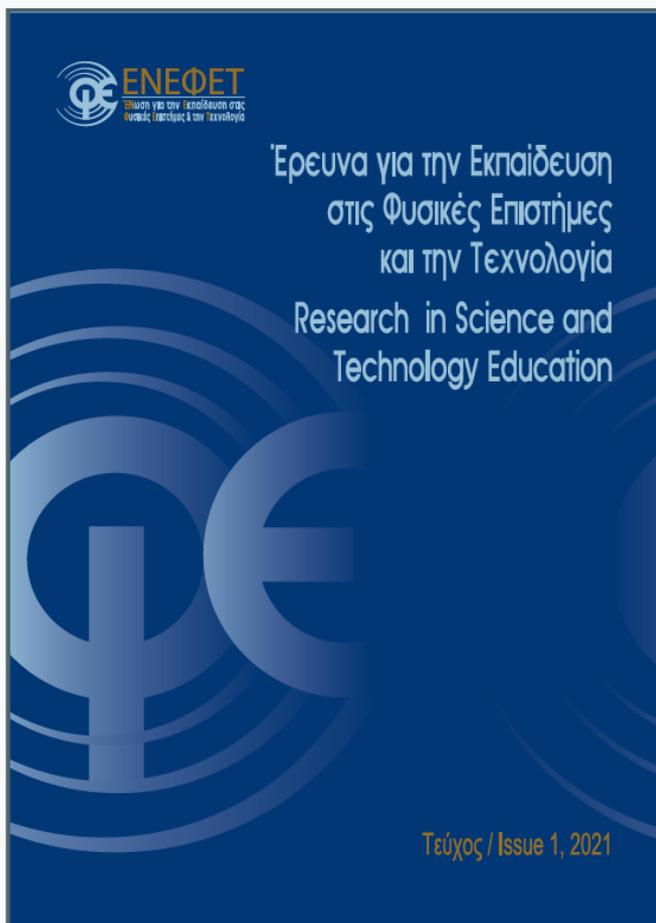


## Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία

Τόμ. 1, Αρ. 1 (2021)

Ειδικό Τεύχος



### Απόψεις για τη Διδακτική της Επιστήμης και της Τεχνολογίας

Παναγιώτης Γ. Μιχαηλίδης

doi: [10.12681/riste.27269](https://doi.org/10.12681/riste.27269)

#### Βιβλιογραφική αναφορά:

Μιχαηλίδης Π. Γ. (2021). Απόψεις για τη Διδακτική της Επιστήμης και της Τεχνολογίας. *Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία*, 1(1), 63–86. <https://doi.org/10.12681/riste.27269>

# Απόψεις για τη Διδακτική της Επιστήμης και της Τεχνολογίας

**Παναγιώτης Γ. Μιχαηλίδης**

Ομότιμος Καθηγητής Πανεπιστημίου Κρήτης

*michail@edc.uoc.gr*

## Περίληψη

Στις σύγχρονες και εξαρτώμενες από την Τεχνολογία κοινωνίες, η αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας στην Επιστήμη (Science=Φυσικές επιστήμες) και στην Τεχνολογία αποκτά ιδιαίτερη σημασία και υπάρχουν πολλά σχετικά εμπειρικά και θεωρητικά έργα με συμπεράσματα είτε συντρέχοντα είτε αντικρουόμενα, ιδιαίτερα όταν συγκρίνονται ευρήματα από διαφορετικό πλαίσιο αναφοράς. Σε μια προσπάθεια κατανόησης των ευρημάτων, παρουσιάζονται εδώ ορισμένες παράμετροι που επηρεάζουν και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σε κάθε σχεδιασμό διδασκαλίας στην Επιστήμη και στην Τεχνολογία. Κυρίαρχη θέση του παρόντος άρθρου είναι, πως ο αποτελεσματικός αλφαριθμητισμός του πληθυσμού στην Επιστήμη και στην Τεχνολογία είναι αναγκαίος για τη διατήρηση της ευμάρειας και της δημοκρατίας στις σύγχρονες, βασισμένες στα τεχνολογικά επιτεύγματα, κοινωνίες μας και για την εξάλειψη δεισιδαιμονιών και παραλογοισμών σχετικά με την Επιστήμη και την Τεχνολογία. Ο αποτελεσματικός αλφαριθμητισμός μπορεί να επιτευχθεί μόνο μέσα από την υποχρεωτική εκπαίδευση, της οποίας το περιεχόμενο πρέπει να προσαρμοστεί ώστε η Επιστήμη και η Τεχνολογία να αποτελούν τη σημαντικότερη συνιστώσα του.

**Λέξεις-κλειδιά:** Διδακτική της Επιστήμης, Αλφαριθμητισμός στην Επιστήμη και στην Τεχνολογία, Διερώτηση.

## Abstract

In current Technology-dependent societies, the effectiveness of teaching in Science and Technology acquires special importance and there are many relevant empirical and theoretical works with conclusions concurrent or contradictory, when findings originate from different contexts. In an effort to understand the findings some of the factors that influence and should be taken into account in any teaching design in Science and Technology are presented here. The thesis of this article is



that an effective literacy of the population in Science and Technology is necessary to maintain prosperity and democracy in modern, technology-based, societies and to eliminate superstitions. Effective literacy can only be achieved through compulsory education, the content of which must be adapted so that Science and Technology is its most important component.

**Keywords:** Didactics of Science, Literacy in Science and Technology, Scientific Inquiry

## Εισαγωγή

Η ευημερία των σύγχρονων κοινωνιών μας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την πρόοδο της Επιστήμης και της Τεχνολογίας (E&T). Ωστόσο, μόνο οι εναλφάβητοι στην E&T απολαμβάνουν πλήρως τα οφέλη. Οι εξελίξεις στον τομέα της E&T είναι ραγδαίες και συνδυάζονται με σύντομο χρονικό διάστημα μεταξύ μιας ανακάλυψης (σε ιδέες, σε υπηρεσίες, στην τεχνολογία) και στην εμπορική εφαρμογή της. Ως αποτέλεσμα, η κοινωνία είναι γενικά αδαής και δεν μπορεί να συμβάλει, κατά Vygotski<sup>1</sup>, στον απαιτούμενο αλφαριθμητικό E&T. Μια αποτελεσματική σχολική εκπαίδευση κρίνεται αναγκαία, με συνέπεια συνεχιζόμενες εκπαιδευτικές μεταρρυθμίσεις, που αναβαθμίζουν την E&T, σε επίπεδο συγκρίσιμο με τη γλώσσα, με πλούσιο σχετικό θεωρητικό και εμπειρικό ερευνητικό έργο<sup>2</sup> (βλ. παραπομπές στο Michaelides, 2004).

Αίσθηση μου είναι ότι στις περισσότερες περιπτώσεις οι μεταρρυθμίσεις περιορίζονται σε αλλαγές του περιγράμματος ύλης (συνήθως προσθέτοντας περισσότερα θέματα), στη διαχείριση των γνωστικών αντικειμένων (πχ με χρήση ΤΠΕ) ή στην εκπαίδευση εκπαιδευτικών σε διδακτικές προσεγγίσεις. Ωστόσο η διδασκαλία της E&T απαιτεί παρατηρήσεις, πειράματα, εργαστηριακές πρακτικές, ... και είναι μια διαδικασία που επηρεάζεται από πολλές παραμέτρους πχ σκοπός, προσεγγίσεις, εκπαιδευόμενοι (συμπεριλαμβάνοντας και τις ηλικίες των μαθητών), περίγραμμα ύλης, εκπαιδευτικοί. Στο παρόν άρθρο, παρουσιάζονται συνοπτικά πτυχές των παραμέτρων αυτών, που είναι απαραίτητες στο σχεδιασμό αποτελεσματικής διδασκαλίας E&T.

## Σκοπός

Οι σκοποί και επιμέρους στόχοι είναι αναγκαίοι στην αποτελεσματική E&T εκπαίδευση και εντάσσονται σε ένα ή περισσότερα από τα ακόλουθα πλαίσια:

---

<sup>1</sup> Η παραδοσιακή καθοδήγηση στοχεύει στον γνωστικό τομέα ενώ η διδασκαλία με μορφή μέντορα, χωρίς να παραβλέπει τους γνωστικούς στόχους, οδηγεί τους μαθητές/μαθήτριες να αισθάνονται βέβαιοι ότι μπορούν να λύσουν το όποιο πρόβλημα αντιμετωπίζουν. Στη διδασκαλία με μορφή μέντορα ο/η εκπαιδευτικός ενεργεί ως ισότιμο με τους μαθητές μέλος – βλέπε περισσότερα στο: Powell A. M. (1997).

<sup>2</sup> Αναζήτηση Google για ‘Science Education’ και ‘Science Teaching’ έδωσε 469 εκ. and 81 εκ hits σε περίπου 0.3 sec. Στα Ελληνικά η αντίστοιχη αναζήτηση 179 και 18 χιλιάδες. Αν και υπάρχουν αρκετές επικαλύψεις και επαναλήψεις, οι αριθμοί είναι ενδεικτικοί του πλήθους των εργασιών.



- **Πολιτιστικό:** η Ε&Τ εκπαίδευση συνιστά πολιτιστικό αγαθό του πολιτισμού μας, άρα είναι αναγκαία για κοινωνική ένταξη, ευαισθητοποίηση, μείωση χάσματος ‘δυο πολιτισμών’<sup>3</sup> και πρέπει να ενυπάρχει στην υποχρεωτική εκπαίδευση προκειμένου να βελτιωθεί (ή να μην επιδεινωθεί) η ποιότητα ζωής (Aerts et al., 1999).
- **Ωφελμιστικό:** η Ε&Τ εκπαίδευση είναι η βάση της σύγχρονης παραγωγής, άρα είναι αναγκαία στις βασισμένες στην τεχνολογία κοινωνίες και σημαντική για τη διατήρηση της ευμάρειας και για πρόοδο. Επικρατεί στην Τεχνική Επαγγελματική Εκπαίδευση ενώ κυριαρχεί στην Ανώτατη Επαγγελματική Εκπαίδευση. Στο πλαίσιο αυτό, η διδασκαλία περιέχει λεπτομερή γεγονότα και δεδομένα για εξειδικευμένα θέματα με εντατική θεωρία, εργαστήρια και συνεργεία (workshop)<sup>4</sup>.
- **Κοινωνικό:** μια αποτελεσματική Ε&Τ εκπαίδευση δημιουργεί κριτική, δημιουργική σκέψη και έλλογη συμπεριφορά, προϋποθέσεις μείωσης προλήψεων και διατήρηση της δημοκρατίας. Οι ραγδαίες εξελίξεις στην Ε&Τ δημιουργούν νέα προϊόντα, υπηρεσίες, ..., που σε σύντομο χρόνο ενσωματώνονται στην καθημερινότητα, επηρεάζοντας κοινωνικές συνήθειες και συμπεριφορές, με αποτέλεσμα την ανάγκη εισαγωγής ρυθμίσεων (πχ νομοθεσίας). Για τη διατήρηση της δημοκρατίας, πολιτεύμα ενεργής συμμετοχής πολιτών, ο αλφαριθμητισμός σε Ε&Τ είναι αναγκαίος για κατανόηση εισαγόμενης νομοθεσίας και επιλογή μεταξύ εναλλακτικών ρυθμίσεων<sup>5</sup> και αναγορεύει τον Ε&Τ

<sup>3</sup> Υποστηρίζεται πως η Βρετανική επιρροή στον WW II είχε υποβαθμιστεί σε σχέση με τη Γερμανία και την Αμερική, επειδή το εκπαιδευτικό σύστημα εστιαζόταν σχεδόν αποκλειστικά στις Ανθρωπιστικές επιστήμες, αγνοώντας την Ε&Τ εκπαίδευση στην οποία Γερμανία και Αμερική είχαν δώσει προτεραιότητα με αποτέλεσμα η Βρετανική ελίτ (πολιτικοί, κυβέρνηση, διοίκηση, βιομηχανία, ...) να μην είναι προετοιμασμένοι για τις προκλήσεις που προέκυψαν (βλ. και Snow, 1959; Snow 1963).

