PC ή Laptop και πάνω της μπορούν να συνδεθούν κατάλληλοι αισθητήρες ανάλογα με το φυσικό μέγεθος που θέλουμε να μετρήσουμε. Κατάλληλο λογισμικό είναι απαραίτητο για το διάβασμα των μετρήσεων από τον υπολογιστή και την απεικόνιση και επεξεργασία τους. Τελευταία, έχουν εμφανιστεί και αποκλειστικής χρήσης (dedicated) Tablets που περιλαμβάνουν πληθώρα αισθητήρων και τα οποία μπορούν να δεχθούν και επιπλέον εξωτερικούς αισθητήρες. Τα Tablet αυτά δεν χρειάζονται συσκευή data-Logger. Τα συστήματα αυτά έχουν ευκολία χρήσης γιατί λειτουργούν άμεσα χωρίς να απαιτείται από το χρήστη να κάνει ρυθμίσεις, όμως είναι ακριβά και δύσκολα ένα σχολείο θα βρει χρηματοδότηση για να τα αγοράσει.

Ένας εναλλακτικός τρόπος για να δημιουργήσουμε τέτοια συστήματα είναι να χρησιμοποιήσουμε την ανοιχτή πλατφόρμα του Arduino, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως στη ρομποτική, διαθέτει όμως πληθώρα οικονομικών αισθητήρων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών. Το κόστος ενός τέτοιου συστήματος είναι πολύ μικρότερο από τα συστήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω, η ρύθμιση του όμως είναι πιο δύσκολη αν και μπορεί κανείς να βρει σημαντική βοήθεια στο Internet.



Σχήμα 23: Διάγραμμα Fritzing και η αδιάβροχη μορφή του αισθητήρα DS18B20.

Για να κάνουμε μετρήσεις θερμοκρασίας χρησιμοποιήσαμε τον αισθητήρα θερμοκρασίας DS18B20 ο οποίος πωλείται και σε αδιάβροχη μορφή όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Η σύνδεση του αισθητήρα στο Arduino φαίνεται στο διάγραμμα Fritzing όπου τα ακραία ποδαράκια του αισθητήρα (κόκκινο και μαύρο καλώδιο) συνδέονται στα 5V και στο Ground (δεν έχει σημασία σε ποιο από τα τρία) αντίστοιχα, ενώ το κίτρινο καλώδιο που μεταφέρει τα δεδομένα μπορούμε να το συνδέσουμε σε κάποια από τις ψηφιακές εισόδους/εξόδους του Arduino, π.χ. στη 10 και να διαβάζουμε τις τιμές της μέσω κατάλληλου κώδικά που θα φορτώσουμε στο Arduino. Μεταξύ της τάσης 5V και του καλωδίου δεδομένων πρέπει να συνδέσουμε μια αντίσταση 4,7 kΩ (παράλληλα, όπως στο διάγραμμα) και ο αισθητήρας είναι έτοιμος για μετρήσεις. Τις τιμές που μετράει ο αισθητήρας μπορούμε να κανονίσουμε μέσω του κώδικα να εμφανίζονται στη σειριακή οθόνη του Arduino IDE και να τις διαβάζουμε από τον υπολογιστή, ή να τυπώνονται σε LCD οθόνη ώστε το σύστημά μας να δουλεύει και χωρίς σύνδεση με υπολογιστή (απαιτείται όμως τροφοδοσία). Ο κώδικας που πρέπει να φορτωθεί στο Arduino μέσω του προγράμματος Arduino IDE είναι διαθέσιμος στους ενδιαφερόμενους αναγνώστες μέσω του Github (<https://github.com/geok13/Arduinowith2tempsensors>). Πριν τη φόρτωση του κώδικα είναι απαραίτητο να φορτωθούν στο Arduino IDE οι βιβλιοθήκες OneWire, DallasTemperature, NewLiquidCrystal ή εναλλακτικά LiquidCrystal ανάλογα με το είδος της LCD οθόνης που θα χρησιμοποιήσουμε.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ – ΜΑΘΗΣΙΑΚΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ

Η διδακτική – μαθησιακή ακολουθία (Meheut M. & Psillos D., 2004), που προτείνουμε αφορά την Α' τάξη του Γυμνασίου, όπου στο Φύλλο Εργασίας 5 με τίτλο «Από τη Θερμότητα στη Θερμοκρασία – Η Θερμική Ισορροπία» του σχολικού βιβλίου (Καλκάνης, et al., 2013a), γίνεται η διαπραγμάτευση του θέματος. Εκεί, προτείνεται να πραγματοποιηθεί ένα πείραμα όπου ένα δοχείο με ζεστό νερό (περίπου 70° C) τοποθετείται μέσα σε ένα δοχείο με κρύο νερό (νερό βρύσης). Με τη χρήση δύο θερμομέτρων παίρνουμε κάθε ένα λεπτό μετρήσεις της θερμοκρασίας των δύο δοχείων και το ζητούμενο είναι οι μαθητές να φτιάξουν τα διαγράμματα θερμοκρασίας – χρόνου για κάθε δοχείο μέχρι τη θερμική ισορροπία και μελετώντας τα να βγάλουν σχετικά συμπεράσματα. Σύμφωνα με τη συγγραφική ομάδα του βιβλίου, οι ειδικοί στόχοι της ενότητας είναι οι μαθητές να αποσαφηνίσουν και να διακρίνουν τις έννοιες θερμότητα και θερμοκρασία, να αναγνωρίζουν τη φορά των θερμικών φαινομένων, να ασκηθούν στη λήψη και καταγραφή μετρήσεων θερμοκρασίας – χρόνου και να κατασκευάζουν και να αξιοποιούν το αντίστοιχο διάγραμμα εξαγοντας πληροφορίες απ' αυτό και τέλος να εξηγούν τις αυξήσεις/μειώσεις θερμοκρασίας με τη βοήθεια του μικρόκοσμου (Καλκάνης, et al., 2013b).

