

Η χρήση των προσομοιώσεων στην καλλιέργεια δεξιοτήτων συλλογισμού: ένα παράδειγμα από το σχεδιασμό πειραμάτων

Μάριος Παπαεωριπίδου, Κωνσταντίνος Π. Κωνσταντίνου^(*)

sepgmp3@ucy.ac.cy, c.p.constantinou@ucy.ac.cy

Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες Πανεπιστήμιο Κύπρου

Θεματική Ενότητα: Προσομοιώσεις και Ειδικά περιβάλλοντα στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Οι Τεχνολογίες της Πληροφορικής και/ή των Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση
Επίπεδο Εκπαίδευσης: Δεύτερη Σχολική Ηλικία (Δημοτικό)
Κατηγορία Εργασίας: Εμπειρική - Πειραματική έρευνα

Περίληψη: Το χάσμα μεταξύ του τι διδάσκουμε και του τι οι αυριανοί επιστήμονες και πολίτες χρειάζονται είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό που αντιλαμβάνονται οι περισσότεροι διδάσκοντες. Σύμφωνα με μια άποψη, για να γίνει εφικτή η ανάπτυξη επιστημονικού αλφαριθμητισμού, η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών πρέπει να στοχεύει ενιαία τόσο στην καλλιέργεια δεξιοτήτων συλλογισμού όσο και στην κατανόηση εννοιών. Στο άρθρο αυτό διερευνούμε την πιθανότητα καλλιέργειας και ανάπτυξης δεξιοτήτων συλλογισμού σε 10χρονα μαθητές σε συνδυασμό με την εννοιολογική κατανόηση, μέσω μιας δομημένης παρέμβασης με θέμα το σχεδιασμό πειραμάτων. Μετά την ανάλυση των μαθησιακών επιδιώξεων της παρέμβασης κρίθηκε αναγκαία η χρησιμοποίηση μιας αλληλεπιδραστικής προσομοίωσης, η οποία αναπτύχθηκε σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο του Durham. Θα παρουσιάσουμε το σχεδιασμό της παρέμβασης, τη δομή και λειτουργία της προσομοίωσης και τα μαθησιακά αποτελέσματα. Θα παρουσιαστούν επίσης εννοιολογικές και συλλογιστικές δυσκολίες που εντοπίστηκαν μέσα από τις απαντήσεις των μαθητών στην προσπάθειά τους να οικοδομήσουν μια συνεπή στρατηγική για το σχεδιασμό έγκυρων πειραμάτων. Τέλος, θα συζητήσουμε τις επιπτώσεις των αποτελεσμάτων της έρευνάς μας για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη Αναλυτικών Προγραμμάτων για τις Φυσικές Επιστήμες στη Δημοτική Εκπαίδευση.

^(*)πρόσωπο επικοινωνίας

Λέξεις Κλειδιά: δεξιότητες συλλογισμού, έλεγχος μεταβλητών, προσομοιώσεις

The role of simulations in the development of reasoning skills: an example from designing experiments

Marios Papaevripidou, sepgmp3@ucy.ac.cy

Constantinos, P. Constantinou^(*), c.p.constantinou@ucy.ac.cy

Learning in Physics Group, University of Cyprus

Conference Theme: Computer Simulations in Education

Educational Level: Primary School

Paper Classification: Empirical Investigation

Abstract: The discrepancy between what we teach and what scientists and citizens need is greater than most instructors realize. Science for citizenship and science in the technical workplace, both involve greater emphasis on procedural understanding than on understanding of concepts. In this paper, we explore the possibility of guiding upper elementary school students to develop procedural skills in close connection with conceptual understanding through a structured intervention on designing experiments. After implementation, the learning outcomes were assessed and further developed using an interactive database program developed in collaboration with the University of Durham. The paper presents the design of our intervention, the structure of the software application and the learning outcomes. We also present conceptual and reasoning difficulties encountered by students in their effort to construct a coherent and consistent strategy for designing valid experiments. Finally, we discuss implications of our findings for the design and development of science curriculum for the elementary grades.

