

Παίζοντας με τις Φυσικές Επιστήμες: όταν οι μαθητές καλούνται να αντιμετωπίσουν προβλήματα προσανατολισμένης διερεύνησης

Αναστασία Γκιγκούδη, Αθανάσιος Καρούτης, Θοδωρής Πιερράτος και Μαρία Τσακίρη

Έρευνες σε όλο τον κόσμο (McDermott και Redish, 1999; Hake, 1998) δείχνουν ότι σημαντικό μέρος της αδυναμίας μας ως δάσκαλοι να εμπνεύσουμε και να φέρουμε τους μαθητές μας κοντά στις Φυσικές Επιστήμες (Φ.Ε.) οφείλεται στον τρόπο με τον οποίο συνήθως αυτές παρουσιάζονται στη σχολική τάξη: ως ένα σύνολο ορισμών, νόμων, τύπων, διαδικασιών κλπ. που πρέπει να απομνημονευτούν από τους μαθητές. Το ερώτημα που τίθεται εύλογα είναι τι θα μπορούσαμε να αλλάξουμε προκειμένου η διδασκαλία μας να μεταβάλλει τον τρόπο που οι μαθητές προσεγγίζουν τις Φ.Ε. ώστε, αντί να τις θεωρούν ως τη συσσώρευση απομονωμένων κομματιών πληροφορίας αποκομμένων από τον πραγματικό κόσμο, να υιοθετήσουν, όπως οι ειδικοί, μια οπτική που βλέπουν τις Φ.Ε. ως μία συνεκτική δομή εννοιών οι οποίες θεμελιώνονται πειραματικά και περιγράφουν τη φύση (Wieman και Perkins, 2005).

Ένα από τα σημεία στα οποία η παραδοσιακή διδασκαλία της Φυσικής εμφανίζει σημαντική ανεπάρκεια είναι η αδυναμία εμπλοκής όλων των μαθητών (Caldwell, 2007; Reay, Li, & Bao, 2008), τη στιγμή που η εμπλοκή αυτή φαίνεται ότι είναι αναγκαία συνθήκη για τη μάθηση (Beatty, 2004; Bransford *et al.*, 1999). Σύμφωνα με τον Hake (1998), οι μαθητές είναι επιθυμητό να καλούνται να αντιμετωπίσουν προβλήματα τα οποία πρέπει να έχουν σχεδιαστεί, τουλάχιστον εν μέρει, ώστε να προάγουν την εννοιολογική κατανόηση μέσω της ενεργούς εμπλοκής των εκπαιδευομένων σε νοητικές (πάντα) και πειραματικές (συνήθως) δραστηριότητες, οι οποίες παρέχουν άμεση ανάδραση μέσω της συζήτησης με τους συμμαθητές και το διδάσκοντα. Υπό αυτή την έννοια, παραδοσιακή διδασκαλία νοείται εκείνη η οποία δεν κάνει χρήση των μεθόδων της ενεργούς διδασκαλίας και στηρίζεται κυρίως σε παθητικές διαλέξεις, εργαστηριακές συνταγές εκτέλεσης πειραμάτων και εξετάσεις επίλυσης αλγοριθμικών προβλημάτων.

Διερευνητική διδασκαλία και μάθηση

Μία διδακτική στρατηγική προσέγγισης που ικανοποιεί τις παραπάνω συνθήκες είναι η διερεύνηση, ή για την ακρίβεια μερικές μορφές της διερεύνησης. Σύμφωνα με τον Κουμαρά (2015) η διερεύνηση

μπορεί να ταξινομηθεί σε τέσσερα επίπεδα: την επιβεβαιωτική, την καθοδηγούμενη, την προσανατολισμένη και την ελεύθερη.

Κατά την εφαρμογή της επιβεβαιωτικής διερεύνησης, δίνονται στους μαθητές η ερώτηση, οι οδηγίες τις οποίες θα ακολουθήσουν στην ερευνά τους και τα απαιτούμενα υλικά. Τα αποτελέσματα της διερεύνησης είναι γνωστά εκ των προτέρων στους μαθητές.

Κατά την εφαρμογή της καθοδηγούμενης διερεύνησης δίνονται στους μαθητές η ερώτηση, τα απαιτούμενα υλικά και οδηγίες για τη διαδικασία που θα ακολουθήσουν. Οι μαθητές δεν γνωρίζουν την απάντηση πριν κάνουν το πείραμα. Στόχος είναι να εξαγάγουν ένα συμπέρασμα που στηρίζεται στα στοιχεία που έχουν συλλέξει.