Σχετικά με την έννοια της θερμικής ισορροπίας και τα θερμικά φαινόμενα είναι γνωστές αρκετές εναλλακτικές ιδέες που εκφράζουν οι μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης όπως:

- Ότι υλικά που βρίσκονται σε θερμική ισορροπία μπορούν να έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες ανάλογα με την αίσθηση του κρύου ή ζεστού που δίνουν με την αφή, ή ανάλογα με το μέγεθός τους, (Erickson, 1985), (Clough & Driver, 1985).

- Ότι οι έννοιες θερμότητα και θερμοκρασία συγχέονται και πολλές φορές χρησιμοποιούνται χωρίς διάκριση, μια δυσκολία που συναντάται περισσότερο στους Έλληνες μαθητές λόγω της κοινής ρίζας των δύο λέξεων, (Κασσέτας, 2004).

- Η θερμοκρασία είναι εκτατική ποσότητα και είναι ένα μέτρο του ποσού θερμότητας που περιέχει ένα σώμα (Erickson, 1985).

- Υλικά που είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας π.χ. αλουμινόχαρτο έχουν χαμηλότερες θερμοκρασίες και κρατούν, απορροφούν ή μεταβιβάζουν «ψύχος» (Lewis & Linn, 1994).

- Υλικά που είναι θερμικοί μονωτές έχουν π.χ. ξύλο, έχουν υψηλότερες θερμοκρασίες και κρατούν, απορροφούν ή μεταβιβάζουν τη θερμότητα πιο γρήγορα (από τους αγωγούς) στα άλλα σώματα (Lewis & Linn, 1994).

Στη διδακτική – μαθησιακή ακολουθία που προτείνουμε εντάξαμε τις εξής δραστηριότητες:

- a. Άγγιγμα διαφορετικών υλικών όπως μαλλί, ξύλο και μέταλλο και κατόπιν μέτρηση της θερμοκρασίας τους με το θερμόμετρο για να συγκρίνουν οι μαθητές την αίσθηση που δίνει η αφή με τις ενδείξεις του θερμομέτρου (κλασικού και του αισθητήρα θερμοκρασίας του Arduino DS18B20).
- b. Θερμομέτρηση ποσοτήτων νερού ίδιας θερμοκρασίας και μετά ανάμειξή τους και εκ νέου θερμομέτρηση ώστε να διαπιστώσουν οι μαθητές ότι η τελική θερμοκρασία είναι ίδια με την αρχική.
- c. Δύο όμοια παγάκια που μόλις βγήκαν από την κατάψυξη τυλίγονται το ένα με μάλλινο ύφασμα και το άλλο με αλουμινόχαρτο. Παρατήρηση στο τέλος της διδακτικής ώρας του μεγέθους τους.
- d. Παραγωγή της καμπύλης ψύξης – θέρμανσης για δύο γυάλινα δοχεία νερού (ένα ζεστό και ένα κρύο) που τοποθετούμε το ένα μέσα στο άλλο μέχρι τη θερμική ισορροπία με χρήση του αισθητήρα θερμοκρασίας του Arduino DS18B20.
- e. Μελέτη της καμπύλης και συμπεράσματα για τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ταχύτητα ψύξης ή θέρμανσης ενός σώματος.
- f. Παρακολούθηση σύντομης ταινίας της συγγραφικής ομάδας του σχολικού βιβλίου σχετικής με τη σύνδεση του μικρόκοσμου με τα θερμικά φαινόμενα, διαθέσιμη από την ιστοσελίδα http://microkosmos.uoa.gr/gr/software/ekp_fileorasi.htm (τελευταία ανάκτηση, Μάρτιος 2018) και ταυτόχρονα συμπλήρωση σχετικού φύλλου εργασίας.

Στο πλαίσιο της Επικοινωνίας, τις δραστηριότητες που θα εκτελούσαν οι μαθητές μας τις σχεδιάσαμε με τρόπο που να ευνοεί την εννοιολογική αλλαγή, ή να τους καθοδηγεί σε εννοιολογική αλλαγή εφόσον τη χρειάζονται. Έτσι

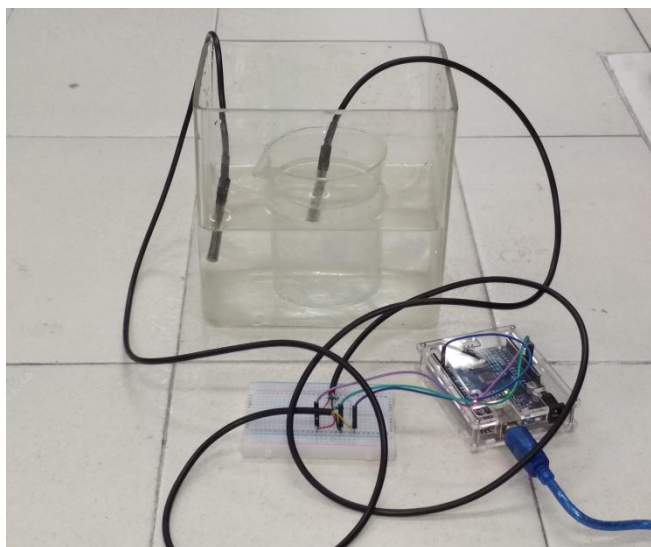
επιλέξαμε οι δραστηριότητες των φύλλων εργασίας να ακολουθούν είτε τη μορφή PDEODE (Predict, Discuss, Explain, Observe, Discuss, Explain), που αναπτύχθηκε από τους Savander-Ranne & Kolari (2003), είτε τη μορφή POE (Predict, Observe, Explain) που αρχικά αναπτύχθηκε από τους White & Gunstone (1992).

Οι δραστηριότητες τύπου POE, ερευνούν την κατανόηση των μαθητών ζητώντας τους να εκτελέσουν 3 ενέργειες (Tao & Gunstone, 1999). Στην αρχή οι μαθητές πρέπει να προβλέψουν το αποτέλεσμα κάποιου γεγονότος ή κατάσταση και πρέπει να δικαιολογήσουν την πρόβλεψή τους, με βάση κάποιο δικό τους μοντέλο. Κατόπιν, μετά την εκτέλεση του πειράματος, περιγράφουν αυτό που βλέπουν να συμβαίνει. Στο τέλος, πρέπει να αναθεωρήσουν κατάλληλα το μοντέλο τους ώστε να εξηγεί τυχόν διαφορές μεταξύ πρόβλεψης και παρατήρησης.