^(*)contact person

Keywords: reasoning skills, control of variables, computer based simulations

A.-Εισαγωγή

Ο σχεδιασμός πειραμάτων αποτελεί μια από τις βασικές δεξιότητες που συναποτελούν τη διαδικασία μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες. Σε πολλά αναλυτικά προγράμματα Φυσικών Επιστημών αναμένεται από τα παιδιά να διεξάγουν διερευνήσεις, να διατυπώνουν διερευνήσιμα ερωτήματα, να σχεδιάζουν και να εκτελούν πειράματα. Στο σχεδιασμό πειραμάτων εμπλέκονται επίσης δύο άλλες δεξιότητες συλλογισμού: η αναγνώριση και ο έλεγχος μεταβλητών.

Θεωρώντας ότι ο έλεγχος μεταβλητών είναι μια ουσιαστική δεξιότητα συλλογισμού και βασιζόμενοι στα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών (Chen & Klahr, 1999¹; Linn et al., 1977²; Papaevripidou & Constantinou,

¹ Chen, Z. & Klahr, D. (1999). All Other Things Being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, 70 (5), 1098-1120.

2000³, Ross, 1988⁴) μέσα από τα οποία προέκυψε ότι πολύ λίγοι μαθητές αυθόρμητα εφαρμόζουν τη δεξιότητα ελέγχου μεταβλητών κατά το σχεδιασμό ενός πειράματος, η παρούσα έρευνα ξεκινά από την παραδοχή ότι είναι σημαντικό να διερευνηθεί κατά πόσο υπάρχουν αποτελεσματικές διδακτικές προσεγγίσεις που να βοηθούν τους μαθητές να αποκτήσουν αυτή τη θεμελιώδη δεξιότητα επιστημονικής σκέψης.

Το άρθρο αυτό αποτελεί μέρος μιας τρέχουσας έρευνας, η οποία σκοπό έχει να διερευνήσει την ικανότητα των μαθητών στην αναγνώριση και τον έλεγχο μεταβλητών σε πολλαπλά συγκείμενα και να εξετάσει το επίπεδο μεταφοράς αυτών των δεξιοτήτων στο σχεδιασμό ελεγχόμενων πειραμάτων.

Β.-Θεωρητικό Υπόβαθρο και Προηγούμενη Έρευνα

Σε μαθήματα Φυσικών Επιστημών στη Δημοτική Εκπαίδευση οργανώνονται συχνά δραστηριότητες που αποσκοπούν στο σχεδιασμό και εκτέλεση έγκυρων πειραμάτων. Για να διερευνηθεί, για παράδειγμα, κατά πόσο η μάζα μιας μπάλας επηρεάζει το χρόνο που χρειάζεται για να κατεβεί από μια ράμπα, ο μαθητής πρέπει:

- να αναγνωρίσει ότι το ερώτημα προς διερεύνηση είναι: «η μάζα της μπάλας επηρεάζει το χρόνο που χρειάζεται για να κατεβεί από τη ράμπα;»
- να εντοπίσει τις δύο μεταβλητές που περιέχονται στο διερευνησιμο ερώτημα, οι οποίες είναι η μάζα της μπάλας και ο χρόνος που χρειάζεται για να κατεβεί τη ράμπα
- να εφαρμόσει τη δεξιότητα ελέγχου μεταβλητών, σύμφωνα με την οποία σε κάθε μέτρηση η μεταβλητή που πρέπει να αλλάζει είναι η μάζα της μπάλας (ανεξάρτητη μεταβλητή), η μεταβλητή που πρέπει να μετρηθεί είναι ο χρόνος που χρειάζεται για να κατεβεί τη ράμπα (εξαρτημένη μεταβλητή) και όλες οι άλλες μεταβλητές (π.χ. ο όγκος της κάθε μπάλας, η επιφάνεια της ράμπας), οι οποίες πιθανόν να επηρεάζουν το χρόνο κύλισης πρέπει να κρατηθούν σταθερές

Όταν η πιο πάνω διαδικασία ακολουθηθεί με ένα συνεπή τρόπο, θεωρούμε ότι ο μαθητής έχει σχεδιάσει ένα έγκυρο πείραμα και το συμπέρασμα που προκύπτει από το πείραμα αυτό είναι επίσης έγκυρο.