Κατά την εφαρμογή της προσανατολισμένης διερεύνησης δίνεται μόνο το πρόβλημα και οι μαθητές σχεδιάζουν την πορεία που θα ακολουθήσουν για να το λύσουν. Τα υλικά μπορεί να δίνονται από το δάσκαλο, συνήθως στη λογική “επιλέξτε από αυτά που σας δίνονται”.

Κατά την εφαρμογή της ανοιχτής διερεύνησης οι μαθητές παράγουν τα ερωτήματα, σχεδιάζουν και διεξάγουν την έρευνα, ανακοινώνουν τα αποτελέσματά τους και κρίνουν τα αποτελέσματα των άλλων. Για τα υλικά ισχύει και εδώ ό,τι και στην προσανατολισμένη διερεύνηση.

Τα δύο ανώτερα επίπεδα διερεύνησης, η προσανατολισμένη και η ανοικτή, ενσωματώνουν τα στοιχεία εκείνα που η έρευνα δείχνει ότι οδηγούν στην ενεργό εμπλοκή των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία. Ωστόσο, στην Ελλάδα τα επίπεδα αυτά φαίνεται να απουσιάζουν από τη σχολική πραγματικότητα. Αντίστοιχα, το επίπεδο της επιβεβαιωτικής διερεύνησης το συναντάμε στα πανεπιστημιακά τμήματα Θετικών Επιστημών καθώς και στους εργαστηριακούς οδηγούς του Γυμνασίου και του Λυκείου, ενώ μια μορφή καθοδηγούμενης διερεύνησης συναντάται στα εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών Ε' και Στ' τάξεων Δημοτικού.

Πώς θα αντιδρούσαν άραγε οι μαθητές του Γυμνασίου αν εκτίθονταν, χωρίς εκ των προτέρων προετοιμασία, σε προσανατολισμένη διερεύνηση; Θα μπορούσαν να ανταποκριθούν;

Η δράση Παίζοντας με τις Φ.Ε.

Με σκοπούς α. την προσέλκυση του ενδιαφέροντος των μαθητών Γυμνασίου για τις Φ.Ε. και την ανάδειξη του ρόλου τους στην επίλυση προβλημάτων της καθημερινής ζωής, και β. τη μελέτη και καταγραφή της αντίδρασης των μαθητών σε προβλήματα προσανατολισμένης διερεύνησης, σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε τις σχολικές χρονιές 2013-14 και 2014-15 η δράση «Παίζοντας με τις Φ.Ε.», από τα Ε.Κ.Φ.Ε. Θεσσαλονίκης σε συνεργασία με σχολικούς συμβούλους ΠΕ04 του νομού Θεσσαλονίκης.

Στο πλαίσιο της δράσης, κλήθηκαν τριμελείς μαθητικές ομάδες από Γυμνάσια του νομού Θεσσαλονίκης να διαπιστώσουν, σύμφωνα με την προκήρυξη που στάλθηκε στα σχολεία, ότι οι Φ.Ε. μπορεί να είναι διασκεδαστικές (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Διαμόρφωση του χώρου εργασίας των μαθητικών ομάδων, κατά την πρώτη δράση.
(Φωτογραφία Θ. Πιερράτος).

Κύριο μέλημα ήταν να δοθούν στους συμμετέχοντες μαθητές προβλήματα που σχετίζονται με την καθημερινή ζωή και σίγουρα διατυπώνονται με τρόπο διαφορετικό από τον τρόπο παρουσίασης των αλγοριθμικών προβλημάτων στα σχολικά εγχειρίδια και τους εργαστηριακούς οδηγούς.

Κάθε ομάδα μαθητών πήρε ένα φύλλο εργασίας (τα δύο φύλλα εργασίας που έχουν προκύψει είναι διαθέσιμα ως συνοδευτικό υλικό στο δικτυακό τόπο του περιοδικού *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*).

Στο Α' μέρος του φύλλου παρουσιάζεται μία προβληματική κατάσταση η οποία εισάγει τους μαθητές στη δράση. Είναι επιθυμητό η κατάσταση αυτή να μοιάζει όσο το δυνατόν πιο απομακρυσμένη από ό,τι μπορεί να φέρνει στο μυαλό ένα τυπικό πρόβλημα Φυσικής, Χημείας ή Βιολογίας, ενώ ταυτόχρονα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα προσέγγισής του μέσα και από τις τρεις επιστήμες (διεπιστημονικότητα). Έτσι, το πρώτο πρόβλημα που τέθηκε (2014) αφορούσε την εύρεση τρόπων ανέλκυσης από το βυθό επιστημονικά πολύτιμου εξοπλισμού, ενώ το δεύτερο (2015) το πώς οι ζωγράφοι θα μπορούσαν να παράγουν χρωματικές αποχρώσεις κατάλληλες να αποτυπώσουν στον καμβά ένα ηλιοβασίλεμα.

