

Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΜΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΠΟΥ ΑΞΙΟΠΟΙΟΥΝ ΥΛΙΚΑ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗΣ ΧΡΗΣΗΣ

Παναγιώτης Κουμαράς¹, Θεόδωρος Πιερράτος²

¹αφ. Καθηγητής ΠΤΔΕ ΑΠΘ, ²Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης

koumaras@eled.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται μερικές βασικές παιδαγωγικές αρχές που αφορούν τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με πειράματα. Συγκεκριμένα, αναλύονται οι στόχοι της διδασκαλίας με τη χρήση πειραμάτων, τα πλεονεκτήματα της χρησιμοποίησης υλικών καθημερινής χρήσης, το πώς η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μπορεί να συνδεθεί με καταστάσεις από την καθημερινή ζωή καθώς και η αξία που έχει αυτή η σύνδεση. Δίνονται παραδείγματα κρίσιμων πειραμάτων, αναπτύσσονται τρόποι ένταξης του πειράματος στην εκπαιδευτική πρακτική και προτείνονται κάποιες βασικές ιδέες για την αξιολόγηση των μαθητών με τη χρήση πειραμάτων και καταστάσεων από την καθημερινή ζωή.

Λέξεις κλειδιά: Φυσικές Επιστήμες, πειράματα, υλικά καθημερινής χρήσης

Αναφορά: Κουμαράς, Π., & Πιερράτος, Θ. (2025). *Η Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με Πειράματα που Αξιοποιούν Υλικά Καθημερινής Χρήσης*, στο Κώτσος Κ.Θ. & Στύλος Γ., (Επιμέλεια), *Πείραμα και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Επετειακός Τόμος για τα 40 χρόνια του ΠΤΔΕ Ιωαννίνων*, Εργαστήριο Εκπαίδευσης και Διδασκαλίας της Φυσικής, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. ISBN: 978-618-82063-5-9

TEACHING SCIENCE WITH EXPERIMENTS THAT UTILIZE EVERYDAY MATERIALS

Panagiotis, Koumaras¹, Theodoros Pierratos²

¹Retired Professor at School of Education, ATh, ²Science Teacher in Secondary
Education

koumaras@eled.auth.gr

ABSTRACT

This paper presents some basic pedagogical principles concerning the teaching of Natural Sciences through experiments. Specifically, the objectives of teaching using experiments, the advantages of using everyday materials, how science teaching can be linked to situations from everyday life and the value of this connection are analyzed. Examples of critical experiments are given, ways of integrating the experiment into educational practice are developed and some basic ideas are proposed for the assessment of students using experiments and situations from everyday life.

Keywords: science, experiments, everyday materials

ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

Οι Φυσικές Επιστήμες (Φ.Ε.), έχοντας ως σκοπό τη μελέτη των φαινομένων, στηρίζονται στην εμπειρία, που προκύπτει και από την παρατήρηση, και στο πείραμα. Έτσι, δεν θα πρέπει να ξαφνιάζει το γεγονός ότι και η διδασκαλία τους οφείλει να ενσωματώνει το πείραμα ως βασικό και αναπόσπαστο συστατικό μέρος της. Τονίζουμε ότι δεν χρησιμοποιούμε τη λέξη «πείραμα» με την αυστηρή έννοια που έχει στην επιστήμη, δηλαδή, του ελέγχου μεταβλητών. Η λέξη «πείραμα» χρησιμοποιείται εδώ με τη σημασία που του αποδίδεται στη σχολική «γλώσσα», δηλαδή δραστηριότητα με χρήση υλικών.

Πλούσια βιβλιογραφία, η οποία ανάγεται σε περισσότερα από 50 χρόνια ερευνών, υποστηρίζει την αναγκαιότητα διδακτικής αξιοποίησης του πειράματος στην εκπαίδευση, ίσως μάλιστα και να την υπερεκτιμά. Οι στόχοι αυτών των πειραμάτων μπορούν να είναι οι εξής:

1. Γνωστικοί. Με τον όρο αυτό κυρίως νοούνται στόχοι που σχετίζονται με τη μάθηση του περιεχομένου των Φ.Ε. με απώτερη επιδίωξη τη δημιουργία

επιστημόνων ή μηχανικών. Έρευνες στην Ελλάδα (Χαλκιά, 1993) δείχνουν ότι τέτοιου είδους στόχοι είναι κυρίαρχοι κατά την πραγματοποίηση πειραμάτων στις σχολικές τάξεις καθώς μέσω αυτών επιδιώκεται οι μαθητές «να μάθουν», «να κατανοήσουν», «να θυμούνται».

Στα σύγχρονα Προγράμματα Σπουδών Φ.Ε. πέρα από το σώμα γνώσεων (γεγονότα, έννοιες, νόμοι, θεωρίες κ.λπ.) περιλαμβάνονται, για όλους τους μαθητές, δραστηριότητες διερεύνησης και χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. Μάλιστα, τόσο οι διαδικασίες διερεύνησης (μεθοδολογίες των Φ.Ε.) όσο και τα χαρακτηριστικά της φύσης της γνώσης των Φ.Ε. έχουν ισοδύναμο ρόλο στους στόχους του μαθήματος με αυτούς του γνωστικού περιεχομένου και όχι απλά συμπληρωματικό, με το πείραμα να μπορεί να συμβάλλει αποφασιστικά στην επίτευξή τους.

2. Γνωστικής ανάπτυξης. Με τον όρο αυτό νοούνται στόχοι που σχετίζονται με τη μάθηση περιεχομένου / μεθοδολογίας / φύσης της γνώσης των Φ.Ε. όχι όμως μόνο για να εκπαιδευτούν μελλοντικοί επιστήμονες ή/και μηχανικοί αλλά για να επιτευχθεί ευρύτερη νοητική ανάπτυξη. Στο πλαίσιο αυτό οι Φ.Ε. γίνονται αντικείμενο για όλους.

Ας δώσουμε ένα παράδειγμα: η παρατήρηση από τον μαθητή κάποιου μη αναμενόμενου γεγονότος, π.χ. ένα κυλινδρικό κουτί το οποίο όταν αφηθεί ελεύθερο σε ένα κεκλιμένο επίπεδο κυλάει προς τον ανήφορο, είναι δύσκολο να ενσωματωθεί στις υπάρχουσες γνωστικές δομές του. Μια τέτοιου τύπου παρατήρηση, ειδικά αν αυτή αποτελεί μέρος ενός προβλήματος που έχει νόημα για τον μαθητή, μπορεί να συντελέσει στο να συμβούν αλλαγές στις γνωστικές δομές του ώστε να συμπεριληφθεί και η καινούργια εμπειρία. Από πειράματα όπως το παραπάνω, το κυριότερο κέρδος δεν είναι να μάθει ο μαθητής το περιεχόμενο της Φυσικής (ένα σώμα ισορροπεί όταν το κέντρο βάρους του είναι στην κατώτερη θέση) αλλά η απόπειρα του μαθητή να το ερμηνεύσει, ακόμη και αν αρχικά το ερμηνεύσει λανθασμένα.

Ας σημειωθεί εδώ ότι στη γνωστική ανάπτυξη συντελεί επίσης η γνώση στοιχείων από τη μεθοδολογία των Φυσικών Επιστημών: για παράδειγμα, από ένα πείραμα είναι δυνατό να βγει συμπέρασμα μόνο αν μεταβάλλεται κάθε φορά μια μεταβλητή και όλες οι άλλες κρατούνται σταθερές. Η διαπίστωση αυτή αποτελεί σημαντική γνωστική πρόοδο για έναν μαθητή και μπορεί να έχει σημαντικές προεκτάσεις στην εξαγωγή συμπερασμάτων και τη λήψη αποφάσεων στην καθημερινή του ζωή.

3. Συναισθηματικοί. Το πείραμα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να αναπτύξει ο μαθητής θετική στάση προς τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών, να ασχοληθεί δηλαδή με αυτά γιατί του προκαλούν το ενδιαφέρον (εσωτερικά κίνητρα) και όχι απλά για την όποια «αμοιβή» (εξωτερικά κίνητρα). Ειδικά για τα μαθήματα Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό Σχολείο, ο στόχος διαμόρφωσης θετικής στάσης προς αυτές είναι εξόχως σημαντικός λόγω της πρώτης οργανωμένης επαφής του παιδιού με αυτές, η οποία θα επηρεάσει και τη στάση του στα επερχόμενα χρόνια στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Όπως θα δούμε και παρακάτω, η θετική στάση μπορεί να ενδυναμωθεί αναδεικνύοντας

την άρρηκτη σχέση Φυσικών Επιστημών με την καθημερινή ζωή, όταν δηλαδή ο μαθητής εμπλέκεται με προβλήματα που τα αναγνωρίζει και τα δέχεται σαν προβλήματα με τα οποία έχει λόγους να ασχοληθεί.

4. Κοινωνικοί. Ο μαθητής κάνοντας πειράματα σε μικρές ομάδες μαθαίνει να συνεργάζεται με τους άλλους, να συζητά τις απόψεις του και να τις υποστηρίζει, να αποδέχεται τις απόψεις των άλλων εφόσον στηρίζονται σε επιχειρήματα που τεκμηριωμένα καταρρίπτουν τα δικά του. Τα παραπάνω αποτελούν δύο από τις τέσσερις κομβικές ικανότητες (Competencies) για τον 21ο αιώνα (World Economic Forum, 2015, σ. 3, 23). Αυτές είναι γνωστές στη βιβλιογραφία και ως 4C, από τα αρχικά τους: Critical thinking/problem solving, Creativity, Communications, Collaboration.
5. Ψυχοκινητικοί. Ο μαθητής κάνοντας ο ίδιος πειράματα αποκτά χειρωνακτικές δεξιότητες, κάτι μάλλον παραμελημένο στο σημερινό σχολείο στη Ελλάδα.

