

Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 13 (2024)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: ΠΡΑΚΤΙΚΑ

13^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Νέες Τάσεις και Έρευνα στη Μάθηση, τη Διδασκαλία
και τις Τεχνολογίες στις Φυσικές Επιστήμες

10 - 12 Νοεμβρίου 2023



ΠΡΑΚΤΙΚΑ

Επιμέλεια έκδοσης:

Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης, Γεώργιος Στύλος,

Γεωργία Βακάρου, Λεωνίδα Γαβριλάς, Δημήτρης Πανάγου

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ
ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ



Ιωάννινα
10 έως 12 Νοεμβρίου 2023



Επιστημολογική ανάλυση και κριτική στη δομή
μιας εκπαιδευτικής παρέμβασης σε παιδιά
Γυμνασίου στη θεματική της οπτικής

Μαρία Χατζηπέτρου, Αναστάσιος Ζουπιδής, Βασίλης
Τσελφές

doi: [10.12681/codiste.6929](https://doi.org/10.12681/codiste.6929)

ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΚΡΙΤΙΚΗ ΣΤΗ ΔΟΜΗ ΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ ΣΕ ΠΑΙΔΙΑ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΣΤΗ ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ

Μαρία Χατζηπέτρου¹, Αναστάσιος Ζουπίδης², Βασίλης Τσελφές³

¹Μετ. φοιτήτρια ΠΤΝ ΠΔΜ, ²Επίκ. Καθηγητής ΠΤΔΕ ΔΠΘ, ³Ομότ. Καθηγητής ΤΕΑΠΗ ΕΚΠΑ

tselfesv@ecd.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία αναλύουμε επιστημολογικά το εκπαιδευτικό υλικό που σχεδιάστηκε για μια διδακτική πρόταση στον τομέα της Οπτικής, για παιδιά Γυμνασίου. Η σχεδίαση στηρίχθηκε στην ανάλυση των πρακτικών των εργαστηριακών επιστημών από τον Ian Hacking. Το κύριο ερευνητικό ερώτημα αφορά την αυτό-συνέπεια του διδακτικού υλικού ως προς το επιστημολογικό μοντέλο το οποίο οι συγγραφείς του υποστηρίζουν ότι έχουν ακολουθήσει. Για την πραγματοποίηση της ανάλυσης, αναζητήθηκαν οι έξι διαφορετικές πρακτικές των εργαστηριακών επιστημών στις διδακτικές δραστηριότητες που προτείνονται. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης, το διδακτικό υλικό προωθεί και τις έξι πρακτικές, αν και με διαφορετική συχνότητα την κάθε μια.

Λέξεις κλειδιά: Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Επιστημολογία, CEI μοντέλο

EPISTEMOLOGICAL ANALYSIS AND CRITICISM ON THE STRUCTURE OF AN EDUCATIONAL INTERVENTION FOR JUNIOR HIGH SCHOOL STUDENTS ON THE SUBJECT OF OPTICS

Maria Chatzipetrou¹, Anastasios Zoupidis², Vasilis Tselfes³

¹MSc student DECE UoWM, ²Assistant Professor DPLE DUTH, ³Emeritus Professor DECE NKUA

tselfesv@ecd.uoa.gr

ABSTRACT

In this paper, we analyze in an epistemological perspective the teaching material that was designed for junior high school children, in the field of Optics. The design of the teaching material has been based on Ian Hacking's model, for analyzing scientific practices. The main research question concerns the self-consistency of the teaching material to the epistemological model that has been claimed to have been followed. The six different scientific practices, that are described in Hacking's model, were expected to turn up in the proposed activities. According to the results of the analysis, the teaching material really promotes all six scientific practices, although each one with a different frequency.