Στο Β' μέρος τίθενται δύο στόχοι που είναι επιθυμητό να πετύχουν οι μαθητές μέσα σε ένα δίωρο. Οι στόχοι διατυπώνονται έτσι ώστε να μη θέτουν ιδιαίτερους περιορισμούς στη φαντασία και τη δημιουργικότητα των μαθητών, ενώ δεν υπάρχει μία σωστή απάντηση ή λύση. Οι μαθητές πρέπει να αυτενεργήσουν και το παραδοτέο τους να ικανοποιεί κάποιους πολύ χαλαρούς περιορισμούς.

Στο Γ' μέρος δίνονται τα υλικά που είναι διαθέσιμα σε κάθε πάγκο (Εικόνα 2) καθώς και σε κοινή χρήση, με την παρατήρηση ότι οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν όσα από αυτά θεωρούν σκόπιμο για να φτάσουν στους στόχους τους και με όποιον τρόπο νομίζουν. Μόνος περιορισμός ότι τα υλικά σε κάθε πάγκο βρίσκονται σε συγκεκριμένες ποσότητες οι οποίες δεν υπάρχει η δυνατότητα να αναπληρωθούν αν εξαντληθούν για οποιοδήποτε λόγο.



Εικόνα 2. Ένας πάγκος εργασίας, από τη δεύτερη δράση, με τα υλικά που διατίθενται προς χρήση.
(Φωτογραφία Θ. Πιερράτος).

Στο Δ' μέρος δίνονται ενδεικτικά κάποιες γενικές ιδέες και πειραματικές κατευθύνσεις από τη Βιολογία, τη Φυσική και τη Χημεία που σχετίζονται με την προβληματική κατάσταση, χωρίς όμως ούτε να ονοματίζεται το πώς σχετίζονται ούτε να επιβάλλεται στους μαθητές να προβούν στις συγκεκριμένες πειραματικές ενέργειες.

Στο Ε' μέρος, ζητείται η καταγραφή της ερευνητικής πορείας που θα ακολουθήσουν οι ομάδες με τη συμπλήρωση συγκεκριμένων «ερωτημάτων». Έτσι, πριν ξεκινήσουν οι μαθητές να πειραματίζονται καλούνται να περιγράψουν τους τρόπους με τους οποίους σχεδιάζουν να επιτύχουν τους δύο στόχους που τέθηκαν στο Β' μέρος, με άλλα λόγια, το σχεδιασμό της έρευνάς τους καθώς και τη διατύπωση υποθέσεων που κάνουν κατά το σχεδιασμό αυτό. Στη συνέχεια, και αφού έχουν ολοκληρώσει τους πειραματισμούς τους, ζητείται να καταγράψουν τα αποτελέσματά τους (π.χ. τι χρώματα δημιούργησαν) καθώς και τις ακριβείς συνθήκες υπό τις οποίες προέκυψαν τα συγκεκριμένα αποτελέσματα (π.χ. πώς παρήγαγαν τα συγκεκριμένα χρώματα). Καθώς περιμένουμε ότι οι μαθητές θα έχουν πειραματιστεί με μεθόδους που προέρχονται από περισσότερες από μία εμπλεκόμενες επιστήμες, αν όχι και από τις τρεις, τους ζητάμε να αξιολογήσουν τις μεθόδους που ακολούθησαν παραθέτοντας προβλήματα που συνάντησαν και τεκμηριώνοντας για το ποια μέθοδος ήταν τελικά πιο αποτελεσματική για την επίτευξη των στόχων τους.

Τέλος, ζητείται από τους μαθητές να αποτιμήσουν τη δράση που συμμετείχαν, αποτυπώνοντας τι τους άρεσε, τι δεν τους άρεσε ή ακόμη και να προτείνουν ό,τι νομίζουν ότι θα βελτιώνει τη δράση.