Οι παραπάνω στόχοι αλληλοεμπλέκονται: δεν μπορεί να απομονωθεί και να εξυπηρετηθεί ο κάθε ένας χωριστά. Η ταξινόμηση που επιχειρήθηκε εδώ έχει μόνο το νόημα της καταγραφής δυνατοτήτων και προτεραιοτήτων. Σημειώνουμε επίσης ότι προκειμένου να ικανοποιηθούν οι στόχοι αυτοί, πέρα από την εκτέλεση του πειράματος, ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στον παιδαγωγικό χειρισμό εκ μέρους του εκπαιδευτικού, όπως για παράδειγμα η διατύπωση κατάλληλων ερωτήσεων, ώστε να μη μείνει ο μαθητής μόνο στον εντυπωσιασμό που ενδεχομένως προκαλεί κάποιο πείραμα. Στο σημείο αυτό θα επανέλθουμε παρακάτω.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗΣ ΧΡΗΣΗΣ

Τι υλικά να χρησιμοποιήσει ο εκπαιδευτικός για να υποστηρίξει τη διδασκαλία του στην οποία τα πειράματα αποτελούν σημαντικό μέρος; Ειδικό εργαστηριακό εξοπλισμό, που βρίσκει κανείς σε καλά οργανωμένα εργαστήρια Φυσικών Επιστημών, ή υλικά καθημερινής χρήσης, που συναντά κανείς στο καθημερινό περιβάλλον του;

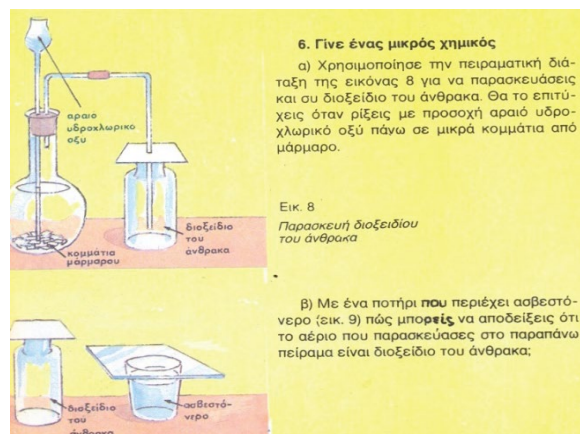
Επιχειρώντας να δώσουμε απάντηση, αξίζει να σκύψουμε πάνω από τις παρακάτω πιο συνηθισμένες απαντήσεις φοιτητών, υποψήφιων δασκάλων, στην ερώτηση: «Στα Δημοτικά σχολεία γίνονται, σε γενικές γραμμές, λίγα πειράματα. Σε ποιόν ή σε ποιους λόγους νομίζεις ότι οφείλεται αυτό;». Οι απαντήσεις αυτές ήταν (Κουμαράς, 2017):

1. Δεν υπάρχουν υλικά.
2. Δεν υπάρχουν κατάλληλοι χώροι (εργαστήρια).
3. Ενέχουν κινδύνους για τον δάσκαλο ή/και τους μαθητές.
4. Τα πειράματα δεν πετυχαίνουν.
5. Δεν μας έχει δοθεί η κατάλληλη εκπαίδευση.

Η διδακτική εμπειρία των συγγραφέων υποδεικνύει ότι τις ίδιες λίγο-πολύ απαντήσεις δίνουν και εν ενεργεία εκπαιδευτικοί τόσο της πρωτοβάθμιας όσο και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Αντίστοιχα, η Χαλκιά (2008) καταγράφει την αντίληψη πολλών εκπαιδευτικών «που νομίζουν ότι στο μάθημα των Φ.Ε. θα πρέπει να

χρησιμοποιούν επιστημονικά όργανα ακριβείας, ή ειδικές συσκευές, και να πραγματοποιούν όλες τις επιστημονικές διερευνήσεις σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους (εργαστήρια)».

Γιατί οι εκπαιδευτικοί, τόσο οι υποψήφιοι όσο και οι εν ενεργεία, φαίνεται όχι μόνο να μην ξαφνιάζονται αλλά και να δικαιολογούν τη μικρή διείσδυση του πειράματος ως οργανικού μέρους της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών;



Εικόνα 1. Παρασκευή και ταυτοποίηση διοξειδίου του άνθρακα.

Ένα παράδειγμα από προτεινόμενο πείραμα σε παλαιότερο σχολικό βιβλίο μπορεί να μας βοηθήσει να απαντήσουμε στο ερώτημα αυτό. Το πείραμα Χημείας (Εικόνα 1) προέρχεται από το βιβλίο «Φυσικά ΣΤ΄ Τάξης», πρώτο μέρος, (Αλεξόπουλος κ.ά., 1997) ενώ παρόμοιο μπορεί να βρει κανείς και στο σημερινό βιβλίο (Αβραμιώτης κ.ά., 2013) ή σε παλιότερο της Χημείας Β΄ Γυμνασίου (Γεωργιάδου κ.ά., 2002).

Πόσο εύκολο είναι να πραγματοποιηθεί στο Δημοτικό Σχολείο το πείραμα αυτό; Τι προβλήματα μπορεί να προκύψουν; Θα μπορούσαμε να επικαλεστούμε τα εξής:

1. Απαιτούνται ειδικά υλικά: φιάλη Χημείας, γυάλινοι σωλήνες.
2. Απαιτείται εργαστήριο τόσο ως χώρος για την αποθήκευση των υλικών, καθώς σύμφωνα με όσα υπονοούνται από την εκφώνηση απαιτούνται πολλαπλές σειρές οργάνων, όσο και για την απαγωγή του εκλυόμενου αερίου υδροχλωρίου.
3. Τόσο τα γυάλινα σκεύη όσο επίσης το υδροχλωρικό οξύ και, κυρίως, το εκλυόμενο υδροχλώριο ενέχουν κινδύνους για τα παιδιά και τον εκπαιδευτικό (προκαλεί αναπνευστικά προβλήματα).

Θεωρούμε ότι το πείραμα αυτό για τους παραπάνω λόγους δεν μπορεί πρακτικά να γίνει, τουλάχιστον στο Δημοτικό Σχολείο, ίσως και στο Γυμνάσιο ακόμη και στο Λύκειο. Και επειδή τα σχολικά εγχειρίδια βρίθουν από τέτοιου τύπου πειράματα δεν είναι να απορεί κανείς για την επιφυλακτική στάση των υποψήφιων αλλά και εν ενεργεία εκπαιδευτικών απέναντι στην πειραματική διδασκαλία.

Είναι όμως τα παραπάνω τα σημαντικότερα προβλήματα αυτού του πειράματος; Αν βρεθείς σε σχολείο που έχει όλα τα απαιτούμενα υλικά, ακόμη και εργαστήριο, είναι

το καταλληλότερο παιδαγωγικά πείραμα που θα μπορούσες να κάνεις για να παρασκευάσεις διοξείδιο του άνθρακα; Αποψη μας είναι ότι το πείραμα αυτό μπορεί να αντικατασταθεί από ένα απολύτως ασφαλές και παιδαγωγικά καταλληλότερο πείραμα στο οποίο χρησιμοποιούνται υλικά καθημερινής χρήσης ενώ συνδέεται επίσης με καταστάσεις της καθημερινής ζωής του μαθητή (Κουμαράς & Πιερράτος, 2022, σ. 357-361).

Άραγε αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει όλα τα πειράματα να χρησιμοποιούν υλικά καθημερινά υλικά αντί για ειδικό εργαστηριακό εξοπλισμό; Η απάντηση δεν μπορεί να είναι μονοσήμαντη: τα πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα της χρησιμοποίησης ενός υλικού στη διδακτική διαδικασία καθορίζονται από τους διδακτικούς στόχους που τίθενται. Θα μπορούσε, ωστόσο, κανείς να παραθέσει μία σειρά από πλεονεκτήματα της χρησιμοποίησης υλικών και καταστάσεων από την καθημερινή ζωή, στην υποχρεωτική κυρίως εκπαίδευση, όταν κυρίαρχος στόχος δεν είναι η ποσοτική επιβεβαίωση νόμων αλλά η επίγνωση των φαινομένων και η συσχέτιση όσων διδάσκονται στο σχολείο με την καθημερινή ζωή. Ακολουθούν τα σημαντικότερα από αυτά:

1. Η χρήση καθημερινών υλικών συντελεί στην εστίαση της προσοχής του μαθητή στο φαινόμενο και όχι στη συσκευή ή την περίπλοκη διάταξη που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση του πειράματος. Μια ειδικά κατασκευασμένη, άγνωστη στο μαθητή, συσκευή είναι δυνατόν να προσελκύσει την προσοχή και το ενδιαφέρον του, και η μελέτη του φαινομένου να περάσει σε δεύτερη μοίρα.
2. Έχει παρατηρηθεί (Κουμαράς, 1989· Σάββας, 1996) ότι οι μαθητές, βλέποντας στο εργαστήριο την έκβαση ενός πειράματος, πιστεύουν ότι αυτή οφείλεται στα χρησιμοποιούμενα ειδικά υλικά και ότι χωρίς αυτά, στην καθημερινή ζωή, δεν συμβαίνει το ίδιο ή κάτι αντίστοιχο. Με τη χρήση καθημερινών υλικών αποφεύγεται ο κίνδυνος να θεωρηθεί ότι ένα φαινόμενο, ειδικά αν αυτό είναι «παράξενο», προκαλείται ή οφείλεται στα χρησιμοποιούμενα υλικά. Ο μαθητής επικουρείται να συνδέσει τις Φυσικές Επιστήμες με την καθημερινή ζωή και να συσχετίσει την επιστήμη με το περιβάλλον του. Αυτό γίνεται με μεγαλύτερη επιτυχία αν τα πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης καταλήγουν ή αρχίζουν όπου είναι δυνατόν, με παρουσίαση αντίστοιχων καταστάσεων που αντιμετωπίζουν (ή χρησιμοποιούν) οι άνθρωποι στην καθημερινή τους ζωή. Από την άλλη μεριά, ειδικά όργανα τα οποία χρησιμοποιούνται μόνο στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών και δεν αποτελούν μέρος της καθημερινής εμπειρίας του μαθητή, συντελούν στην απομάκρυνση της επιστήμης που διδάσκεται στο σχολείο από τον πραγματικό καθημερινό κόσμο και στην απομόνωσή της (Χαλκιά, 1993· Harlen, 1992). Δεν είναι λογικό να υποθέτουμε ότι μπορούμε να βοηθήσουμε τα παιδιά να ερμηνεύσουν τον κόσμο της καθημερινής τους ζωής με όργανα παντελώς ξένα από αυτόν.
3. Η χρήση καθημερινών υλικών συντελεί στο να αφαιρεθεί ένα ποσοστό από το μυστήριο που περιβάλλει την επιστήμη, και συνεπώς οδηγεί στην απομυθοποίηση του ρόλου οργάνων και συσκευών. Δείχνει ότι η επιστήμη δεν

