

■ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΦΑΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΓΧΡΟΝΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

Ε. Πιερρή

Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
e.pieri@eap.gr

Α. Καρατράντου

Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
a.karatrantou@eap.gr

Χρ. Παναγιωτακόπουλος

Παιδαγωγικό Τμήμα Δ. Ε.
Πανεπιστήμιο Πατρών
cranag@upatras.gr

Περίληψη

Στην εργασία αυτή με τη βοήθεια ενός τυχαίου δείγματος 79 μαθητών Α' Λυκείου μελετήθηκε η επίδραση της υποστηριζόμενης από Η/Υ πειραματικής διαδικασίας για το φαινόμενο της αλλαγής φάσης στις αντιλήψεις των μαθητών και στις έννοιες που συναρτώνται με αυτό με τη χρήση συστήματος συγχρονικής διάταξης (MBL) και αισθητήρα θερμοκρασίας. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν Φύλλο Εργασίας, Φύλλο Αξιολόγησης, μικρής έκτασης Ερωτηματολόγιο και οι μαθητές εργάστηκαν σε ένα περιβάλλον οικοδόμησης της γνώσης τους. Από τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης διαπιστώθηκαν αλλαγές στις αντιλήψεις των μαθητών προς την κατεύθυνση του επιστημονικού προτύπου και άρση των παρανοήσεων για το φαινόμενο της αλλαγής φάσης. Επίσης, προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις απαντήσεις των μαθητών πριν και μετά την πειραματική δραστηριότητα, ενώ δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ φύλου και οποιασδήποτε μεταβλητής. Τέλος, φάνηκε πως όλη η πειραματική δραστηριότητα έτυχε θετικής ανταπόκρισης εκ μέρους των μαθητών του δείγματος.

Λέξεις Κλειδιά

ΤΠΕ, Διδακτική Φυσικών Επιστημών, Σύστημα συγχρονικής διάταξης.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο πλαίσιο της οικοδόμησης της γνώσης και της συνεργατικής μάθησης, οι νέες τεχνολογίες, διαφαίνεται να ανοίγουν νέους προσανατολισμούς, δίνοντας μια νέα προοπτική στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η δυνατότητα τους να υποστηρίζουν νέες εκπαιδευτικές εφαρμογές και να συμβάλλουν στον πειραματισμό και στη διερεύνηση των φαινομένων από τους μαθητές. Κάτω από αυτό το πρίσμα διαφαίνεται ση-

μαντική η συμβολή του συστήματος συγχρονικής διάταξης με τη δυνατότητα που παρέχει να αναπαριστά την εξέλιξη των διαφόρων μεταβλητών σε πραγματικό χρόνο και να συμβάλλει κατ' αυτό τον τρόπο στη κατανόηση φαινομένων και εννοιών (Καράνης κ. ά., 2000). Ακριβώς μια τέτοια νέα εκπαιδευτική δραστηριότητα προτείνουμε στη παρούσα εργασία, η οποία υλοποιείται *μόνο* με το σύστημα συγχρονικής διάταξης και τη χρήση αισθητήρα θερμοκρασίας. Πρόκειται για τη μελέτη του φαινομένου της αλλαγής φάσης και συγκεκριμένα της πήξης των σωμάτων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήσαμε το σύστημα Συγχρονικής Διάταξης MULTILOG της εταιρείας Fourier σε Η/Υ με το λογισμικό DBLab 3.2 και αισθητήρα θερμοκρασίας.