Η ανταπόκριση των μαθητών

1^ο πρόβλημα

Προσπαθώντας να «ανελκύσουν» όσο περισσότερα βαρίδια είναι δυνατόν, οι μαθητές διερεύνησαν διάφορες δυνατότητες. Αρχικά, οι περισσότερες ομάδες προσπάθησαν να επιβεβαιώσουν τις

κατευθυντήριες οδηγίες που τους δόθηκαν στο Δ' μέρος του φύλλου εργασίας. Λόγω όμως των πολλών ελεύθερων παραμέτρων που υπεισέρχονταν «υποχρεώθηκαν» να αυτενεργήσουν για να βρουν τις συνθήκες εκείνες που οδηγούν στο βέλτιστο αποτέλεσμα. Έτσι:



Εικόνα 3. Φουσκώνοντας ένα γάντι-μπαλόνι με CO₂ που παράγεται με χημικές μεθόδους.
(Φωτογραφία Α. Γκιγκούδη).

Στο πλαίσιο της Χημείας (Εικόνα 3) ανακάτεψαν ξύδι και μαγειρική σόδα σε πλαστικό ποτηράκι το οποίο σκέπασαν με ένα ελαστικό γάντι μίας χρήσης με αποτέλεσμα αυτό να φουσκώσει από το παραγόμενο CO₂. Όμως, πόσο ξύδι και πόση σόδα αντίστοιχα πρέπει να ρίξουμε ώστε το γάντι να φουσκώσει κατά το δοκούν; Με δεδομένο ότι οι ποσότητες των υλικών ήταν περιορισμένες, κάποιιοι σκέφτηκαν να αραιώσουν το ξύδι με νερό και να διερευνήσουν αν το αραιωμένο ξύδι (το οποίο μπορούσαν να έχουν σε περισσότερη ποσότητα) μπορούσε να οδηγήσει σε όμοια αποτελέσματα με το μη αραιωμένο.



Εικόνα 4. Φουσκώνοντας ένα γάντι-μπαλόνι με CO₂ που παράγεται με βιολογικές μεθόδους.
(Φωτογραφία Αθ. Καρούτης).

Στο πλαίσιο της Βιολογίας (Εικόνα 4) πρόσθεσαν ξηρή μαγιά, λίγο νερό και ζάχαρη σε πλαστικό ποτηράκι και το τοποθέτησαν σε λουτρό θερμότητας. Όμως και πάλι, ποια είναι η κατάλληλη αναλογία μαγιάς - ζάχαρης - νερού; Και ποιο λουτρό είναι πιο αποτελεσματικό, των 55°C , των 45°C ή των 35°C ;

Στο πλαίσιο της Φυσικής (Εικόνα 5) επιχείρησαν να ζεστάνουν τον αέρα μέσα σε ένα κλειστό γάντι ώστε να διασταλεί. Προβλήματα που είχαν να λύσουν ήταν ποιο λουτρό θερμότητας είναι πιο αποτελεσματικό και ταυτόχρονα ασφαλές για το πλαστικό ποτηράκι ή το γάντι που θα χρησιμοποιηθεί, καθώς και ο χρόνος που απαιτείται για να επιτευχθεί η διαστολή του αέρα.



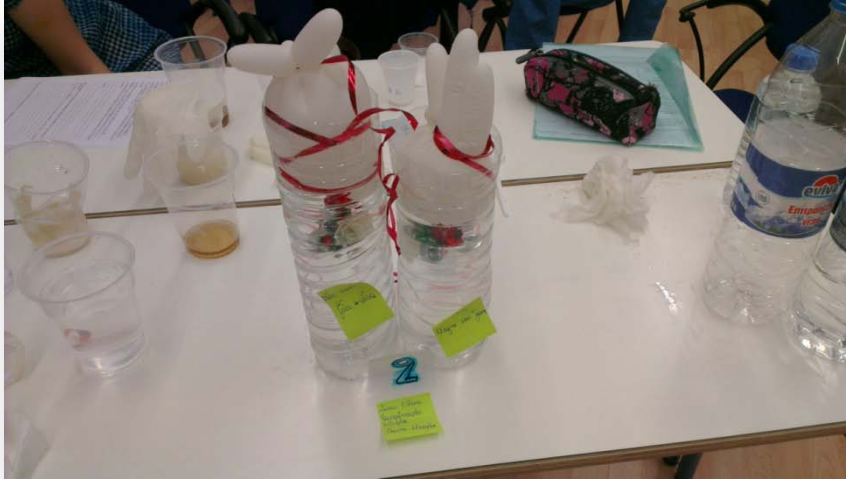
Εικόνα 5. Φουσκώνοντας ένα γάντι-μπαλόνι αξιοποιώντας γνώσεις Φυσικής. (Φωτογραφία Μ. Τσακίρη).