Οι δραστηριότητες τύπου PDEODE (Predict, Discuss, Explain, Observe, Discuss, Explain) που είναι εξέλιξη της μορφής POE, έχουν παρόμοια λογική, όμως προστίθεται η συζήτηση των προβλέψεων των εκπαιδευόμενων σε επίπεδο ομάδας ή όλης της τάξης και η εξήγησή τους και επίσης η συζήτηση των παρατηρήσεων και η σύγκριση παρατηρήσεων και προβλέψεων σε επίπεδο ομάδας ή και όλης της τάξης (Savander-Ranne, & Kolari, 2003, Costu, 2008). Δηλαδή αρχικά οι εκπαιδευόμενοι πρέπει να κάνουν μια πρόβλεψη και να την αιτιολογήσουν, στη συνέχεια να τη συζητήσουν στην ομάδα τους ή στο επίπεδο της τάξης, να εκτελέσουν και να παρατηρήσουν το πείραμα, να εξηγήσουν τις παρατηρήσεις τους, να συζητήσουν σε επίπεδο ομάδας ή τάξης τις παρατηρήσεις και τις εξηγήσεις τους και τέλος να αξιολογήσουν το μοντέλο τους και αν χρειάζεται να το τροποποιήσουν ώστε να βρίσκεται σε συμφωνία με τις παρατηρήσεις τους. Αυτά επιτρέπουν στους εκπαιδευόμενους να αντιληφθούν τις αδυναμίες κάποιων αντιλήψεών τους και η δυσαρέσκεια που θα προκληθεί μπορεί να είναι το πρώτο βήμα που θα οδηγήσει σε εννοιολογική αλλαγή. Κεντρική θέση στις δραστηριότητες αυτές καταλαμβάνει η αλληλεπίδραση με τους συνομηλίκους που βοηθά τη συνεργατική μάθηση.

Φτιάξαμε τρία φύλλα εργασίας ένα για κάθε διδακτική ώρα. Στο πρώτο φύλλο εργασίας με τίτλο «Η κατεύθυνση των θερμικών φαινομένων» εντάξαμε τις δραστηριότητες που αναφέρονται πιο πάνω (α) έως και (c). Στο δεύτερο φύλλο εργασίας με τίτλο «Πηγαινόντας στη ... θερμική ισορροπία» εντάξαμε τις δραστηριότητες (d) και (e). Στο τρίτο φύλλο εργασίας με τίτλο «Μικροσκοπικές Εξηγήσεις Θερμικών Φαινομένων» εντάξαμε τη δραστηριότητα (f). Λόγω του περιορισμού στον αριθμό σελίδων της εργασίας θα παρουσιάσουμε μόνο το δεύτερο φύλλο εργασίας στον Πίνακα 1, ενώ όλα τα φύλλα εργασίας θα είναι διαθέσιμα σε κάθε ενδιαφερόμενο που θα μας τα ζητήσει μέσω e-mail.

Φύλλο Εργασίας «Πηγαινόντας ... στη θερμική ισορροπία»



Σχήμα 2: Το Arduino συνδεδεμένο με δύο αισθητήρες DS18B20.

1. Στο εσωτερικό γυάλινο δοχείο της εικόνας υπάρχει ζεστό νερό (θερμοκρασίας περίπου 70 °C) ενώ στο εξωτερικό δοχείο υπάρχει νερό θερμοκρασίας περίπου 20 °C. Προβλέψτε αν η θερμοκρασία του θερμού δοχείου θα αυξηθεί ή θα ελαττωθεί.

.....

2. Προβλέψτε αν η θερμοκρασία του ψυχρού δοχείου θα αυξηθεί ή θα ελαττωθεί.

.....

3. Συζητήστε στην ομάδα σας τις προβλέψεις σας. Σας έπεισε κάποιος συμμαθητής σας να αλλάξετε γνώμη; Αν ναι, περιγράψτε τη νέα σας πρόβλεψη.

.....

4. Στο σύστημα των δύο δοχείων που σας δίνεται, βυθίστε τους δύο αισθητήρες θερμοκρασίας φροντίζοντας να τους σταθεροποιήσετε σε θέση που δεν θα ακουμπάνε στα τοιχώματα των δοχείων. Καταγράψτε τις θερμοκρασίες του κάθε δοχείου ανά λεπτό.

.....

5. Σε ποια θερμοκρασία φαίνεται να σταθεροποιείται η θερμοκρασία του κάθε δοχείου;

.....

6. Στους ίδιους άξονες θερμοκρασίας – χρόνου και σε μιλιμετρέ χαρτί να απεικονίσετε τη χρονική εξέλιξη των θερμοκρασιών των δύο δοχείων. Να ονομάσετε τους άξονες (κατακόρυφος: Θερμοκρασία σε °C, οριζόντιος: Χρόνος σε min) και να σημειώσετε την κλίμακα κάθε άξονα, δηλαδή, 1cm→..... °C για τον κατακόρυφο άξονα και 1cm→.....min για τον οριζόντιο άξονα.

.....

<p>7. Σε ποιο χρονικό διάστημα φαίνεται η θερμοκρασία του θερμού δοχείου να μεταβάλλεται γρηγορότερα; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.</p> <p>.....</p>
<p>8. Σε ποιο χρονικό διάστημα φαίνεται η θερμοκρασία του ψυχρού δοχείου να μεταβάλλεται γρηγορότερα; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.</p> <p>.....</p>
<p>9. Συζητήστε τις απαντήσεις σας στις ερωτήσεις 7 & 8 στην ομάδα σας. Σας έπεισε κάποιος συμμαθητής σας να αλλάξετε γνώμη; Αν ναι, καταγράψτε τη νέα σας άποψη.</p> <p>.....</p>
<p>10. Συμπληρώστε τα κενά με κάποιες από τις παρακάτω λέξεις ώστε να προκύψουν σωστές προτάσεις: Θερμότητα, θερμοκρασία, περισσότερο, λιγότερο, θερμική ισορροπία, μεγαλύτερος, μικρότερος, αρχή, τέλος Όταν δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας έρθουν σε επαφή θα οδηγηθούν σε Ο χρόνος που χρειάζεται για να φτάσουμε στη θερμική ισορροπία είναι όταν οι θερμοκρασίες διαφέρουν Η ταχύτητα με την οποία μεταβάλλεται η θερμοκρασία κάθε σώματος είναι μεγαλύτερη όταν οι θερμοκρασίες διαφέρουν και αυτό συμβαίνει στην/στο</p>

Πίνακας 2: Το 2^ο φύλλο εργασίας.