είναι κάτι το εξωτικό, το μακρινό και ιδιαίτερο αλλά μπορεί να σχετίζεται με αντικείμενα και κοινές εμπειρίες της καθημερινής ζωής (Κουμαράς, 1994¹, Χαλκιά, 1993² Munson, 1985³ Woolnough & Allsop, 1985). Τα παραπάνω είναι πιθανό να οδηγήσουν τον μαθητή στην ανάπτυξη θετικής στάσης προς τις Φυσικές Επιστήμες.

4. Τα ειδικά σχεδιασμένα σύνθετα όργανα εισάγουν πρόσθετες δυσκολίες στη διδακτική διαδικασία, π.χ. προσπάθεια του διδάσκοντα να εξηγήσει τον τρόπο λειτουργίας των οργάνων, δυσκολίες χειρισμού κ.λπ. Τα σύνθετα ειδικά όργανα είναι πιθανό να αποτελούν τα ίδια αντικείμενο μάθησης και όχι μέσο για τη μάθηση.
5. Πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης προσφέρονται για να δοθεί στον μαθητή «δουλειά στο σπίτι» διαφορετική από τη συνηθισμένη: είναι δυνατό να ζητηθεί από τους μαθητές να κάνουν, ακολουθώντας δικές μας γραπτές οδηγίες, ακίνδυνα πειράματα με υλικά που θα βρουν στο σπίτι τους αντί να απαντούν σε ερωτήσεις ή να λύνουν κατασκευασμένα προβλήματα (Καρανίκας, 1993⁴ Μπακάλη & Κουμαράς, 1997⁵ Nicolson, 1980). Έτσι, πιθανά η ενασχόληση των μαθητών με τις Φυσικές Επιστήμες να μην είναι μια βαρετή σχολική εργασία αλλά μια ενδιαφέρουσα εμπειρία που μπορεί να συμβάλλει και στη νοητική τους ανάπτυξη.
6. Πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης, η επιστήμη καθημερινών αντικειμένων και η χρησιμοποίηση καταστάσεων από την καθημερινή ζωή, ενθαρρύνουν σημαντικά τους μαθητές από χαμηλότερα οικονομικά και κοινωνικά στρώματα καθώς και τους θεωρούμενους «κακούς» μαθητές να συμμετέχουν στο μάθημα (Χατζηπαύλου, 2016⁶ Hodson & Prophet, 1983).
7. Η έρευνα έχει δείξει πως αν η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών βασίζεται κατά κύριο λόγο σε υλικά (και καταστάσεις) από τον κόσμο της καθημερινής ζωής παρέχεται ένα περιβάλλον μέσα στο οποίο μαθητές γλωσσικών μειονοτήτων μπορούν να ενεργοποιηθούν ιδιαίτερα. Αυτό συμβαίνει επειδή η διδασκαλία αυτή βασίζεται κατά κύριο λόγο σε υλικά και φαινόμενα που όλοι σχεδόν οι μαθητές έχουν δει ή βιώσει και θέλουν να μιλήσουν για αυτά (Michaels et al., 2008, σ. 3 και 103). Σε δράσεις με παιδιά από προσφυγικούς καταυλισμούς, υπήρξε η αρχική εντύπωση ότι «ένα πείραμα που ξαφνιάζει ή εντυπωσιάζει καταφέρνει να προσελκύσει το ενδιαφέρον των μαθητών ανεξάρτητα από τη δυσκολία στη γλωσσική επικοινωνία».
8. Στη διάρκεια των τελευταίων 40 περίπου ετών έχει διαπιστωθεί ότι οι μαθητές έχουν διαμορφωμένες απόψεις για την ερμηνεία φαινομένων της καθημερινής ζωής, πριν από τη διδασκαλία του αντίστοιχου θέματος. Εάν στόχος μας είναι να οδηγήσουμε τους μαθητές να αμφισβητήσουν οι ίδιοι τις ερμηνείες τους για καθημερινά φαινόμενα, τότε υπάρχει ένας ακόμη λόγος για χρήση υλικών από την καθημερινή ζωή παρά ειδικών εργαστηριακών συσκευών. Αν το πείραμα γίνεται με υλικά γνωστά στο μαθητή το αποτέλεσμα έχει πολλές πιθανότητες – οπωσδήποτε περισσότερες από όσες το πείραμα που γίνεται με ειδικές συσκευές και όργανα– να προβληματίσει τον μαθητή, να του δημιουργήσει δυσαρέσκεια για τις προϋπάρχουσες απόψεις του και να τον προετοιμάσει να

οικοδομήσει τη νέα γνώση (Driver et al., 1993). Εργαστηριακά όργανα και ειδικές πειραματικές διατάξεις που χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο Φυσικών Επιστημών και τα οποία ο μαθητής δεν θα συναντήσει ποτέ στη δική του καθημερινότητα, είναι απίθανο να βοηθήσουν τον μαθητή να συνδέσει τα διδασκόμενα στο μάθημα με την δική του καθημερινότητα.

Τα πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης, εκτός των πλεονεκτημάτων που έχουν για τους μαθητές, παρουσιάζουν πλεονεκτήματα για τους εκπαιδευτικούς, κυρίως της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης αλλά και για εκείνους της δευτεροβάθμιας, ειδικά όταν οι τελευταίοι καλούνται να διδάξουν μαθήματα που δεν είναι της κύριας ειδικότητάς τους, γιατί:

1. Τα απαιτούμενα υλικά, ως υλικά της καθημερινής τους ζωής, τους είναι γνωστά, «φιλικά» και δεν τους φοβίζονται από άποψη επικινδυνότητας. Οι εκπαιδευτικοί είναι εξοικειωμένοι με αυτά και δεν νοιώθουν να απειλούνται ούτε οι ίδιοι ούτε οι μαθητές τους.
2. Τα πειράματα αυτής της κατηγορίας έχουν για τους εκπαιδευτικούς το πλεονέκτημα της επιτυχούς εκτέλεσης. Αντίθετα, πειράματα με ειδικά υλικά έχουν περισσότερες πιθανότητες «αποτυχίας» και η προοπτική αυτή αποθαρρύνει τον διδάσκοντα.
3. Τα ειδικά σχεδιασμένα σύνθετα όργανα εισάγουν επιπλέον δυσκολίες τόσο στην εξοικείωση των εκπαιδευτικών με αυτά όσο και στον χειρισμό και την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των οργάνων.
4. Δεν απαιτείται ειδικός χώρος για την εκτέλεση των πειραμάτων, καθώς τα πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης μπορούν να γίνονται στην αίθουσα διδασκαλίας, με μικρές ή και καθόλου τροποποιήσεις της αίθουσας (Κουμαράς, 2017, σ. 136).

Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό που δίνει προστιθέμενη αξία στη χρήση των υλικών από τον κόσμο της καθημερινής ζωής: τα υλικά αυτά δεν προσφέρονται μόνο για συζήτηση και ερμηνεία φαινομένων και ως εκ τούτου για την εισαγωγή εννοιών, νόμων, κ.λπ. Προσφέρονται και για τη διεξαγωγή ερευνών με ερωτήματα που θα μπορούσαν να είναι πραγματικά ερωτήματα της καθημερινής ζωής όπως π.χ. πάω εκδρομή, τι να κάνω για να διατηρηθεί κρύο το νερό στο μπουκάλι; Ή πού μπορώ να βάλω τον καφέ μου για να διατηρηθεί ζεστός κ.λπ. Η χρήση τέτοιου είδους υλικών βοηθά τους μαθητές να συνειδητοποιήσουν ότι στην καθημερινή τους ζωή μπορεί να προκύψουν ερωτήματα προς διερεύνηση, τα οποία θα πρέπει να είναι σε θέση να διερευνούν χρησιμοποιώντας υπάρχοντα υλικά (Χαλκιά, 2008).

ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΖΩΗ

Όπως κάθε άνθρωπος έτσι και το παιδί, συνειδητά ή όχι, διαρκώς παρατηρεί και αναζητεί ερμηνείες όσων συμβαίνουν γύρω του. Η δεξιότητα παρατήρησης και η δυνατότητα εξαγωγής λογικού συμπεράσματος είναι ίσως ευκολότερο, και σίγουρα πιο χρήσιμο, να καλλιεργηθούν στα παιδιά εκθέτοντάς τους σε αυθεντικές καταστάσεις της

καθημερινής ζωής και όχι μόνο σε ελεγχόμενες καταστάσεις του κόσμου του εργαστηρίου. Γενικότερα οι δεξιότητες και ικανότητες που μπορεί να καλλιεργήσει ένα πείραμα, όπως ο σχεδιασμός, η εκτέλεση, η συλλογή δεδομένων, ο έλεγχος της ερμηνείας κ.λπ., υποστηρίζεται ότι είναι καλύτερα να καλλιεργούνται με την αντιμετώπιση προβλημάτων που σχετίζονται με τον κόσμο της καθημερινής ζωής παρά με τον τυπικό κόσμο της επιστήμης: πράγματι, έρευνες δείχνουν ότι δεξιότητες/ικανότητες που καλλιεργούνται στον κόσμο του εργαστηρίου δεν μεταφέρονται από τον μαθητή στον καθημερινό του κόσμο (Unesco, 1988) κι επομένως έχουν αμελητέα παιδαγωγική αξία.