Εικόνα 6. Τα βαρίδια επιπλέουν, όμως το γάντι, αν και εντελώς φουσκωμένο, στηρίζεται στα τοιχώματα του μπουκαλιού. Είναι «νόμιμη» αυτή η λύση; (Φωτογραφία Θ. Πιερράτος).

Ας σημειωθεί, ότι το να υιοθετηθεί μία μέθοδος και να ακολουθηθεί μία διαδικασία που θα φουσκώσει το γάντι στο μέγιστο βαθμό δεν ήταν κατ' ανάγκη και η καλύτερη λύση καθώς το γάντι έπρεπε να τοποθετηθεί μέσα σε ένα κατάλληλα κομμένο πλαστικό μπουκάλι νερού. Ένα εντελώς φουσκωμένο γάντι δεν χωρούσε να τοποθετηθεί μέσα σε αυτό το μπουκάλι οδηγώντας σε ψευδώς αποτελεσματική διαδικασία (Εικόνα 6).

Όλες οι ομάδες κατάφεραν να φτάσουν σε αποτέλεσμα, οι περισσότερες αξιοποιώντας γνώσεις και από τις τρεις εμπλεκόμενες επιστήμες (Εικόνα 7).



Εικόνα 7. Πετυχαίνοντας τους στόχους με δύο διαφορετικούς τρόπους. (Φωτογραφία Αθ. Καρούτης).



Εικόνα 8. Λύση έξω από τις κατευθυντήριες γραμμές. (Φωτογραφία Α. Γκιγκούδη).

Κάποιοι δεν έμειναν στις κατευθυντήριες γραμμές (αυτό ήταν άλλωστε και ζητούμενο) αλλά προχώρησαν σε πρωτότυπες λύσεις που ανέδειξαν την εφευρετικότητά τους. Ενδεικτικά, κάποιοι χρησιμοποίησαν ένα αναποδογυρισμένο πλαστικό ποτήρι και τον εγκλωβισμένο σε αυτό αέρα για να ανελκύσουν το βυθισμένο φορτίο (Εικόνα 8).

2^ο πρόβλημα

Προσπαθώντας να παραγάγουν διάφορα χρώματα, τα οποία να μπορούν να απεικονίσουν ένα ηλιοβασίλεμα, οι μαθητές διερεύνησαν διάφορες δυνατότητες. Όπως και στην 1η δράση, αρχικά οι περισσότερες ομάδες προσπάθησαν να επιβεβαιώσουν τις κατευθυντήριες γραμμές που τους δόθηκαν στο Δ' μέρος του φύλλου εργασίας. Γρήγορα όμως άρχισαν να αυτενεργούν και να πειραματίζονται ώστε να παραγάγουν όσο το δυνατόν περισσότερες αποχρώσεις. Έτσι:



Εικόνα 9. Παράγοντας διάφορες χρωματικές αποχρώσεις με βιολογικές μεθόδους. (Φωτογραφία Μ. Τσακίρη).

Στο πλαίσιο της Βιολογίας (Εικόνα 9) αξιοποίησαν και τα τέσσερα διαφορετικού χρώματος φύλλα που τους δόθηκαν και εφάρμοσαν χρωματογραφικές μεθόδους για να δημιουργήσουν, σε διηθητικό χαρτί εμποτισμένο με ακετόνη, πράσινες, κίτρινες και πορτοκαλί περιοχές.

Στο πλαίσιο της Χημείας (Εικόνα 10) παρήγαγαν ροζ-κόκκινο χρώμα ρίχνοντας οξύ στο εμποτισμένο με κόκκινο λάχανο διηθητικό χαρτί (αρχικά μωβ χρώματος), και πράσινο-κίτρινο χρώμα όταν έριξαν βάση στο χαρτί. Οι περισσότεροι ανακάτεψαν οξύ και βάση και κατάφεραν να δημιουργήσουν διάφορες αποχρώσεις, ανάλογα με το pH του διαλύματος που προέκυψε, ή αραιώσαν το οξύ και τη βάση προσθέτοντας νερό. Ενδεικτικά χρώματα που προέκυψαν: πράσινο (σε διάφορες αποχρώσεις), κόκκινο, μπλε.



Εικόνα 10. Παράγοντας διάφορες χρωματικές αποχρώσεις με χημικές μεθόδους. (Φωτογραφία Μ. Τσακίρη).