Στο Παράρτημα στο τέλος της εργασίας, υπάρχουν το 1^ο και 3^ο φύλλα εργασίας ως εικόνες (Σχήματα 3 & 4) για λόγους οικονομίας χώρου, ώστε οι αναγνώστες να δουν πως δομήθηκαν οι δραστηριότητες ώστε να ακολουθούν τις μορφές POE ή PDEODE στο πλαίσιο της Επικοινωνοδότησης.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Την παραπάνω διδακτική – μαθησιακή ακολουθία εφαρμόσαμε για τρεις διδακτικές ώρες, (άρα είχε χρονική διάρκεια 3 εβδομάδων σύμφωνα με το πρόγραμμα διδασκαλίας της Φυσικής για την Α' Γυμνασίου), σε τρία τμήματα ενός Γυμνασίου της Καβάλας κατά την τρέχουσα σχολική χρονιά. Συνολικά συμμετείχαν οι 64 μαθητές της Α' Τάξης και για να εκτιμήσουμε την επίδραση που είχαν οι δραστηριότητες, οι μαθητές/τριες απάντησαν σε δύο τεστ κλειστού τύπου οκτώ ερωτήσεων ένα πριν την εφαρμογή και ένα μετά. Τα τεστ ελέγχουν την κατανόηση των ίδιων ακριβώς εννοιών και διαδικασιών με ισοδύναμο τρόπο. Μετά το pre-test δεν δόθηκαν οι ορθές απαντήσεις στους μαθητές και ούτε συζητήθηκαν άμεσα οι ερωτήσεις του μέχρι την ολοκλήρωση και του post-test. Οι μαθητές συμπλήρωσαν το pre-test μια εβδομάδα πριν τη διδακτική παρέμβαση και το post-test μια εβδομάδα μετά. Στον Πίνακα 2 φαίνονται όλες οι ερωτήσεις του pre-test. Ο χρόνος που δόθηκε στους μαθητές για να συμπληρώσουν το τεστ ήταν 15 λεπτά.

1. Μέσα στην τάξη βρίσκονται εδώ και αρκετή ώρα ένα κομμάτι μάλλινο ύφασμα, ένα κομμάτι ξύλο και μια ράβδος σιδερένια. Αν τα αγγίζετε, σε ποιο από τα παρακάτω συμπεράσματα νομίζετε ότι θα καταλήγατε για τη θερμοκρασία τους;
- Υψηλότερη θερμοκρασία έχει το μάλλινο ύφασμα, μετά το ξύλο και χαμηλότερη η σιδερένια ράβδος.
 - Χαμηλότερη θερμοκρασία έχει το μάλλινο ύφασμα, μετά το ξύλο και υψηλότερη η σιδερένια ράβδος.
 - Υψηλότερη θερμοκρασία έχει το ξύλο, μετά το μάλλινο ύφασμα και χαμηλότερη η σιδερένια ράβδος.
 - Χαμηλότερη θερμοκρασία έχει η σιδερένια ράβδος, μετά το μάλλινο ύφασμα και υψηλότερη το ξύλο.
 - Όλα έχουν την ίδια θερμοκρασία.
2. Βγάζουμε από την κατάψυξη 2 κομμάτια πάγου, ένα μεγάλο και ένα μικρό. Ποιο από τα δύο θα έχει μικρότερη θερμοκρασία; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.
- Το μεγάλο, γιατί θα χρειαστεί περισσότερη ώρα για να λιώσει.
 - Το μεγάλο, γιατί έχει μεγαλύτερο όγκο.
 - Θα έχουν την ίδια θερμοκρασία.
 - Το μικρό, γιατί θα έχει παγώσει περισσότερο.
 - Το μικρό, γιατί έχει μικρότερη μάζα.
3. Έχουμε δύο όμοια κομμάτια πάγου που μόλις βγάλαμε από την κατάψυξη. Το ένα το τυλίγουμε με μάλλινο ύφασμα και το άλλο με αλουμινόχαρτο. Ποιο από τα δύο κομμάτια θα λιώσει πρώτο;
- Αυτό που τυλίξαμε με το μάλλινο ύφασμα γιατί το μαλλί είναι πιο ζεστό.
 - Αυτό που τυλίξαμε με το αλουμινόχαρτο, γιατί τα μέταλλα είναι πιο κρύα.
 - Αυτό που τυλίξαμε με το μάλλινο ύφασμα γιατί το μαλλί είναι καλός θερμικός μονωτής.
 - Αυτό που τυλίξαμε με το αλουμινόχαρτο, γιατί το αλουμίνιο είναι καλός θερμικός αγωγός.
4. Ένα λίτρο νερού θερμοκρασίας 70°C αναμιγνύεται με ένα λίτρο νερού θερμοκρασίας επίσης 70°C . Τι θερμοκρασία θα έχει το νερό που προκύπτει;
- 140°C
 - 70°C
 - 35°C
 - Δεν μπορούμε να ξέρουμε.
5. Αναμιγνύουμε 1L νερό θερμοκρασίας 15°C με 1L νερό θερμοκρασίας 75°C . Όταν τελειώσουμε την ανάμειξη, το νερό θα έχει θερμοκρασία:
- 15°C
 - 45°C
 - 50°C
 - 40°C