Η χρησιμοποίηση καταστάσεων από την καθημερινή ζωή είναι ένας άλλος τρόπος, πέρα από τα πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης, για να συνδεθεί η ακαδημαϊκή γνώση με την πραγματικότητα του παιδιού: ο μαθητής εκτίθεται σε μια κατάσταση από την καθημερινή ζωή με στόχο να του δημιουργηθεί μια απορία, π.χ. «πώς λειτουργεί» ή «γιατί συμπεριφέρεται έτσι», και στη συνέχεια εμπυχώνεται να εμπλακεί στην αναζήτηση απαντήσεων. Έτσι η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών έρχεται να ερμηνεύσει τον κόσμο στον οποίο ζει το παιδί και να συνδέσει όσα διδάσκεται στο σχολείο με τον κόσμο γύρω του. Η επικέντρωση της διδασκαλίας σε τέτοια προβλήματα κεντρίζει το ενδιαφέρον του παιδιού, κάνει το μάθημα ελκυστικό, ακόμη και συναρπαστικό (Unesco, 1988).

Προσέξτε ότι με τον τρόπο αυτό η απορία για το φαινόμενο προηγείται και η ερμηνεία ακολουθεί. Αυτή είναι μια συνηθισμένη διαδικασία άτυπης μάθησης που συμβαίνει διαρκώς εκτός σχολικού περιβάλλοντος: στην καθημερινή μου ζωή βλέπω κάτι, μου γεννιέται μια απορία και αναζητώ την απάντηση. Η απάντηση έχει νόημα και ενδιαφέρον για μένα και γι' αυτό την αναζητώ. Η διαδικασία αυτή είναι καταφανώς σε αντιδιαστολή με ό,τι συμβαίνει συνήθως στη σχολική τάξη: εκεί η επίκληση στην καθημερινή εμπειρία γίνεται, αν γίνεται, στο τέλος του μαθήματος ως εφαρμογή όσων διδάχτηκαν. Ας δώσουμε στο σημείο αυτό ένα ενδεικτικό παράδειγμα για να γίνει πιο κατανοητή η θέση μας.



Εικόνα 2. Το μπροστινό μέρος ενός ασθενοφόρου. Υπάρχει κάτι που σου κάνει εντύπωση;

Ζητάμε από τους μαθητές να θυμηθούν την τελευταία φορά που συνάντησαν ένα ασθενοφόρο: Παρατήρησαν κάτι που τους έκανε εντύπωση; Για να κατευθύνουμε τη συζήτηση κατά το δοκούν, προβάλλουμε μία φωτογραφία όπως αυτή της Εικόνας 2. Εκμαιεύουμε την εύλογη απορία: Γιατί η λέξη ΑΣΘΕΝΟΦΟΡΟ ή AMBULANCE είναι γραμμένη «ανάποδα»;

Δίνουμε καθρέφτες στα παιδιά και τους ζητάμε να παρατηρήσουν τη φωτογραφία του ασθενοφόρου μέσα από αυτούς. Πώς φαίνεται τώρα η λέξη ΑΣΘΕΝΟΦΟΡΟ ή AMBULANCE; Άρα, μπορούμε να υποθέσουμε γιατί η λέξη είναι γραμμένη ανάποδα; Για ποιον καθρέφτη έχει γραφεί ώστε να διαβάζεται σωστά;

Η διδακτική αυτή προσέγγιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη του φαινομένου ανάκλαση.

Τα παράδειγμα αυτό αφορά σε κεφάλαια που συναντώνται στα σχολικά βιβλία της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, τα οποία, στην μέχρι σήμερα μορφή τους, δεν είναι ιδιαίτερα προσανατολισμένα στην παρατήρηση και στην ερμηνεία του γύρω μας κόσμου. Κι όμως, ένας τέτοιος στόχος της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες θα μπορούσε να κάνει τον κόσμο στον οποίο ζει ο μαθητής καλύτερα αντιληπτό ώστε να μπορεί να τον εκτιμά και να τον απολαμβάνει. Εναπόκειται επομένως στον εκπαιδευτικό, ώστε ακόμη και με τα σημερινά σχολικά βιβλία και τη διδακτέα ύλη που περιέχουν, να φέρει σε επαφή τους μαθητές του με τον «κόσμο εκεί έξω». Ένας τρόπος για να γίνει αυτό είναι να οργανωθεί μια βόλτα με τους μαθητές π.χ. στη γειτονιά σε μια οικοδομή που χτίζεται (πώς ελέγχεται η οριζοντιότητα των καλουπιών για τα τσιμεντένια δάπεδα ή τις ταράτσες), στον δρόμο (γιατί η τροχαία χρησιμοποιεί σηματοδότες κωνικού σχήματος), στη χιονισμένη γειτονιά (γιατί λειώνει νωρίτερα το χιόνι πάνω στα φρεάτια υπονόμων παρά στο έδαφος, γύρω ή πέρα από αυτά, γιατί στα κεραμίδια κάποιων μονοκατοικιών το χιόνι έχει λειώσει ενώ σε άλλες όχι, ποιες από αυτές κατοικούνται, γιατί ρίχνουν αλάτι στους χιονισμένους δρόμους), στην παιδική χαρά (τι «κερδίζουν» τα παιδιά όταν σηκώνονται όρθια πάνω στην κούνια), στο Λούνα Παρκ (πώς κάνει ανακύκλωση το τρενάκι), στο λιμάνι (γιατί «κάθεται» ένα φεριμπότ όταν φορτώνει) (Βουρλιάς, 2016· Κεραμιδάς & Κουμαράς, 2008· Κουμαράς, 2002· Escobar, 1994).

Ίσως έτσι σταματήσει η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών να είναι απλά διδασκαλία λέξεων, όπως πολλές φορές γίνεται, μάλλον από αδυναμία μας. Επιπλέον, ίσως έτσι σταματήσουμε ως δάσκαλοι να δίνουμε βαρύτητα μόνο στην αναζήτηση απαντήσεων και να διδάξουμε στα παιδιά να παρατηρούν τον κόσμο γύρω τους, να αναρωτιούνται και κατόπιν να αναζητούν απαντήσεις.

ΚΡΙΣΙΜΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Από τη δεκαετία του 1980 έχει καταγραφεί ότι οι μαθητές έχουν διαμορφωμένες απόψεις για την ερμηνεία φαινομένων της καθημερινής ζωής πριν από τη διδασκαλία του αντίστοιχου κεφαλαίου στο σχολείο. Οι απόψεις αυτές διατηρούνται στην διάρκεια

της εκπαίδευσης αναλλοίωτες ή μερικά μόνο τροποποιημένες, και επηρεάζουν όχι μόνο την ερμηνεία των παρατηρήσεών τους, αλλά είναι δυνατόν ακόμη να επηρεάσουν και τις ίδιες τους τις παρατηρήσεις (Κουμαράς, 1989). Οι αρχικές απόψεις του μαθητή, γνωστές στη βιβλιογραφία ως ιδέες μαθητών ή εναλλακτικές απόψεις, θεωρούνται καθοριστικός παράγοντας για την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας (Driver et al., 1993; Driver et al., 1998). Είναι βέβαια δυνατόν οι απόψεις των μαθητών να είναι προς την κατεύθυνση της επιθυμητής γνώσης και, κατάλληλα διαχειριζόμενες, να αξιοποιηθούν για την κατάκτηση αυτής της γνώσης από τους μαθητές. Στην περίπτωση αυτή μιλάμε για επαύξηση της γνωστικής δομής των μαθητών, δηλαδή απλά για προσθήκη νέων στοιχείων στην ήδη υπάρχουσα γνωστική δομή τους χωρίς να δημιουργούνται ουσιώδεις αλλαγές στο υπάρχον νοητικό τους σχήμα. Τις περισσότερες φορές, όμως, οι απόψεις των μαθητών χρειάζεται να τροποποιηθούν. Η τροποποίηση αυτή μπορεί να γίνει, υπό την επίδραση μιας καινούργιας εμπειρίας, με την εναρμόνιση και την αναδιοργάνωση. Κατά την εναρμόνιση έχουμε την εξέλιξη των υπάρχοντων νοητικών σχημάτων έτσι ώστε να ανταποκρίνονται στα καινούργια δεδομένα. Πιο βαθιά αλλαγή των ιδεών των μαθητών γίνεται στην περίπτωση της αναδιοργάνωσης οπότε αλλάζουν δομή και περιεχόμενο τα νοητικά σχήματα των μαθητών. Στη θέση των αρχικών δημιουργούνται νέα νοητικά σχήματα με τη βοήθεια των οποίων ερμηνεύονται εμπειρίες που δεν μπορούσαν να ερμηνευτούν με τα αρχικά είτε επανερμηνεύονται παλαιότερες εμπειρίες.