Στο πλαίσιο της Φυσικής οι μαθητές διέθεταν δύο χρωματιστές πλαστικές ζελατίνες, τις οποίες τοποθέτησαν σε διάφορους συνδυασμούς τη μία μπροστά από την άλλη έχοντας πίσω χρωματικές αποχρώσεις που είχαν δημιουργήσει με χημικές ή βιολογικές μεθόδους. Κάποιοι επιχειρήσαν να εφαρμόσουν τις μεθόδους της Χημείας πάνω στις ζελατίνες ρίχνοντας ακετόνη, οξύ, βάση αλλά και συνδυασμούς τους για να δουν αν μπορούν να εξάγουν κάποιο χρώμα από αυτές. Άλλοι προσπάθησαν να κάνουν ό,τι και με τα φύλλα, δηλαδή τις έτριβαν με ένα κέρμα πάνω σε διηθητικό χαρτί επίσης για να εξάγουν το χρώμα τους.



Εικόνα 11. Ανακατεύοντας τη Χημεία με τη Βιολογία. (Φωτογραφία Α. Γκιγκούδη).

Αρκετές ομάδες «ανακάτεψαν» μεθόδους Χημείας και Βιολογίας και παρήγαγαν διαλύματα διαφόρων χρωμάτων (Εικόνα 11) τα οποία χρησιμοποίησαν για να ζωγραφίσουν τον πίνακά τους. Τα παραδοτέα που δημιουργήθηκαν ήταν στις περισσότερες περιπτώσεις μικρά έργα τέχνης (Εικόνα 12).



Εικόνα 12. Απεικόνιση ηλιοβασιλέματος με χρώματα που παράχθηκαν από τους μαθητές.
(Φωτογραφίες Αθ. Καρούτης).

Συμπεράσματα

Βασικός στόχος των δράσεων ήταν να αναδειχθεί ο πειραματικός διερευνητικός χαρακτήρας των Φυσικών Επιστημών και τα παιδιά να βιώσουν ότι μπορεί να αντλήσουν ευχαρίστηση από την ενασχόληση με αυτές. Φαίνεται, σύμφωνα με όσα έγραψαν οι ίδιοι οι μαθητές, ότι η αποτίμηση των δράσεων ήταν θετική. Κάποιοι έγραψαν:

«Μου άρεσε που μπορούσαμε να κάνουμε ό,τι θέλουμε με υλικά χωρίς σωστό και λάθος.»

«Μας άρεσε η όλη διαδικασία διότι ήθελε να συνδυάσουμε γνώσεις από διαφορετικά επιστημονικά μαθήματα με τα εικαστικά. Επίσης μας άρεσε γιατί ήταν ομαδικό και ότι δεν υπάρχει νικητής οπότε δεν υπήρχε ανταγωνισμός.»

Ερωτώμενοι οι μαθητές να απαντήσουν τι τους δυσκόλεψε, δεν εστίασαν, όπως ενδεχομένως να περίμενε κανείς, ούτε στον ανοικτό χαρακτήρα των προβλημάτων που τέθηκαν ούτε στην ανάγκη συνεχών πειραματισμών για την επίτευξη των στόχων που τέθηκαν. Πολλές ομάδες φάνηκε να χρειάζονταν πιο πολύ χρόνο και περισσότερα υλικά για να κάνουν κι άλλες δοκιμές. Τέτοιου τύπου απαντήσεις ίσως να δείχνουν τον υψηλό βαθμό εμπλοκής των μαθητών στις διαδικασίες που ακολουθήθηκαν. Οι περισσότεροι δήλωσαν ότι θα συμμετείχαν σίγουρα σε παρόμοια δράση στο μέλλον.

Μπορούν οι μαθητές να αντιμετωπίσουν προβλήματα προσανατολισμένης διερεύνησης;

Ο στόχος της προσέλευσης του ενδιαφέροντος των μαθητών μέσα από τη συμμετοχή τους σε εκπαιδευτικές δραστηριότητες προσανατολισμένης διερεύνησης, φαίνεται να επιτυγχάνεται. Πώς όμως αντιπαρέρχονται στις αυξημένες απαιτήσεις τέτοιων δραστηριοτήτων;

