

## Μια επιστημολογική ανάλυση των πειραματικών σχεδιασμών μαθητών στο πλαίσιο της επιστημονικής διερεύνησης

### Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια επιστημολογική ανάλυση των πειραματικών σχεδιασμών μαθητών. Η ανάλυση χρησιμοποίησε ένα πλαίσιο που μας έδωσε την ευκαιρία να διαγνώσουμε αν στους σχεδιασμούς αυτούς προάγονται επιθυμητές συνδέσεις μεταξύ θεωρητικών ιδεών, τεκμηρίων και υλικού κόσμου που θεωρούνται απαραίτητες για την ανάπτυξη του 'επιστημονικώς σκέπτεσθαι' των μαθητών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές αντιμετώπισαν τις περισσότερες δυσκολίες τους στο αναπαραστατικό επίπεδο κυρίως όταν απαιτείτο να συνδέσουν τις ιδέες τους με τα τεκμήρια τόσο κατά τη σύνδεση των μεταβλητών με τις αναπαραστάσεις τους όσο και κατά τη διατύπωση υποθέσεων. Λιγότερες δυσκολίες αντιμετώπισαν στο παρεμβατικό επίπεδο οι οποίες όμως μπορεί να οφείλονται στη δυσκολία αναπαράστασης του υλικού κόσμου. Τα ευρήματα αυτά μπορεί να σημαίνουν ότι εμπλέκοντας τους μαθητές σε δραστηριότητες πειραματικού σχεδιασμού δεν οδηγεί απαραίτητως στην ανάπτυξη του επιστημονικώς 'σκέπτεσθαι' καθώς το τελευταίο σχετίζεται με τις ικανότητες των μαθητών τόσο στο αναπαραστατικό όσο και στο παρεμβατικό επίπεδο.

### Abstract

This paper presents an epistemological analysis of students' designs of experiments. The analysis used a framework that allowed us to discover whether these designs promoted desired connections between theoretical ideas, evidence and the material world, essential for developing students' scientific thinking. The results indicated that students faced more difficulties in the representational level mostly when they were required to link their ideas with evidence both when linking variables with their representations and when forming hypothesis. Students had fewer difficulties in the interventional level which, however, could be due to their weakness in representing the material world. These findings could mean that involving students in experimental design activities does not necessarily result in their scientific thinking, as the latter is related both to students' representational and interventional abilities.

### 1.Εισαγωγή

Ο σχεδιασμός πειραμάτων στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) θεωρείται ως μια από τις πλέον σημαντικές δεξιότητες που συνδέονται με τη διερεύνηση στο εργαστήριο (Johnstone & Al-Shuaili 2001). Η ανάπτυξη αυτής της δεξιότητας θεωρείται ότι είναι ακόμη μεγαλύτερης σημασίας και από την εκτέλεση ενός πειράματος καθώς σχετίζεται με την επιστημονική μεθοδολογία και επομένως με το 'επιστημονικώς σκέπτεσθαι'. Το τελευταίο εμπλέκεται στη διαδικασία σχεδιασμού πειραμάτων η οποία είναι κρίσιμη για την προώθηση της κριτικής σκέψης (Garratt & Tomlinson 2001).

Ο Hacking (1995), αναλύοντας συστηματικά τις επιστημονικές εργαστηριακές δραστηριότητες πρότεινε ότι οι θεωρητικές Ιδέες, τα Τεκμήρια και ο υλικός Κόσμος είναι οντότητες ενυπάρχουσες/εσωτερικές στην επιστημονική διερεύνηση και ότι η πραγματοποίηση των συνδέσεων μεταξύ τους είναι χαρακτηριστικό της επιστημονικής πρακτικής. Με βάση το πλαίσιο

του Hacking έχει προταθεί ότι σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, η δυνατότητα δημιουργίας συνδέσεων μεταξύ των παραπάνω οντοτήτων συνδράμει ουσιαστικά στην κατανόηση των ΦΕ και το 'επιστημονικώς σκέπτεσθαι' των μαθητών (Psillos et al 2004).

Με βάση τα παραπάνω και το γεγονός ότι σκοπός στην εκπαίδευση στις ΦΕ είναι, εκτός των άλλων, η κατανόηση από τους μαθητές του πώς οι επιστήμονες αναπαριστούν τον υλικό κόσμο καθώς και του πώς παρεμβαίνουν σε αυτόν εκφραζόμενα και τα δύο μέσα από τη σύνδεση των παραπάνω οντοτήτων, στην παρούσα μελέτη, διερευνούμε τη δυνατότητα των μαθητών να διαμορφώνουν τέτοιες συνδέσεις όταν συμμετέχουν σε δραστηριότητες πειραματικού σχεδιασμού. Αυτό επιχειρείται μέσω ανάλυσης/μοντελοποίησης των ευρημάτων μιας προηγούμενης μελέτης η οποία αξιολόγησε τις ικανότητες των μαθητών να σχεδιάσουν μια πειραματική διαδικασία για την επίλυση του παρακάτω προβλήματος (Hatzikraniotis et al. 2011):

Η Κατερίνα έχει δύο κούπες μία γυάλινη (πυρέξ) και μία πήλινη (κεραμική).