Η *Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες* στο *Πανεπιστήμιο Κύπρου* υλοποιεί ένα πρόγραμμα ανάπτυξης και ερευνητικής εγκυροποίησης διδακτικού υλικού. Σε προηγούμενη έρευνα (Papaevripidou and Constantinou, 2000), αναπτύχθηκε και αξιολογήθηκε μια σειρά παρεμβατικών μαθημάτων μέσα από τα οποία επιχειρείται η καθοδήγηση δεκάχρονων μαθητών για οικοδόμηση της έννοιας «μεταβλητή», διατύπωσης διερευνησιμων ερωτημάτων και συσχετισμού τους με πειραματικό σχεδιασμό, σχεδιασμό και κριτική αξιολόγηση των πειραμάτων ως προς την εγκυρότητά τους, καθώς και μεταφορά της δεξιότητας ελέγχου μεταβλητών σε καινούρια συγκείμενα. Ειδικά σχεδιασμένα προπειραματικά και μεταπειραματικά δοκίμια χορηγήθηκαν πριν, κατά και μετά τη διδασκαλία. Η ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στα δοκίμια αυτά συνέβαλε στην αξιολόγηση τόσο του επιπέδου απόκτησης των διδαχθεισών δεξιοτήτων συλλογισμού όσο και της αποτελεσματικότητας του διδακτικού υλικού.

Δύο μεταπειραματικά δοκίμια, τα οποία εξέταζαν την απόκτηση και μεταφορά της δεξιότητας ελέγχου μεταβλητών σε διαφορετικά συγκείμενα από αυτά που χρησιμοποιήθηκαν κατά την παρέμβαση, δόθηκαν μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης. Τα δοκίμια αυτά είχαν την ακόλουθη μορφή:

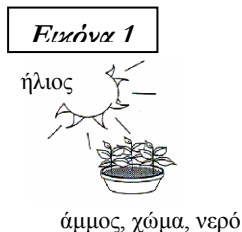
² Linn. M. C. et al. (1977). Teaching Children to Control Variables: Investigation of a Free-Choice Environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 14 (3), 249-255.

³ Papaevripidou, M. & Constantinou, C.P. (2000). Development of procedural skills in science through the use of an interactive database: an example from designing experiments. Proceedings of the Fifth International Conference on Computer Based Learning in Science, 7th July–12th July 2001, Masaryk University, Faculty of Education, Brno, Czech Republic (10 pages).

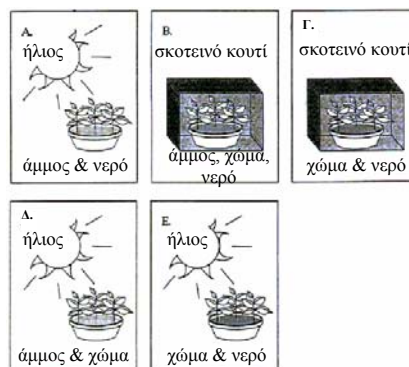
⁴ Ross, J. A. (1988). Controlling Variables: A Meta-Analysis of Training Studies. *Review of Educational Research*, 58 (4), 405- 437.

Δοκίμιο 1

Ο Κώστας πιστεύει ότι τα φυτά χρειάζονται άμμο μέσα στη γλάστρα τους για να αναπτυχθούν. Για να ελέγξει αν αυτό είναι ορθό έκανε το ακόλουθο πείραμα: πήρε μια γλάστρα μέσα στην οποία ήταν φυτωμένο ένα φυτό, έβαλε στη γλάστρα άμμο, χώμα και νερό και την τοποθέτησε στον ήλιο (Εικόνα 1).



Ποια από τις πιο κάτω γλάστρες πρέπει να διαλέξει για να βρει αν τα φυτά χρειάζονται άμμο για την ανάπτυξή τους; (κυκλώστε την ορθή απάντηση)



Απαντήστε στις ακόλουθες ερωτήσεις:

1. Ποιο είναι το ερώτημα της διερεύνησης του Κώστα;
2. Σύμφωνα με το ερώτημα της διερεύνησης του Κώστα:
 - ποιος παράγοντας πρέπει να μεταβληθεί;
 - ποιοι παράγοντες πρέπει να κρατηθούν σταθεροί;
 - ποιος παράγοντας πρέπει να μετρηθεί;

Δοκίμιο 2

Μια φοιτήτρια ενδιαφέρεται να εξετάσει κατά πόσο το χρώμα του περιτυλίγματος σε παγωτά επηρεάζει το χρόνο που ένα παγωτό μπορεί να αφεθεί στον ήλιο χωρίς να λιώσει. Για να διερευνήσει αυτό το ερώτημα έκανε το ακόλουθο πείραμα: Βρήκε διάφορα είδη παγωτού και κατέγραψε για το κάθε ένα τις πληροφορίες που φαίνονται στον Πίνακα. Πήρε ένα παγωτό από το κάθε είδος από συγκεκριμένο ψυγείο μιας υπεραγοράς και τα τοποθέτησε όλα στον ήλιο. Μέτρησε για το κάθε ένα το χρόνο που χρειάστηκε για να λιώσει και κατέγραψε και αυτές τις τιμές στον Πίνακα.