Η έννοια της θερμότητας είναι ένα από τα πιο δύσκολα θέματα των Φυσικών Επιστημών και αποτελεί αντικείμενο σύγχυσης και παρανοήσεων από τους μαθητές (Mark et al., 1987). Σημαντική αιτία αυτών των συγχύσεων αποτελεί η χρήση ορισμένων εννοιών όπως “θερμότητα”, “ροή θερμότητας”, “θερμοκρασία”, “εσωτερική ενέργεια”, “θερμοχωρητικότητα” που για την επιστήμη έχουν διαφορετική σημασία και εκφράζονται με καλά ορισμένους διακριτούς όρους. Παράλληλα όμως χρησιμοποιούνται στη καθημερινή γλώσσα χωρίς να έχουν σαφή διάκριση. Επίσης βασικός παράγοντας που ευνοεί τον σχηματισμό παρανοήσεων είναι τα κατάλοιπα της θερμιδικής θεωρίας που τα συναντούμε τόσο στα σχολικά εγχειρίδια, όσο στην επιστημονική ορολογία και φυσικά στη καθημερινή ζωή. Πολλοί ερευνητές έχουν διαπιστώσει πως τα παιδιά θεωρούν ότι η θερμότητα είναι μία ουσία η οποία “ρέει” από το ένα μέρος στο άλλο. Επίσης θεωρούν ότι η θερμότητα δεν είναι ενέργεια. Πέρα από τη σύγχυση που υπάρχει μεταξύ των εννοιών θερμότητας και θερμοκρασίας, οι μαθητές θεωρούν ότι η θερμοκρασία ενός αντικειμένου εξαρτάται από το μέγεθός του. Όσον αφορά την αλλαγή καταστάσεων θεωρούν ότι αυτές γενικά δεν σχετίζονται με κάποια σταθερή θερμοκρασία (Cosgorve & Osborne, 1980). Επίσης, θεωρούν ότι η θερμοκρασία βρασμού είναι η μέγιστη θερμοκρασία που μια ουσία μπορεί να φτάσει (Driver et al., 1998).

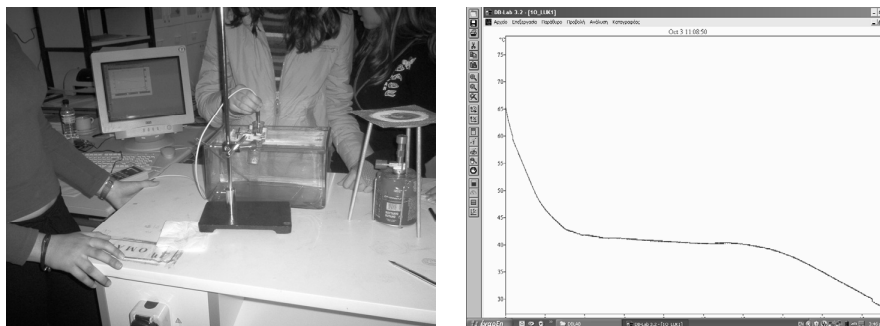
Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να ανιχνεύσουμε την επίδραση πειραματικής δραστηριότητας με τη χρήση συγχρονικής διάταξης, στις αντιλήψεις των μαθητών για το φαινόμενο της αλλαγής φάσης και στις έννοιες που συναρτώνται με αυτό.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Το δείγμα της έρευνας συνίσταται από 79 μαθητές Α' Λυκείου (16 από το 1^ο Ενιαίο Λύκειο, 16 από το 11^ο Ενιαίο Λύκειο, 12 από το Λύκειο Ρίου, 19 από το Λύκειο Φαρών και 16 από το Λύκειο Δεμενίκων) της Α' Περιφέρειας του Ν. Αχαΐας. Κανένας από τους μαθητές δεν ήταν άτομο με ειδικές ανάγκες. Η εκτέλεση της πειραματικής δραστηριότητας έγινε στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών με ομάδες των 4 μαθητών και είχε διάρκεια για κάθε ομάδα 2 συνεχόμενες διδακτικές ώρες. Όλοι οι μαθητές είχαν διδαχτεί στο αντίστοιχο μάθημα του σχολείου τους για το φαινόμενο της αλλαγής φάσης. Χρησιμοποιήθηκε κατάλληλο Φύλλο Εργασίας, το οποίο είχε δοκιμαστεί πιλοτικά και αποτελείτο από 4 μέρη στα οποία: α) έγινε εισαγωγή στο φαινόμενο της αλλαγής φάσης, αναφέρθηκαν οι απαιτούμενες έννοιες και τέθηκε ο στόχος του πειράματος, β) αναφέρθηκαν αναλυτικά τα όργανα και οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν, όπως και η συνδεσμολογία τους, γ) έγινε περιγραφή των βημάτων εκτέλεσης του πειράματος και δ) επισημάνθηκαν σημεία στα οποία

οι μαθητές θα έπρεπε να δώσουν ιδιαίτερη προσοχή κατά τη διάρκεια του πειράματος. Το Φύλλο Εργασίας βοήθησε τους μαθητές να συνεργαστούν σε ένα πλαίσιο οικοδόμησης της γνώσης κρίνοντας και ανταλλάσσοντας απόψεις και εξαγοντας συμπεράσματα μέσα από την υλοποίηση του πειράματος.

Οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: θερμόμετρο, 10 γρ. δωδεκανικό οξύ, ποτήρια ζέσεως, υδρόλουτρο, γυάλινος υποδοχέας, θερμαντική πλάκα, βάση στήριξης, αισθητήρας θερμοκρασίας, συσκευή διασύνδεσης αισθητήρα-υπολογιστή MultiLog, Η/Υ με λογισμικό DBLab. Σύμφωνα με την προτεινόμενη πειραματική διαδικασία το δωδεκανικό οξύ μετατρέπεται σε υγρό με βύθιση σε υδρόλουτρο θερμοκρασίας 80°C, μεταφέρεται με τον γυάλινο υποδοχέα σε υδρόλουτρο θερμοκρασίας 12°C, η θερμοκρασία του οποίου ελέγχεται με θερμόμετρο. Αναδεύοντας με τον αισθητήρα θερμοκρασίας το περιεχόμενο του υποδοχέα τίθεται σε λειτουργία η καταγραφή της θερμοκρασίας. Οι μαθητές παρακολουθούν την εξέλιξη του πειράματος και συγχρόνως τη γραφική απεικόνιση της μεταβολής της θερμοκρασίας στη οθόνη του Η/Υ με τη βοήθεια του λογισμικού.



Εικόνα 1. Αριστερά: στιγμιότυπο από την εργασία των μαθητών Δεξιά: τυπική καμπύλη θερμοκρασίας-χρόνου από τα πειράματα των μαθητών.

Η συλλογή των δεδομένων έγινε από δύο ερευνητές από τους οποίους ο ένας αρχικά ενημέρωνε κάθε ομάδα μαθητών για το σύστημα συγχρονικής λήψης και απεικόνισης, τον αισθητήρα θερμοκρασίας και στη συνέχεια επιτηρούσε διακριτικά τη διαδικασία της πειραματικής δραστηριότητας δίνοντας εναύσματα και συμβουλευοντας τους μαθητές όταν αυτό ήταν απαραίτητο. Ο δεύτερος παρατηρούσε τις κινήσεις και αντιδράσεις των μαθητών, κατέγραφε σχόλια και σημαντικά σημεία από την συζήτηση και την ανταλλαγή απόψεων μεταξύ των μαθητών σε όλη τη διάρκεια του πειράματος.

Αρχικά οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν γραπτώς σε Φύλλο Αξιολόγησης που περιείχε 7 ερωτήσεις (βλ. παρακάτω) κάτω που επαναλήφθηκε και μετά την εκτέλεση του πειράματος. Για τη συλλογή των δημογραφικών και άλλων δεδομένων χρησιμοποιήθηκε κατάλληλο, μικρής έκτασης ερωτηματολόγιο.

ΕΥΡΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η στατιστική ανάλυση που ακολούθησε την καταχώρηση των δεδομένων είχε ως βάση το επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$ (Παρασκευόπουλος, 1984). Για

τους στατιστικούς ελέγχους χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS v.10. Τα γενικά χαρακτηριστικά του δείγματος έχουν ως ακολούθως: Στην έρευνα συμμετείχαν 79 μαθητές Α' Λυκείου. Από αυτούς 39 (49,4%) ήταν αγόρια και 40 (50,6%) ήταν κορίτσια. Η μέση ηλικία του δείγματος ήταν 15,35 χρόνια (τ.α.0,32 χρόνια). Ο μέσος όρος στη βαθμολογία τους στη Φυσική και τη Χημεία της Γ' Γυμνασίου ήταν 16,37 (τ.α. 2,24). Στο Φύλλο Αξιολόγησης περιέχονταν οι 7 παρακάτω ερωτήσεις:

1. Δυο σώματα **A** και **B** έρχονται σε επαφή. Το σώμα **A** έχει θερμοκρασία **θ_1** και το σώμα **B** έχει θερμοκρασία **θ_2** , έτσι ώστε $\theta_1 < \theta_2$. Τι θα συμβεί?
2. Η πήξη είναι μετάβαση ενός σώματος από: α. την Υγρή στην Αέρια κατάσταση β. τη Στερεά στην Υγρή κατάσταση γ. την Υγρή στη Στερεά κατάσταση δ. τη Στερεά στην Αέρια κατάσταση ε. την Αέρια στην Υγρή κατάσταση
3. Διατάξτε τις 3 κατηγορίες σωμάτων **Στερεά**, **Υγρά** και **Αέρια**: α. κατά σειρά αυξανόμενων δυνάμεων συνοχής μεταξύ των δομικών μονάδων τους β. κατά σειρά αυξανόμενης κινητικότητας των δομικών μονάδων τους.
4. Όταν θερμαίνουμε ένα στερεό σώμα υπό σταθερή πίεση τότε: α. η θερμοκρασία ελαττώνεται συνεχώς β. η θερμοκρασία αυξάνεται συνεχώς γ. η θερμοκρασία δεν μεταβάλλεται δ. η θερμοκρασία αυξάνεται μέχρι μιας σταθερής θερμοκρασίας
5. Όταν ψύχουμε ένα υγρό σώμα υπό σταθερή πίεση τότε: α. το σημείο πήξης του ελαττώνεται συνεχώς β. το σημείο πήξης του αυξάνεται συνεχώς γ. το σημείο πήξης του δεν μεταβάλλεται δ. το σημείο πήξης του αυξάνεται μέχρι μιας σταθερής θερμοκρασίας
6. Όταν ψύχουμε ένα υγρό σώμα υπό σταθερή πίεση τότε: α. η θερμοκρασία ελαττώνεται συνεχώς β. η θερμοκρασία αυξάνεται συνεχώς γ. η θερμοκρασία δεν μεταβάλλεται δ. η θερμοκρασία μειώνεται μέχρι μιας σταθερής θερμοκρασίας
7. Να εξηγήσετε τι μεταβολές συμβαίνουν σε ένα σύστημα **κατά τη διάρκεια της πήξης** ως προς: α. την εσωτερική ενέργεια συστήματος β. τη θερμοκρασία του συστήματος γ. την ανταλλαγή ενέργειας με το περιβάλλον δ. τις μεταβολές σε μοριακό επίπεδο.

Από τις απαντήσεις των μαθητών πριν και μετά τη πειραματική διαδικασία, με τη χρήση του t-κριτηρίου, διαπιστώθηκαν τα εξής ανά ερώτηση:

(1) Στατιστικά σημαντικές διαφορές στις απαντήσεις τους ($t=-6,988$; $df=78$; $p<0,001$).

(2) Στατιστικά μη σημαντικές διαφορές στις απαντήσεις τους ($t=-1,423$; $df=78$; $p>0,05$), ωστόσο υπήρξε τελικά μία ποσοτική μετατόπιση των απαντήσεων προς το σωστό.

(3) Στατιστικά σημαντικές διαφορές στις απαντήσεις τους ($t=-3,067$; $df=78$; $p<0,05$).

(4) Στατιστικά σημαντικές διαφορές στις απαντήσεις τους ($t=-2,084$; $df=78$; $p<0,05$).

(5) Στατιστικά σημαντικές διαφορές στις απαντήσεις τους ($t=-2,001$; $df=78$; $p<0,05$).

(6) Στατιστικά σημαντικές διαφορές στις απαντήσεις τους ($t=-2,001$; $df=78$; $p<0,05$).

(7) Στατιστικά σημαντικές διαφορές στις απαντήσεις τους ($t=-7,216$; $df=78$; $p<0,001$).

Εξετάζοντας το σύνολο των επιδόσεων των μαθητών και στις επτά προηγούμενες ερωτήσεις, φάνηκε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις απαντήσεις τους πριν και μετά την πειραματική δραστηριότητα ($t=-9,487$; $df=78$; $p<0,001$). Πιο συγκεκριμένα φάνηκε πως υπήρχε τελικά μια μετατόπιση των απαντήσεων προς τη σωστή κατεύθυνση. Επίσης, φάνηκε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ φύλου και των συνολικών επιδόσεων των μαθητών πριν και μετά τη δραστηριότητα.