Η πραγματοποίηση πειραμάτων θα μπορούσε να διευκολύνει την κατάκτηση γνώσης τόσο στην περίπτωση της επαύξησης της γνωστικής βάσης του μαθητή όσο και της εναρμόνισης (Καριώτογλου κ.ά, 1997). Στην περίπτωση, όμως, της αναδιοργάνωσης είναι απαραίτητο το πείραμα να συνοδεύεται και από συζήτηση. Στην περίπτωση αυτή το πείραμα απλά δίνει την αναγκαία εμπειρία για την υποστήριξη της συζήτησης. Από ερευνητές του χώρου της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών υποστηρίζεται ότι είναι σημαντικό, πριν από τη διδασκαλία της νέας γνώσης, ο μαθητής να έχει την ευκαιρία να διατυπώσει τη δική του άποψη (όταν υπάρχει), να συνειδητοποιήσει (βλέποντας το αποτέλεσμα κατάλληλα σχεδιασμένου πειράματος) την ανεπάρκεια της άποψής του, να δυσαρεστηθεί με αυτή και μετά να διδαχτεί την καινούργια, η οποία να του παρουσιαστεί έτσι ώστε να είναι κατανοητή και εύλογη. Επιπλέον προτείνεται η σύγκριση της αρχικής άποψης του μαθητή με την επιστημονική, αυτήν που διδάχτηκε. Στόχος αυτής της σύγκρισης είναι να αντιληφθεί ο μαθητής ότι η άποψη που διδάχτηκε μπορεί να ερμηνεύσει φαινόμενα που δεν μπορούσε να ερμηνεύσει ο ίδιος με την αρχική του άποψη. Τα πειράματα που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να προκαλέσουν τη δυσαρέσκεια του μαθητή με την αρχική του άποψη, ονομάζονται κρίσιμα πειράματα.

Παλαιότερα, στον σχεδιασμό πειραμάτων λαμβανόταν υπόψη μόνο η επιστημονική γνώση που θέλαμε να διδαχθεί. Πλέον, σημαντικός παράγοντας για τον σχεδιασμό κρίσιμων πειραμάτων είναι και η γνωστική αφετηρία του μαθητή. Έτσι, παλαιότερα θα θεωρούνταν απλά λάθος εκ μέρους του μαθητή να συνδέσει το βολτόμετρο σε σειρά σε ένα κύκλωμα, το οποίο θα υποδείκνυε κενά στην επιστημονική του γνώση. Πλέον, ο λανθασμένος αυτός τρόπος σύνδεσης υποδεικνύει τον αρχικό τρόπο σκέψης του μαθητή και μπορεί να αξιοποιηθεί διδακτικά για να αναδειχθεί η διαφοροποίηση των

εννοιών ρεύμα-τάση (Κουμαράς, 1989· Parisi et al., 2007). Αντίστοιχα, λαμβάνοντας υπόψη αφενός τις αρχικές ιδέες των μαθητών, όπως έχουν καταγραφεί σε πολλές έρευνες, και αφετέρου τον αιτιακό συλλογισμό που χρησιμοποιούν οι μαθητές για να προβλέπουν την εξέλιξη ενός πειράματος ή να το ερμηνεύουν εκ των υστέρων (Κουμαράς, 2015· Πιερράτος κ.ά., 2019), μπορούν να σχεδιάζονται κρίσιμα πειράματα με μεγάλη παιδαγωγική αξία. Ενδεικτικά, για παράδειγμα, ένα τέτοιο πείραμα αφορά τη σύγκριση των χρόνων λειτουργίας ενός ηλεκτρικού κυκλώματος μπαταρίας-λάμπας και ενός που περιλαμβάνει μια ίδια μπαταρία και δυο (ίδιες) λάμπες στη σειρά. Η πλειονότητα των μαθητών θεωρεί ότι μία λάμπα είναι καταναλωτής ηλεκτρικού ρεύματος, και μεγαλύτερος αριθμός από αυτές θα οδηγεί σε μεγαλύτερη κατανάλωση. Έτσι, μέσα από το αντίστοιχο πείραμα, οι μαθητές αφιχνιάζονται όταν διαπιστώνουν ότι οι δύο λάμπες, συνδεδεμένες σε σειρά, απαιτούν για τη λειτουργία τους μικρότερο ποσό ενέργειας από ό,τι μια λάμπα, για το ίδιο χρονικό διάστημα.

Για να γίνουν σαφέστερα τα παραπάνω ας δώσουμε ένα ακόμη αναλυτικό παράδειγμα.

Πώς πίνουμε νερό με ένα καλαμάκι

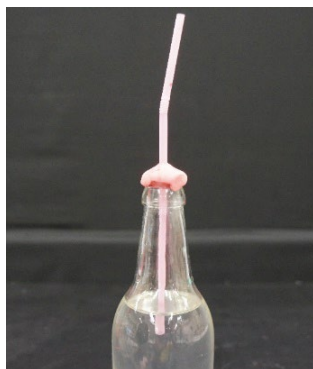
Η επιστημονική άποψη

Ρουφάμε μέρος του αέρα από το βυθισμένο στο νερό καλαμάκι. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η πίεση μέσα στο καλαμάκι να γίνει μικρότερη από την ατμοσφαιρική πίεση, που υπάρχει στον περιβάλλοντα χώρο. Η διαφορά μεταξύ της πίεσης που υπάρχει μέσα στο καλαμάκι από αυτήν που υπάρχει στον περιβάλλοντα χώρο έχει ως αποτέλεσμα την άσκηση δύναμης που οδηγεί το υγρό στο στόμα μας.

Η άποψη των μαθητών

Θεωρούν ότι πίνουμε γιατί ρουφάμε, έτσι η δύναμη που οδηγεί το υγρό στο στόμα μας δεν προέρχεται από τον ατμοσφαιρικό αέρα, αλλά απλά από το ρούφηγμα. Οι μαθητές αποδίδουν την κίνηση του υγρού στην ισχύ της αναρρόφησης και δεν θεωρούν ότι η ροή του υγρού είναι συνέπεια της διαφοράς πιέσεων μέσα κι έξω από το καλαμάκι. Η άποψη αυτή παραμένει ισχυρή στους μαθητές και μετά τη διδασκαλία.

Προτεινόμενο πείραμα



Εικόνα 3. Κλείσε τον λαιμό του μπουκαλιού με πλαστελίνη.

Πάρε ένα καθαρό, γυάλινο μπουκάλι όγκου 0,5 L, ένα καλαμάκι, καθαρό πόσιμο νερό, πλαστελίνη. Γέμισε το μπουκάλι με καθαρό νερό, τοποθέτησε σε αυτό ένα καλαμάκι και ζήτησε από έναν μαθητή σου να προσπαθήσει να πει νερό ρουφώντας συνεχώς, χωρίς δηλαδή να πάρει δεύτερη ανάσα. Κατόπιν, γέμισε πάλι το μπουκάλι με καθαρό, πόσιμο νερό, τοποθέτησε σε αυτό ένα καλαμάκι και κλείσε το στόμιο του μπουκαλιού γύρω από το καλαμάκι, αεροστεγώς με πλαστελίνη, η οποία περιβάλλει το καλαμάκι που εξακολουθεί να φτάνει μέσα στο νερό, Εικόνα 3. Ζήτησε από τον ίδιο μαθητή να προσπαθήσει να πει νερό, ρουφώντας και πάλι συνεχώς, χωρίς να πάρει δεύτερη ανάσα. Θα δεις ότι μετά την τοποθέτηση της πλαστελίνης, ο μαθητής πίνει στην αρχή λίγο νερό και στη συνέχεια δεν μπορεί να πει παρόλο που ρουφάει.

ΤΡΟΠΟΙ ΕΝΤΑΞΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ

Η εκτόξευση του Σπούτνικ, στις 4 Οκτωβρίου 1957, από τη Σοβιετική Ένωση προκάλεσε στις αρχές της δεκαετίας του 1960 στη Δύση, και κυρίως στις ΗΠΑ και στη Μεγάλη Βρετανία, μεγάλες αλλαγές στα προγράμματα σπουδών Φυσικών Επιστημών. Στόχος των προγραμμάτων που προέκυψαν ήταν η παραγωγή επιστημόνων και μηχανικών, αναγκαίων για την επιθυμητή παγκόσμια κυριαρχία, κι έτσι τα σχολικά εργαστήρια Φυσικών Επιστημών βρέθηκαν στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος. Θεωρήθηκε ότι τα παιδιά με το να κάνουν πειράματα σε μικρές ομάδες, ακολουθώντας οδηγίες, θα έφταναν στη γνώση εφαρμόζοντας την «καθοδηγούμενη ανακάλυψη». Το σύνθημα που κυριάρχησε ήταν μια παροιμία που αποδίδεται στον Κομοφούκιο: «ακούω και ξεχνώ, βλέπω και θυμάμαι, κάνω και καταλαβαίνω».

Η λογική αυτή του 1960 αμφισβητήθηκε όταν πλήθος ερευνών κατά τη δεκαετία 1975-1985 έδειξαν ότι κι αν ακόμη τα παιδιά κάνουν πειράματα δεν είναι σίγουρο ότι θα φτάσουν οπωσδήποτε στην επιθυμητή γνώση (Κουμαράς, 1989, σ. 14-15· Michaels et al., 2008, σ. 41). Το να εκτεθεί κάποιος σε νέες πληροφορίες, δεν συνεπάγεται ότι τις κατανοεί κιάλας ή ότι τις ερμηνεύει κατά τον επιθυμητό τρόπο. Αδιαμφισβήτητα, η διδακτική αποτελεσματικότητα του πειράματος εξαρτάται από τις ειδικές απαιτήσεις του κάθε μαθήματος: εύκολα μπορεί να φτάσουν τα παιδιά π.χ. στη γνώση ποια υλικά έλκουν οι μαγνήτες αλλά πολύ δυσκολότερα στη γνώση ότι το ηλεκτρικό ρεύμα δεν καταναλώνεται, παρότι βλέπουν ένα αμπερόμετρο να έχει την ίδια ένδειξη παντού, κατά μήκος του κυκλώματος (Psillos et al., 1987). Για να υπάρξει, ωστόσο, κατανόηση απαιτείται μια βαθύτερη αναδιοργάνωση της νεοεισερχόμενης πληροφορίας, κάτι που προϋποθέτει την οργανωμένη συζήτηση στην τάξη.