<sup>4</sup> Θεωρώ: Εργαστήριο = πρακτική, πειραματική εργασία με σκοπό την ανάπτυξη του Γνωστικού τομέα (γνώσεις, νοητικές δεξιότητες, γνωστική στρατηγική, ...) και απαντάται περισσότερο στην Γενική και στην Πανεπιστημιακή εκπαίδευση. Συνεργείο (Workshop) = εστίαση στην ανάπτυξη δεξιοτεχνιών (πχ αποτελεσματική χρήση κατάλληλων εργαλείων, σύνταξη τεχνικών αναφορών κλπ.) και απαντάται περισσότερο στην Τεχνική - Επαγγελματική και στην Πανεπιστημιακή εκπαίδευση. Μπορούν και να συνυπάρχουν στις ίδιες δραστηριότητες, ανάλογα με το συγκεκριμένο πρόγραμμα σπουδών.

<sup>5</sup> Η Δημοκρατία βασίζεται στην ενεργό και αυτοδύναμη συμμετοχή των πολιτών στις αποφάσεις που λαμβάνονται. Καθώς όλο και περισσότερο εισάγονται ρυθμίσεις για θέματα σύγχρονης Ε&Τ (πχ ηλεκτρονικές συναλλαγές, βλαστοκύτταρα, τηλεπικοινωνίες και κοινωνική δικτύωση, αποτροπή ηλεκτρονικού εγκλήματος, ...) θα πρέπει οι πολίτες να είναι ενήμεροι ως προς το ρυθμιζόμενο θέμα και/ή να έχουν τις γνωστικές δεξιότητες να διακρίνουν τις επιπτώσεις μεταξύ διαφορετικών προτάσεων από ειδικούς, πολιτικούς, ... ή/και να κάνουν δικές τους βάσιμες προτάσεις. Διαφορετικά η Ε&Τ θα συγχέεται με δοξασίες και δεισιδαιμονίες ή με θρησκευτικές πεποιθήσεις του Μεσαίωνα (η δίκη του Γαλιλαίου είναι ενδεικτική) (βλέπε επίσης την προσπάθεια εξίσωσης της Ε&Τ με θρησκευτικές πεποιθήσεις, πχ Intelligent creation ως ανταγωνιστική της θεωρίας εξέλιξης και/ή του Big Bang στις Ηνωμένες Πολιτείες όπου η διάκριση μεταξύ Ε&Τ και θρησκευτικών πεποιθήσεων απασχολεί τα Δικαστήρια, βλέπε περισσότερα στα (προσπελάστηκαν στις 7/3/2021):

<https://www.americanprogress.org/issues/religion/news/2006/04/10/1934/the-flaws-in-intelligent-design/>,



αλφαριθμητισμό σε σημαντικό στοιχείο του, κατά UNESCO, ατομικού δικαιώματος, σε ποιοτική εκπαίδευση (UNESCO, χχ). Το πλαίσιο αυτό υπαγορεύει διδασκαλία με ομάδες ή/και θιάσους<sup>6</sup>.

- **Εκπαιδευτικό:** η διδασκαλία θεμάτων E&T είναι δυνατή και μέσω χρήσης της ως εκπαιδευτικού περιβάλλοντος για τη διδασκαλία άλλων αντικειμένων και μπορεί να εξελιχθεί σε διαθεματική ή/και διεπιστημονική αποτελεσματική διδασκαλία (Anagnostakis & Michaelides, 2012; Michaelides, 2012; Michaelides & Tsigris, 2004), προσέγγιση, η οποία, ίσως για λόγους συγκυρίας, παρουσιάζεται ως STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics), δίνοντας τεχνοκρατική διάσταση, αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στις Ανθρωπιστικές επιστήμες (απλουστευτικό παράδειγμα στη γλωσσική έκφραση: (α) επειδή ο λαγός έχει πολλούς θηρευτές γεννά πολλά μικρά και επιζεί, (β) ο λαγός γεννά πολλά μικρά που αντισταθμίζουν τους πολλούς θηρευτές, (γ) αναλύστε τις εκφράσεις (α), (β) και τεκμηριώστε τι περιγράφει καλύτερα τη γνώση στο αντικείμενο).
- **Προσωπικής ανάπτυξης:** η E&T μελετά φαινόμενα προσιτά με τις αισθήσεις και η διδασκαλία της προωθεί λογική (κριτική και δημιουργική) σκέψη και επιταχύνει το πέρασμα στο, κατά Piaget, στάδιο της αφηρημένης σκέψης (τυπικής λογικής), άρα είναι πολύ σημαντική στην υποχρεωτική εκπαίδευση, της οποίας πρέπει να αποτελεί σημαντική συνιστώσα του αναλυτικού προγράμματος, με διδακτικές προσεγγίσεις επίλυσης προβλημάτων, με έρευνα ή έργα (project) (Michaelides, 2012) και με διδακτική εστιασμένη σε γενικές αρχές και μοντέλα (Gilbert & Boulter, 2000). Σημειώνεται, πως οι μαθητές στην υποχρεωτική εκπαίδευση είναι στο στάδιο των συγκεκριμένων ενεργειών και η εκπαίδευση E&T που μελετά φαινόμενα αντιληπτά μέσω των αισθήσεων (απευθείας ή με όργανα) υπερτερεί άλλων αντικειμένων<sup>7</sup>.

---

<https://www.scientificamerican.com/article/15-answers-to-creationist/>,

<https://www.pnas.org/content/105/1/3>,

<http://law2.umkc.edu/faculty/projects/ftrials/conlaw/evolution.html>.

Στο πλαίσιο αυτό η E&T εκπαίδευση θα πρέπει να θεωρείται ως επικρατούσα συνιστώσα στο ατομικό δικαίωμα στην Εκπαίδευση (δικαίωμα στη Δημοκρατία).

<sup>6</sup> Στη διδασκαλία με ομάδες μετρά το τελικό αποτέλεσμα χωρίς αναφορά στη συνεισφορά κάθε μέλους, η οποία αποτελεί “εσωτερικό ζήτημα” που αποφασίζεται από την ομάδα, χωρίς παρέμβαση του εκπαιδευτικού. Αποτελεί πρόσφορο μέσο καλλιέργειας ομαδικού πνεύματος. Στον θίασο καθίσταται επιπλέον γνωστή η συνεισφορά κάθε μέλους. Αποτελεί πρόσφορο μέσο άμιλλας ίσως και ανταγωνισμού.

<sup>7</sup> Κατά Piaget, τα παιδιά στο Δημοτικό βρίσκονται στο στάδιο των συγκεκριμένων ενεργειών (προς το στάδιο της τυπικής λογικής). Τα Φυσικά φαινόμενα της ύλης του Δημοτικού παρατηρούνται με τις αισθήσεις (ή με χρήση απλών οργάνων) και γίνονται εύκολα αντιληπτά από φαινόμενα άλλων επιστημών όπου πέρα από την παρατήρηση ενυπάρχει και υποκειμενικό στοιχείο για να γίνουν αντιληπτά, πχ μετανάστευση: πέρα από την παρατήρηση της μετακίνησης ενός ή περισσότερων προσώπων πρέπει να συνυπάρχει και το στοιχείο της διάθεσης για μονιμότητα (παράβαλε με τη διάκριση μεταξύ κατοικίας και διαμονής).



Συνήθως το πλαίσιο αποτελεί (ισορροπημένο?) μίγμα (Christophorou, 2001; Michaelides & Tsigris, 2004) εξαρτώμενο από τις εκάστοτε αξίες της κοινωνίας<sup>8</sup> και τη βαθμίδα εκπαίδευσης και επηρεάζει τη διδακτική προσέγγιση και το περίγραμμα ύλης.

## Προσεγγίσεις

Η πληθώρα μεθόδων διδακτικής πρέπει, για την E&T να περιλαμβάνει παρατηρήσεις φαινομένων της Φύσης για ανάπτυξη δεξιοτήτων και δεξιολογιών συλλογής εμπειρικών δεδομένων, πειραματισμό σε εργαστήρια για ανάπτυξη γνωστικών δεξιοτήτων και πρακτική σε 'συνεργεία' (workshops) για ανάπτυξη ψυχοκινητικών δεξιοτήτων, γνωστικών δεξιοτήτων και σε βάθος κατανόηση των εξεταζόμενων φαινομένων. Ακόμα και σε απλό πολιτιστικό πλαίσιο, όπου η αφήγηση ίσως νομίζεται επαρκής, η διδασκαλία της E&T πρέπει να συνδέεται τουλάχιστον με παρατηρήσεις του περιβάλλοντος, φυσικού και κοινωνικού. Τα εγγενή αυτά χαρακτηριστικά Διδακτικής E&T συχνά αγνοούνται είτε επειδή θεωρούνται 'χρονοβόρα' είτε επειδή απαιτούν σχετικές δεξιότητες / δεξιολογίες από τον εκπαιδευτικό είτε επειδή θεωρούνται 'δύσκολα' και 'εκτός των δυνατοτήτων των μαθητών' (ευφημισμοί καλύπτοντες ανεπάρκεια του εκπαιδευτικού). Η ενσωμάτωση διαδικασιών Διερώτησης (Fradd & Lee, 1999; McDermott et al., 2000) στη διδασκαλία οδηγεί σε αποτελεσματική εκπαίδευση E&T σε όλα τα επίπεδα και τομείς μάθησης. Η Διερώτηση (ή Διερεύνηση) (Επιστημονική μεθοδολογία / Scientific Inquiry) [Inquiry] περιλαμβάνει:

1. **Παρατήρηση:** συλλογή στοιχείων, εστιασμένη στο, υπό μέλετη, θέμα, (πχ μετρήσεις ή άλλα δεδομένα) μέσω παρατηρήσεων, πειραματισμών, μελέτη βιβλιογραφίας, συζήτηση με πρόσωπα που έχουν ασχοληθεί με το θέμα, κλπ.
2. **Επεξεργασία** συλλεγμένων στοιχείων προκειμένου να ελεγχθεί η αξιοπιστία τους, να γίνουν πιο κατανοητά και σαφή (πίνακες, γραφήματα, μετασχηματισμοί, ...), και να εντοπιστούν δομές, σχέσεις, ... μεταξύ τους.
3. **Σχηματισμός** υποθέσεων για περιγραφή των εντοπισμένων δομών, σχέσεων, ...
4. **Έλεγχος** των υποθέσεων μέσω πειραματισμών ή άλλων εξειδικευμένων παρατηρήσεων.
5. **Συμπέρασμα** ως προς την εγκυρότητα των υποθέσεων. Αν τα στοιχεία από τον έλεγχο είναι ασύμβατα με τις υποθέσεις επαναλαμβάνεται η διαδικασία σχηματισμού υποθέσεων και/ή επεξεργασίας, αν είναι συμβατά, ακολουθεί,