Keywords: Science Education, Epistemology, CEI model

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μια σημαντική κατεύθυνση στην έρευνα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ) βασίζεται στον μετασχηματισμό του επιστημονικού περιεχομένου, προκειμένου αυτό να μπορεί να διδαχθεί στο πλαίσιο της γενικής σχολικής εκπαίδευσης (Καριώτογλου, 2021). Με τον όρο Διδακτικό Μετασχηματισμό Περιεχομένου εννοούμε εδώ *κάθε αλλαγή ή επιλογή που γίνεται στο περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ), καθώς και κάθε διδακτική επιλογή που προκρίνεται, προκειμένου να εξυπηρετηθούν συγκεκριμένοι κάθε φορά μαθησιακοί στόχοι*. Ωστόσο, επιλέγοντας ως διδακτικό περιεχόμενο συγκεκριμένα τμήματα ή όψεις των ΦΕ και στη συνέχεια προσαρμόζοντάς τα σε επιλεγμένες διδακτικές-μαθησιακές (δ-μ) πρακτικές, παρεμβαίνουμε και στην όψη της επιστήμης, στη γνώση δηλαδή για τη φύση της επιστήμης (NOS) και της επιστημονικής έρευνας (NOSI) (Roberts & Bybee, 2014), που προωθούμε προς μάθηση. Οι επιλογές, δηλαδή, που οδηγούν στον διδακτικό μετασχηματισμό του περιεχομένου επηρεάζουν/καθορίζουν όχι μόνον τα μαθησιακά αποτελέσματα, αλλά και τις στάσεις και τις μεταγνωστικές απόψεις των εκπαιδευόμενων απέναντι στην επιστήμη (Καριώτογλου & Τσελφές, 2000).

Στον χώρο της Ελληνικής Γενικής Εκπαίδευσης αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 2000 μια σειρά εκπαιδευτικών υλικών διδασκαλίας ΦΕ για μαθητές Γυμνασίου, με αφορμή την εκπαίδευση των μαθητών της Μουσουλμανικής μειονότητας της Θράκης. Η σειρά αυτή ακολούθησε ρητές αρχές διδακτικού μετασχηματισμού του περιεχομένου (δες Τσελφές κ.ά., 2008), με ουσιαστικότερη από όλες αυτή της προσέγγισης των ΦΕ ως «εργαστηριακών» επιστημών, σύμφωνα με το μοντέλο του Ian Hacking (1992). Σύμφωνα με το Hacking, στις *Φυσικές Επιστήμες* δεν αναπαριστούμε απλώς τον φυσικό κόσμο αλλά παρεμβαίνουμε σε αυτόν και τον κατασκευάζουμε (Hacking, 1992). Καθώς η επιστήμη περιλαμβάνει όχι μόνο αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου αλλά και τρόπους παρέμβασης στα πράγματα, με το να τα βάζει να «δουλέψουν» στο εργαστήριο σύμφωνα με τις θεωρίες και τα μοντέλα, οι μαθητές οφείλουν να μνηθούν σε αυτό του είδους την πρακτική.

Πέρα από τη συγκεκριμένη επιστημολογική υπόθεση που αφορά τη σχετική με το περιεχόμενο γνώση NOS, ουσιαστική και ρητή για την ανάπτυξη της σειράς ήταν και η πραγματιστική μαθησιακή υπόθεση ότι η γνώση που οικοδομούν οι μαθητές αναδύεται μέσα από τις μαθησιακές πρακτικές που εφαρμόζουν οι ίδιοι· τις εμπειρίες δηλαδή που βιώνουν στην τάξη (Τσελφές, 2002). Για τον λόγο αυτό, τα εκπαιδευτικά υλικά που μας ενδιαφέρουν (Τσελφές & Φασουλόπουλος, 2004) έχουν προταθεί από τους κατασκευαστές τους α) οργανωμένα γύρω από «Κόσμους» με τους οποίους αλληλοεπιδρούν οι εκπαιδευόμενοι που οικοδομούν την προς μάθηση γνώση, και όχι γύρω από έννοιες τις οποίες πρέπει να μάθουν, και β) οι «Κόσμοι» αυτοί συγκροτούνται ακολουθώντας την παράδοση των εργαστηριακών ΦΕ, όπως την περιγράφει ο Ian Hacking (1992).

Στην περίπτωση μας ο «Κόσμος» που μας ενδιαφέρει έχει πρωταγωνιστή την υλική οντότητα των φωτεινών ακτίνων, όπως την ορίζει ο Νεύτωνας στην πρώτη σελίδα της «Οπτικής» του (ως ελάχιστη ποσότητα φωτός). Και οι εμπειρίες των μαθητών χτίζονται από τις έξι (6) κατηγορίες εργαστηριακών πρακτικών που εισηγείται ο Ian Hacking (1992), όπως περιγράφονται αναλυτικά και με παραδείγματα, παρακάτω στην ενότητα Μεθοδολογία. Οι 6 αυτές πρακτικές που προτείνονται (Τσελφές, 2002· Τσελφές, 2003) και στην περίπτωση μας έχουν χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή και τον μετασχηματισμό του προς διδασκαλία περιεχομένου, έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση της δομής υφιστάμενων διδακτικών προτάσεων (π.χ. Psillos et al., 2004). Αυτό που επιχειρούμε στην παρούσα εργασία είναι το να αξιολογήσουμε το κατά πόσο η ρητή και προγραμματισμένη εφαρμογή των παραπάνω 6 εργαστηριακών πρακτικών είναι δυνατόν να οργανώσει πλήρως μια διδακτική ακολουθία (μια πλήρη σειρά μαθημάτων για κάποιο αντικείμενο). Γιατί έχουμε κάθε λόγο να υποθέτουμε ότι το πολύπλοκο εκπαιδευτικό τοπίο παρεμβαίνει πιθανότατα σε μια τέτοια οργάνωση