Στον επόμενο πίνακα φαίνονται οι επικρατούσες τιμές 1 και 2 στις ερωτήσεις γενικού περιεχομένου που ελήφθησαν με τη χρήση του ερωτηματολογίου μικρής έκτασης.

Πίνακας 1. Οι επικρατούσες τιμές 1 και 2 στις ερωτήσεις γενικού περιεχομένου.

Μεταβλητή	Ε.Τ. 1	Ε.Τ. 2
1. Θα προτιμούσατε να κάνετε το μάθημα της Χημείας με τη χρήση αισθητήρων αντί να χρησιμοποιείτε κλασικές πειραματικές συσκευές;	5: 51 (64,6%)	4: 20 (25,3%)
2. Νομίζετε πως κατανοήσατε καλύτερα τις έννοιες του πειράματος με αυτόν τον τρόπο που έγινε (με τη χρήση αισθητήρων) παρά αν χρησιμοποιούσατε κλασικές πειραματικές συσκευές;	5: 48 (60,8%)	4: 24 (30,4%)
3. Πόσο νομίζετε ότι σας βοήθησε να κατανοήσετε τις έννοιες του πειράματος, αυτού του είδους η εργασία σε ομάδα με τους συμμαθητές σας;	5: 44 (55,7%)	4: 22 (27,8%)
4. Σας δυσκόλεψε η διεξαγωγή του πειράματος;	1: 36 (45,6%)	2: 28 (35,4%)

Όπως προκύπτει από τον πίνακα 1 οι επικρατούσες τιμές 1 (Ε.Τ.1) και 2 (Ε.Τ.2) στην κλίμακα Likert από 1 μέχρι 5 είναι παντού οι 4 και 5. Αυτό δείχνει πως η δραστηριότητα επέδρασε θετικά στην αναμόρφωση των απόψεών τους και δεν δυσκόλεψε τους μαθητές του δείγματος. Οι στατιστικοί έλεγχοι χ^2 και Cramer's V έδειξαν ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ φύλου και απαντήσεων στις παραπάνω μεταβλητές ενώ όμοια ο συντελεστής συσχέτισης Spearman δεν έδωσε στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ μέσου όρου βαθμολογίας στη Φυσική-Χημεία και απαντήσεων.

Επίσης, η ανάλυση έδειξε α) στατιστικά σημαντική συσχέτιση ($R=0,283$; $p=0,012$) μεταξύ συνολικής επίδοσης μετά το πείραμα και της μεταβλητής 1, δηλαδή αυτοί που βελτίωσαν τις επιδόσεις τους μετά το πείραμα φαίνεται πως προτιμούν τη χρήση Η/Υ και της συγχρονικής διάταξης αντί των κλασικών διατάξεων και β) στατιστικά σημαντική συσχέτιση ($R=0,223$; $p=0,048$) μεταξύ αυτών που βελτίωσαν περισσότερο τις επιδόσεις τους και της προτίμησής του για τη χρήση του Η/Υ και της συγχρονικής διάταξης.

Τέλος, με μία ερώτηση ανοικτού τύπου καλέσαμε τους μαθητές να απαντήσουν στο *τι καινούργιο θεωρούν οι ίδιοι πως έμαθαν από το συγκεκριμένο πείραμα*. Η ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων (Bogdan & Bilken, 1982) έδωσε τα εξής αποτελέσματα :

- 19 μαθητές (24,05%) δήλωσαν ότι δεν έμαθαν κάτι καινούριο αλλά κατα-

νόησαν έννοιες που τους είχαν δυσκολέψει ή θυμήθηκαν έννοιες που είχαν διδαχθεί.

- 16 μαθητές (20,25%) δήλωσαν πως κατανόησαν ότι κατά την αλλαγή φάσης η θερμοκρασία του σώματος παραμένει σταθερή.
- 14 μαθητές (17,72%) κατανόησαν τι γίνεται κατά την αλλαγή φάσης και συγκεκριμένα κατά τη τήξη και πήξη των σωμάτων.
- 10 μαθητές (12,66%) διαχώρισαν τις έννοιες θερμότητα και θερμοκρασία ενώ 9 (11,39%) έμαθαν περισσότερα σχετικά με την ανταλλαγή θερμότητας και του τρόπου με τον οποίο μεταφέρεται η θερμότητα.
- 9 μαθητές (11,39%) είπαν ότι έμαθαν πως γίνεται ένα πείραμα και πως εξελίσσονται διάφορα φαινόμενα, κινήθηκε το ενδιαφέρον τους γιατί χρησιμοποίησαν αισθητήρες και Η/Υ, ενώ 1 (1,27%) δήλωσε πως δεν βοηθήθηκε περισσότερο από τα κλασσικά πειράματα.
- Τέλος, 6 μαθητές (7,59%) δήλωσαν πως γενικά κατανόησαν κάποιες έννοιες και διαδικασίες.