<sup>8</sup> «... για να έλθω σε ένα πιο βασικό χώρισμα, δεν μπορεί να υπάρξει συμφωνία μεταξύ αυτών που πιστεύουν την εκπαίδευση ως μέσον ενστάλαξης ορισμένων συγκεκριμένων πιστεύω και εκείνων που θεωρούν πως θα πρέπει να προάγει τη δύναμη της ανεξάρτητης κρίσης. Όπου προκύπτουν τέτοια ζητήματα, είναι μάταιο να τα αγνοούμε. ...» (Russell Bertrand, 1926)



6. **Αναστοχασμός**, δηλαδή επανεξέταση διαδικασίας (μελέτη της αξιοπιστίας των παρατηρήσεων - μετρήσεων, συνθήκες που πιθανόν να ανατρέπουν τα ευρήματα, ...) και, αν χρειάζεται, αναθεώρηση - επανάληψη διαδικασίας.
7. **Γενίκευση**: ανασκόπηση συνεπειών των ευρημάτων, πιθανολόγηση της ισχύος των συμπερασμάτων πέραν των συγκεκριμένων παρατηρήσεων και σχηματισμός γενικότερης 'θεωρίας'.
8. **Κοινοποίηση** των αποτελεσμάτων με τρόπο, κατά το δυνατόν, απλό, εύληπτο και κατανοητό, που διατηρεί το καθιερωμένο λεξιλόγιο, αποφεύγοντας διατυπώσεις που δημιουργούν παρανοήσεις (πχ άκριτες μεταφορές).

Η ακολουθία 'Παρατήρηση, Υποθέσεις, Επαλήθευση, Γενίκευση' έγινε γνωστή ως 'Επιστημονική μέθοδος' (Επιστημονική Αναζήτηση, Διερώτηση, Διερεύνηση), ορολογία μάλλον ατυχής που οδήγησε στον χαρακτηρισμό 'Θετικές Επιστήμες - Θετικιστικό μοντέλο'. Η επιστημολογική κριτική του Popper (Popper, 1957; 1961; 1963) και των Kuhn<sup>9</sup> (1970), Feyerabend<sup>10</sup> και Lakatos<sup>11</sup> (1970; 1976; 1978) συνέβαλλαν στη διαμόρφωση των βημάτων 1-8 ως αποτελεσματική μέθοδο έρευνας και διδασκαλίας. Κάποιοι 'postmodernism deconstructionists' επικαλούμενοι ιδεολογία 'Humanism vs. Rationalism'<sup>12</sup> επέκτειναν ανορθολογικά την κριτική σε άλλα πεδία και υπέστησαν τον περιγέλω ('hoax') (Sokal, 1996a)<sup>13</sup>.

Η Διερώτηση θεωρείται συνεχής κυκλική διαδικασία των βημάτων 1-8 στην οποία η είσοδος μπορεί να είναι οπουδήποτε, πχ στις κοινωνικές επιστήμες από υποθέσεις συνεχίζουν στον εμπειρικό έλεγχο ενώ στην E&T συνήθως η είσοδος είναι στις παρατηρήσεις (inductionism-

---

<sup>9</sup> Ο Thomas Kuhn (1970), επικαλείται πως η επιστημονική πρόοδος δεν είναι μόνο γραμμική στη συσσώρευση νέας γνώσης ('normal science' - ισοδύναμο με το αρχικό μοντέλο επιστημονικής μεθόδου) αλλά γίνεται επίσης μέσω περιοδικών επαναστατικών αλλαγών, ακυρώνοντας προηγούμενες ερμηνείες των παρατηρήσεων (Kuhn-loss).

<sup>10</sup> βλέπε σχετικά στα: α) Agassi J. (1976), στο οποίο αντικρούεται η έννοια της μιας αυθεντικής επιστημονικής μεθόδου συνηγορώντας σε 'θεωρητικό αναρχισμό', και β) Martin B. (2012) στο οποίο κριτικάρεται εποικοδομητικά το πλαίσιο του (απόλυτου) θετικισμού στην Επιστήμη και η συνεπαγόμενη διαδεδομένη αντίληψη για την 'επιστημονική αλήθεια'.

<sup>11</sup> Το έργο του Lakatos συνδυάζει τις απόψεις των Popper and Kuhn.

<sup>12</sup> 'Rationalism vs. Humanism' προσομοιάζει στον γόνιμο και συνεχιζόμενο διπολισμό των 'Νους έναντι Ύλη, Determinism vs. Indeterminism, Materialism vs. Humanism. Στους διπολισμούς αυτούς με αφετηρία διαμετρικές θέσεις γίνεται λεπτομερής μελέτη του εξεταζόμενου θέματος προωθώντας την ανθρώπινη γνώση σε αντίθεση με κάποιες όψεις του 'Rationalism vs. Humanism' που εφευρίσκονται επιχειρήματα όχι για τη μη μελέτη του εξεταζόμενου θέματος ως άσχετου με την επιχειρηματολογία παραμένοντας στις προηγούμενες δοξασίες (βλέπε σχετικά στο: Sober Elliott (2014)).

<sup>13</sup> Ο Sokal έγραψε αργότερα 'σκόπια έγγραφα' το άρθρο έτσι ώστε οποιοσδήποτε Φυσικός ή Μαθηματικός (ή φοιτητής) να το εντοπίσει ως 'κοροϊδία'. Προφανώς οι εκδότες του Social Text αισθάνθηκαν άνετοι στη δημοσίευση άρθρου για τη κβαντομηχανική χωρίς να συμβουλευτούν κάποιον γνώστη (Sokal, 1996b).



deductionism)<sup>14</sup>. Η χρήση μεθόδων Διερώτησης στη διδασκαλία E&T προάγει μάθηση σε όλα τα επίπεδα του γνωστικού τομέα και, προπάντων, αναπτύσσει δεξιότητες ορθολογισμού. Οι άλλες μέθοδοι υστερούν προάγοντας την κατήχηση (αντικαθιστώντας τα 'ιερά κείμενα' με το 'βιβλίο της Επιστήμης') και την ψευδοεπιστήμη<sup>15</sup> αυξάνοντας τις λανθασμένες αντιλήψεις και δεισιδαιμονίες. Η Διερώτηση απαιτεί ενεργό εμπλοκή των εκπαιδευόμενων (καθόσον η μάθηση είναι διαδικασία συμμετοχής), χρόνο για προβληματισμό, αναστοχασμό, κριτική θεώρηση και, ιδίως, επιμέλεια στα:

- Η **παρατήρηση** οδηγεί σε δεδομένα, αριθμητικά (πχ 20 °C) ή περιγραφικά (πχ στους 100 °C παρατηρείται βρασμός). Αυτό είναι απαραίτητο για τη διάκριση μεταξύ παρατήρησης, που μπορεί να επαναληφθεί και από άλλους, και ερμηνείας που μπορεί να είναι διαφορετική, πχ το σώμα πέφτει (κινείται προς το κάτω) και όχι 'παρατηρούμε πως η Γη έλκει το σώμα και πέφτει'. Η μετατροπή παρατηρήσεων σε δεδομένα προάγει τη νοητική δεξιότητα της διάκρισης κατά Gagné (Gagné, 1985; Gagné & Driscoll, 1988) προκειμένου να επιλεχθεί το σχετικό με τη μελέτη στοιχείο (πχ 'ωραίο χρώμα' αν μελετάται αισθητική, 'χρώμα κόκκινο' αν E&T). Η πιθανότητα λάθους επιλογών επιβάλλει τη κριτική θεώρηση της διαδικασίας και μπορεί να αποτελέσει καρποφόρα διαδικασία μάθησης (για από τις κριτικές του θετικιστικού μοντέλου είναι πως η γνώση προχωρά μέσω λανθασμένων συμπερασμάτων παρά σύμφωνα με τον υποθετικοπαραγωγικό τρόπο - βλέπε όμως βήματα 4-5). Όταν η καθοδήγηση είναι αδρομερής, αναπτύσσονται δεξιότητες 'γνωστικής στρατηγικής' καθόσον απαιτούνται διαδοχικές αποφάσεις (τι-πώς-πότε να παρατηρηθεί, επιλογή δεδομένων για καταγραφή, διαχείριση πειραματικού εξοπλισμού, ...). Αποτελεί διδασκαλία μέσω επίλυσης προβλημάτων. Ομοίως, οι πειραματισμοί με αυτοκατασκευαζόμενα όργανα (Michaelides & Tsigris, 2004) (μορφή μάθησης μέσω έργου - project based learning (Michaelides, 2012)) συνιστούν αποτελεσματική στην εκπαίδευση μη ειδικών E&T κονστρουξιονιστική διδασκαλία (Papert, 1980; Harel & Papert, 1991), προάγουν (όταν οι εκπαιδευόμενοι συμμετέχουν ενεργά στην κατασκευή) δεξιότητες 'γνωστικής στρατηγικής' και κινητικές δεξιότητες καθώς και την αυτοεκτίμηση των εκπαιδευόμενων (Anagnostakis & Michaelides, 2007). Όταν απαιτείται χρήση εξειδικευμένου 'επαγγελματικού' εξοπλισμού (πχ Τεχνική-επαγγελματική εκπαίδευση E&T), η προηγούμενη εμπειρία με αυτοκατασκευαζόμενο εξοπλισμό, διευκολύνει την

<sup>14</sup> Ο διπολισμός inductionism - deductionism αφορά συνεχιζόμενη γόνιμη διαμάχη μεταξύ: α) Επαγωγιστών (inductionists) 'για να φτιαχτεί θεωρία απαιτούνται παρατηρήσεις' προηγούνται, και β) Συμπερασματολόγων (deductionists) οι παρατηρήσεις πρέπει να είναι σχετικές με το αντικείμενο μελέτης, άρα υπάρχει ήδη υποβόσκουσα θεωρία που επιτρέπει τη διάκριση σε σχετικό και μη, από την οποία παράγονται συμπεράσματα προς έλεγχο.

<sup>15</sup> Ο σαφής διαχωρισμός μεταξύ Επιστήμης, στην οποία μπορεί να καθοριστεί διαδικασία ελέγχου της θεωρίας και ψευδοεπιστήμης όπου τέτοια διαδικασία λείπει είναι ζωτικός για την ύπαρξη ορθολογισμού. Βλέπε περισσότερα στα (προσπελάστηκαν στις 7/3/2021):

<http://homepages.wmich.edu/~m3schul1/phil3550/guides/lakatos.pdf>,

<https://www.lse.ac.uk/philosophy/science-and-pseudoscience-overview-and-transcript/>,

<https://plato.stanford.edu/entries/pseudo-science/>



κατανόηση των αρχών λειτουργίας του εξειδικευμένου εξοπλισμού και τις συνθήκες-όρια αξιοποίησης λειτουργίας του. Οι άμεσες παρατηρήσεις από την ‘καθημερινή ζωή’ (Michaelides, 2001) συμβάλλουν στην ευαισθητοποίηση σχετικά με τον αντίκτυπο των εξελίξεων της E&T στις σύγχρονες κοινωνίες και προάγουν μάθηση και πέραν του γνωστικού τομέα. Σε περίπτωση ανέφικτων παρατηρήσεων - πειραματισμών, πχ λόγοι ασφαλείας, χρονικοί περιορισμοί, φαινόμενα εκτός ελέγχου (ηφαιστεια, σεισμοί, ...) χρησιμοποιούνται εναλλακτικά βιβλιογραφία, βίντεο, προσομοιώσεις - Physlets<sup>16</sup>, ... μέσα χρήσιμα που απαιτούν εγρήγορση για την εγκυρότητα τους (ανταναικούν τη θεώρηση του κατασκευαστή) και πρέπει να συνοδεύονται από επεξηγήσεις (αποσαφήνιση ορολογίας, περιοχή ισχύος χρησιμοποιούμενων μοντέλων, ...) για αποφυγή παρανοήσεων.