με πλήθος από άλλες προκείμενες παιδαγωγικές υποθέσεις και θολώνει την σαφήνεια της παραπάνω υπόθεσης. Γι' αυτό επιχειρούμε να απαντήσουμε στο ερώτημα: α) ακολουθεί η διδακτική πρόταση με τίτλο «Ο Κόσμος των φωτεινών ακτίνων» (Τσελφές & Φασουλόπουλος, 2004) το μοντέλο που ισχυρίζεται ότι δόμησε την κατασκευή της ή β) παρεκκλίνει σε κάποια τουλάχιστον σημεία και γιατί;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Το προς ανάλυση εκπαιδευτικό υλικό

Το υλικό «Ο Κόσμος των φωτεινών ακτίνων» αποτελείται από τρία μαθήματα, τα οποία αναπτύσσονται σε δεκαπέντε συνολικά ενότητες (Πίνακας 1). Το 1^ο Μάθημα έχει τον τίτλο «Μαθαίνουμε για τον Κόσμο της Σκιάς» και αναπτύσσεται σε τέσσερις ενότητες. Το 2^ο Μάθημα έχει τον τίτλο «Ο Κόσμος των φωτεινών ακτίνων», και αναπτύσσεται σε πέντε ενότητες μία εκ των οποίων έχει τον τίτλο «Μαθαίνουμε για την πηγή ακτινών Λέιζερ». Το 3^ο Μάθημα έχει τον τίτλο «Ο Κόσμος των ειδώλων» και αναπτύσσεται σε έξι ενότητες. Το περιεχόμενο οργανώνεται γύρω από την θεωρητική ιδέα της φωτεινής ακτίνας, η οποία υλοποιείται με τη βοήθεια της συσκευής λέιζερ.

Η διδασκαλία βασίζεται κυρίως σε πειραματικές δραστηριότητες, ενώ η θεωρία προκύπτει από τις περιγραφές και τις ερμηνείες των μαθητών. Οι πειραματικές δραστηριότητες ελέγχονται και ολοκληρώνονται αποκλειστικά από τους μαθητές με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού να προσφέρεται όταν και στο βαθμό που αυτή χρειάζεται.

Οι μαθητές, εργάζονται σε ομάδες, κατασκευάζουν τον κόσμο του εργαστηρίου, τον παρατηρούν και στη συνέχεια εξάγουν συμπεράσματα και σχολιάζουν. Μέσα από τις παρεμβάσεις τους στις εργαστηριακές κατασκευές αλλά και από τον εσωτερικό συναινετικό διάλογο καταλήγουν σε συγκεκριμένες προτάσεις. Τις προτάσεις αυτές οφείλουν να τις υποστηρίξουν δημόσια στην τάξη ώστε να αξιολογηθούν ομαδικά.

Γενικά, η διδασκαλία εστιάζει στην άρρητη παρεμβατική εμπειρία των παιδιών η οποία είναι αυτή που τελικά θα τα βοηθήσει να οικοδομήσουν τη γνώση. Η επιτυχία του μαθήματος κρίνεται περισσότερο από την ποιότητα της συζήτησης που προκαλείται σε κάθε μάθημα σε σχέση με τις αναπαραστάσεις που έχουν δημιουργήσει τα παιδιά και λιγότερο από την ποιότητα αυτών των αναπαραστάσεων. Σε αυτό το πλαίσιο, οι συγκρούσεις των απόψεων είναι ευπρόσδεκτες και αντιμετωπίζονται ως ευκαιρίες για εξέλιξη της συζήτησης στην τάξη. Η πορεία της διδασκαλίας κινείται γύρω από την προσεκτική κατασκευή εργαστηριακών φαινομένων τα οποία οι μαθητές καλούνται να διακρίνουν και να αναπαραστήσουν γλωσσικά. Το κύριο ζητούμενο είναι η κατανόηση των σχέσεων ανάμεσα στα κομμάτια των υλικών παρεμβάσεων και των φαινομένων που δημιουργούνται καθώς και στις συνδέσεις μεταξύ τους.