Επίσης, χαρακτηριστικά σχόλια των μαθητών αποτελούν τα εξής: *“Θα ήθελα το μάθημα να γίνεται έτσι γιατί είναι πιο ενδιαφέρον...”*, *“...σήμερα μάθαμε για την αλλαγή φάσης και όχι θεωρητικά όπως τις άλλες φορές...”*, *“...μάθαμε πως γίνονται στη πράξη αυτά που γράφουν τα βιβλία...”*, *“...με τον Η/Υ και τον αισθητήρα, βλέπουμε τι γίνεται πιο παραστατικά...”*

Από την παρατήρηση και καταγραφή των κινήσεων, αντιδράσεων, απαντήσεων και σχολίων των μαθητών κατά τη διάρκεια της όλης δραστηριότητας προέκυψαν τα ακόλουθα: Σύγχυση φαίνεται να υπάρχει ανάμεσα στην ουσία που τήκεται ή πήζει και στο νερό: *“...λιώνει όπως το παγάκι...”*, *“...πήζει στους 0°C όπως όλα τα σώματα...”* γεγονός που αποτελεί βασική παρανόηση (Stavy & Stachel, 1984), και στις έννοιες *τήξη*, *υγροποίηση*, *διάλυση*. Σύγχυση επίσης διαπιστώθηκε σε όλες τις ομάδες με τις έννοιες *Θερμότητα* και *Θερμοκρασία*: η *Θερμότητα* είναι *“... ενέργεια που μεταδίδεται...”* για ένα μόνο μαθητή, ενώ για τους περισσότερους είναι *“... αυτό που μας δείχνει πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα...”*. Χαρακτηριστικό είναι πως οι περισσότεροι μαθητές φάνηκε πως γνώριζαν ότι η *Θερμότητα* μεταφέρεται από το θερμότερο στο ψυχρότερο σώμα όταν αυτά έρθουν σε επαφή.

Κατά τη βύθιση της υγρής ουσίας στο υδρόλουτρο και μετά από τον προβληματισμό για τον τρόπο μεταφοράς της θερμότητας όλοι οι μαθητές προέβλεψαν πως θα μεταφερθεί θερμότητα από τη θερμή ουσία στο ψυχρότερο νερό έως ότου οι δυο θερμοκρασίες γίνουν ίσες. Οι μαθητές έδειξαν ικανοποίηση όταν διαπίστωσαν πως είχαν δίκιο, παρατηρώντας την αρχική πτώση της θερμοκρασίας, από τη καμπύλη θερμοκρασίας-χρόνου. Για τους περισσότερους η κοινή θερμοκρασία θα είναι ο μέσος όρος των δύο θερμοκρασιών, για κάποιους όμως θα είναι το Σ.Π. της ουσίας γιατί *“...η ουσία δεν μπορεί να ψυχθεί περισσότερο από το Σ.Π...”*. Με βάση αυτό, όταν η θερμοκρασία της ουσίας φάνηκε να παραμένει σταθερή θεώρησαν πως οι δύο θερμοκρασίες (ουσίας και νερού) είναι ίσες. Ήταν τόσο σίγουροι για αυτό που όταν μέτρησαν τις δυο θερμοκρασίες και είδαν ότι είναι διαφορετικές έδειξαν δυσπιστία για τη μέτρηση, ενώ κάποιοι θεώρησαν ότι *“...ίσως είναι εξαίρεση...”*, *“...ίσως μειώνεται η θερμοκρασία της ουσίας αλλά με μικρό ρυθμό και δεν το καταλαβαίνουμε...”*, *“...μπορεί να είναι ιδιότητα της ουσίας να μην πέφτει η θερμοκρασία της κάτω από 40°...”*.