- Η **επεξεργασία για** μετατροπή των παρατηρήσεων και των πειραμάτων σε χρήσιμα δεδομένα αποτελεί ευκαιρία κριτικής θεώρησης της διαδικασίας, ενισχύει δεξιότητες αναπαράστασης του φαινομένου μελέτης, προϋπόθεση **ανάπτυξης μοντέλων** (Gilbert & Boulter, 2000) και **σχηματισμού υποθέσεων**. Η χρήση πινάκων, γραφημάτων, ιστογραμμάτων, χαρτών κλπ., προάγει την κατανόηση και τη χρήση τους και σε άλλες καταστάσεις, διευκολύνει την γραπτή **κοινοποίηση** που παρέχει ευκαιρία αναστοχασμού, και τη χρήση γλώσσας με σαφήνεια, ακριβολογία και κυριολεξία, στοιχεία αναγκαία για την αποφυγή παρανοήσεων (Ξηρουχάκη, 2010; Pathare & Pradhan, 2010).
- Στο **σχηματισμό υποθέσεων** αποφεύγεται η καθοδήγηση (προς τη ‘σωστή’ υπόθεση) και ενθαρρύνεται η δημιουργία περισσότερων υποθέσεων, που πρέπει να διατυπωθούν με τρόπο κατάλληλο για (αμερόληπτη) **Δοκιμή** και διαφοροποίηση τους. Είναι στάδια προαγωγής κριτικής και δημιουργικής σκέψης, προκειμένου οι υποθέσεις να διατυπωθούν με τρόπο που επιτρέπει τη δοκιμή και πιθανή διάψευση τους κατά Popper.
- Ο **σχηματισμός υποθέσεων** και η **γενίκευση** για δημιουργία θεωριών, που ‘ερμηνεύουν’ τις παρατηρήσεις και μπορούν να εφαρμοστούν και πέραν της περιοχής μελέτης, αποτελούν άσκηση ανάπτυξης δημιουργικής και κριτικής σκέψης. Είναι δυνατόν να οδηγήσει σε ‘πολλαπλές θεωρίες’ ακόμη και έξω από το αποδεκτό πλαίσιο, παρέχοντας γόνιμο πλαίσιο αναστοχασμού για κατανόηση βασικών αρχών. Η γενίκευση αποτελεί ειδοποιό διαφορά μεταξύ **επιστημονικής γνώσης** και εξειδικευμένης **Τεχνικής - Επαγγελματικής γνώσης**. Πρωτοπαρουσιάστηκε μαζί με την αμφισβήτηση προς αναζήτηση άλλης γενίκευσης στους αρχαίους Έλληνες φιλοσόφους και με την **κοινοποίηση** για τη διάδοση της γνώσης (μέσω των αντίστοιχων Σχολών - Ακαδημιών) δημιούργησε τη σύγχρονή έννοια της **Επιστήμης** (και) ως κοινωνικού αγαθού, καθιερώνοντας τους Αρχαίους Έλληνες φιλοσόφους ως τους ‘ιδρυτές της **Επιστήμης**’ και θεμελιωτές του Δυτικού πολιτισμού. Το

<sup>16</sup> Τα Physlets είναι applets (Εφαρμογές H/Y) ειδικά για τη (διαδραστική) παρουσίαση Θεμάτων E&T, συνήθως προσομοιώσεις φυσικών φαινομένων. Βλέπε περισσότερα στο διαδίκτυο και στο Cristian & Belloni (2004).



**Black Athena (Μαύρη Αθηνά)**<sup>17</sup> επικαλούμενο προϋπάρχουσα των Ελλήνων φιλοσόφων τεχνική και, συνήθως, αποκρυφιστική γνώση σε Αιγύπτιους, Ασσύριους, ..., δημιούργησε την έννοια του Αφροασιατικού πολιτισμού σε αντιδιαστολή με τον επικρατούντα (ρατσιστικό?) Άρειο Δυτικό πολιτισμό. Παραγνωρίζει, όμως, την ανωτέρω ειδολογία διαφορά (γενίκευση, αμφισβήτηση, κοινοποίηση) και, καθώς χρησιμοποιεί επιχειρηματολογία ατεκμηρίωτη ή και αντιφάσκουσα προς ιστορικά ευρήματα, έχει δεχτεί σφοδρή απορριπτική κριτική (Lefkowitz, 1997). Σήμερα θεωρείται ιδιοτελές εγχείρημα εκμετάλλευσης του κινήματος για τα δικαιώματα των Αφροαμερικανών.

- Η χρήση ορθής ορολογίας επιβάλλεται και απαιτεί αποσαφήνιση, προκειμένου οι 'λέξεις' - τεχνικοί όροι να περιοριστούν στο γνωσιακό τους περιεχόμενο και μόνο, αγνοώντας το όποιο αξιακό περιεχόμενο έχουν οι αντίστοιχες λέξεις στην καθημερινή τους χρήση, πχ ο όρος 'Θετικές επιστήμες' δεν υπονοεί πως οι άλλες είναι αρνητικές (αναλόγως και για τον όρο 'Ανθρωπιστικές επιστήμες'). Η αποσαφήνιση είναι απαραίτητη και επειδή η 'πρόοδος της Επιστήμης' διαφοροποιεί συνήθως το περιεχόμενο των τεχνικών όρων, πχ μάζα: ποσότητα ύλης στην αρχαιότητα, μέτρο αδράνειας κατά Νεύτωνα, μορφή ενέργειας στην Ειδική σχετικότητα, καμπυλότητα του χωροχρόνου στη γενική σχετικότητα, ιδιότητα του σωματιδίου Higgs στη σωματιδιακή Φυσική (άσκηση: θερμαίνοντας ένα σώμα αυξάνεται η μάζα - το βάρος του, σωστό ή λάθος? Η απάντηση εξαρτάται από το χρησιμοποιούμενο επιστημονικό πλαίσιο και τη διάκριση σε φαινόμενο και πραγματικό βάρος). Η χρήση Διερώτησης στη Διδασκαλία E&T για ανακάλυψη (και όχι μετάδοση) γνώσης, οδηγεί συχνά σε προσεγγιστικούς ορισμούς, πχ στις έννοιες στερεού, υγρού, το απλό γυαλί είναι 'στερεό' ή 'υγρό με μεγάλο ιξώδες' ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο επιστημονικό πλαίσιο. Στις Ανθρωπιστικές επιστήμες με υλοκείμενο τον άνθρωπο, όπου ο διαχωρισμός γνωσιακού περιεχομένου και συνοδευτικής αξίας - απαξίας είναι δύσκολο να γίνει, η επιστημονική πρόοδος που διαφοροποιεί το περιεχόμενο της ορολογίας οδηγεί συνήθως σε εισαγωγή νέας ορολογίας, πχ πρόσωπα: ανάπηρα, με εναλλακτικές ικανότητες, με ειδικές ανάγκες - επίσης, λανθασμένες αντιλήψεις, παρανοήσεις, εναλλακτικές αντιλήψεις.

## Εκπαιδευόμενοι

Ως σημαντική συνιστώσα του ανθρώπινου δικαιώματος για ποιοτική εκπαίδευση και πολιτιστικό αγαθό της κοινωνίας μας (Tate, 2001; UNESCO, χχ), η E&T εκπαίδευση απευθύνεται σε όλους, ανεξάρτητα από ηλικία, φύλο, επάγγελμα, κλπ. Επειδή οι εξελίξεις στην E&T είναι ραγδαίες, η εκπαίδευση πρέπει να είναι συνεχής, με μορφή και περιεχόμενο προσαρμοσμένο στην ομάδα που απευθύνεται (target group), πχ.

- Στο ευρύ κοινό απαιτείται E&T αλφαριθμητισμός, ώστε οι πολίτες να απολαμβάνουν τα E&T επιτεύγματα και να συμμετέχουν, ή έστω να κατανοούν τις πολιτικές και τις συνέπειες

<sup>17</sup> Κύριος εκφραστής ο Martin Bernal (1937-2013), professor at Cornell University, με τα έργα του (Bernal M., 1987; 1991; 2006).



των ρυθμίσεων, που εισάγονται σχετικά με τη χρήση τους (κοινωνικό πλαίσιο σκοπού). Η απαίτηση αυτή χαρακτηρίζεται κοινωνικά αναγκαία και προωθούνται σχετικές δράσεις στην ΕΕ πχ Science for All, Science and Society κλπ. (Kumar & Chubin (Eds.), 2000).

- Στην Τεχνική-Επαγγελματική εκπαίδευση η διδασκαλία είναι λεπτομερής και σε βάθος, εστιάζεται σε δεδομένα (δηλωτική γνώση) και εφαρμογές στο πλαίσιο του ωφελιμιστικού σκοπού. Οι ραγδαίες Ε&Τ εξελίξεις επιβάλουν συνεχή τυπική και άτυπη επιμόρφωση ή και επανεκπαίδευση, προκειμένου να διατηρηθεί σύγχρονο το επαγγελματικό επίπεδο. Η επιβολή αυτή έχει αναγνωριστεί ως σύγχρονο χαρακτηριστικό του εργατικού δυναμικού και επιδοτείται γενναία στην Ευρωπαϊκή Ένωση.
- Στην Σχολική και προσχολική εκπαίδευση, ο σκοπός είναι συνήθως στα πλαίσια πολιτιστικό, προσωπικής ανάπτυξης και κοινωνικό, με τις κλασικές σπουδές συνήθως να επικρατούν ή και να δεσπόζουν αν και, όπως επιχειρηματολογείται πιο κάτω οι σπουδές Ε&Τ είναι εξίσου σπουδαίες.