Οι έννοιες και τα φαινόμενα που περιλαμβάνονται στο περιεχόμενο (για παράδειγμα ανάκλαση, διάθλαση, ανακλώμενη, προσπίπτουσα, είδωλο) εισάγονται σχεδόν αποκλειστικά ποιοτικά. Αυτό σημαίνει πως παραλείπεται ο μαθηματικός φορμαλισμός στη διατύπωση νόμων και ο επίσημος επιστημονικός ορισμός εννοιών και φαινομένων. Επιπλέον, ιδιαίτερη σημασία έχει η σκόπιμη επιλογή των εννοιών και φαινομένων καθώς και η σειρά με την οποία αυτά διδάσκονται.

Μέσα από τις πειραματικές δραστηριότητες που προωθεί η διδακτική πρόταση, οι μαθητές κατασκευάζουν εργαστηριακά γεγονότα τα οποία παρατηρούν και βάσει αυτών καταλήγουν σε συμπεράσματα. Αυτή η διαδικασία διευκολύνει τα παιδιά στην οικοδόμηση των γνώσεων και τα μυεί στον επιστημονικό τρόπο σκέψης ενώ συγχρόνως καλλιεργεί αισθήματα αυτοπεποίθησης και αυτοεκτίμησης. Επιπρόσθετα, η συστηματική εργασία σε ομάδες δημιουργεί κλίμα συνεργασίας, προσφέρει κίνητρα για προσπάθεια και διαμορφώνει ένα

«ασφαλές περιβάλλον» μέσα στο οποίο τα παιδιά νιώθουν ελεύθερα να δράσουν, να σκεφτούν και κυρίως να κάνουν λάθη.

Μεθοδολογία ανάλυσης

Μεθοδολογικά, αναλύουμε ποιοτικά το κείμενο του βιβλίου «Ο κόσμος των φωτεινών ακτίνων. Βιβλίο δραστηριοτήτων», διευκρινίζοντας κάποια σημεία του με βάση τις «Οδηγίες για τον εκπαιδευτικό». Τεχνικά, αναλύουμε κάθε μια από τις προτεινόμενες δραστηριότητες, που υποθέτουμε ότι ακολουθούν κάποια ή κάποιες εργαστηριακές πρακτικές, εντοπίζοντας α) τις εργαστηριακές οντότητες στις οποίες γίνεται αναφορά. Ως τέτοιες θεωρούμε τον «Κόσμο», τα «Τεκμήρια» και τις «Ιδέες». Τις οντότητες αυτές κωδικοποιούμε με τα γράμματα C (Cosmos), E (Evidence) και I (Ideas), αντίστοιχα, ακολουθώντας τους Psillos et al., (2004), που ονόμασαν την εν λόγω επιστημολογική προσέγγιση με τα αρχικά CEI και β) τις μεταξύ τους και ανά δραστηριότητα συνδέσεις, επιλέγοντας από όλες τις δυνατές: $C \rightarrow E$, $C \rightarrow I$, $E \rightarrow C$, $I \rightarrow C$, $I \rightarrow E$ και $E \rightarrow I$. Συγκεκριμένα, οι συνδέσεις αυτές εμφανίζονται δυνητικά ως εργαστηριακές πρακτικές με τους εξής τρόπους:

α) αναπαράσταση μέσω «Τεκμηρίων», αισθητών δηλαδή κατηγοριών, των οντοτήτων και των γεγονότων που περιλαμβάνει ο υλικός «Κόσμος», ο οποίος περιλαμβάνει ασφαλώς και εμάς ($C \rightarrow E$): π.χ.: το χρώμα της ακτίνας που βγάζει η συσκευή λέιζερ φαίνεται να είναι κόκκινο,

β) αναπαράσταση μέσω «Ιδεών», νοητικών, μη αισθητών δηλαδή, θεωρητικών κατά κανόνα κατηγοριών, των ίδιων οντοτήτων και γεγονότων ($C \rightarrow I$): π.χ.: η ακτίνα που βγάζει η συσκευή λέιζερ είναι μιας μόνον συχνότητας,