e.	Δεν μπορούμε να ξέρουμε.
6.	Έχετε μόλις φτιάξει ζεστό τσάι σε μπρίκι. Το ρίχνετε σε ένα φλυτζάνι και μετράτε τη θερμοκρασία του: 75° C. Αυτό θα αποκτήσει τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος γρηγορότερα: <ul style="list-style-type: none"> a. Το καλοκαίρι (30° C). b. Το χειμώνα (10° C σε εξωτερικό χώρο). c. Την άνοιξη (20° C σε εξωτερικό χώρο).
7.	Το παραπάνω φλυτζάνι τσάι προκειμένου να μην καείτε, θέλετε να το πιείτε όταν η θερμοκρασία του θα πέσει στους 45° C. Αυτό θα γίνει γρηγορότερα: <ul style="list-style-type: none"> a. Το καλοκαίρι (30° C). b. Το χειμώνα (10° C σε εξωτερικό χώρο). c. Την άνοιξη (20° C σε εξωτερικό χώρο).
8.	Έχετε μόλις φτιάξει ένα ζεστό φλυτζάνι τσάι. Αμέσως μετά: <ul style="list-style-type: none"> a. Η θερμοκρασία του αρχίζει να μειώνεται με σταθερό ρυθμό. b. Η θερμοκρασία του αρχίζει να μειώνεται με ρυθμό αυξανόμενο. c. Η θερμοκρασία του αρχίζει να μειώνεται με ρυθμό που ελαττώνεται. d. Η θερμοκρασία του αυξάνεται με σταθερό ρυθμό.

Πίνακας 3: Οι οκτώ ερωτήσεις του pre-test.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα ποσοστά σωστών απαντήσεων των εξήντα τεσσάρων μαθητών σε pre-test & post-test φαίνονται στον Πίνακα 3.

Επίδοση ανά ερώτηση στο pre-test								
Ερ.1	Ερ.2	Ερ.3	Ερ.4	Ερ.5	Ερ.6	Ερ.7	Ερ.8	Μέση Τιμή
9%	68%	21%	68%	29%	32%	74%	38%	42%
Επίδοση ανά ερώτηση στο post-test								
Ερ.1	Ερ.2	Ερ.3	Ερ.4	Ερ.5	Ερ.6	Ερ.7	Ερ.8	Μέση Τιμή
66%	88%	78%	89%	45%	65%	80%	68%	72%

Πίνακας 4: Η επίδοση ανά ερώτηση και η μέση επίδοση σε pre-test & post-test.

Από τον Πίνακα 3 φαίνεται ότι η μέση βελτίωση στο ποσοστό των ορθών απαντήσεων μεταξύ pre-test & post-test ήταν 30%, που θεωρούμε ότι είναι μια ικανοποιητική βελτίωση εφόσον αναφέρεται σε τρία τμήματα μαθητών μεικτής ικανότητας. Διαβάζοντας λίγο διαφορετικά το ποσοστό αυτό μπορούμε να πούμε ότι κατά μέσο όρο οι μαθητές έδωσαν 2,4 περισσότερες ορθές απαντήσεις (από τις 8) στο post-test σε σχέση με το pre-test.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης να δούμε και τις ερωτήσεις στις οποίες είχαμε τη μεγαλύτερη βελτίωση αλλά και αυτές στις οποίες είχαμε τη μικρότερη βελτίωση. Μεγαλύτερη βελτίωση είχαμε στις ερωτήσεις 1 και 3 με 57% ενώ τη μικρότερη βελτίωση είχαμε στην ερώτηση 7.

Pre-test	Post-test
1. Μέσα στην τάξη βρίσκονται εδώ και αρκετή ώρα ένα κομμάτι μάλλινο ύφασμα, ένα κομμάτι ξύλο και μια ράβδος σιδερένια. Αν τα αγγίζετε, σε ποιο από τα παρακάτω συμπεράσματα νομίζετε ότι θα καταλήγατε για τη θερμοκρασία τους;	1. Το χειμώνα μέσα στο δωμάτιο ενός σπιτιού βρίσκεται ένα χαλί πάνω σε δάπεδο από πλακάκια και πάνω στο χαλί βρίσκεται ένα ξύλινο τραπέζι. Τότε:
<p>a. Υψηλότερη θερμοκρασία έχει το μάλλινο ύφασμα, μετά το ξύλο και χαμηλότερη η σιδερένια ράβδος. (51%)</p> <p>b. Χαμηλότερη θερμοκρασία έχει το μάλλινο ύφασμα, μετά το ξύλο και υψηλότερη η σιδερένια ράβδος. (17%)</p> <p>c. Υψηλότερη θερμοκρασία έχει το ξύλο, μετά το μάλλινο ύφασμα και χαμηλότερη η σιδερένια ράβδος. (17%)</p> <p>d. Χαμηλότερη θερμοκρασία έχει η σιδερένια ράβδος, μετά το μάλλινο ύφασμα και υψηλότερη το ξύλο. (6%)</p> <p>e. Όλα έχουν την ίδια θερμοκρασία. (9%)</p>	<p>a. Υψηλότερη θερμοκρασία έχει το χαλί, μετά το τραπέζι και χαμηλότερη τα πλακάκια. (9%)</p> <p>b. Χαμηλότερη θερμοκρασία έχει το χαλί, μετά το τραπέζι και υψηλότερη τα πλακάκια. (4%)</p> <p>c. Υψηλότερη θερμοκρασία έχει το τραπέζι, μετά το χαλί και χαμηλότερη τα πλακάκια. (14%)</p> <p>d. Χαμηλότερη θερμοκρασία έχουν τα πλακάκια, μετά το χαλί και υψηλότερη το τραπέζι. (7%)</p> <p>e. Όλα έχουν την ίδια θερμοκρασία. (66%)</p>

Πίνακας 5: Η 1^η ερώτηση σε pre-test & post-test και τα ποσοστά κάθε προτεινόμενης απάντησης.