## Ηλικίες

Όπως ειπώθηκε η Ε&Τ Εκπαίδευση είναι κατάλληλη / επιβεβλημένη για κάθε ηλικία. Εδώ αναφέρονται παρατηρήσεις εστιασμένες στις νεαρές ηλικίες. Κάποιοι θεωρούν ότι η Ε&Τ, ιδιαίτερα στο πλαίσιο του θετικιστικού μοντέλου, αφορά αφηρημένες έννοιες, απαιτεί δεξιότητες 'τυπικής λογικής', συνεπώς είναι πέραν των δυνατοτήτων των μικρών ηλικιών. Θεωρώ:

- Τα νήπια και τα μικρά παιδιά έχουν ικανότητα επιτυχούς προσαρμογής και αντίδρασης σε αλλαγές στο φυσικό περιβάλλον, σχεδόν πάντα (ή μετά από μια πρώτη εμπειρία), αποκτούν κοινωνική γνώση και συμπεριφορές, χρησιμοποιώντας εργαλεία και αντικείμενα της καθημερινής ζωής, διαμορφώνοντας τον χαρακτήρα τους και τις αναπαραστάσεις τους για τον κόσμο. Η απόκτηση σε σύντομο διάστημα λειτουργικής χρήσης τεχνολογικών συσκευών (πχ tablets) είναι ενδεικτική.
- Ο/η εκπαιδευτικός, εφόσον γνωρίζει το αντικείμενο, πρέπει να προσαρμόζει τη διδασκαλία του στα χαρακτηριστικά των μαθητών και να μην επαναλαμβάνει απλά την Ε&Τ διδασκαλία που υπέστη, συνήθως αφήγηση ή 'πολύπλοκα μαθηματικά' (... επιβεβαιώσαμε ... σε πολλές περιπτώσεις, πως η αδυναμία μαθητών σε κάποιο θέμα οφείλεται σε γρήγορη μετάβαση από τη ποιοτική δομή του προβλήματος ... σε ποσοτικό ή μαθηματικό φορμαλισμό ... χρησιμοποιούμενο από Φυσικούς (Piaget, 1974).
- Οι παρατηρήσεις από νήπια και μικρά παιδιά μοιάζουν ασύνδετες και άσχετες με το θέμα μελέτης, όμως αντανακλούν τη δική τους σκέψη (Honig, 2010) και μπορεί να οδηγήσουν σε μάθηση Ε&Τ και στην ανάπτυξη νοητικών δεξιοτήτων και γνωστικής στρατηγικής, εφόσον υπάρξει (έμμεση) καθοδήγηση (πχ με μορφή μέντορα (Powell, 1997)), ώστε να: α) διατηρεί το ενδιαφέρον και την αυτοεκτίμηση τους, β) αποφεύγεται η 'δογματική επιβολή' αποδεκτού μοντέλου, γ) ενθαρρύνεται η βελτίωση της δημιουργικής και κριτικής σκέψης.



- Στα νηπιαγωγεία υλοποιούνται δραστηριότητες όπως ζωγραφική, χαρτοκοπτική / χαρτοκολλητική και άλλες απλές κατασκευές, που μπορούν να αποτελέσουν πρόσφορο μέσο διδασκαλίας E&T.
- Οι παρατηρήσεις των παιδιών εστιάζονται συχνά σε λεπτομέρειες αλλαγών στο φυσικό περιβάλλον και, αν ερωτηθούν, δίνουν ερμηνείες που αντανακλούν την αντίληψη τους για τις παρατηρήσεις.
- Σε μάθημα E&T με εκπαιδευτικό μέσο την εκπαιδευτική ρομποτική, οι εκπαιδευόμενες φοιτήτριες Παιδαγωγικού Τμήματος πραγματοποίησαν διδασκαλία ‘Εκπαιδευτικής Ρομποτικής’ σε μαθητές / μαθήτριες Δημοτικού (Anagnostakis & Michaelides, 2012). Χρησιμοποίησαν κονστρουξιονιστικές μεθόδους με καθοδήγηση μέντορα (Powell, 1997), όπου οι φοιτήτριες / διδάσκουσες ενεργούσαν ως μέλη των ομάδων των μαθητών του Σχολείου, διερευνώντας τις προκείμενες καταστάσεις μαζί τους. Οι μαθητές / μαθήτριες ανταποκρίθηκαν άμεσα και επιτυχώς στα έργα των ρομποτικών κατασκευών (είχαν προηγούμενη εξοικείωση με τα Lego) και πολύ καλά στον προγραμματισμό τους, προοδεύοντας από ‘δοκιμή και διόρθωση’ σε πιο αφαιρετικές διαδικασίες, που σημαίνει, κατανόηση του αντικειμένου. Αυτό όμως δεν ήταν άμεσα φανερό στα φύλλα εργασίας κατά τη διδασκαλία, ούτε στη συζήτηση που ακολούθησε. Η αντίφαση διευκρινίστηκε με τη διαπίστωση πως οι μαθητές / μαθήτριες αυτής της ηλικίας χρησιμοποιούν ασαφείς εκφράσεις και μεταφορές στη διατύπωση των σκέψεων τους, κάτι που οδήγησε σε επέκταση του μαθήματος προς την **κοινοποίηση** βελτιώνοντας και τη γλωσσική έκφραση των μαθητών. Ίσως η ασάφεια διατύπωσης στις μικρές ηλικίες να συνεισφέρει στην αντίληψη πως οι ‘σκληρές επιστήμες’ είναι απρόσφορες για τις ηλικίες αυτές (Tytler, 2000; Tytler & Peterson, 2000). Επιπλέον, αν και εκτός πλαισίου της δοκιμαστικής διδασκαλίας, διαπιστώθηκε μετατόπιση των αντιλήψεων των μαθητών / μαθητριών για τα ρομπότ από το μυθικό προς τον πραγματισμό.

Τα ανωτέρω υποδείχουν το εφικτό των παρατηρήσεων του φυσικού περιβάλλοντος και της διδασκαλίας τους σε μικρή (προσχολική και πρωτοσχολική) ηλικία εφόσον:

- Η διδασκαλία διαρθρώνεται σε μικρής χρονικής διάρκειας ενότητες, καθόσον οι μικροί μαθητές και οι μικρές μαθήτριες τείνουν να κινούνται συνέχεια και δείχνουν μικρό χρόνο εστίασης και έντονης σκέψης.
- Κάθε βήμα της Διερώτησης είναι με γενικό εξερευνητικό χαρακτήρα, αφήνοντας τους μικρούς μαθητές και τις μικρές μαθήτριες να ‘ανακαλύψουν’ το διδακτικό περιβάλλον που έστησε ο/η εκπαιδευτικός ή, καλύτερα, που διαμόρφωσε από κοινού με τους μαθητές / μαθήτριες, κάτι που θα διατηρήσει το ενδιαφέρον τους για συμμετοχή στις διδακτικές δραστηριότητες. Η διάλεξη για την επιβολή της ‘σωστής’ άποψης είναι λάθος.
- Η καθοδήγηση είναι μορφής μέντορα, καθόσον οι μικροί μαθητές και οι μικρές μαθήτριες απορρίπτουν άμεσα (πχ απειθαρχία) ή έμμεσα (πχ μη συμμετέχοντας) την αυθεντία του εκπαιδευτικού.



- Οι διδακτικές δραστηριότητες εστιάζουν στις προηγούμενες αντιλήψεις και θεωρήσεις των μαθητών με κατεύθυνση τη διαμόρφωση σύμφωνα με την **παρατήρηση**, έργο επίπονο που απαιτεί scaffolding (Beed et al., 1991; Masters & Yelland, 2002; Rosenshine & Meister, 1992) και, σε πολυπολιτισμικές τάξεις, βρίσκεται συχνά αντίθετο με τα 'πιστεύω' (θρησκευτικά, πολιτισμικά, ...) των οικογενειών των μαθητών, κάτι που απαιτεί λεπτότητα χειρισμού (Lee et al., 1995) (είναι γνωστή, και στην Ελλάδα, η δογματική πολεμική στη θεωρία εξέλιξης των ειδών).
- Η διδασκαλία ενθαρρύνει και εμπνέει την ανακάλυψη σχέσεων στις παρατηρήσεις και τις άλλες διδακτικές δραστηριότητες πχ:
  - i. με τη μορφή απεικονίσεων (ένα σε ένα, ένα σε πολλά, πολλά σε ένα) ή διαγραμμάτων ...,
  - ii. εξάρτησης, πχ διαδοχής - αιτία και αποτέλεσμα (θέρμανση και τήξη σωμάτων), κοινής προέλευσης (προέρχονται από ίδια αιτία),
  - iii. ταξινόμηση πχ ομοιότητες και διαφορές σε αντικείμενα, ζώντα είδη, έννοιες, μορφές, διαδικασίες, ...,
  - iv. βραχυπρόθεσμες / μακροπρόθεσμες μεταβολές με την πάροδο του χρόνου σε άτομα, στο περιβάλλον, ....

Ο εντοπισμός τέτοιων σχέσεων αποτελεί εκκίνηση γόνιμης διδασκαλίας, αν όμως αυτές συγκρούονται με ισχυρές, συνήθως θρησκευτικές, πεποιθήσεις απαιτείται λεπτότητα χειρισμών και επεξήγηση του διαχωρισμού μεταξύ επιστήμης (αναζήτηση με βασικό στοιχείο την αμφισβήτηση), θρησκείας (δόγμα και υπερβατικές / μεταφυσικές έννοιες) και φιλοσοφίας (καταγραφή / οδηγός ανθρώπινων συμπεριφορών).

- Οι έννοιες αποδίδονται με ονόματα / όρους και η ορθή ορολογία τηρείται και αποσαφηνίζεται ώστε να επισημαίνεται η διαφορά ανάμεσα στο νόημα της λέξης ως όρο (πχ 'πλάσμα'=κατάσταση ύλης) και σε αυτό της καθημερινής ζωής. Εξίσου σημαντική είναι η αποσαφήνιση 'τεχνικών εκφράσεων' πχ η 'ροή ρεύματος ή θερμότητας' διαφέρει από τη ροή υγρού σε σωλήνα. Η αποσαφήνιση είναι πιο επιτακτική όταν η λέξη - όρος προϋπήρχε στη γλώσσα.
- Τα θέματα διδασκαλίας ανταποκρίνονται στην ηλικία και τις εμπειρίες των παιδιών (βλέπε επόμενη ενότητα) και η διδασκαλία γίνεται με απλά μέσα της καθημερινής ζωής, καθόσον η χρήση εξειδικευμένου εξοπλισμού διασπά την προσοχή από το θέμα μελέτης προς τον εξοπλισμό και δημιουργεί την εντύπωση πως η E&T είναι πολύπλοκη και όχι για τον καθένα.
- Οι διδακτικές δραστηριότητες οργανώνονται είτε για ένα θέμα με στόχο τη σε βάθος μελέτη του (πχ ιδιότητες υλικών σε σχέση με τη θερμοκρασία τους, πίεση, ...) είτε για φαινομενικά ξένα θέματα (πχ ιδιότητες των ρευστών και λειτουργία αιματοκυκλοφορικού συστήματος), κάτι που ενισχύει τη δεξιότητα συσχέτισης φαινομενικά άσχετων παρατηρήσεων,



χαρακτηριστικό της δημιουργικής και/ή ‘παράπλευρης λογικής / lateral thinking’ (de Bono, 1990).