γ) κατασκευή κομματιών του «Κόσμου» στη βάση επιθυμητών «Τεκμηρίων» ($E \rightarrow C$): π.χ.: φτιάχνω μια διάταξη που θα προβάλλει σκιές στην οθόνη,

δ) κατασκευή κομματιών του «Κόσμου» στη βάση υφιστάμενων «Ιδεών» ($I \rightarrow C$): π.χ.: φτιάχνω μια πειραματική διάταξη για να ελέγξω αν η υπόθεση της ανάκλασης είναι αυτή που γράφει το βιβλίο,

ε) πρόβλεψη «Τεκμηρίων» στη βάση υφιστάμενων «Ιδεών» ($I \rightarrow E$): π.χ.: το διαφανές γυαλί δεν θα φτιάξει σκιά, και

στ) επίρρωση ή μη υφιστάμενων «Ιδεών» στη βάση «Τεκμηρίων» ($E \rightarrow I$): π.χ.: το διαφανές γυαλί που χρησιμοποιήσαμε βγάζει σκιά!

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής μας παρέχουν τη δυνατότητα να διαπιστώσουμε αφενός σε ποιο βαθμό το διδακτικό υλικό προωθεί τις προβλεπόμενες από τον σχεδιασμό συνδέσεις και αφετέρου να εντοπίσουμε τον τρόπο με τον οποίο αυτές αναπτύσσονται.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Προσεγγίζοντας τα αποτελέσματα ημιποσοτικά, παρατηρούμε πως σε όλα τα μαθήματα προηγείται η εμφάνιση της εργαστηριακής οντότητας «Κόσμος», την οποία οι μαθητές εργαζόμενοι σε ομάδες καλούνται να κατασκευάσουν με βάση σχετικά σαφείς οδηγίες, τις οποίες καλούνται να εξειδικεύσουν και να κριτικάρουν (π.χ. *δοκιμάστε να κατασκευάσετε μια κατακόρυφη «οθόνη» πάνω στην οποία θα μπορείτε να σχηματίσετε «σκιές»... πόσο κατακόρυφη είναι η οθόνη σας; Έχει κάποια σημασία αυτό;;*). Εδώ πρέπει να επισημάνουμε ότι σε αυτό το μέρος των δραστηριοτήτων (της κατασκευής του εργαστηριακού «Κόσμου») οι περιγραφές φαίνεται να προωθούν κυρίως τη σύνδεση $E \rightarrow C$, χωρίς όμως κάποια εμφανή για τους μαθητές λογική. Δηλαδή

η κατασκευή του εργαστηριακού «Κόσμου» (C) πραγματοποιείται από τους μαθητές με τη λογική των κλασικών εργαστηριακών οδηγιών (των cook books), στη βάση αισθητών κατηγοριών (χρησιμοποιούνται όροι που περιγράφουν αισθητά αντικείμενα και χειρισμούς), που δεν φανερώνουν τον στόχο που πρόκειται να εξυπηρετήσουν. Ο στόχος αυτός όμως υποθέτουμε ότι υπάρχει και είναι μάλλον συνδεδεμένος με κάποιες «Ιδέες», επιστημονικές ή και παιδαγωγικές. Επειδή λοιπόν είναι ασαφές αν ο «Κόσμος» (C) κατασκευάζεται μόνον στη βάση «Τεκμηρίων» ($E \rightarrow C$) και όχι και στη βάση «Ιδεών» ($I \rightarrow C$) που δεν μπορούμε να διακρίνουμε, αποφασίσαμε να μην καταμετρήσουμε συνδέσεις σε αυτό το πρώτο βήμα των δραστηριοτήτων (Τσελφές, 2003).

Ενδεικτικά, θα περιγράψουμε παρακάτω τα αποτελέσματα σε μία από τις δεκαπέντε ενότητες του εκπαιδευτικού υλικού και συγκεκριμένα της τρίτης ενότητας, η οποία περιλαμβάνεται στο πρώτο από τα τρία μαθήματα της ενότητας «Ο κόσμος των φωτεινών ακτίνων». Στην συνέχεια, θα παρουσιάσουμε συνολικά τα αποτελέσματα σε όλες τις δεκαπέντε ενότητες.