Η Κατερίνα ισχυρίζεται ότι στο «ματάκι» της κουζίνας το γάλα της στη γυάλινη (πυρέξ) κούπα ζεσταίνεται πιο γρήγορα από ότι στην πήλινη (κεραμική) κούπα. Πώς θα βρεις ποιο είναι το σωστό; Μπορείς να κάνεις ένα πείραμα; Τι θα χρειαστείς για το πείραμά σου; Τι ακριβώς θα κάνεις;

Η παραπάνω αξιολόγηση χρησιμοποίησε σύστημα 6 διαστάσεων με τους παρακάτω παράγοντες (βλέπε Lefkos et al. 2009):

- (α) Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας: σχεδιασμός και καταγραφή δεδομένων.
- (β) Διαχωρισμός των μεταβλητών: Προσδιορισμός των εμπλεκόμενων στο πείραμα μεταβλητών.
- (γ) Χειρισμός και προσδιορισμός των εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών.
- (δ) Αρχικές συνθήκες πειράματος: Συνθήκες που καθορίζονται πριν από το πείραμα.
- (ε) Συσκευές και όργανα απαραίτητα για το πείραμα.
- (ζ) Αρχικές ρυθμίσεις συσκευών: καθορίζονται πριν από το πείραμα.

Στην παρούσα εργασία, η μοντελοποίηση των ευρημάτων της παραπάνω αξιολόγησης χρησιμοποιεί ένα πλαίσιο ανάλυσης που μας επιτρέπει να διαγνώσουμε αν στους πειραματικούς σχεδιασμούς των μαθητών προωθούνται οι επιθυμητές συνδέσεις μεταξύ θεωρίας, τεκμηρίων και υλικού κόσμου.

## 2. Μεθοδολογία

### *Πλαίσιο ανάλυσης*

Στο πλαίσιο ανάλυσης περιλαμβάνονται τρεις κατηγορίες οντοτήτων: Οι Ιδέες (I), τα Τεκμήρια (E) και ο πραγματικός Κόσμος (C) (Συγγραφείς, Εργασία 1). Οι δραστηριότητες επιστημονικής διερεύνησης περιλαμβάνουν τη δημιουργία συνδέσεων μεταξύ των οντοτήτων C, E, I, με αμφίδρομες αλληλεπιδράσεις ( $C \leftrightarrow I$ ,  $C \leftrightarrow E$ ,  $E \leftrightarrow I$ ). Αυτές οι συνδέσεις μπορούν να διακριθούν σε εκείνες των παρεμβάσεων στον υλικό κόσμο (συνδέσεις  $I \rightarrow C$  and  $E \rightarrow C$ ) και εκείνες των αναπαραστάσεων του υλικού κόσμου (συνδέσεις  $I \rightarrow E$ ,  $E \rightarrow I$ ,  $C \rightarrow I$  και  $C \rightarrow E$ ). Επιπλέον είναι πιθανές συνδέσεις μεταξύ των ιδίων οντοτήτων όπως π.χ. ( $I \rightarrow I$ ) ή ( $E \rightarrow E$ ).

## 3. Ευρήματα και συμπεράσματα

Λόγω του περιορισμένου χώρου, η διαδικασία ανάλυσης με παραδείγματα των τριών κατηγοριών οντοτήτων και των αναδεικνυόμενων συνδέσεων τους από τα δεδομένα θα περιγραφούν στην προφορική μας παρουσίαση.