Pre-test & Post-test
Έχουμε δύο όμοια κομμάτια πάγου που μόλις βγάλαμε από την κατάψυξη. Το ένα το τυλίγουμε με μάλλινο ύφασμα και το άλλο με αλουμινόχαρτο. Ποιο από τα δύο κομμάτια θα λιώσει πρώτο;
<p>a. Αυτό που τυλίξαμε με το μάλλινο ύφασμα γιατί το μαλλί είναι πιο ζεστό. (Πριν:47% Μετά: 4%)</p> <p>b. Αυτό που τυλίξαμε με το αλουμινόχαρτο, γιατί τα μέταλλα είναι πιο κρύα. (Πριν:12% Μετά:6%)</p> <p>c. Αυτό που τυλίξαμε με το μάλλινο ύφασμα γιατί το μαλλί είναι καλός θερμικός μονωτής. (Πριν:21% Μετά:12%)</p> <p>d. Αυτό που τυλίξαμε με το αλουμινόχαρτο, γιατί το αλουμίνιο είναι καλός θερμικός αγωγός. (Πριν:21% Μετά:78%)</p>

Πίνακας 6: Η 3^η ερώτηση σε pre-test & post-test και τα ποσοστά κάθε προτεινόμενης απάντησης.

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζουμε την πρώτη ερώτηση του pre-test και του post-test και τα ποσοστά των μαθητών που επέλεξαν κάθε μία από τις προτεινόμενες απαντήσεις, ενώ στον Πίνακα 5 γίνεται το ίδιο με την τρίτη ερώτηση.

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζουμε την έβδομη ερώτηση του pre-test και post-test και τα ποσοστά των μαθητών που επέλεξαν κάθε μία από τις προτεινόμενες απαντήσεις. Στην ερώτηση αυτή είχαμε τη μικρότερη βελτίωση των μαθητών (μόνο 6%) ήταν όμως η ερώτηση που είχε το υψηλότερο ποσοστό ορθών απαντήσεων στο pre-test (74%) ενώ ρόλο μάλλον έπαιξε και η μικρή διαφοροποίηση που κάναμε στη διατύπωση της ερώτησης δηλαδή το ότι αντιστρέψαμε τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος - σώματος.

Pre-test	Post-test
7. Ένα φλιτζάνι τσάι (75 °C) προκειμένου να μην καίτε, θέλετε να το πιείτε όταν η θερμοκρασία του θα πέσει στους 45° C. Αυτό θα γίνει γρηγορότερα:	. Ένα ποτήρι κρύα σοκολάτα, (4 °C) θέλετε να το πιείτε όταν η θερμοκρασία της θα γίνει 10° C. Αυτό θα γίνει γρηγορότερα:
a. Το καλοκαίρι (30° C). (16%) b. Το χειμώνα (10° C σε εξωτερικό χώρο). (74%) c. Την άνοιξη (20° C). (10%)	a. Το καλοκαίρι (30° C). (80%) b. Το χειμώνα (10° C σε εξωτερικό χώρο). (16%) c. Την άνοιξη (20° C). (4%)

Πίνακας 7: Η 7^η ερώτηση σε pre-test & post-test και τα ποσοστά κάθε προτεινόμενης απάντησης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το Arduino δίνει τη δυνατότητα να φτιάξουμε ένα σύστημα συγχρονικής λήψης και επεξεργασίας δεδομένων με πολύ οικονομικό τρόπο. Ενδεικτικά ο μικροελεγκτής Arduino UNO κοστίζει αυτή τη στιγμή 8 ευρώ, (από ελληνικό κατάστημα και όχι κινέζικο), κάθε αισθητήρας θερμοκρασίας DS18B20 3,5 ευρώ, το LCD display 3,5 ευρώ και φυσικά τα καλώδια και ο αντιστάτης των 4,7 kΩ μερικά λεπτά του ευρώ. Το κόστος επομένως ενός τέτοιου συστήματος είναι λιγότερο από 20 ευρώ και μας δίνεται η δυνατότητα να έχουμε αυτοματοποιημένη καταγραφή των μετρήσεων. Το μικρό κόστος φυσικά δίνει και τη δυνατότητα να φτιάξουμε και περισσότερα τέτοια συστήματα ώστε να τα χρησιμοποιήσουμε με τους μαθητές να δουλεύουν σε ομάδες. Για τη ρύθμιση του συστήματος μικρή εμπειρία σε προγραμματισμό είναι απαραίτητη όμως δεν απαιτείται το γράψιμο του κώδικα από την αρχή αφού υπάρχει διαθέσιμος στο Internet. Πάντως ένα μειονέκτημα που παρατηρήσαμε στο σύστημα στην πράξη είναι ότι πολλές φορές ο χρόνος για να φτάσει στη θερμική ισορροπία ο αισθητήρας μπορεί να είναι και μεγαλύτερος από του συνηθισμένου θερμομέτρου γεγονός που κατά δική μας εκτίμηση πιθανότατα οφείλεται στο γεγονός ότι για να αδιαβροχοποιηθεί ο αισθητήρας είναι τοποθετημένος μέσα σε μεταλλική αδιάβροχη θήκη (δείτε την Εικόνα 1).

Τα φύλλα εργασίας αποδείχθηκε στην πράξη ότι είναι δυνατό να ολοκληρωθούν σε διάστημα μιας διδακτικής ώρας (με κατάλληλη

προετοιμασία από την πλευρά του εκπαιδευτικού όπως πχ να έχει βράσει σημαντική ποσότητα νερού πριν το 2 μάθημα), ενώ παρατηρήθηκε ότι ορισμένοι μαθητές που δυσκολεύονται με τις γραφικές παραστάσεις δεν ολοκλήρωσαν πλήρως το 2^ο φύλλο εργασίας. Τους δόθηκε η δυνατότητα να το κάνουν στην αρχή της 3^{ης} ώρας, (χωρίς πρόβλημα για την ολοκλήρωση του 3^{ου} φύλλου εργασίας), αν και κάποιοι απ' αυτούς το είχαν ήδη ολοκληρώσει στο σπίτι.

Τα pre-test και post-test κατέγραψαν μια σημαντική βελτίωση της (γνωστικής) επίδοσης των μαθητών (30%) δεν ήταν όμως δυνατό (λόγω και του είδους τους) να καταγράψουν όλα τα οφέλη που αποκόμισαν. Στο γνωστικό πεδίο δεν καταγράφηκε αν καταφέραμε να βελτιώσουμε τη δυνατότητα μικροσκοπικών εξηγήσεων των θερμικών φαινομένων ενώ και οι δεξιότητες που απέκτησαν στη χρήση θερμομέτρου οινοπνεύματος και ψηφιακού επίσης δεν μετρήθηκαν (πχ αναμονή για θερμική ισορροπία, σωστό διάβασμα της τιμής στο κλασικό θερμόμετρο, κτλ).