Τα ανωτέρω ισχύουν για κάθε μορφή διδασκαλίας, αποκτούν όμως ιδιαίτερη βαρύτητα στην εκπαίδευση E&T παιδιών, καθώς η όποια ανεπάρκεια οδηγεί σε λάθος μόνιμες και παραμένουσες αντιλήψεις που δύσκολα ανατρέπονται. Σημειώνω πως, αντίθετα με υπάρχουσα αντίληψη, οι Φυσικές επιστήμες είναι απλούστερες επειδή: α) τα φυσικά φαινόμενα (βροχή, κίνηση σώματος, ...) είναι αντιληπτά από κοινού με άλλους μέσω των αισθήσεων ή με χρήση οργάνων (‘αλήθεια’ κατά Einstein<sup>18</sup>) ενώ τα φαινόμενα άλλων επιστημών ενέχουν υποκειμενικό στοιχείο (πχ μετανάστευση: πέραν της παρατήρησης της μετακίνησης κάποιου / κάποιων εμπεριέχεται και η διάθεση του μόνιμου της μετακίνησης), β) ιστορικά οι Φυσικές επιστήμες ήταν οι πρώτες που αναπτύχθηκαν. Ίσως, η αντίληψη της δυσκολίας τους να οφείλεται στον τρόπο διδασκαλίας πχ. μετωπική διάλεξη, πολύπλοκα μαθηματικά, κλπ. Νομίζω πως η σύμφωνα με τα ανωτέρω εκπαίδευση E&T σε παιδιά, είναι εφικτή, (MacDonald & Bean, 2011; Tsigris & Michaelides, 2006), μπορεί να αποβεί πολλαπλά ωφέλιμη στην κατανόηση του Φυσικού περιβάλλοντος και της Τεχνολογίας και στον περιορισμό των δεισιδαιμονιών και θεωριών συνομωσίας (πχ 666), πρόσφορη καταφυγή αντιμετώπισης του αγνώστου και του φόβου που συνήθως προκαλεί.

## Περίγραμμα Ύλης

Το περίγραμμα ύλης είναι σημαντικό γιατί προσδιορίζει την έκταση και το βάθος των θεμάτων διδασκαλίας και καθορίζει το μαθησιακό επίπεδο της δηλωτικής γνώσης (‘Λεκτικές πληροφορίες’ κατά Gagnè, ‘Γνώση’ κατά Bloom), προϋπόθεση για πιο σύνθετες δεξιότητες και δεξιότητες. Για τον σχηματισμό του περιγράμματος ύλης είναι χρήσιμα τα εξής:

- Το περίγραμμα πρέπει να είναι σαφές, οργανωμένο σε Κεφάλαια – Ενότητες - Θέματα επιλεγμένα στα πλαίσια του επιδιωκόμενου εκάστοτε σκοπού, πχ.:
  - Μάθημα αλφαριθμητισμού: όσα θέματα επιτρέπει ο διαθέσιμος χρόνος αναπτύσσονται σε επίπεδο εννοιών, εφαρμογών, κοινωνικών επιπτώσεων, συσχέτισης με καθημερινές δραστηριότητες, ... παραλείποντας εξειδικευμένες τεχνικές.
  - Για ανάπτυξη νοητικών δεξιοτήτων, τα θέματα αντανακλούν ηλικία, διαθέσιμο εξοπλισμό, ... και οργανώνονται με διεπιστημονική - διαθεματική προσέγγιση. Αυτό απαιτεί χρόνο για αναστοχασμό και οδηγεί σε λιγότερα θέματα με περισσότερη

<sup>18</sup> Κατά τον Einstein τα ερεθίσματα που προκαλούν στις αισθήσεις τα φαινόμενα του Φυσικού κόσμου μετασχηματίζονται σε νοήσεις (concepts) που μπορεί να διαφέρουν από άνθρωπο σε άνθρωπο. Η κοινή τους, όμως, προέλευση (το συγκεκριμένο Φυσικό φαινόμενο) επιτρέπει μια αμφιμυνοσήμαντη αντιστοιχία μεταξύ αυτών των νοήσεων, χαρακτηριστικό μόνο στις νοήσεις που προέρχονται από τα Φυσικά φαινόμενα. Αυτές τις νοήσεις ο Einstein τις ονοματίζει ‘Αλήθεια (truth)’ και τη μελέτη τους ‘Φυσική’ (Αϊνστάιν, χχ).



ανάλυση, ιδιαίτερα στις μικρότερες ηλικίες όπου η έμφαση δίδεται στην προσωπική ανάπτυξη του παιδιού.

- Τεχνική - Επαγγελματική εκπαίδευση: Τα θέματα περιέχουν εξειδικευμένες τεχνικές και έμφαση σε εφαρμογές, ενώ ένα ισχυρό θεωρητικό υπόβαθρο προσθέτει μακρόχρονη επιστημονική κατάρτιση.
- Με βάση το περίγραμμα δημιουργούνται τα σχολικά εγχειρίδια. Ο έμμεσος καθορισμός του περιγράμματος μέσω των σχολικών βιβλίων είναι λάθος και δημιουργεί προβλήματα, πχ προσθήκη κεφαλαίων για εκσυγχρονισμό της ύλης, μέχρις ότου η πληθώρα θεμάτων οδηγήσει σε 'τσεκούρωμα' σελίδων με αποτέλεσμα ασυνέπειες κειμένου. Η ανάπτυξη κάθε θέματος πρέπει να συμφωνεί με την έννοια της 'περιοχής επικείμενης ανάπτυξης' (proximal development region) (Moll, 1990). Η επιστημολογικά χρήσιμη 'Ιστορία της Επιστήμης' μπορεί να βοηθήσει στα συνήθη E&T μαθήματα μόνο σε εξειδικευμένες περιπτώσεις (πχ στην Τεχνική-Επαγγελματική Εκπαίδευση για σύγκριση τεχνικών μεθόδων και εργαλείων).
- Το περίγραμμα πρέπει να είναι δομημένο κατάλληλα, να αντανakλά σύγχρονες όψεις E&T και να συνοδεύεται με βοηθήματα διδασκαλίας, πχ οδηγίες διδασκαλίας, εγχειρίδια, σχολιασμός σημείων για αποσαφήνιση και αποφυγή παρανοήσεων, δυσκολίες / κινδύνους στα πειράματα, ... . Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο όταν λείπει σύστημα αξιολόγησης της διδασκαλίας και η διδασκαλία επαφίεται στις επιλογές των εκπαιδευτικών, πχ. τι και πώς διδάσκεται στα σχολεία η κβαντομηχανική, η σχετικότητα, ο ηλεκτρομαγνητισμός, η θερμότητα, η κινητική θεωρία, η σωματιδιακή φυσική, οι χορδές, το 'σωματίδιο του Θεού'<sup>19</sup>, ... θέματα γνωστά για πολλές δεκαετίες. Επιπλέον οι όποιοι εκπαιδευτικοί τείνουν να αναπαράγουν τον τρόπο και το περιεχόμενο διδασκαλίας που βίωσαν (Χαλκιά, 1999; Halkia, 2001).
- Το περίγραμμα πρέπει να αντανakλά σύγχρονες όψεις E&T και να παρουσιάζεται με αυτοσυνέπεια. Η πρακτική παρουσίασης με την ιστορική εξέλιξη ανακάλυψης είναι ασυνεπής, 'εντυπώνει' παρωχημένες αντιλήψεις, που είναι δύσκολο να ανατραπούν αργότερα, και οδηγούν σε παρανοήσεις ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται η ιστορική φρασεολογία. Η πρακτική να χρησιμοποιούνται ιστορικά μοντέλα στις μικρές ηλικίες, ίσως επειδή φαίνονται απλούστερα, απαιτεί αργότερα (δύσκολες) εννοιολογικές αλλαγές προκειμένου να κατανοηθεί το σύγχρονο μοντέλο, πχ η Θερμότητα παρουσιάζεται ως 'ροή θερμότητας' με την έννοια της χαστικής (θερμικής) κίνησης να αφήνεται για αργότερα (στο Πανεπιστήμιο?) και αυτό ίσως εξηγεί γιατί θεωρείται δύσκολο εννοιολογικά θέμα με την

---

<sup>19</sup> Όπως διηγόταν ο Lederman, Βραβείο 1988 Nobel Φυσικής, έγραψε μια επισκόπηση με τίτλο 'The Goddamn Particle' για να τονίσει τις ανεπιτυχείς προσπάθειες εντοπισμού του σωματιδίου (μποζόνιο) Higgs αλλά ο εκδότης του τον έπεισε να το αλλάξει σε 'God particle' ως πολιτικά ορθό τίτλο και προσφορότερο για τις πωλήσεις. Η πρόσφατη δημοσιότητα για τον εντοπισμό του οδήγησε εκρηκτικές διαδόσεις για 'επιστήμονες στο CERN που απέδειξαν την ύπαρξη του Θεού' (Lederman & Teresi, 1993).



έννοια του ‘καλορικού υγρού’ να υποβόσκει<sup>20</sup> (Ξηρουχάκη, 2010; Pathare & Pradhan, 2010; Weiss, 2000).

- Η χρησιμοποιούμενη τεχνική φρασεολογία απαιτεί αποσαφήνιση, πχ ‘ηλεκτρικό ρεύμα’ δεν σημαίνει πως τα ηλεκτρόνια ή ο ηλεκτρισμός ρέει όπως ένα υγρό, ‘ροή θερμότητας’ δεν σημαίνει πως η θερμότητα είναι είδος υγρού που ρέει μεταξύ σωμάτων. Η αποσαφήνιση είναι απαραίτητη για την αποφυγή παρανοήσεων που δύσκολα ανατρέπονται αργότερα, ιδιαίτερα στις μικρές ηλικίες που δεν έχουν πλήρη κατάκτηση γλωσσικής έκφρασης. Οι εικόνες και τα σχήματα πρέπει να ανταποκρίνονται κατά το δυνατόν στην πραγματική κλίμακα άλλως να επεξηγούνται προκειμένου να κατανοούνται οι πραγματικές διαστάσεις (πχ στα σχεδιαγράμματα ηλιακού συστήματος ή ατόμου του Bohr).
- Πρέπει να υπάρχουν χωριστά εγχειρίδια αναφοράς (με τη διδακτέα ύλη) και εγχειρίδια διδασκαλίας (με οδηγίες διδασκαλίας και προτάσεις πειραματισμού για τον/την εκπαιδευτικό, και προτάσεις φύλλων εργασίας και αξιολόγησης για τον μαθητή και την μαθήτριά).

## Εκπαιδευτικοί

Η Διδασκαλία E&T απαιτεί αυξημένα προσόντα από τον/την εκπαιδευτικό, πχ δεξιότητες παρατήρησης και πειραματισμού, δεξιοτεχνίες λειτουργίας εργαστηρίου και/ή συνεργείου, ... . Υπάρχει πλούσια, εκτενής, θεωρητική και εμπειρική βιβλιογραφία σχετικά με την εκπαίδευση εκπαιδευτικών E&T (Abel (ed), 2000; Cheng et al. (eds), 2001; Costas i Costa (ed.), 2001; Michaelides, 2003). Γενικά, η εκπαίδευση εκπαιδευτικών E&T εντάσσεται μεταξύ δυο προσεγγίσεων:

- Εκπαίδευση με ισχυρή ψυχολογική συνιστώσα και ‘επιμόρφωση’ σε ‘βασικά σημεία’ της E&T. Χρησιμοποιείται κυρίως στην εκπαίδευση εκπαιδευτικών για μικρές ηλικίες, όπου η ολόπλευρη ψυχοσωματική ανάπτυξη αποτελεί το σχολικό πλαίσιο. Στο μοντέλο αυτό υπάρχει ένας εκπαιδευτικός ανά τάξη για όλα τα μαθήματα. Η συνήθως γενική γνώση των αντικειμένων αποτελεί μειονέκτημα ιδιαίτερα για την E&T όπου οι εξελίξεις είναι ραγδαίες.
- Εκπαίδευση εξειδικευμένη σε έναν επιστημονικό τομέα με βασική επιμόρφωση (όταν υπάρχει) σε τεχνικές διδασκαλίας. Οδηγεί σε έναν εκπαιδευτικό ανά αντικείμενο και παρουσιάζεται σε μεγαλύτερες ηλικίες, στην Τεχνική-επαγγελματική εκπαίδευση και στην ανώτερη και ανώτατη εκπαίδευση, όπου επικρατεί η σε βάθος διδασκαλία κάθε αντικειμένου. Η, μάλλον ανεπαρκής, διδακτική επιμόρφωση οδηγεί συνήθως σε μάθηση περιορισμένη σε απλούστερα επίπεδα, πχ ‘δηλωτική γνώση’, μειονέκτημα, που

<sup>20</sup> Διαπιστώνεται πως Έλληνες και άλλοι μετανάστες μαθητές στη Γερμανία διαμοιράζονται ιδέες στα πλαίσια του ‘καλορικού υγρού’ (παρόλο το διαφορετικό πολιτισμικό και κοινωνικό υπόβαθρό τους), που ήταν δύσκολο να αλλάξουν (Βλάχος, 2002).