	Είδος παγωτού	Χρώμα περιτυλίγματος	Όγκος παγωτού (ml)	Χρόνος για να λιώσει (min)
1	Γρανίτα από λεμόνι	Ασπρο	80	8
2	Γρανίτα από λεμόνι	καφέ σκούρο	80	8
3	Παγωτό Σοκολάτας	Πράσινο	100	6
4	Παγωτό Σοκολάτας	Κίτρινο	120	9
5	Παγωτό Βανίλιας	Μπλε	120	11
6	Παγωτό Φράουλας	Μαύρο	120	12

Με βάση το πείραμα της φοιτήτριας, το χρώμα του περιτυλίγματος επηρεάζει το χρόνο που χρειάζεται ένα παγωτό για να λιώσει;

Στην εξήγηση του συλλογισμού σας να αναφέρετε ποιες από τις μετρήσεις χρησιμοποιήσατε για να καταλήξετε στο συμπέρασμά σας. Αν χρειάστηκε να θεωρήσετε οτιδήποτε να το αναφέρετε. Αν δεν μπορεί να απαντηθεί το ερώτημα με βάση τα δεδομένα που έχετε στον Πίνακα να το δηλώσετε και να εξηγήσετε γιατί δεν μπορεί να απαντηθεί.

Η δομή του μεταπειραματικού δοκιμίου 1 ήταν γνωστή στους μαθητές και στηριζόταν σε μια διαδικασία με την οποία ήταν εξοικειωμένοι από τα παρεμβατικά μαθήματα. Το μεταπειραματικό δοκίμιο 2 είχε εντελώς διαφορετική δομή, η οποία ήταν άγνωστη για τους μαθητές. Το μεταπειραματικό δοκίμιο 1 απαιτούσε παραπλήσια μεταφορά της δεξιότητας ελέγχου μεταβλητών, ενώ το μεταπειραματικό δοκίμιο 2 απαιτούσε μακρινή μεταφορά της εν λόγω δεξιότητας.

Το μεταπειραματικό δοκίμιο 1 απαιτούσε την εφαρμογή της δεξιότητας ελέγχου μεταβλητών για την εύρεση της ορθής απάντησης σε μια ερώτηση πολλαπλής εκλογής. Ακολούθως οι μαθητές καλούνταν να εξηγήσουν το συλλογισμό τους, απαντώντας σε ερωτήσεις που αφορούσαν στις μεταβλητές που μετέβαλαν, κράτησαν σταθερές και μέτρησαν κατά το σχεδιασμό του πειράματος. Το μεταπειραματικό δοκίμιο 2 ήταν σχετικά πιο δύσκολο για να απαντηθεί, αφού οι ερωτήσεις του δεν καθοδηγούσαν τους μαθητές στο να εφαρμόσουν άμεσα τις δεξιότητες ελέγχου μεταβλητών και σχεδιασμού πειραμάτων. Για να απαντηθεί ορθά, το μεταπειραματικό δοκίμιο 2 απαιτούσε την παρακάτω ακολουθία νοητικών βημάτων:

- απομόνωση του διερευνήσιμου ερωτήματος
- αναγνώριση των μεταβλητών που περιείχονταν στο διερευνήσιμο ερώτημα

- εντοπισμός της μεταβλητής που έπρεπε να μεταβληθεί, των μεταβλητών που έπρεπε να κρατηθούν σταθερές και της μεταβλητής που έπρεπε να μετρηθεί
- απομόνωση των μετρήσεων από ένα πίνακα δεδομένων, οι οποίες διέφεραν μόνο στις τιμές της μεταβλητής που έπρεπε να μεταβληθεί, ενώ ταυτόχρονα οι τιμές για τις μεταβλητές που έπρεπε να κρατηθούν σταθερές ήταν οι ίδιες
- σύγκριση μεταξύ των τιμών της μεταβλητής που μετρούνταν
- εξαγωγή συμπεράσματος κατά πόσο η ανεξάρτητη μεταβλητή επηρέαζε ή όχι την εξαρτημένη μεταβλητή.