Ένα βασικό χαρακτηριστικό των διδακτικών – μαθησιακών ακολουθιών είναι οι διαδοχικοί κύκλοι σχεδιασμού, εφαρμογής και ανατροφοδότησης που έχουν στόχο τη βελτίωσή τους (Meheut M. & Psillos D., 2004). Σε αυτή την εργασία μας περιγράψαμε την πρώτη εφαρμογή της διδακτικής – μαθησιακής μας ακολουθίας για τη θερμική ισορροπία και ελπίζουμε ότι η ανατροφοδότηση που πήραμε από αυτή την εφαρμογή θα μας βοηθήσει να σχεδιάσουμε πιο αποτελεσματικά την επόμενη εφαρμογή της.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών και Περιβάλλοντος, ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ (2007). Με το μικρόκοσμο εξηγώ τη θερμότητα και τη θερμοκρασία των σωμάτων. Επεισόδιο της Εκπαιδευτικής Τηλεόρασης. Τελευταία ανάκτηση Μάρτιος του 2018 από http://micro-kosmos.uoa.gr/gr/software/ekp_tileorasi.htm

Καλκάνης Γ., Γκικοπούλου Ο., Καπότης, Ε., Γουσόπουλος, Δ., Παρινόπουλος, Μ., Τσάκωνας, Π., Δημητριάδης Π., Παπασιμπα, Λ., Μιτζήθρας, Κ., Καπογιάννης, Α., Σωτηρόπουλος Δ., & Πολίτης Σ., (2013α). *Η Φυσική με Πειράματα*. Βιβλίο Μαθητή. Εκδόσεις ΙΤΥΕ.

Καλκάνης Γ., Γκικοπούλου Ο., Καπότης, Ε., Γουσόπουλος, Δ., Παρινόπουλος, Μ., Τσάκωνας, Π., Δημητριάδης Π., Παπασιμπα, Λ., Μιτζήθρας, Κ., Καπογιάννης, Α., Σωτηρόπουλος Δ., Δρόλαπας Α., (2013b). *Η Φυσική με Πειράματα*. Βιβλίο Εκπαιδευτικού. Εκδόσεις ΙΤΥΕ.

Κασσέτας, Α., Ι. (2004). *Το μήλο και το Κουάρκ*. Αθήνα, Εκδόσεις Σαββάλας.

Clough E. & Driver R. (1985). *Secondary students' conceptions of the conduction of heat: bringing together scientific and personal views. Physics Education*, 20, p.176-182.

Erickson, G. (1985). *Θερμοκρασία και Θερμότητα* στο Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (1993). *Οι ιδέες των παιδιών στις φυσικές επιστήμες*. ΕΕΦ, Εκδόσεις Τροχαλία.

Lewis E.L. & Linn M.C. (1994). *Heat Energy and Temperature Concepts of Adolescents, Adults and Experts: Implications for Curricular Improvements. Journal of Research in Science Teaching*, 31(6), p.657-677.

Kountouriotis, G., (2018). *Connecting Arduino with 2 temperature DS18B20 sensors.* Ανακτήθηκε 12 Απριλίου 2018 από <https://github.com/geok13/Arduinowith2tempsensors>

Meheut M. & Psillos D., (2004). *Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. International Journal of Science Education: Vol 26, no 5, p. 515-535.*

Rogers, L. T. & Wild, P. (1996). *Data-logging: effects on practical science. Journal of Computer Assisted Learning*, 12(3), 130-145.


Savander-Ranne, C., & Kolari, S. (2003). *Promoting the conceptual understanding of engineering students through visualization. Global Journal of Engineering Education*, 7(2), 189–199.

White, R. T., & Gunstone, R. F. (1992). *Probing Understanding.* Great Britain: Falmer Press.


Tao, P.-K., & R.F. Gunstone. (1999). *The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), pp. 859–882.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Φύλλο Εργασίας «Η κατεύθυνση των θερμικών φαινομένων»



- Σας δίνονται τρία διαφορετικά υλικά: ξύλο, μάλλινο ύφασμα, μεταλλική ράβδος τα οποία βρίσκονται μέσα στο Εργαστήριο ΦΕ για πολύ ώρα. Αφού τα αγγίξετε με το χέρι σας, κατατάξετε τα κατά σειρά αυξανόμενης θερμοκρασίας.
 - η
 - η
- Συζητήστε στην ομάδα σας τις εκτιμήσεις σας. Σας έπικαι κάποιες συμμαθητές σας να αλλάξετε γνώμη. Αν ναι, καταγράψτε την νέα σας άποψη.
 - η
 - η
- Θερμομετρήστε τα παραπάνω σώματα είτε με τη θερμόμετρο ονομασμένου είτε με τους αισθητήρες DS18B20. Φροντίστε να παραμένει να σταθεροποιηθεί η ένδειξη του θερμόμετρου πριν καταγράψετε τη θερμοκρασία.
 - η
 - η
- Τι παρατηρείτε; Επιβεβαιώθηκαν οι προβλέψεις σας?
 - η
 - η
- Μετά από το παραπάνω πείραμα θυμάστε ότι η αίσθηση της αφής μπορεί να σας βοηθήσει να εκτιμήσετε με ακρίβεια το πόσο ζεστό ή ψυχρό είναι ένα σώμα. Επίσης αν δύο σώματα είναι σε επαφή για πολύ ώρα, τα παρμένετε να συμβαίνει με τις θερμοκρασίες τους; Σημειώστε.
 - η
 - η




- Έστω δύο δοχεία που περιέχουν ίσες ποσότητες νερού θερμοκρασίας 20°C. Αν αναμίξουμε αυτές τις ποσότητες στη θερμοκρασία νομίζετε ότι θα έχει το νερό που προκύπτει.
 - η

7. • Συζητήστε στην ομάδα σας τις εκτιμήσεις σας. Σας έπικαι κάποιες συμμαθητές σας να αλλάξετε γνώμη. Αν ναι, καταγράψτε την νέα σας άποψη.