Ενότητα 3: Ο Κόσμος της Σκιάς III

Στόχος της τρίτης ενότητας είναι να συνδέσουν τα παιδιά τις έννοιες του φωτός και της σκιάς καθώς και των διατάξεων που τις δημιουργούν, με την έννοια των φωτεινών ακτίνων. Αρχικά, συστήνεται στους μαθητές να κρεμάσουν σε ταμπλό τις ζωγραφιές που σχεδίασαν στην προηγούμενη ενότητα και βάσει αυτών, να συμπληρώσουν ερωτηματολόγια, να συζητήσουν και να καταλήξουν σε συμπεράσματα. Ακόμη, οφείλουν να συζητήσουν σχετικά με την διάταξη που χρησιμοποίησαν για την επιτυχή δημιουργία των σκιών καθώς και για το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό κάποιων σωμάτων να σχηματίζουν δύσκολα σκιές. Βάσει αυτής της ιδιότητας καλούνται να ταξινομήσουν τα σώματα σε διαφανή, ημιδιαφανή και αδιαφανή.

Στη συνέχεια ζητείται από τα παιδιά να δημιουργήσουν τις σκιές τριών σωμάτων (μιας γομολάστιχας, ενός κομματιού γυαλιού και μιας χρωματιστής ζελατίνας) δηλαδή, ενός αδιαφανούς, ενός διαφανούς και ενός ημιδιαφανούς σώματος αντίστοιχα. Παράλληλα, ζητείται να σχεδιάσουν την πορεία του φωτός σε κάθε περίπτωση, και στο τέλος, χρησιμοποιώντας τη γομολάστιχα, να δημιουργήσουν σκιές με διαφοροποιημένο μέγεθος εξηγώντας με ποιον τρόπο τα κατάφεραν.

Σύμφωνα με τις παραπάνω δραστηριότητες, προτείνονται οι διαδοχικές παρεμβάσεις στον κατασκευασμένο «Κόσμο» (C) και η παραγωγή νέων «Τεκμηρίων» (E). Τα «Τεκμήρια» αυτά μπορούν να προκύψουν από τα διαφορετικά σώματα που χρησιμοποιούνται, τις μετακινήσεις αυτών των σωμάτων και τον εντοπισμό νέων χαρακτηριστικών στα φαινόμενα που δημιουργούνται. Με αυτόν τον τρόπο προωθείται η μετάβαση $C \rightarrow E$.

Στη συνέχεια, προτείνεται ο εκπαιδευτικός να συζητήσει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των «Τεκμηρίων» με τους μαθητές προκειμένου να διευκολύνει τη μετάβαση από τις οντότητες των «Τεκμηρίων» σε αυτές των «Ιδεών» $E \rightarrow I$. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα από την ερμηνεία των «Τεκμηρίων» με αναπαραστατικό τρόπο και τη σύνδεση τους με τις έννοιες της διαφάνειας, αδιαφάνειας και ημιδιαφάνειας. Παράλληλα, πέρα από τα «Τεκμήρια» των πειραματικών δραστηριοτήτων, οι μαθητές και οι μαθήτριες καλούνται να προβούν σε μια πιο γενική περιγραφή του «Κόσμου» με τους όρους που σχετίζονται με τις «Ιδέες», ταξινομώντας τα σώματα σε διαφανή, ημιδιαφανή και αδιαφανή. Αυτή η διαδικασία προωθεί τη μετάβαση από τον «Κόσμο» στις «Ιδέες» $C \rightarrow I$. Ωστόσο, το γεγονός πως τα «Τεκμήρια» που εξάγονται διαφέρουν σε πολλά σημεία, δημιουργεί δυσκολίες για την παραγωγή ενός μοντέλου – «Ιδέας» που περιγράφει γενικά και αφηρημένα τη δημιουργία σκιάς. Επιπλέον, ο εντοπισμός της έννοιας (φωτεινή ακτίνα) που σχετίζεται με την πορεία του φωτός δεν έχει ακόμη επιτευχθεί. Επομένως, δεν εμφανίζονται σε αυτήν την ενότητα οι συνδέσεις $I \rightarrow E$ και $E \rightarrow C$ αντίστοιχα.