Μόνο δυο μαθητές προέβλεψαν *“...η ουσία μάλλον θα γίνει πάλι στερεό...”*,

γιατί "...αν η θερμοκρασία του γίνει όπως πριν που ήταν στερεό θα πρέπει και τώρα να είναι στερεό...". Όμως κανένας μαθητής δεν προέβλεψε ότι κατά την διαδικασία πήξης η θερμοκρασία θα παραμείνει σταθερή. Η επικρατούσα άποψη ήταν πως δεν υπάρχει μεταφορά θερμότητας ανάμεσα στη ουσία και το νερό αφού η θερμοκρασία της ουσίας παραμένει σταθερή. Οι μαθητές δύο ομάδων είπαν πως η θερμοκρασία της ουσίας θα είναι σταθερή ώσπου να γίνει όλη στερεή χωρίς όμως να μπορούν να αιτιολογήσουν το γιατί ούτε να αποφανθούν για το αν υπάρχει μεταφορά θερμότητας. Δύο μαθήτριες θεώρησαν πως "...αφού υπάρχει διαφορά θερμοκρασιών λογικά μάλλον θα υπάρχει μεταφορά θερμότητας που μάλλον πάει στην ουσία για να γίνει στερεά...". Αξίζει να σημειώσουμε ότι μερικοί μαθητές είπαν ότι κατά τη μεταφορά θερμότητας είχαμε και μεταφορά μορίων από το ένα σύστημα στο άλλο ενώ για κάποιους άλλους συνέβαινε αλλοίωση στη σύσταση της ύλης. Συνήθως όμως οι μαθητές ερμηνεύουν χημικά φαινόμενα με όρους αλλαγών καταστάσεων και το αντίθετο (Κουλαϊδής κ.ά., 2001)

Σε όλη τη διάρκεια της πειραματικής δραστηριότητας εμφανίστηκαν γνωστικές συγκρούσεις στους μαθητές, οι οποίοι βασίζονταν στις μαθηματικές σχέσεις και θεωρητικούς κανόνες χωρίς να μπορούν να συσχετίσουν όσα παρατηρούσαν με όσα είχαν διδαχθεί. Αξίζει να σημειωθεί πως κάποιοι σιωπηλοί και δειλοί στη αρχή μαθητές έδειξαν στη συνέχεια ενδιαφέρον να εμπλακούν στη συζήτηση αλλά και στη πρακτική διαδικασία του πειράματος.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στη μελέτη αυτή με τη βοήθεια τυχαίου δείγματος 79 μαθητών Α' Λυκείου μελετήθηκε η επίδραση της πειραματικής διαδικασίας του φαινομένου της αλλαγής φάσης με τη χρήση συστήματος συγχρονικής διάταξης και αισθητήρα θερμοκρασίας, στις αντιλήψεις των μαθητών για το φαινόμενο και στις έννοιες που συναρτώνται με αυτό.

Η στατιστική ανάλυση γενικά έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές στις απαντήσεις των μαθητών πριν και μετά την διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας τόσο ανά ερώτηση του Φύλλου Αξιολόγησης όσο και συνολικά. Πιο συγκεκριμένα φάνηκε πως υπήρχε τελικά μια μετατόπιση των απαντήσεων προς τη σωστή κατεύθυνση. Επίσης δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ φύλου και των συνολικών επιδόσεων των μαθητών πριν και μετά τη πειραματική διαδικασία.

Οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις που ανίχνευαν τη στάση τους απέναντι στη πειραματική διαδικασία έτσι όπως υλοποιήθηκε έδειξαν πως η δραστηριότητα επέδρασε θετικά στην αναμόρφωση των απόψεών τους και δεν τους δυσκόλεψε. Δεν διαπιστώθηκαν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ μέσου όρου βαθμολογίας στη Φυσική-Χημεία και απαντήσεων. Επίσης, φάνηκε ότι αυτοί που βελτίωσαν τις επιδόσεις τους μετά το πείραμα φαίνεται πως προτιμούν τη χρήση αισθητήρων και Η/Υ αντί των κλασικών διατάξεων.

Κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας και των συζητήσεων με τους μαθητές διαπιστώθηκαν πολλές δυσκολίες στη κατανόηση των εννοιών της Θερμότητας και της Θερμοκρασίας, του τρόπου που αυτές σχετίζονται μεταξύ τους, της αιτίας και του τρόπου μεταφοράς θερμότητας από ένα σώμα σε ένα άλλο. Πολύ σημαντικό ήταν το πρόβλημα στην περιγραφή και ερμηνεία του

φαινομένου της αλλαγής φάσης του δωδεκανικού οξέως από υγρό σε στερεό. Ιδιαίτερη δυσκολία εμφανίσθηκε στη κατανόηση του γεγονότος ότι η θερμοκρασία παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια της αλλαγής φάσης, παρόλο που υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στην ουσία και το περιβάλλον νερό και συνεπώς υπάρχει μεταφορά θερμότητας.

Σημαντικό είναι πως μετά το τέλος της δραστηριότητας 16 μαθητές (20,25%) δήλωσαν πως έμαθαν και κατανόησαν γιατί κατά την αλλαγή φάσης η θερμοκρασία του σώματος παραμένει σταθερή, 14 μαθητές (17,72%) κατανόησαν τι γίνεται κατά την αλλαγή φάσης των σωμάτων και συγκεκριμένα κατά την τήξη και πήξη των σωμάτων ενώ 10 μαθητές (12,66%) δήλωσαν πως διαχώρισαν τις έννοιες θερμότητα και θερμοκρασία και 9 (11,39%) πως έμαθαν περισσότερα σχετικά με την ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ δυο σωμάτων και του τρόπου με τον οποίο μεταφέρεται η θερμότητα.

Συνοψίζοντας, η σύγκριση των αντιλήψεων των μαθητών για το φαινόμενο της αλλαγής φάσης αλλά και των εννοιών που σχετίζονται με αυτό, πριν και μετά τη διεξαγωγή της δραστηριότητας έδειξε μια εννοιολογική αλλαγή προς την κατεύθυνση του επιστημονικού προτύπου, και άρση των παρανοήσεων των μαθητών. Τέλος, φάνηκε πως όλη η πειραματική διαδικασία έτυχε θετικής ανταπόκρισης εκ μέρους των μαθητών του δείγματος. Η προτεινόμενη δραστηριότητα ο καλύπτει ένα διδακτικό κενό του αναλυτικού προγράμματος στην ύλη της Α' Λυκείου και συμβάλει στη σπειροειδή ανάπτυξη της γνώσης από την Β' Γυμνασίου προς την Β' Λυκείου. Μία προέκταση της διδακτικής πρότασης μπορεί να αποτελέσει ο έλεγχος της καθαρότητας μίας στερεάς ουσίας, ο οποίος βασίζεται στην ελάττωση του σημείου πήξεως.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bogdan, R. & Bilken, S. (1982). *Qualitative Research for Education: An Introduction to Theory and Methods*. Boston, Allyn & Bakon Inc.
- Παρασκευόπουλος, Ι.Ν. (1984), *Στοιχεία περιγραφικής και επαγωγικής στατιστικής*, Αθήνα.
- Κουλαϊδής, Β., Κολιόπουλος, Δ., Χατζηνικήτα, Β. Χρηστίδου, Β. Τσατσαρώνη, Α. Ogborn, J. (2001). *Διδακτική Φυσικών Επιστημών*, Τόμος Β'. Πάτρα, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Cosgorove, M., and Osborne, R. (1980) *Physical change*, LISP Working paper 26, Science Education Research Unit, University of Waikato, Hamilton, New Zealand.
- Stavy, R. and Stachel, D. (1984) *Children's ideas about "solid" and "liquid"*, Israel Science Teaching Centre, School of Education, Tel Aviv University
- Mark S., Young K. (1987), *Misconceptions in the Teaching of Heat*, Shcool Science Review, Mar 87, 464-470.
- Driver R., Squires A., Rushworth P., Wood-Robinson V.,(1998) Οικοδομώντας τις Έννοιες των Φυσικών Επιστημών : Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών, Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Καράνης Γ., Τσώνος Χ., Μπισδικιάν Γ., Ψύλλος Δ. (2000) *Διερεύνηση όψεων της εφαρμογής εργαστηριακών ασκήσεων υποστηριζόμενων από Η/Υ (MBL) στο Λύκειο*. 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο με Διεθνή Συμμετοχή με θέμα: Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση. Πάτρα 13-15/10/2000