- η
- η

8. • Αφού μετρήσετε και καταγράψετε τη θερμοκρασία του νερού στα δύο δοχεία που σας δίνονται, ρίξτε το νερό του ενός δοχείου στο άλλο και μετρήστε και καταγράψτε τη θερμοκρασία του. Τι παρατηρείτε?

- η
- η



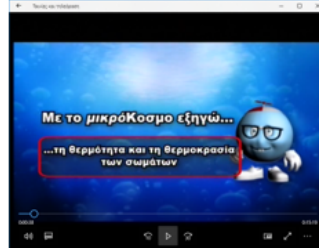
- Σας δίνονται δύο άκρα (μικρά παγάκια) που μόλις βγάλαμε από την κατάψυξη. Το ένα το τυλίγουμε με αλουμινημένο και το άλλο το τοποθετούμε μέσα σε μάλλινο ύφασμα. Προβλέψτε ποιο από τα δύο θα λιώσει πρώτο και αιτιολογήστε την άποψή σας.
 - η
 - η
- Συζητήστε στην ομάδα σας τις εκτιμήσεις σας. Σας έπικαι κάποιες συμμαθητές σας να αλλάξετε γνώμη. Αν ναι, καταγράψτε την νέα σας άποψη.
 - η
 - η
- Εκτιμάτε το παραπάνω πείραμα με τα υλικά που σας δίνονται. Για να δείτε το αποτέλεσμα μπορεί να χρειαστεί να παραμένετε το εκάστοτε διάστημα. Επιβεβαιώθηκε η πρόβλεψή σας; Αν όχι, προσπαθήστε να εξηγήσετε γιατί.
 - η
 - η
- Σημειώστε τα κενά με τη λέξη που ταράζει, διαλλογώντας από τις προτάσεις, ώστε να συμπληρωθεί σωστά κάθε πρόταση. Κάποιες λέξεις θα χρησιμοποιηθούν περισσότερες φορές.

Θερμοκρασία, Θερμική ισορροπία, Θερμότητα, μόνωση

Στον φάσμα σε επαφή δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας τότε ρίει από το ένα στο άλλο μέχρι να έρθουν σε Σώματα που βρίσκονται πολύ ώρα σε επαφή έχουν την ίδια και λέμε ότι βρίσκονται σε Η δεν εξαρτάται από την ποσότητα του σώματος. Η ταχύτητα με την οποία δύο σώματα φτάνουν στη θερμική ισορροπία εξαρτάται από τη τους.

Σχήμα 3: Το 1ο φύλλο εργασίας.

ΦΕ: Μικροσκοπικές Εξηγήσεις Θερμικών φαινομένων



Αφού παρακολουθήσετε την ταινία «Με το μικρόκοσμο εξηγώ... τη θερμότητα και τη θερμοκρασία των σωμάτων» (από την αρχή έως το 4:17 min:s) να απαντήσετε στις παρακάτω ερωτήσεις.

- Παρατηρώντας τα σώματα έχουμε την εντύπωση ότι η όλη είναι συνεχής και χωρίς κενό χώρο. Στην ταινία όμως «εμφάνεται» μια διαφορετική άποψη. Περιγράψτε σε μια πρόταση τη δομή της όλης σύμφωνα με την ταινία.
 - η
 - η
- Τα μικροσκοπικά σωματίδια μπορούμε να τα παρατηρήσουμε;
 - η
 - η
- Τι χρησιμοποιούμε για να κατανοήσουμε τη συμπεριφορά τους;
 - η
 - η
- Τα μικροσκοπικά σωματίδια έχουν ιδιότητες όπως π.χ. κίνηση.
 - η
 - η

Αφού παρακολουθήσετε την ταινία «Με το μικρόκοσμο εξηγώ... τη θερμότητα και τη θερμοκρασία των σωμάτων» (από το 4:17 min:s έως 8:20 min:s) να απαντήσετε στις παρακάτω ερωτήσεις.

- Τα μικροσκοπικά σωματίδια που αποτιλούν την όλη πως συμπεριφέρονται σε ένα στερεό σώμα.
 - η
 - η
- Τα μικροσκοπικά σωματίδια που αποτιλούν την όλη πως συμπεριφέρονται σε ένα υγρό σώμα.
 - η
 - η
- Τα μικροσκοπικά σωματίδια που αποτιλούν την όλη πως συμπεριφέρονται σε ένα αέριο σώμα.
 - η
 - η
- Χρησιμοποιείται στη Φυσική η λέξη ψυχήρητη ή φύση; Εξηγήστε.
 - η
 - η

Αφού παρακολουθήσετε την ταινία «Με το μικρόκοσμο εξηγώ... τη θερμότητα και τη θερμοκρασία των σωμάτων» (από το 12:24 min:s έως 13:38 min:s) να απαντήσετε στις παρακάτω ερωτήσεις.

- Πως συμπεριφέρονται τα μικροσκοπικά σωματίδια που αποτιλούν ένα σώμα όταν το θερμαίνουμε;
 - η
 - η
- Πως συμπεριφέρονται τα μικροσκοπικά σωματίδια που αποτιλούν ένα σώμα όταν το ψύχουμε;
 - η
 - η
- Υπαγραμμίστε τη λέξη που ταράζει από κάθε παρένθεση ώστε να συμπληρωθεί σωστά κάθε πρόταση.

Για να θερμάνουμε ένα σώμα του προσφέρουμε (Θερμότητα/Θερμοκρασία/Θερμική ενέργεια). Για να ψύξουμε ένα σώμα του (προσφέρουμε/απαρνούμε) (Θερμότητα/Θερμοκρασία/ ψυχρότητα). Η (Θερμότητα/ Θερμοκρασία/ Θερμική ενέργεια) είναι ένα φυσικό μέγεθος που μας λέει πόσο ψυχρό ή θερμό είναι ένα σώμα. Η (Θερμότητα/ Θερμοκρασία/ Θερμική ενέργεια) ενός σώματος είναι η συνολική κίνηση που έχουν τα μικροσκοπικά σωματίδια από τα οποία αποτελείται λόγω της κίνησης τους.

Σχήμα 4: Το 3ο φύλλο εργασίας.