περιορίζεται στην Τεχνική-επαγγελματική εκπαίδευση λόγω της έντονης άσκησης σε εργαστήρια και συνεργεία.

Η συνεχής επιμόρφωση του εκπαιδευτικού είναι αναγκαία για τη διατήρηση της επαγγελματικής του επάρκειας. Αυτό γίνεται πχ με:

- λεπτομερείς δειγματικές διδασκαλίες στα θέματα του περιγράμματος. Μειονέκτημα η αδυναμία κάλυψης όλων των θεμάτων και η ανάγκη επανάληψης όταν αλλάζει το περίγραμμα ή η στοχοθεσία,
- επιμόρφωση, δίνοντας έμφαση σε θεωρίες μάθησης, διδακτικά μοντέλα και, ίσως, σε επιμέρους θέματα του περιγράμματος, πχ παρανοήσεις, εργαστηριακές τεχνικές,... Μειονέκτημα η μη κάλυψη της μετατροπής της επιστημονικής γνώσης σε σχολική πράξη, θέμα πολύπλοκο σύμφωνα με εμπειρικές έρευνες (Χαλκιά, 1999; Halkia, 2001).

Συνήθως η επιμόρφωση είναι σε κέντρα και εκτός σχολείου κάτι αναποτελεσματικό, επειδή:

- Δημιουργεί προβλήματα στην ομαλή λειτουργία των σχολείων (αναπληρωτές, μετακινήσεις εκπαιδευτικών, κόπωση εκπαιδευτικών όταν επιμορφώνονται χωρίς απαλλαγή από την εργασία τους στο σχολείο ...).
- Χρονική απόσταση μεταξύ επιμόρφωσης (στο κέντρο επιμόρφωσης) και, όταν επιστρέψουν στο σχολείο οι επιμορφούμενοι εκπαιδευτικοί, εφαρμογή στην πράξη χωρίς καθοδήγηση.
- Οι έμπειροι επιμορφωτές, ιδιαίτερα στην E&T, είναι λίγοι και συνήθως δεν γνωρίζουν τις ιδιαίτερες συνθήκες των μαθητών της κάθε τάξης που επιβάλλουν διαφοροποίηση διδασκαλίας, ενώ η απarıθμηση και διδασκαλία για τις πιθανές προβληματικές καταστάσεις είναι αδύνατη.

Έχει προταθεί (Michaelides, 2003) και δοκιμαστεί με ενθαρρυντικά αποτελέσματα<sup>21</sup> μια άλλη προσέγγιση αποτελεσματικής επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών. Πρόκειται για ενδοσχολική επιμόρφωση με τους εκπαιδευτικούς να παραμένουν στην τάξη και να καθοδηγούνται στα μαθήματα τους με μεθόδους εκπαίδευσης από απόσταση. Το σύστημα αυτό έχει και το πλεονέκτημα συνέργειας με δράσεις των Παιδαγωγικών Τμημάτων όπως τα μεταπτυχιακά, η σύνδεση με τα σχολεία και, γενικότερα, με την κοινωνία, ... . Βασικά στοιχεία του μοντέλου αποτελούν η χρήση ιδιοκατασκευασμένων πειραματικών διατάξεων (Michaelides & Tsigris, 2004), ο εμπλουτισμός της διδασκαλίας με παρατηρήσεις από την καθημερινή ζωή (Michaelides, 2001), η διδακτική προσέγγιση μέσω έργων (projects) και επίλυσης προβλημάτων (Michaelides, 2012) ενώ η καθοδήγηση είναι με τη μορφή μόντορα (Powell, 1997). Οι επιμορφούμενοι ενθαρρύνονται να χρησιμοποιούν τις ίδιες μεθόδους, κατά τη διδασκαλία, με τους μαθητές τους και καθοδηγούνται για την αντιμετώπιση πιθανών

<sup>21</sup> <http://www.clab.edc.uoc.gr/aestit/>



προβληματικών καταστάσεων, ενώ είναι δυνατή και η άμεση διαδικτυακή παροχή βοήθειας. Το περιεχόμενο και η διδακτική της επιμόρφωσης έχει διαμορφωθεί ώστε να αναπτύσσει δεξιότητες αυτοδύναμης μάθησης κάτι που καλύπτει και το πρόβλημα της επικαιροποίησης γνώσεων, δεξιοτήτων και δεξιολογιών. Με την ‘κοινωνική γνώση’, κατά Vygotski, που υπάρχει στις μέρες μας από τα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης, το Διαδίκτυο και τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, η ‘σχολική ανατροπή’ δηλ. περιπτώσεις που οι μαθητές είναι πιο ενήμεροι από τους εκπαιδευτικούς σε θέματα συνήθως τεχνικά ή σύγχρονες τεχνολογίας (πχ χρήση κινητών τηλεφώνων) καλύπτεται με τη διδακτική μέντορα.

## Επίλογος

Η αποτελεσματική E&T εκπαίδευση αποτελεί σύνθετη διαδικασία με πολλές παραμέτρους (Σκοπός, Περιγράμμα, Διδακτική, ...) και είναι αναγκαία για τη πρόοδο ή έστω τη διατήρηση της ευμάρειας των σύγχρονων βασιζόμενων στην E&T κοινωνιών, καθώς οι ραγδαίες εξελίξεις δεν αφήνουν χρόνο αφομοίωσης στην κοινωνία, οπότε η σχολική γνώση E&T αποτελεί τη μόνη εναλλακτική. Στο πλαίσιο αυτό θα πρέπει να αναθεωρηθεί η στοχοθεσία της Γενικής και ιδιαίτερα της Υποχρεωτικής εκπαίδευσης, η οποία είναι προσανατολισμένη στις ανθρωπιστικές επιστήμες (ιδιαίτερα στα μαθήματα γλώσσας) θεωρώντας την E&T εκπαίδευση σαν Τεχνο-επαγγελματικές δεξιότητες-δεξιολογίες (άσπρα και μπλε κολάρα ή υπάλληλοι - εργάτες) κάτι που διευρύνει το χάσμα των δυο πολιτισμών (two cultures gap) (Snow, 1959; Snow 1963). Για την περίπτωση της Πληροφορικής έχουν εισαχθεί οι όροι ‘ψηφιακοί αυτόχθονες και μετανάστες’ (Prensky, 2001). Σημειώνεται, πως η άγνοια των πολιτών για βασικές σύγχρονες έννοιες E&T με τις επιπτώσεις τους στην κοινωνία (πχ εισαγωγή νομοθεσίας ή άλλων ρυθμίσεων) στερεί από τους πολίτες το δικαίωμα να έχουν ουσιαστική συμμετοχή, υποβιβάζοντας τους σε οπαδούς κάποιου ‘φωτισμένου - μοδάτου’ πολιτικού κόμματος ή σε καθοδηγούμενη ‘θρησκευτική αγέλη’ (βλέπε κοινωνικό πλαίσιο εκπαίδευσης προηγούμενως). Για να εκπληρώνεται ο σκοπός της ποιοτικής εκπαίδευσης για όλους, η E&T διδασκαλία πρέπει να αποτελεί σημαντική συνιστώσα της υποχρεωτικής εκπαίδευσης και να καλύπτει όλους τους πολίτες. Η υποχρεωτική εκπαίδευση αφορά κυρίως μικρές ηλικίες και η E&T εκπαίδευση είναι αποτελεσματική όταν:

- Αντικατασταθεί η υπάρχουσα μονομέρεια προς τις (λεγόμενες) Ανθρωπιστικές επιστήμες, κάτι που καλλιεργεί εσφαλμένες αντιλήψεις, δοξασίες και ‘παραλογισμούς’ σε θέματα E&T, από ένα ισορροπημένο περιεχόμενο με τις (λεγόμενες) Θετικές επιστήμες.
- Η Διδασκαλία προσαρμόζεται στα εκάστοτε χαρακτηριστικά των μαθητών και γίνεται με χρήση Διερώτησης και καθοδήγηση μέντορα. Στα πλαίσια αυτά, η χρήση μεθόδων επίλυσης προβλήματος (Anagnostakis & Michaelides, 2012), με παρατηρήσεις από την καθημερινή ζωή (Michaelides, 2001), ιδιοκατασκευών (Michaelides & Tsigris, 2004), πολυμορφικών ασκήσεων (Μιχαηλίδης, 1998), ...μπορεί να είναι χρήσιμη.



## Ευχαριστίες

Η εργασία αυτή βασίζεται σε προσκεκλημένη παρουσίαση στο Διεθνές συνέδριο HSci2015 (Michaelides, 2015). Ευχαριστώ τους Σίμο Αναγνωστάκη, Αθανασία Μαργετουσάκη, Μιλτιάδη Τσίγκρη, συνεργάτες μου στο Εργαστήριο Διδακτικής Θετικών Επιστημών για τις ατέλειωτες ευχάριστες ώρες δημιουργικών δημοσιεύσεων και μαθημάτων E&T. Ευχαριστώ τον Καθηγητή Δημήτρη Σταύρου, Διευθυντή του Εργαστηρίου Διδακτικής Θετικών Επιστημών που παρέσχε τα μέσα υλοποίησης της εργασίας αυτής. Ευχαριστώ τα μέλη του Δ.Σ. της ΕΝ.Ε.Φ.Ε.Τ. για την πρόσκληση υποβολής εργασίας.

## Βιβλιογραφία

Άϊνστάϊν Άλμπερτ (χχ). Οι διαλέξεις του Πρίνστον (μετ. Αραπίνη Π.), Εκδ.: Κοροντζής.

Βλάχος Γεώργιος Δ. (2002). *Διερεύνηση των Απόψεων Ελλήνων και Γερμανών Μαθητών Δημοτικού και Γυμνασίου για τη θερμότητα και της Επίδρασης της Διδασκαλίας στη Διαφοροποίηση τους*. Διδακτορική Διατριβή. Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ρέθυμνο.