Από την ανάλυση των φύλλων εργασίας που κατέθεσαν οι 60 μαθητικές ομάδες που συμμετείχαν στις δύο δράσεις, προκύπτουν ενδιαφέροντα ευρήματα. Μάλλον δεν ξαφνιάζει το εύρημα ότι οι μαθητές δυσκολεύονται πολύ να διαβάσουν και να ακολουθήσουν γραπτές οδηγίες, ακόμη κι όταν τους τονίζεται ότι πρέπει να το κάνουν. Στις συγκεκριμένες δράσεις αυτό είχε ως συνέπεια να ξεκινούν να πειραματίζονται χωρίς αρχικά να έχουν προγραμματίσει τι θα κάνουν. Έτσι, στις περισσότερες περιπτώσεις στο Α' μέρος του φύλλου εργασίας, αντί να περιγράψουν τους τρόπους με τους οποίους σκοπεύουν να πετύχουν τους διατυπωμένους στόχους, περιγράφουν τι έκαναν, αφού ήδη το έχουν πραγματοποιήσει. Ταυτόχρονα, σε ελάχιστες περιπτώσεις οι μαθητές διατυπώνουν επιστημονικές υποθέσεις, δηλαδή προτάσεις που να είναι πειραματικά ελέγξιμες.



Εικόνα 13. Μια προσπάθεια μαθητών να αποτυπώσουν την πορεία των πειραματισμών τους. (Φωτογραφία Μ. Τσακίρη).

Σε γενικές γραμμές οι μαθητές αποτυπώνουν τα αποτελέσματά τους περιγράφοντας και τις διαδικασίες που ακολούθησαν για να τα επιτύχουν (Εικόνα 13). Στις περισσότερες ωστόσο περιπτώσεις, η περιγραφή των διαδικασιών είναι επιφανειακή. Ενδεικτικά μια ομάδα μαθητών της Γ' Γυμνασίου περιγράφει:

«Επικεντρωθήκαμε στη μέθοδο που ρίχνουμε βάση και οξέα στους δείκτες. Αρχικά μας προέκυψε το ροζ και το κίτρινο. Έπειτα προσθέσαμε νερό στη βάση και στο οξύ αντίστοιχα και προέκυψε ένα ανοικτό πράσινο, διάφορες αποχρώσεις του κίτρινου και σε κάποια σημεία καταφέραμε να παράγουμε και μία απόχρωση του μπλε».

Αντίστοιχα, μία ομάδα μαθητών της Β' Γυμνασίου περιγράφει:

«Κίτρινο: βάλαμε στο χαρτόνι με λάχανο, οξύ. Ροζ-Φούξι: βάλαμε στο χαρτί με το λάχανο βάση. Πράσινο: βάλαμε πράσινα και κόκκινα φύλλα σε ακετόνη. Φωτεινό πράσινο: βάλαμε στο χαρτί με λάχανο, νερό, οξύ και βάση».

Τα αποτελέσματα αυτά αν και είναι πραγματικά, δεν είναι αναπαράξιμα: πόσες σταγόνες νερό χρειάζονται; Πόσες οξύ και πόσες βάση;

Άλλοι μαθητές, πειραματιζόμενοι με διάφορους τρόπους, κατάφεραν να παραγάγουν πολύ όμορφες αποχρώσεις χρωμάτων, όμως δεν κατέγραψαν πουθενά την πορεία που ακολούθησαν με αποτέλεσμα ούτε οι ίδιοι να γνωρίζουν πώς τα κατάφεραν όταν ρωτούνταν από τους συγγραφείς.

Συμπερασματικά, καταγράφονται σίγουρα προβλήματα σε ό,τι αφορά τον τρόπο προσέγγισης των προβλημάτων προσανατολισμένης διερεύνησης από τους μαθητές. Αν σκεφτούμε όμως πόσο διαφορετικός είναι ο συγκεκριμένος τρόπος από ό,τι είναι συνηθισμένοι οι μαθητές να κάνουν μέσα στις σχολικές τάξεις και το γεγονός ότι εκτέθηκαν σε αυτόν μόνο για ένα δίωρο, τότε πιστεύουμε ότι μπορούμε να είμαστε αισιόδοξοι. Θεωρούμε ότι οι μαθητές μπορούν να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις της συγκεκριμένης διδακτικής προσέγγισης, αν διδαχθούν να το κάνουν. Σίγουρα πάντως, έχουν τη διάθεση να το κάνουν, διασκεδάζουν, και φαίνεται ότι η στάση τους απέναντι στα μαθήματα των Φ.Ε. γίνεται θετικότερη.