Έτσι, σταδιακά, σε διεθνές επίπεδο, η άποψη του 1960 έχει πλέον εγκαταλειφθεί στα σημερινά προγράμματα σπουδών όπου θεωρείται ότι:

«Η διδασκαλία και η μάθηση των Φυσικών Επιστημών δεν προϋποθέτει απλώς την ενδιαφέρουσα εκτέλεση πειραμάτων με την ελπίδα ότι οι μαθητές με κάποιον τρόπο, από μόνοι τους, θα ανακαλύψουν τις βασικές έννοιες από τα αποτελέσματα των πειραμάτων αυτών. Η αποτελεσματική διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών

Επιστημών θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει την επικοινωνία και τη συνεργασία» (Michaels et al., 2008, σ. 87).

Παρόλα αυτά, στη χώρα μας, όπου ουσιαστικά η οργανωμένη διδασκαλία με χρήση πειραμάτων ποτέ δεν δοκιμάστηκε, υπάρχει ακόμη και σήμερα κυρίαρχη η άποψη ότι ένα μάθημα είναι πετυχημένο αν απλά και μόνο τα παιδιά χειρίζονται υλικά όντας οργανωμένα σε μικρές ομάδες. Αυτό μοιάζει να είναι ένας μύθος όπως αυτοί που καταγράφονται από το National Research Council (2000, σ. 52, 232) ως μύθοι και παρανοήσεις των εκπαιδευτικών ανά τον κόσμο, όπως π.χ. ότι «η ενεργός συμμετοχή των μαθητών σε πρακτικές δραστηριότητες αρκεί για να εξασφαλίσει ότι λαμβάνει χώρα διερευνητική διδασκαλία και μάθηση».

Μολονότι δεν μπορεί κανείς να αρνηθεί τη σπουδαιότητα της εργασίας σε μικρές ομάδες μαθητών καλό είναι να έχει υπόψη του ότι σύμφωνα με την έρευνα: α) η εργασία σε μικρές ομάδες απαιτεί πολύ διδακτικό χρόνο ενώ συνήθως εμφανίζονται οργανωτικά προβλήματα στην τάξη, όταν οι μαθητές δεν έχουν εκπαιδευτεί σε αυτήν, και β) τα μαθησιακά αποτελέσματα είναι συνήθως μικρότερα των προσδοκιών του εκπαιδευτικού. Αυτά τα δύο είναι πιθανό να οδηγήσουν τον εκπαιδευτικό σε απογοήτευση και εγκατάλειψη της προσπάθειας. Μία λύση θα μπορούσε να είναι όλη η τάξη να εργάζεται ως μια ομάδα ενώ ο δάσκαλος χειρίζεται τα υλικά και συντονίζει τη συζήτηση (Michaels et al., 2008, σ. 73-75). Στην περίπτωση αυτή η χρήση των υλικών από τον δάσκαλο δεν είναι μία λύση ανάγκης, επειδή δεν υπάρχουν υλικά σε πολλαπλότητα για να καλύψουν τις ανάγκες της εργασίας σε μικρές ομάδες ή ενέχει κινδύνους ο χειρισμός τους από τα παιδιά. Είναι μία παιδαγωγική επιλογή, η οποία μπορεί να έχει πολλά διδακτικά οφέλη, εφόσον ακολουθήσει τις επιταγές της «ανακαλυπτικής επίδειξης».

Τονίζεται ότι ο όρος «επίδειξη» δεν χρησιμοποιείται με την κλασική έννοια που συνήθως του αποδίδεται, δηλαδή ότι ο δάσκαλος χειρίζεται μεν τα υλικά όχι, όμως, για να εξηγήσει αυτά που λέει, για να «επιβεβαιώνει» τη θεωρία (να «πείσει») ή για να δείξει εφαρμογές των όσων δίδαξε (μεταφορά της γνώσης). Ο όρος «επίδειξη» χρησιμοποιείται εδώ με την έννοια ότι: Ο δάσκαλος χειρίζεται τα υλικά, αλλά έτσι ώστε να ευνοήσει την αλληλεπίδρασή τους με τα παιδιά, μολονότι αυτή δεν συμβαίνει κατ' ανάγκη χειρωνακτικά. Η διαδικασία αλληλεπίδρασης συνιστάται στην καθοδηγούμενη, με κατάλληλες ερωτήσεις από τον δάσκαλο, παρατήρηση των υλικών, εύρεση και διατύπωση σχέσεων μεταξύ στοιχείων των υλικών ή σχετικών με αυτά εννοιών, διατύπωση πρόβλεψης, εξαγωγή συμπερασμάτων κ.ά. Δεν «δουλεύουν τα χέρια των μαθητών», αλλά μέσα από τις κατάλληλες ερωτήσεις που κάνει ο δάσκαλος επιχειρεί να «ενεργοποιήσει το μυαλό των μαθητών», βοηθώντας τους και για να οικοδομήσουν τη γνώση αλλά και για να καλλιεργήσουν ικανότητες.

Έτσι, κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής της ανακαλυπτικής επίδειξης, ο δάσκαλος, αφού έχει εξασφαλίσει ότι όλοι οι μαθητές μπορούν από τη θέση τους να βλέπουν αυτά που επιδεικνύονται, ζητάει από τους μαθητές: α) να παρατηρήσουν και να πουν τι παρατηρούν β) να συγκρίνουν και να εκφράσουν το αποτέλεσμα της σύγκρισης γ) να προβλέψουν και να διατυπώσουν τρόπους ελέγχου της πρόβλεψης δ) να ερμηνεύσουν

τα παρατηρούμενα. Σε περίπτωση που υπάρχουν διαφορετικές προβλέψεις (ή ερμηνείες) ο δάσκαλος φροντίζει για την ομαδοποίησή τους και προκαλεί συζήτηση μεταξύ εκπροσώπων διαφόρων απόψεων, με στόχο κάθε μαθητής να συνειδητοποιήσει την άποψή του και να ενδιαφερθεί για το αποτέλεσμα της δραστηριότητας που θα ακολουθήσει. Τέλος, βοηθά ενεργά στη διατύπωση συμπερασμάτων, στον έλεγχο τους και ανακεφαλαιώνει τα ευρήματα.

Η ανακαλυπτική επίδειξη είναι στην κατεύθυνση του διερευνητικού μοντέλου διδασκαλίας και μάθησης και θα μπορούσε να θεωρηθεί ως ένα αναγκαίο βήμα εκπαίδευσης των παιδιών για να μάθουν να δουλεύουν σε ομάδες. Αν και γενικά ο χειρισμός των υλικών στην ανακαλυπτική επίδειξη γίνεται από τον δάσκαλο, μπορεί εναλλακτικά τα υλικά να χειρίζονται από διαφορετικό μαθητή κάθε φορά. Τονίζεται, ωστόσο, ότι αυτό δεν είναι το κρίσιμο σημείο σε ό,τι αφορά την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας, αλλά η συζήτηση στην τάξη και οι ικανότητες που αυτή καλλιεργεί. Η εμπειρία δείχνει ότι ο χειρισμός των υλικών, αν αφορά κάτι που εντυπωσίασε τους μαθητές, θα γίνει από τους ίδιους και εκτός μαθήματος, απλά για να το δείξουν σε άλλους. Σε αυτό βοηθά τα υλικά που χρησιμοποιούνται στα πειράματα να είναι υλικά από τον κόσμο της καθημερινής ζωής, διότι έτσι είναι εύκολο να βρεθούν από τα παιδιά.

ΙΔΕΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ

Η εμπειρία όλων μας, τόσο ως μαθητές/φοιτητές όσο και ως δάσκαλοι, οδηγεί στο ότι οι μαθητές (όλων των ηλικιών) μελετούν οδηγούμενοι από τα θέματα των εξετάσεων: ισχύει το «διαβάζεται ότι αξιολογείται». Οι μαθητές πολύ σύντομα πληροφορούνται τι αξιολογείται στο μάθημα που παρακολουθούν και ασχολούνται κυρίως με αυτό, μια και αυτό «αμείβεται». Ο δάσκαλος, ανάλογα με το είδος των θεμάτων που χρησιμοποιεί, μπορεί ακόμη και να αναιρέσει τους σκοπούς ενός αναλυτικού προγράμματος, όπως βέβαια μπορεί και να τους ενισχύσει:

«Ο διδάσκων μπορεί πάντοτε να αναιρέσει το σκοπό του προγράμματος με τη στάση του, με τα αρνητικά σχόλιά του και κυρίως, με την επιλογή των θεμάτων στις εξετάσεις. Η πραγματική αξία του πνευματικού περιεχομένου ενός μαθήματος δεν προσδιορίζεται από το είδος των εγχειριδίων, αλλά από το είδος των εξετάσεων» (Arons 1992, σ. 478).

Σε συμφωνία με τα παραπάνω, αν ο δάσκαλος χρησιμοποιεί στη διδασκαλία του πειράματα με χρήση υλικών καθημερινής χρήσης και καταστάσεις από την καθημερινή ζωή αλλά τα θέματα των εξετάσεών του απαντώνται με τη γνώση τύπων και ορισμών του βιβλίου, οι μαθητές, πολύ σύντομα, θα ασχολούνται τελικά μόνο με αυτά. Τα πειράματα θα είναι κάτι μάλλον ευχάριστο αλλά που δεν αξιολογείται.

Στη συνέχεια της ενότητας αυτής δίνονται παραδείγματα θεμάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αξιολόγηση, είτε με στόχους διαγνωστικούς (διαμορφωτικούς) είτε με στόχος αθροιστικούς (τυπική αξιολόγηση) (Κουμαράς, 2017, σ. 271-272). Τόσο η εμπειρία μας όσο και η έρευνά μας έχουν δείξει ότι αντίστοιχα θέματα προκαλούν το

ενδιαφέρον των παιδιών για τις Φυσικές Επιστήμες και επιπλέον συντελούν στο να δημιουργήσουν μια θετική εικόνα για αυτές.