Η ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στα μεταπειραματικά δοκίμια 1 και 2, οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 1, οδήγησε στην εξαγωγή πολλαπλών συμπερασμάτων για το επίπεδο απόκτησης και μεταφοράς της δεξιότητας ελέγχου μεταβλητών των μαθητών.

	Ορθή απάντηση με ορθό συλλογισμό	Ορθή απάντηση με ελλιπή συλλογισμό	Λανθασμένη απάντηση
Μεταπειραματικό Δοκίμιο 1	73 %	24 %	3 %
Μεταπειραματικό Δοκίμιο 2	0%	13 %	87 %

Πίνακας 1: Ποσοστά απαντήσεων των μαθητών στα Μεταπειραματικά Δοκίμια 1 και 2

Οι απαντήσεις που δόθηκαν στο μεταπειραματικό δοκίμιο 2 οδήγησαν στον εντοπισμό της ακόλουθης συλλογιστικής δυσκολίας: οι μαθητές, όταν τους δοθεί μια σειρά από μετρήσεις διαφόρων μεταβλητών, αποτυγχάνουν στην επιλογή και απομόνωση των μετρήσεων που θα τους οδηγήσουν στην εξαγωγή ενός έγκυρου συμπεράσματος προτιμώντας να αξιολογήσουν τον πειραματικό σχεδιασμό που ακολουθήθηκε ως μη έγκυρο.

Η παρούσα έρευνα αποτελεί συνέχεια της προηγούμενης και προέκυψε ως απόρροια της προσπάθειάς μας να απαντήσουμε στο ακόλουθο ερευνητικό ερώτημα: *θα μπορούσε μια αλληλεπιδραστική προσομοίωση να βοηθήσει τους μαθητές να υπερβούν την πιο πάνω συλλογιστική δυσκολία;*

Γ.-Μεθοδολογία

Στην παρούσα έρευνα συμμετείχαν τριάντα τρεις μαθητές πέμπτης τάξης του δημοτικού από ένα σχολείο της Λευκωσίας. Το κοινωνικοοικονομικό τους επίπεδο ήταν μέτριο προς πολύ καλό και πριν από την παρέμβαση είχαν βασικές δεξιότητες χρήσης ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Το διδακτικό υλικό, το οποίο χρησιμοποιήθηκε κατά την παρέμβαση αποτελεί μέρος ενός ερευνητικού προγράμματος που ονομάζεται «*Φυσικές Επιστήμες με Διερώτηση*» και το οποίο έχει ως στόχο την προώθηση της καλλιέργειας δεξιοτήτων συλλογισμού, επιστημονικής επάρκειας και την ανάπτυξη εννοιολογικής και συλλογιστικής κατανόησης μέσα από μια μεθοδευμένη πορεία.

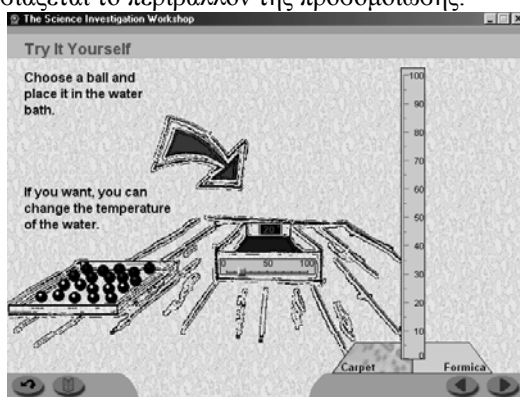
Η διδακτική παρέμβαση διεκπεραιώθηκε σε ένα από τα εργαστήρια πληροφορικής στο Πανεπιστήμιο Κύπρου. Οι κύριοι στόχοι αυτού του μέρους του διδακτικού υλικού συνοψίζονται στους εξής:

Οι μαθητές αναμένονταν ότι

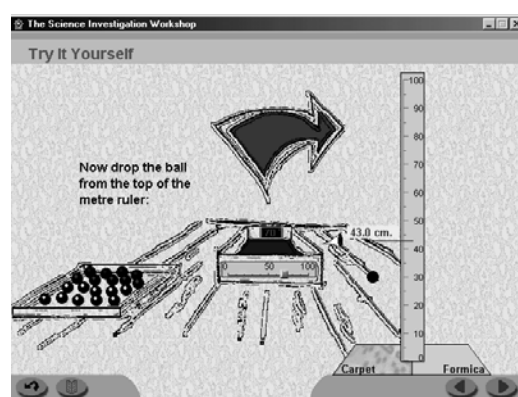
- θα ανέπτυσαν την ικανότητα εντοπισμού και διατύπωσης διερευνησιμων ερωτημάτων
- θα αναγνώριζαν τις μεταβλητές σε ένα δοσμένο πείραμα και θα αξιολογούσαν κατά πόσο κάποιες από αυτές κρατούνταν σταθερές ή όχι
- θα σχεδίαζαν πειράματα, με τα οποία θα κατέληγαν σε έγκυρα συμπεράσματα με βάση τα ερωτήματά τους
- θα συνέλεγαν και θα ανέλυαν τα δεδομένα με ένα συστηματικό τρόπο, με σκοπό την εξαγωγή απαντήσεων σε δοθέντα διερευνησιμα ερωτήματα.

Αρχικά, ζητήθηκε από τους μαθητές να αναγνωρίσουν τις μεταβλητές που πιθανόν να επηρέαζαν το ύψος αναπήδησης μιας μπάλας του σκουός. Στη συνέχεια κλήθηκαν να σχεδιάσουν και να οργανώσουν έγκυρα πειράματα για να μελετήσουν κατά πόσο μια συγκεκριμένη μεταβλητή που εισηγήθηκαν προηγουμένως επηρέαζε το ύψος αναπήδησης. Έτσι, στο σημείο αυτό, οι μαθητές θα έπρεπε να εφαρμόσουν τη δεξιότητα ελέγχου μεταβλητών, η οποία αναπτύχθηκε σε προηγούμενα μαθήματα, ώστε ο πειραματικός τους σχεδιασμός να είναι έγκυρος. Οι περισσότεροι μαθητές αντιμετώπισαν δυσκολίες στη μέτρηση της εξαρτημένης μεταβλητής (ύψος αναπήδησης) και σε αυτό το σημείο κρίθηκε αναγκαία η παρουσίαση και χρησιμοποίηση της αλληλεπιδραστικής προσομοίωσης, με τη βοήθεια της οποίας οι μαθητές θα εκτελούσαν εικονικά πειράματα.

Η προσομοίωση έχει τίτλο “The Science Investigation Workshop” και αναπτύχθηκε σε συνεργασία με τους Richard Gott, Shawn Roberts και Sandra Duggan στο Πανεπιστήμιο του Durham. Στις Εικόνες 1 και 2 παρουσιάζεται το περιβάλλον της προσομοίωσης.



Εικόνα 1: Η προσομοίωση επιτρέπει στο χρήστη να μεταβάλει τις τιμές των μεταβλητών που επηρεάζουν το ύψος αναπήδησης της μπάλας του σκουός.



Εικόνα 2: Το ύψος αναπήδησης εμφανίζεται στη οθόνη ως να είχε μετρηθεί με το μάτι (οι μετρήσεις ανακαλούνται από τη βάση δεδομένων της προσομοίωσης)

Μετά την παρουσίαση της προσομοίωσης, οι μαθητές εξοικειώθηκαν με το περιβάλλον λειτουργίας της προσομοίωσης και ακολούθως τους δόθηκαν κάποια ερωτήματα για διερεύνηση με τη χρήση της προσομοίωσης. Σε κάθε δοκιμή οι μαθητές κατέγραφαν τις τιμές της κάθε μεταβλητής και στο τέλος καλούνταν να εξαγάγουν συμπεράσματα για το αν η μεταβλητή που επέλεξαν να εξετάσουν επηρέαζε ή όχι το ύψος αναπήδησης της μπάλας του σκουός.

Μια εβδομάδα μετά την παρέμβαση με τη χρήση της προσομοίωσης χορηγήθηκε στους μαθητές ένα μεταπειραματικό δοκίμιο (Μεταπειραματικό Δοκίμιο 3) για σκοπούς μέτρησης των μαθησιακών αποτελεσμάτων της παρέμβασης. Η δομή του δοκιμίου αυτού ήταν η ίδια με το Μεταπειραματικό Δοκίμιο 2 και το περιεχόμενό του αναφερόταν στην κινηματική. Ένα μήνα αργότερα, το ίδιο Μεταπειραματικό Δοκίμιο 2 (τώρα ως Μεταπειραματικό Δοκίμιο 4) χορηγήθηκε ξανά στους μαθητές για δύο λόγους: α) για τη μέτρηση της διατήρησης των δεξιοτήτων ελέγχου μεταβλητών και σχεδιασμού πειραμάτων και β) για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων πριν (Μεταπειραματικό Δοκίμιο 2) και μετά (Μεταπειραματικό Δοκίμιο 4) την παρέμβαση με τη χρήση της προσομοίωσης.