Η μοντελοποίηση των 6 διαστάσεων αξιολόγησης δείχνει ότι στον πειραματικό σχεδιασμό του συγκεκριμένου έργου μπορούν να σχηματιστούν όλες οι πιθανές συνδέσεις μεταξύ των τριών οντοτήτων C, E, I. Η μοντελοποίηση των πειραματικών σχεδιασμών των μαθητών έδειξε ότι αυτοί των οποίων οι απαντήσεις είχαν χαρακτηριστεί ως ‘πλήρεις’ αντιμετωπίζουν τις περισσότερες δυσκολίες τους στη διαμόρφωση της σύνδεσης μεταξύ Κόσμου και Ιδεών όπου αυτές περιλαμβάνονται σε μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις. Αυτές ήταν α) η περιγραφή του Κόσμου βασισμένη στις Ιδέες όπου οι μαθητές καλούνταν ουσιαστικά να κατασκευάσουν μια επιστημονική αναπαράσταση του Κόσμου μέσω των ιδεών (C→I) και β) όπου οι μαθητές ήταν υποχρεωμένοι να επιλέξουν και να χρησιμοποιήσουν ένα κομμάτι του Κόσμου με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά με βάση τις δικές τους επιστημονικές ιδέες (I→C). Όμως, ο δεύτερος τύπος σύνδεσης εμφανίστηκε σε μεγαλύτερο αριθμό μαθητών όταν η συγκεκριμένη αλληλεπίδραση εμφανίζεται σε μια τριπλή σύνδεση οντοτήτων στην οποία συμμετέχει και η οντότητα Τεκμήρια.

Η ανάλυση έδειξε επίσης ότι οι συνδέσεις των Ιδεών με τα Τεκμήρια (I→E) εμφανίζονται σε ένα μικρό αριθμό των πλήρων απαντήσεων. Αυτό είναι ενδιαφέρον από την άποψη ότι ενώ σχεδόν οι μισοί μαθητές ήταν σε θέση να προσδιορίσουν το πώς γίνεται ο χειρισμός των μεταβλητών στο πείραμα, δεν μπόρεσαν να τις συνδέσουν με τις αναπαραστάσεις τους δηλαδή με τα Τεκμήρια προκειμένου να παράγουν τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Μια ακόμη δυσκολία εντοπίζεται στη σύνδεση των Τεκμηρίων με τις Ιδέες (E→I) όταν οι μαθητές απέδωσαν στις μεταβλητές το χαρακτηριστικό της ανεξάρτητης ή εξαρτημένης ή όταν οι μαθητές βασισμένοι στα αναμενόμενα τεκμήρια κλήθηκαν να διατυπώσουν υποθέσεις. Στην πρώτη περίπτωση λιγότεροι από τους μισούς μαθητές μπόρεσαν να ολοκληρώσουν αυτή την επιστημονική δραστηριότητα της σύνδεσης των ιδεών τους με τα Τεκμήρια βασισμένοι στα τελευταία, ενώ στη δεύτερη κανείς δεν μπόρεσε να εκτελέσει αυτή την επιστημονική δραστηριότητα στους γραπτούς σχεδιασμούς του. Πρέπει να αναφέρουμε ότι κατά τις συνεντεύξεις τρεις μαθητές μπόρεσαν να διατυπώσουν υποθέσεις κάνοντας επομένως τις εν λόγω συνδέσεις.

Όπως φαίνεται, οι περισσότερες δυσκολίες των μαθητών που διαμόρφωσαν πλήρεις πειραματικούς σχεδιασμούς, εντοπίζονται στο επίπεδο των αναπαραστάσεων με μικρότερες δυσκολίες στο επίπεδο των παρεμβάσεων στον υλικό κόσμο. Οι τελευταίες μπορεί όμως να οφείλονται στην αδυναμία αναπαράστασης του υλικού κόσμου.

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, ερμηνευμένα στα πλαίσια της βιβλιογραφίας που ανασκοπήθηκε, μπορεί να σημαίνουν ότι εμπλέκοντας τους μαθητές σε δραστηριότητες πειραματικού σχεδιασμού δεν οδηγεί απαραίτητα στην ανάπτυξη του ‘επιστημονικώς σκέπτεσθαι’ των μαθητών, καθώς το τελευταίο σχετίζεται με τις αναπαραστατικές και παρεμβατικές ικανότητες των μαθητών.

#### 4. Βιβλιογραφία

Garratt, J. & Tomlinson, J. 2001. Experimental design –can it be taught or learned? *University Chemistry Education*, 5, 74–9.

Hacking, I. (1995). *Representing and intervening*. Cambridge University Press.

Hatzikraniotis, E., Kallery, M., Molohidis, T., Psillos, D. (2011). Students' design of experiments: an inquiry module on the conduction of heat, *Physics Education*, 45 (4) 336-344.

Johnstone, A.H., & Al-Shuaili, A. (2001). Learning in the laboratory: Some thoughts from the literature. *University Chemistry Education* 5(1), 42–51.

Lefkos, I., Psillos, D., & Hatzikraniotis, E. (2011). Designing experiments on thermal interactions by secondary school students in a simulated laboratory environment. *Research in Science & Technological Education*, 29(2), 189–204.

Psillos, D., Tselfes, V., & Kariotoglou, P. (2004). An epistemological analysis of the evolution of didactical activities in teaching-learning sequences: The case of fluids. *International Journal of Science Education*, 26(5), 555–578.