Η συχνότητα εμφάνισης των συνδέσεων Hacking στο σύνολο των ενοτήτων του «Κόσμου των φωτεινών ακτίνων»

Μελετώντας το σύνολο των δεκαπέντε ενοτήτων του «Κόσμου των φωτεινών ακτίνων», οι συνδέσεις $C \rightarrow E$, $E \rightarrow I$ και $C \rightarrow I$ προωθούνται μέσα από αρκετές έως όλες τις δραστηριότητες (Πίνακας 1). Δηλαδή, σε όλες σχεδόν τις δραστηριότητες εμφανίζονται απαιτήσεις περιγραφής των γεγονότων του εργαστηριακού «Κόσμου» με βάση και παρατηρήσεις (χρήση «Τεκμηρίων») και θεωρητικές αναπαραστάσεις (χρήση «Ιδεών»), καθώς και κατασκευής θεωρητικών «Ιδεών», δηλαδή υποθέσεων, από αισθητά «Τεκμήρια». Σε μικρότερο αριθμό ενοτήτων/ δραστηριοτήτων εμφανίζεται η σύνδεση $I \rightarrow E$, δηλαδή το αίτημα της πρόβλεψης αισθητών «Τεκμηρίων» στη βάση θεωρητικών «Ιδεών». Τέλος, η σύνδεση $E \rightarrow C$ που κυριαρχεί στο πρώτο μέρος των δραστηριοτήτων, εκεί δηλαδή όπου κατασκευάζεται χωρίς να αιτιολογείται ο εργαστηριακός «Κόσμος», επανέρχεται στη συνέχεια ελάχιστες φορές.

Πίνακας 1. Συνοπτικός πίνακας συνδέσεων στον «Κόσμο των φωτεινών ακτίνων»

α/α	Τίτλος ενότητας	C	$C \rightarrow E$	$E \rightarrow I$	$C \rightarrow I$	$I \rightarrow E$	$E \rightarrow C$
1	Μάθημα 1. Ο κόσμος της σκιάς I	✓					
2	Μάθημα 1. Ο κόσμος της σκιάς II	✓	✓				
3	Μάθημα 1. Ο κόσμος της σκιάς III	✓	✓	✓	✓		
4	Μάθημα 1. Ο κόσμος της σκιάς IV	✓	✓	✓	✓		
5	Μάθημα 2. Μαθαίνουμε για το λέιζερ	✓					
6	Μάθημα 2. Ο κόσμος των φωτεινών ακτίνων I	✓	✓	✓	✓		
7	Μάθημα 2. Ο κόσμος των φωτεινών ακτίνων II	✓	✓	✓	✓		✓
8	Μάθημα 2. Ο κόσμος των φωτεινών ακτίνων III	✓	✓	✓	✓		
9	Μάθημα 2. Ο κόσμος των φωτεινών ακτίνων IV	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	Μάθημα 3. Ο κόσμος των ειδώλων I	✓	✓	✓	✓		
11	Μάθημα 3. Ο κόσμος των ειδώλων II	✓	✓	✓	✓		
12	Μάθημα 3. Ο κόσμος των ειδώλων III	✓	✓	✓	✓	✓	
13	Μάθημα 3. Ο κόσμος των ειδώλων IV	✓	✓	✓	✓	✓	✓
14	Μάθημα 3. Ο κόσμος των ειδώλων V	✓	✓	✓	✓	✓	✓
15	Μάθημα 3. Ο κόσμος των ειδώλων VI	✓	✓	✓	✓		✓

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν πως το διδακτικό υλικό είναι καταρχήν συνεπές ως προς το επιστημολογικό μοντέλο το οποίο καθόρισε το σχεδιασμό του. Δηλαδή, η απάντηση στο πρώτο σκέλος του ερωτήματος, είναι θετική. Όσον αφορά το δεύτερο σκέλος, έχουμε να κάνουμε τις ακόλουθες παρατηρήσεις:

α) Η μεγαλύτερη συχνότητα παρεμβατικών πρακτικών παρατηρείται στο μέρος των δραστηριοτήτων όπου οι μαθητές καλούνται να κατασκευάσουν τον εργαστηριακό «Κόσμο» που θα μελετήσουν. Επομένως το γεγονός ότι δεν μπορούμε να διακρίνουμε αξιόπιστα, αν η κατασκευή αυτού του «Κόσμου» πραγματοποιείται μόνον στη βάση «Τεκμηρίων» (όπως προβάλλεται προς τους μαθητές από τις οδηγίες) και όχι και στη βάση και «Ιδεών» (όπως μπορούμε να υποθέσουμε διαβάζοντας και τα κείμενα των οδηγιών προς τους εκπαιδευτικούς), είναι προβληματικό. Τα υλικά αυτά παρουσιάζουν, δηλαδή το κλασικό πρόβλημα της ΔΦΕ: κρύβουν από τους μαθητές τις «Ιδέες» που υποκινούν τους δασκάλους τους, να τους βάζουν να κάνουν ό,τι κάνουν. Ένα πρόβλημα, που δοκιμάζει να αντιμετωπίσει μόνον η διδακτική προσέγγιση της διερεύνησης, και που δικαιολογεί τις λίγες συνδέσεις $I \rightarrow C$ που παρατηρούνται στην υπό μελέτη περίπτωση.