Παράδειγμα 1ο

Δώσε στα παιδιά ένα φύλλο με οδηγίες τις οποίες θα ακολουθήσουν για να κάνουν ένα πείραμα στο σπίτι, σε ομάδες των δυο ή τριών. Φρόντισε το πείραμα να γίνεται με υλικά που υπάρχουν σε κάθε σπίτι. Ζήτησε να το βιντεοσκοπήσουν με κάποιο κινητό τηλέφωνο και να το παρουσιάσουν στην τάξη. Εφόσον το πείραμα καλύπτει ύλη που έχεις διδάξει, ζήτησε να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματά του.

Παράδειγμα 2ο

Δώσε στα παιδιά ένα πρόβλημα και ζήτησε από αυτά να σχεδιάσουν ένα πείραμα/ή μια διάταξη για να το επιλύσουν και να παρουσιάσουν την ιδέα τους στο επόμενο μάθημα. Αν το πείραμα που σχεδίασαν απαιτεί υλικά που δεν έχουν στο σπίτι μπορείς να τους τα δώσεις για να ελέγξουν το κατά πόσο το πείραμα που σχεδίασαν δουλεύει. Για παράδειγμα, μετά από μάθημα για την αγωγιμότητα των υγρών, δώσε στους μαθητές σου το παρακάτω πρόβλημα:

Ένα πρωινό ένας σωλήνας της ύδρευσης, που περνούσε κάτω από το ταβάνι του υπογείου, άρχισε να στάζει. Ο πατέρας της Γεωργίας ειδοποίησε τον υδραυλικό και κανόνισαν ραντεβού για το βράδυ. Ο πατέρας της Γεωργίας τοποθέτησε έναν κουβά κάτω από τη διαρροή, ζήτησε από τη Γεωργία όταν ο κουβάς γεμίζει να τον αδειάζει και έφυγε για τη δουλειά του. Η Γεωργία κουράστηκε να ανεβοκατεβαίνει από το δωμάτιό της στο υπόγειο για να ελέγχει κάθε τόσο αν έχει γεμίσει ο κουβάς. Από το μυαλό της πέρασε ένα πείραμα που είχαν κάνει στην τάξη της. Επειδή την είχε εντυπωσιάσει είχε ζητήσει από τον πατέρα της να αγοράσει τα απαιτούμενα υλικά. Όταν γύρισε ο πατέρας της, του έδειξε περιχαρής τι είχε κάνει και είχε καταφέρει να κάθεται στο δωμάτιό της και να κατεβαίνει στο υπόγειο μόνο όταν ο κουβάς γέμιζε. Μπορείς να φανταστείς και να περιγράψεις τι είχε κάνει η Γεωργία;

Παράδειγμα 3ο

Ζήτησε από τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν τις γνώσεις τους: α) για να ερμηνεύσουν καταστάσεις που μπορούν να παρουσιαστούν στην καθημερινή τους ζωή (έτσι πέραν των άλλων θα ωθηθούν και να παρατηρούν τι συμβαίνει γύρω τους), β) να σχετίζουν τις γνώσεις τους με κάτι που διάβασαν σε ένα λογοτεχνικό βιβλίο, γ) να λύσουν (ή να φτιάξουν) ένα αστυνομικό πρόβλημα όπου ο ένοχος αποκαλύπτεται γιατί ισχυρίζεται ότι είδε κάτι που δεν είναι σε συμφωνία με βασικές γνώσεις Φυσικών Επιστημών κ.λπ. Τα παραπάνω συντελούν στη δημιουργία ενδιαφέροντος στα παιδιά για τις Φυσικές Επιστήμες και επιδεικνύουν ότι αυτές δεν εξαντλούνται σε ορισμούς, νόμους, τύπους και λύση μαθηματικοποιημένων προβλημάτων.

Για παράδειγμα, μετά από τη διδασκαλία της διαστολής των υγρών μπορείς να δώσεις ένα πρόβλημα όπως το εξής: Στο σπίτι της Γεωργίας η δεξαμενή πετρελαίου για το

καλοριφέρ τους είναι τοποθετημένη σε μια μικρή αποθήκη στην ταράτσα του σπιτιού τους. Τον Απρίλιο ο πατέρας της γέμισε τη δεξαμενή με πετρέλαιο. Ο καιρός όμως ζέστανε και δεν άναψαν ξανά το καλοριφέρ. Κάποια στιγμή τον Ιούλιο η Γεωργία ανέβηκε στην αποθήκη της ταράτσας αναζητώντας ένα παιχνίδι της. Η ζέστη μέσα στην αποθήκη ήταν αποπνικτική. Αυτό δεν την παραξένεψε, ήταν συνηθισμένο για την αποθήκη τους το καλοκαίρι. Εκείνο όμως που την παραξένεψε ήταν ότι το δάπεδο της αποθήκης φαινόταν βρεγμένο ενώ η αποθήκη μύριζε έντονα πετρέλαιο. Ενημέρωσε αμέσως τον πατέρα της ο οποίος σκέφτηκε ότι μπορεί να έχει διαρροή η δεξαμενή. Άνοιξε το καπάκι της δεξαμενής. Τι παράξενο όμως! Η δεξαμενή ήταν τελείως γεμάτη. Ο πατέρας της Γεωργίας μουρμούρισε: Περίεργο! Αφού η δεξαμενή είναι γεμάτη, πώς βρέθηκε το πετρέλαιο στο δάπεδο; Το πρόσωπο της Γεωργίας έλαμψε. Φώναξε: εγώ ξέρω! Ποια νομίζεις πως ήταν η εξήγηση που έδωσε η Γεωργία; (Για περισσότερα σχετικά παραδείγματα βλέπε Κουμαράς, 2017, σ. 276-281).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ

Η ανάπτυξη και η εξέλιξη των Φυσικών Επιστημών είναι συνυφασμένη με το πείραμα. Επομένως, όταν η διδασκαλία τους στο σχολείο παραβλέπει ή υποβαθμίζει την πειραματική ενασχόληση των μαθητών μπορεί να θεωρηθεί ότι διαστρεβλώνει τη φύση και τον χαρακτήρα τους. Από την άλλη, η πραγματοποίηση πειραμάτων δεν εξασφαλίζει από μόνη της την εννοιολογική κατανόηση των φαινομένων.

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκαν επιχειρήματα που υποστηρίζουν τα πλεονεκτήματα της διδασκαλίας με την αξιοποίηση πειραμάτων στα οποία χρησιμοποιούνται υλικά καθημερινής χρήσης. Η χρησιμοποίηση αυτών των υλικών προτείνεται ως επιλογή και όχι απλά ως λύση ανάγκης, λόγω του χαμηλού κόστους και της εύκολης εύρεσής τους, όπως πιθανά θα μπορούσε να υποθέσει κάποιος. Η αμφισβήτηση αυτή συμπίπτει χρονικά με την εμφάνιση της άποψης «Φυσικές Επιστήμες για όλους», στη δεκαετία του '80:

Αναγνωρίζεται ότι μπορεί τα ειδικά όργανα και συσκευές να εντυπωσιάζουν και πιθανά να δημιουργούν και δέος για τη Φυσική ή και για τους λειτουργούς της αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι κατ' ανάγκη βοηθούν το διδακτικό έργο.

Σήμερα τα βιβλία της Unesco προωθούν την άποψη που υποστηρίζεται εδώ, δηλαδή την επιλογή των υλικών με κριτήριο τη συνάφεια με τον κόσμο της καθημερινής ζωής των παιδιών (Harlen & Elstgeest 2005, σ. 299-413). Στη σημερινή λογική, ακόμη και αν είχατε στο σχολείο σας ειδικά όργανα και υλικά για πειράματα Φυσικών Επιστημών, θα έπρεπε απλά να τα αντικαταστήσετε με υλικά από τον κόσμο της καθημερινής ζωής, όπου βέβαια τούτο γίνεται. Η χρησιμοποίηση υλικών καθημερινής χρήσης για την εκτέλεση πειραμάτων δεν αντιμετωπίζεται, από τις αρχές ήδη της δεκαετίας του '80, ως λύση ανάγκης, λόγω του χαμηλού κόστους και της εύκολης εύρεσής τους, αλλά ως επιλογή:

«Περίπλοκα και ακριβά όργανα και υλικά δεν έχουν νόημα, αν πρόκειται να μεσολαθήσουν μεταξύ του μαθητή και της άμεσης εξερεύνησης του καθημερινού

περιβάλλοντος. Έτσι για τους νεαρούς μαθητές υπάρχει ένα πλεονέκτημα, αν τα υλικά είναι “σπιτικά” αντικείμενα τα οποία αναγνωρίζουν και έχουν συνηθίσει να χρησιμοποιούν...» (Harlen, 1986).