Δ.-Αποτελέσματα

Για την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στα Μεταπειραματικά Δοκίμια 1 και 2 χρησιμοποιήθηκε η φαινομενογραφική ανάλυση.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν φανερώνουν σημαντική βελτίωση στην ικανότητα των μαθητών να αναγνωρίζουν το διερευνήσιμο ερώτημα καθώς και τις μεταβλητές που εμπλέκονται σε μια δοσμένη πειραματική διαδικασία, να αποφασίζουν για το ποιες μεταβλητές πρέπει να μεταβάλλουν, να κρατήσουν σταθερές και να μετρήσουν, να απομονώνουν τις μετρήσεις από ένα δοσμένο πίνακα τιμών, οι οποίες διαφέρουν μόνο ως προς την ανεξάρτητη μεταβλητή, καθώς οι τιμές των άλλων μεταβλητών διατηρούνται σταθερές, να κάνουν συγκρίσεις μεταξύ των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής και να εξαγάγουν ένα έγκυρο συμπέρασμα για το αν η ανεξάρτητη μεταβλητή επηρεάζει ή όχι την εξαρτημένη μεταβλητή.

Οι απαντήσεις των μαθητών κατηγοριοποιήθηκαν κατά τη φαινομενογραφική ανάλυση σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το είδος της απάντησης και της εξήγησης του συλλογισμού που δόθηκε. Τα ποσοστά των απαντήσεων στα τέσσερα Μεταπειραματικά Δοκίμια παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Επιλέξαμε να παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα και από τα τέσσερα δοκίμια στον Πίνακα 2 για να καταστεί πιο εμφανής η σύγκριση μεταξύ των ποσοστών των απαντήσεων των μαθητών σε κάθε κατηγορία απάντησης και στα τέσσερα δοκίμια.

		Ορθή απάντηση με ορθό συλλογισμό	Ορθή απάντηση με ελλιπή συλλογισμό	Λανθασμένη απάντηση
Πριν από την εφαρμογή προσομοίωσης	Μεταπειραματικό Δοκίμιο 1	73 %	24 %	3 %
	Μεταπειραματικό Δοκίμιο 2*	0 %	13 %	87 %
Μετά την εφαρμογή της προσομοίωσης	Μεταπειραματικό Δοκίμιο 3	73 %	6 %	21 %
	Μεταπειραματικό Δοκίμιο 4*	79 %	0 %	21 %

* Τα Μεταπειραματικά Δοκίμια 2 και 4 ήταν πανομοιότυπα.

Πίνακας 2: Ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών στα Μεταπειραματικά Δοκίμια 1, 2, 3 και 4

Τυπικές απαντήσεις σε κάθε μια από τις τρεις κατηγορίες απαντήσεων που προέκυψαν κατά την ανάλυση των Μεταπειραματικών Δοκιμίων 3 και 4 παρουσιάζονται στη συνέχεια. Πριν από κάθε ομάδα τυπικών απαντήσεων επαναδιατυπώνουμε την κύρια ερώτηση του διαγνωστικού δοκιμίου.

Μεταπειραματικό Δοκίμιο 3

Η κουφιότητα (κατανομή της μάζας) επηρεάζει το χρόνο κύλισης της μπάλας σε μια ράμπα;

Ορθή απάντηση με ορθό συλλογισμό:

«Για να απαντήσω στο ερώτημα αυτό πρέπει να διαλέξω τις μετρήσεις 3 και 4, επειδή μόνο σε αυτές τις μετρήσεις μεταβάλλεται μόνο η κουφιότητα (κατανομή της μάζας), ενώ οι άλλοι παράγοντες διατηρούνται σταθεροί. Βλέπω ότι ο χρόνος είναι διαφορετικός, άρα η κουφιότητα επηρεάζει το χρόνο κύλισης της μπάλας πάνω στη ράμπα»

Ορθή απάντηση με ελλιπή συλλογισμό:

«Θα επιλέξω τις μετρήσεις 3 και 4, επειδή οι μπάλες σε αυτές τις μετρήσεις είναι φτιαγμένες από το ίδιο υλικό και διαφέρουν στην κουφιότητα (κατανομή της μάζας)»

Λανθασμένη απάντηση:

«Θα επιλέξω τις μετρήσεις 2 και 3, γιατί σε αυτές τις μετρήσεις η κούφια μπάλα κατέβηκε πιο γρήγορα από την άλλη»

Μεταπειραματικό Δοκίμιο 4

Το χρώμα του περιτυλίγματος του παγωτού επηρεάζει το χρόνο που χρειάζεται για να λιώσει το παγωτό;

Ορθή απάντηση με ορθό συλλογισμό

«Το χρώμα του περιτυλίγματος δεν επηρεάζει το χρόνο που το παγωτό χρειάζεται για να λιώσει. Επέλεξα τις μετρήσεις 1 και 2 και είπα: αφού το είδος του παγωτού και η μάζα του είναι ίδια και στις δύο μετρήσεις και διαφέρει μόνο το χρώμα του περιτυλίγματος, αν το χρώμα του περιτυλίγματος επηρεάζει τότε ο χρόνος που χρειάστηκαν για να λιώσουν θα είναι διαφορετικός σε αυτές τις δύο μετρήσεις. Όπως παρατήρησα στον πίνακα, ο χρόνος είναι ίσος στις δύο μετρήσεις και έτσι το χρώμα του περιτυλίγματος δεν επηρεάζει το χρόνο.»

Λανθασμένη απάντηση

«Το χρώμα του περιτυλίγματος του παγωτού δεν επηρεάζει το χρόνο που λιώνει, αφού και τα δύο παγωτά βρίσκονται στον ίδιο χώρο. Αν τοποθετήσουμε το ένα σε ένα σκιερό μέρος και το άλλο κάτω από τον ήλιο, τότε το ένα θα λιώσει πιο γρήγορα από το άλλο»

Ε.-Συζήτηση

Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής υποστηρίζουν ότι η διδασκαλία των δεξιοτήτων ελέγχου μεταβλητών και σχεδιασμού πειραμάτων σε δεκάχρονους μαθητές είναι εφικτή, συμπεράσμα το οποίο προέκυψε και μέσα από άλλες ερευνητικές προσπάθειες^{1,2,3}, αλλά ταυτόχρονα αναιρεί τη θέση ότι ο μαθητώντας αποκτά τις εν λόγω δεξιότητες στο στάδιο των τυπικών λειτουργιών⁵.

Υπάρχουν τρεις πτυχές της ανάπτυξης του διδακτικού υλικού με βάση τις οποίες θεωρούμε ότι έγινε κατορθωτή η ανάπτυξη των δεξιοτήτων ελέγχου μεταβλητών και σχεδιασμού πειραμάτων. Πρώτο, οι αρχές καθώς και η φιλοσοφία, οι οποίες στηρίζουν και καθοδηγούν την προσπάθειά μας για ανάπτυξη και ερευνητική εγκυροποίηση του διδακτικού υλικού, επιτρέπουν την αναδιάρθρωση και βελτίωση του διδακτικού υλικού μέσα από ένα επαναληπτικό κύκλο σχεδιασμού, υλοποίησης και αξιολόγησης. Η συνεχής αυτή αναδιάρθρωση καθιστά το διδακτικό υλικό ικανό για να ανταποκρίνεται σε οποιοδήποτε μαθησιακό πληθυσμό. Επιπρόσθετα, ο συνδυασμός των δεξιοτήτων συλλογισμού με την επιστημολογική επάρκεια, την εννοιολογική κατανόηση και τη βασισμένη στη διερώτηση συνεργατική μάθηση είναι παράγοντες που συμβάλλουν στην επιτυχία του διδακτικού υλικού. Τέλος, θεωρούμε σημαντική την ευχέρεια χρησιμοποίησης τεχνολογικών εργαλείων, σε περιπτώσεις που αυτή κρίνεται αναγκαία και χρήσιμη τόσο για την κάλυψη μαθησιακών στόχων όσο και για την υπέρβαση συγκεκριμένων συλλογιστικών δυσκολιών.

⁵ Piaget, J. (1953). *The Origin of Intelligence in the Child*. London: Routledge & Kegan Paul.