β) Η μεγάλη συχνότητα που εμφανίζουν οι αναπαραστατικές πρακτικές $C \rightarrow I$, $C \rightarrow E$, καθώς και οι επαγωγικοί συλλογισμοί $E \rightarrow I$, σε αντίθεση με τους παραγωγικούς $I \rightarrow E$, φαίνεται να διαμορφώνουν ένα κυρίαρχο πνεύμα εμπειρισμού, τυπικό για τα εργαστηριακά μαθήματα.

γ) Παρά τα δύο παραπάνω προβλήματα, τα υλικά που εξετάσαμε περιέχουν τα ψήγματα του πραγματισμού που κινούν κατά τη δήλωσή τους τους συγγραφείς/ κατασκευαστές τους, άσχετα από το εάν δεν πέτυχαν να τους απομακρύνουν από την εμπειριστική τους προδιάθεση. Γι' αυτό εκτιμούμε ότι μια δεύτερη ματιά, με βάση τα αποτελέσματα τις έρευνάς μας, θα βοηθούσε την παραγωγή τους να περάσει στο απολύτως καινοτόμο επίπεδο που περιγράφει ο αρχικός σχεδιασμός τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Καριώτογλου, Π., Τσελφές, Β. (2000). Αναλυτικά προγράμματα φυσικών επιστημών Επιστημολογική, Διδακτική και Θεσμική Προσέγγιση, *Επιθεώρηση Φυσικής*, τεύχος 31.
- Καριώτογλου, Π. (2021). Ο Διδακτικός Μετασχηματισμός Περιεχομένου και η Αναγκαιότητα στη Διδακτική Φυσικών Επιστημών: Ζητήματα, Ευρήματα και Προτάσεις. *Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία*, 1(1), 39-62.
- Τσελφές, Β. (2002). *Δοκιμή και Πλάνη: Το εργαστήριο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*, Νήσος, Αθήνα.
- Τσελφές, Β. (2003). Μια πρόταση για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στηριγμένη στην κατά Ι. Hacking προσέγγιση της «εσωτερικής ζωής» τους, στο Κ. Σκορδούλης & Λ. Χαλκιά (Επιμ.), *Η συμβολή της ιστορίας και φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών*, ΠΤΔΕ-ΕΚΠΑ, Αθήνα.
- Τσελφές, Β. & Φασουλόπουλος, Γ. (2004). *Ο κόσμος των φωτεινών ακτίνων. Βιβλίο δραστηριοτήτων* (https://museduc.gr/images/stories/books/o_kosmos_twn_fwteinwn_aktinwn.pdf) και *Οδηγίες για τον εκπαιδευτικό* (https://museduc.gr/images/stories/books/b_kai_g_taxi_odhgies_gia_ton_ekpaideytiko.pdf), ΠΕΜ, ΕΚΠΑ.
- Τσελφές, Β., Αντωνιάδου, Ν., Έψιμος, Γ., Καριώτογλου, Π., Πατσαδάκης, Μ., Φασουλόπουλος, Γ. & Ψύλλος, Δ. (2008). Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία-μάθηση φυσικών επιστημών σε μειονοτικούς μαθητές των γυμνασίων της Θράκης. Στο, Θ. Δραγώνα & Α. Φραγκουδάκη (επιμ), *Πρόσθεση, όχι αφαίρεση. Πολλαπλασιασμός, όχι διαίρεση*. Αθήνα: Μεταίχμιο, 327-348.
- Hacking, I. (1992). The self – vindication of the laboratory sciences. In A. Pickering (Ed.), *Science as practice and culture*. Chicago: The University Chicago Press.
- 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.
- Roberts, A. D., & Bybee, W. R. (2014). Scientific literacy, science literacy, and science education. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education*, Vol. II, Routledge, 559–572.