Ίσως, λοιπόν, θα έπρεπε να προβληματιστούμε σοβαρά, και μάλιστα το συντομότερο, αν θα έπρεπε να αναθεωρήσουμε τις εργαστηριακές ασκήσεις τύπου «οδηγού μαγειρικής» που ακολουθούνται στα σχολεία μας και να ενσωματώσουμε την πειραματική διδασκαλία σε αυθεντικά προβλήματα προσανατολισμένης διερεύνησης (ή ακόμη και ανοικτής διερεύνησης για μεγαλύτερες τάξεις) με ή χωρίς τη χρήση εργαστηριακών οργάνων, που θα συμπληρώνουν τους κατάλληλα αναμορφωμένους εργαστηριακούς οδηγούς που μπορούν να είναι ενσωματωμένοι στα σχολικά εγχειρίδια.

Βιβλιογραφία

Beatty, D. (2004). Transforming student learning with classroom communication systems.

Ανακτήθηκε στις 14/9/2010 από <http://net.educause.edu/ir/library/pdf/ERB0403.pdf>

Bransford, J.D., Brown A.L. & Cocking R.R. (1999). How people learn: brain, mind, experience, and school. National Academy Press, Washington, DC.

Caldwell, J. E. (2007). Clickers in the large classroom: Current research and best-practice tips. *CBE Life Sciences Education*, 6, 9-20.

Hake, R.R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *Am. J. Phys.* 66, no. 1: 64–74.

McDermott, L. & Redish, E. (1999). Resource Letter PER-1: Physics Education Research. *Am. J. Phys.*, 67, 755-767.

Reay, N. W., Li, P., & Bao, L. (2008). Testing a new voting machine question methodology. *Am. J. Phys.*, 76(2), 171-178.

Wieman, C.E. & Perkins, K.K. (2005). Transforming Physics Education. *Physics Today*. 58: 11.

Κουμαράς, Π. (2015). Η Φυσική δεν είναι μόνο εννοιολογικό περιεχόμενο, είναι επίσης μεθοδολογία λύσης (καθημερινών) προβλημάτων και στάση ζωής. *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες* 6:19-28.



Η Αναστασία Γκιγκούδη είναι απόφοιτος του Τμήματος Χημείας του Α.Π.Θ και κάτοχος Μεταπτυχιακού τίτλου στη Διδακτική της Χημείας και τις Νέες Τεχνολογίες. Διδάσκει Φυσικές Επιστήμες στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση από το 1992. Τα ενδιαφέροντά της είναι η ένταξη πειραματικών δραστηριοτήτων στη διδασκαλία και η χρήση διαδικτυακών εργαλείων. Από το 2013 είναι υπεύθυνη του Ε.Κ.Φ.Ε. Τούμπας. Διατηρεί ιστολόγιο με τίτλο «*Διδάσκοντας χωρίς μολύβι και χαρτί*».



Ο Θανάσης Καρούτης έχει μεταπτυχιακό δίπλωμα Ηλεκτρονικής Φυσικής – Ραδιοηλεκτρολογίας και είναι διδάκτορας του Τμήματος Φυσικής Α.Π.Θ. Διετέλεσε επιστημονικός συνεργάτης και λέκτορας στο Τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ. με επιστημονική ενασχόληση τη διδασκαλία Φυσικής και εργαστηρίων Οπτικής καθώς και τη μελέτη ηλεκτρικών και φωτοηλεκτρικών ιδιοτήτων υλικών. Από το 1998 είναι καθηγητής Φυσικός στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και από το 2007 υπεύθυνος του Ε.Κ.Φ.Ε. Νεάπολης.



Ο Θοδωρής Πιερράτος έχει σπουδάσει Φυσική στο Τμ. Φυσικής του Α.Π.Θ.. Απέκτησε το μεταπτυχιακό του στη Φυσική από το Τμ. Φυσικής του Παν. Κρήτης και πήρε το διδακτορικό του στη Διδακτική της Φυσικής από το Τμ. Φυσικής του Α.Π.Θ.. Υπηρετεί στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση ως υπεύθυνος του Ε.Κ.Φ.Ε. Ευόσμου. Αποτυπώνει τις δραστηριότητές του στο ιστολόγιο <http://fysikapeiramatika.blogspot.gr/>



Η Μαρία Τσακίρη έχει σπουδάσει Φυσική στο Α.Π.Θ., έχει μεταπτυχιακό στην Ιστορία και Φιλοσοφία των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας από το Πανεπιστήμιο Charles de Gaulle - Lille III και είναι υπ. Διδάκτορας στο Τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ. με ερευνητικό αντικείμενο την ανοικτή και διερευνητική μάθηση και τη χρήση του διαδικτύου στη διδασκαλία της Φυσικής. Διδάσκει στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση από το 1988 και από το 2012 είναι υπεύθυνη του Ε.Κ.Φ.Ε. Κέντρου.