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1980, ο πρώτος από τους συγγραφείς έζησε τις αντιδράσεις των εκπαιδευτικών στην παρουσίαση πειραμάτων με υλικά καθημερινής χρήσης αρχικά σε σεμινάρια που διοργάνωνε και στη συνέχεια, από τις αρχές της δεκαετίας του 1990, των φοιτητών του σε σχετικό πανεπιστημιακό μάθημα και εκπαιδευτικών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης σε μαθήματα στα προγράμματα εξομοίωσης, που έγιναν εκείνη την εποχή. Οι φοιτητές από την αρχή φάνηκε να εντυπωσιάζονται και να τα αγκαλιάζουν. Από τους εκπαιδευτικούς της Πρωτοβάθμιας, αρχικά στο Διδασκαλείο και στη συνέχεια σε προγράμματα εξομοίωσης, δεν υπήρχαν ισχυρές αρνητικές αντιδράσεις, οι περισσότεροι το αποδέχτηκαν και γνωρίσαμε αρκετούς που το εφάρμοσαν στις τάξεις τους. Βεβαίως είχαμε και, μειοψηφικές, αντιρρήσεις της μορφής «αυτά δεν είναι Φυσική. Πρέπει να δείξουμε κάτι πιο επιστημονικό, να δείξουμε στα παιδιά ότι η Φυσική είναι κάτι σοβαρότερο». Η πλειοψηφία των καθηγητών ΠΕ04 τα αποδέχτηκε, στη λογική όμως ότι παρέχουν λύση ανάγκης στο πρόβλημα της έλλειψης των επιθυμητών ειδικών υλικών. Από τους καθηγητές ΠΕ04 υπήρξαν ισχυρότερες αντιδράσεις από ό,τι από τους εκπαιδευτικούς της Πρωτοβάθμιας, πάλι όμως προερχόμενες από τη μειοψηφία. Κάποιοι φοβήθηκαν ότι θα αντιδράσουν αρνητικά τα παιδιά, «πώς θα πάω με τα τενεκεδάκια στην τάξη;», «Η Φυσική απαιτεί ειδικά υλικά και όργανα» και κάποιοι φοβήθηκαν ότι δεν θα ήταν έτοιμοι «τώρα αναπτύσσω το μάθημα, λύνω ασκήσεις. Επιβάλλομαι. Αν κάνω αυτά τα πειράματα και υπάρχουν ερωτήσεις μπορεί να είναι δύσκολα». Θεωρούμε ότι οι πολλές επανεκδόσεις του βιβλίου «Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής» δείχνουν την αποδοχή της πρότασης για χρησιμοποίηση των πειραμάτων με υλικά καθημερινής χρήσης.

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 χρησιμοποιήσαμε ερωτηματολόγια και συνεντεύξεις με εκπαιδευτικούς που τα εφάρμοσαν για να καταγράψουμε τις δικές τους εκτιμήσεις για τις αντιδράσεις των μαθητών τους στη διδασκαλία των Φ.Ε. με χρήση πειραμάτων με καθημερινά υλικά. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι εκπαιδευτικοί που τα εφάρμοσαν εντοπίζουν ως κύριο όφελος το ενδιαφέρον των παιδιών για το μάθημα. Το ενδιαφέρον των παιδιών το έχουμε καταγράψει και σε δημόσιες παρουσιάσεις πειραμάτων, στις ερωτήσεις που μας έκαναν και στον ενθουσιασμό με τον οποίο διοργάνωσαν τέτοιες εκδηλώσεις σε δικές τους παρουσιάσεις.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Αβραμιώτης, Σ., Αγγελόπουλος, Β., Καπελώνης, Γ., Σινιγάλιας, Π., Σπαντίδης, Δ., Τρικαλίτη, Α., Φίλος, Γ. (2013). *Χημεία Β' Γυμνασίου*. Ινστιτούτο τεχνολογίας υπολογιστών και εκδόσεων «Διόφαντος».

Αλεξόπουλος, Β., Θεριανός Ο., Κώνστας, Κ., Φλωράκος Γ. (1997). *Φυσικά Στ' Τάξης, Πρώτο μέρος*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.

- Βουρλιάς, Κ. (2016). Η διδασκαλία της Φυσικής μέσα από αθλητικές δραστηριότητες στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης ΑΠΘ
- Γεωργιάδου, Τ., Καφετζόπουλος Κ., Πρόβης Ν., Σπυρέλλης, Ν., Χηνιάδης Δ. (2002). *Χημεία Β' Γυμνασίου*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.
- Καρανίκας, Γ. (1993). Ο σχεδιασμός, η υλοποίηση και ο πειραματισμός με κατασκευές που κάνουν οι ίδιοι οι μαθητές, μέσο για τη διδασκαλία των Φυσικών. *Εκπαιδευτική Κοινότητα*, 24, σελίδες 21-23.
- Καριώτογλου, Π., Κορομπίλης, Κ., Κουμαράς, Π. (1997). Εξακολουθούν να είναι επίκαιρες οι ανακαλυπτικές επιδείξεις; *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 92, σελίδες 52-61.
- Κεραμιδάς Κ., Κουμαράς, Π. (2008). Η παιδική χαρά ως εργαστήριο Φυσικής. Η διδασκαλία της επιταχυνόμενης κίνησης στο Λύκειο. Στο Κουμαράς Π., Σέρογλου Φ. *Αναλυτικά προγράμματα και βιβλία Φυσικών Επιστημών. Πρακτικά του 4ου πανελλήνιου συνεδρίου της ένωσης για τη διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Θεσσαλονίκη.
- Κουμαράς, Π. (1989). Μελέτη της εποικοδομητικής προσέγγισης στην πειραματική διδασκαλία του ηλεκτρισμού. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Φυσικής Α.Π.Θ.
- Κουμαράς, Π. (1994). Υλικά καθημερινής χρήσης για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στους μαθητές της υποχρεωτικής εκπαίδευσης. *Εκπαιδευτική Κοινότητα*, 27, σελίδες 34 - 37.
- Κουμαράς, Π. (2002). *Οδηγός για την Πειραματική διδασκαλία της Φυσικής*. Θεσσαλονίκη: Χριστοδουλίδη.
- Κουμαράς, Π. (2015). *Μονοπάτια της σκέψης στον κόσμο της Φυσικής*. Εκδόσεις Gutenberg. Αθήνα.
- Κουμαράς, Π. (2017). *Διδάσκοντας Φυσική αύριο*. Εκδόσεις Gutenberg. Αθήνα.
- Κουμαράς, Π., Πιερράτος, Θ. (2022). *Οδηγός διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών με πειράματα. Πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης για τον εκπαιδευτικό*. Εκδόσεις ΡΟΠΗ.
- Μπακάλη, Β., Κουμαράς, Π. (1997). Πειράματα στο σπίτι με χρησιμοποίηση υλικών καθημερινής χρήσης. *Ανοιχτό σχολείο*, 66, 5-10 και 67, 5-10.
- Πιερράτος, Θ., Τσακμάκη, Π., Κουμαράς, Π. (2019). Ένα μοντέλο ερμηνείας ανάδυσης εναλλακτικών ιδεών των μαθητών για έννοιες της Φυσικής. Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη, (70-71): 9-27. Ανακτήθηκε από <http://www.lib.uoi.gr/serp/>
- Σάββας, Σ. (1996). Το ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο στη διδασκαλία της φυσικής με ιδιοκατασκευές και πειράματα με απλά μέσα. Πρόταση εφαρμογής για το δημοτικό σχολείο. Διδακτορική διατριβή. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης. Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Χαλκιά, Κ. (1993). Τι είδους επιστημονικές δραστηριότητες και τι είδους «Εργαστήριο» Φυσικών Επιστημών χρειάζονται τα παιδιά του Δημοτικού Σχολείου. *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 18, 31-37.
- Χαλκιά, Κ. (2008). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες. Α' τόμος*. Αθήνα: Πατάκη.

- Χατζηπαύλου, Γ. (2016). Η διαπλοκή της πειραματικής διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών με τη διδασκαλία της γλώσσας ως μέρος μιας διαδικασίας ένταξης παιδιών Ρομά στο σχολείο. Στο Θ. Πιερράτος, Π. Κουμαράς και Χ. Πολάτογλου (2016). *Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου: «Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες»*, σ. 515-521. <http://physcool.web.auth.gr/synedrio2016>
- Arons, A. (1992). *Οδηγός διδασκαλίας της Φυσικής*. Αθήνα: Τροχαλία.
- Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (1993). *Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες*. Ένωση Ελλήνων Φυσικών και Τροχαλία. Αθήνα.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (1998). *Οικο-Δομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών*. Εκδόσεις τυπωθήτω. Αθήνα.
- Escobar, C. (Ed) (1994). *Amusement Park Physics*. American Association of Physics Teachers.
- Harlen, W. (1986). Recent developments in primary and lower secondary school science. In: *D. Layton (Ed) Innovations in science and technology education*. Vol. 1, p.p. 29 - 47. Paris, UNESCO.
- Harlen, W. (1992). *The teaching of science*. London: David Fulton Publishers Ltd.
- Harlen, W., Elstgeest, J., 2005. *Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση*. Αθήνα: ΤΥΠΩΘΗΤΩ –ΓΙΩΡΓΟΣ ΔΑΡΔΑΝΟΣ.
- Hodson, D., Prophet, R. (1983). Why the science curriculum changes – evolution or social control? *School Science Review*, Sept.83, p.p. 5-18.
- Michaels, S., Shouse, A.W., and Schweingruber H.A. (2008). *Ready, Set, Science! Putting Research to Work in K-8 Science Classrooms*. Board on Science Education, Center for Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academic Press.
- Munson, H. (1985). *Επιστήμη με απλά υλικά*. Λευκωσία: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου.
- National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for Teaching and Learning*. Washington, DC: National Academy Press.
- Nicolson, J. (1980). Practical work for the Gymnasium pupil. A laboratory for every child. *Η διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Συνέδριο για τα δεκάχρονα*. Λευκωσία: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου.
- Parisi, J-M., Borruto, P., Donadei, E., Foltrauer F., Grefan, S., Riverain, N. (2007). *Physique Chimie. 4e*. Programme 2007.
- Psillos, D., Koumaras, P., Valassiades, O. (1987). Pupils representations of electric current before during and after instruction on D.C. circuits. *J. Res. Sci. Techn. Educ.*, 5,2,p.p.185-199.
- Unesco (1988). *Games and Toys in the Teaching of Science and Technology*. Paris
- Woolnough, B., Allsop, T. (1985). *Practical work in science*. London: Cambridge University Press.
- World Economic Forum (2015). *New Vision for Education. Unlocking the Potential of Technology*.
https://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_NewVisionforEducation_Report2015.pdf