Μιχαηλίδης Π. Γ. (1998). Πολυμορφικές Ασκήσεις Φυσικής στο *Πρακτικά 10 Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογής Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, σ. 399-405. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: <http://www.clab.edc.uoc.gr/pgm/54.pdf>

Ξηρουχάκη Φιλιά (2010). *Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών πάνω στις Φυσικές Επιστήμες – τα κοινά χαρακτηριστικά τους*, Μεταπτυχιακή εργασία στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης, Ρέθυμνο. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: [https://elocus.lib.uoc.gr/dlib/1/f/7/metadata-dlib-ec4701140d6b8c607888b4a711a562cc\\_1282560152.tkl#](https://elocus.lib.uoc.gr/dlib/1/f/7/metadata-dlib-ec4701140d6b8c607888b4a711a562cc_1282560152.tkl#)

Χαλκιά, Κρ. (1999). Στάσεις των Ελλήνων Εκπαιδευτικών της Α' βάθμιας και Β' βάθμιας εκπαίδευσης ως προς τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής: Μεθοδολογία κατασκευής του αντίστοιχου εργαλείου μέτρησης στάσεων. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 106, 47-56.

Abel Sandra K. (ed) (2000). *Science Teacher Education: An International Perspective*, Kluwer Academic Publishers. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. ISBN 978-0-7923-6455-9

Aerts Diederik, Gutwirth Serge, Smets Sonja, Van Langenhove Luk (Eds.) (1999). *Science, Technology, and Social Change*. Kluwer Academic Publishers.

Agassi, J. (1976). Against method: Outline of an anarchistic theory of knowledge. *Philosophia* 6, 165-177 <https://doi.org/10.1007/BF02383263>



- Anagnostakis S., Michaelides P. G. (2007). Results from an Undergraduate Test Teaching Course on Robotics to Primary Education Teacher – Students. In Costa M. F. M., Dorrió B. V., Reis R. *Proceedings of the 4th International Conference on Hands-on Science: Development, Diversity and Inclusion in Science Education (HSci2007)* pp 3-9. Universidade dos Açores, Ponta Delgada, Portugal. ISBN 978-989-95336-1-5. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο:  
[http://www.ijhsci.info/hsci\\_books/proceedings/HSCI\\_2007.zip](http://www.ijhsci.info/hsci_books/proceedings/HSCI_2007.zip)
- Anagnostakis S. & Michaelides P.G. (2012). Teaching Educational Robotics for Schools: Some Retrospective Comments, in Costa MF, Dorrió BV, Erdogan M, Erentay N (Eds.) *Proceedings of 9th International Conference on Hands on Science – Hsci2012*, pp. 133-138. 17-21 October 2012, Antalya, Turkey. ISBN 978-989-98032-0-6. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο:  
[http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/37349/1/ProceedingsHSCI2012\\_smallsize.pdf](http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/37349/1/ProceedingsHSCI2012_smallsize.pdf),
- Beed, P., Hawkins, E. & Roller, C. (1991). Moving Learners toward Independence: The Power of Scaffolded Instruction. *The Reading Teacher*, 44(9), 648-655. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο:  
<http://www.jstor.org/stable/20200767>
- Bernal Martin (1987). *Black Athena: The Afroasiatic Roots of Classical Civilization. Volume I: The Fabrication of Ancient Greece 1785-1985*. Rutgers University Press. ISBN: 9781978804265.
- Bernal Martin (1991). *Black Athena: The AfroAsiatic Roots of Classical Civilization. Volume II: The Archaeological and Documentary Evidence*. Rutgers University Press. ISBN: 9781978804272.
- Bernal Martin (2006). *Black Athena: The Afroasiatic Roots of Classical Civilization, Volume III: The Linguistic Evidence*. Rutgers University Press. ISBN: 9781978804296.
- Cheng Y. C., Chow K. W., Tsui K. T. (eds) (2001). *New Teacher Education for the Future: International Perspectives*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. ISBN 978-962-949-069-0
- Christophorou, Loucas (2001) *Place of Science in a World of Values and Facts*, Kluwer. ISBN 978-0-306-47623-5
- Costas i Costa Mercè (ed.) (2001). *Student teaching Practice in Europe*. Freiburg im Breisgau: Fillibach-Verlag.
- Cristian Wolfgang & Belloni Mario (2004). *Physlet Physics: Interactive Illustrations, Explorations and Problems for Introductory Physics*. Pearson Education Inc. ISBN: 9780131019690
- de Bono Edward (1990). *Lateral Thinking: A Textbook of Creativity*. Penguin Books. ISBN: 9780140137798



- Fradd Sandra H. & Lee Okhee (1999) Teachers' Roles in Promoting Science Inquiry With Students From Diverse Language Backgrounds. *Educational Researcher*, 28(6), 14-42. <https://doi.org/10.2307/1177292>
- Gagné, R. (1985). *The Conditions of Learning and Theory of Instruction* (4th Ed.). New York: Holt, Rinehart & Winston. ISBN: 978-0030636882
- Gagné, R. M. & Driscoll, M. P. (1988). *Essentials of learning for instruction*. (2nd Ed.) Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall. ISBN: 978-0132862530
- Gilbert John K. and Boulter Carolyn J. (Eds.)(2000). *Developing Models in Science Education*. Kluwer Academic Publishers. DOI 10.1007/978-94-010-0876-1.
- Halkia Krystallia (2001). Difficulties in Transforming the Knowledge of Science into School Knowledge, in Nicos Valanides (Ed.) *Science and Technology Education: Preparing Future Citizens*. Proceedings of the 1<sup>st</sup> IOSTE Symposium in Southern Europe, Paralimni, Cyprus, Volume II, pp. 76-82. ISBN: 9789963851911
- Harel Idit & Papert Seymour (1991). *Constructionism*. Ablex Publishing. ISBN: 978-0893917869
- Honig Sheryl (2010). What Do Children Write in Science? A Study of the Genre Set in a Primary Science Classroom, *Written Communication*, 27(1), pp. 87-119, <https://doi.org/10.1177/0741088309350159>.
- Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolutions*. 2nd Chicago, University of Chicago Press.
- Kumar, David D. & Chubin, Daryl E. (Eds.)(2000). *Science, Technology, and Society: A Sourcebook on Research and Practice*. Springer. ISBN 978-94-011-3992-2
- Lakatos Imre & Musgrave Alan (Eds.)(1970). *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139171434>
- Lakatos Imre (1976). *Proofs and Refutations, The Logic of Mathematical Discovery*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139171472>
- Lakatos Imre (1978). The Methodology of Scientific Research Programmes. *Philosophical Papers* Volume 1, Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511621123>
- Lederman Leon M. & Teresi Dick (1993). *The God Particle: If the Universe Is the Answer, What Is the Question?* Dell Publishing. ISBN: 0-385-31211-3
- Lee Okhee, Fradd Sandra H. & Sutman Frank X. (1995). Science Knowledge and Cognitive Strategy Use among Culturally and Linguistically Diverse Students. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(8), pp. 797-816. <https://doi.org/10.1002/tea.3660320804>



- Lefkowitz Mary R. (1997). *Not Out of Africa: How “Afrocentrism” Became an Excuse to Teach Myth as History*. Basic Books, ISBN: 978-0465098385.
- MacDonald Teresa & Bean Alice (2011). Adventures in the subatomic universe: An exploratory study of a scientist–museum physics education project. *Public Understanding of Science*, 20(6), 846–862, Sage Publications.  
<https://doi.org/10.1177/0963662510361417>
- Martin Brian (2012) The Tyranny of Science, *International Studies in the Philosophy of Science*, 26(1), 118-121, DOI: 10.1080/02698595.2012.653116
- Masters J., Yelland N. (2002) Teacher Scaffolding: An Exploration of Exemplary Practice. In: Watson D., Andersen J. (eds) *Networking the Learner*. WCCE 2001. IFIP – The International Federation for Information Processing, vol 89. Springer, Boston, MA.  
[https://doi.org/10.1007/978-0-387-35596-2\\_29](https://doi.org/10.1007/978-0-387-35596-2_29)
- McDermott, L. C., Shaffer, P. S. & Constantinou, C. P. (2000). Preparing teachers to teach physics and physical science by inquiry. *Physics Education*, 35(6), 411-416.  
<https://doi.org/10.1088/0031-9120/35/6/306>
- Michaelides, P. G. (2001). Everyday observations in relation with Natural Sciences στο Gagatsis, A. (Ed.) *Learning in Mathematics and Science and Educational Technology*, Volume II pp. 281 – 300, University of Cyprus. ISBN: 9963825141v.2. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: <http://www.clab.edc.uoc.gr/aestit/pdfs/71.pdf>
- Michaelides P. G. (2003). An affordable and efficient in-service training scheme for the Science Teacher. Paper presented at the *Sixth International Conference on Computer Based Learning in Science (CBLIS03)*, University of Cyprus, Nicosia, Cyprus, 5 - 10 July 2003, proceedings pp. 792-799.
- Michaelides, P. G. (2004). State of the Art of Science Teaching. Invited paper presented at the HSci2004. In S.Divjak (Ed.) *Proceedings of 1st International Conference on Hands on Science: Teaching and Learning Science in the XXI Century*, proceedings, pp.11-17. 5-9 July 2004, Ljubljana, Slovenia, Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στα: <http://www.hsci.info/hsci2004/index.html> και [http://www.ijhsci.info/hsci2004/PROCEEDINGS/FinalPapers/Science\\_teaching.pdf](http://www.ijhsci.info/hsci2004/PROCEEDINGS/FinalPapers/Science_teaching.pdf)
- Michaelides P. G. (2012). Problem Based Learning in Science and Technology teaching in the Department of Primary Teachers Education of the University of Crete, in Costa MF, Dorrió BV, Erdogan M, Erentay N (Eds.) *Proceedings of 9th International Conference on Hands on Science – Hsci2012*, pp. 112-119. 17-21 October 2012, Antalya, Turkey. ISBN 978-989-98032-0-6. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: [http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/37349/1/ProceedingsHSCI2012\\_smallsize.pdf](http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/37349/1/ProceedingsHSCI2012_smallsize.pdf),
- Michaelides P. G. (2015). Why-, Ways-, Whom-, When- What- and Who- to Teach in Science and Technology, in Costa MF, Dorrió BV (Eds.) *Proceedings of International*



*Conference on Hands-on Science: Brightening our Future*, HSci2015, pp. 1-17. ISBN: 978-989-8798-01-5. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: [http://www.ijhsci.info/hsci\\_books/proceedings/HSCI\\_2015.zip](http://www.ijhsci.info/hsci_books/proceedings/HSCI_2015.zip)

Michaelides P. G. & Tsigris Miltiadis (2004). Science Teaching with Self-made Apparatus, in S.Divjak (Ed.) *Proceedings of 1st International Conference on Hands on Science: Teaching and Learning Science in the XXI Century*, 5-9 July 2004, University of Ljubljana, Slovenia. ISBN: 961-6209-45-0. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στα <http://www.hsci.info/hsci2004/index.html> και <http://www.ijhsci.info/hsci2004/PROCEEDINGS/FinalPapers/040530.pdf>

Moll Luis C. (Ed.) (1990). *Vygotsky and Education: Instructional Implications and Applications of Sociocultural Psychology*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139173674>

Papert, Seymour (1980). *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas* (2<sup>nd</sup> ed). New York, Basic books. ISBN: 978-0465046744.

Pathare S. R. & Pradhan H. C. (2010). Students' misconceptions about heat transfer mechanisms and elementary kinetic theory. *Physics Education* 45(6), pp. 629-634. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/45/6/008>

Piaget Jean (1974). *To Understand is to Invent: The Future of Education*. p. 14. Grossman Publishers, New York. ISBN: 978-0670720347.

Popper, K. R. (1957). The aim of science. *Ratio*, 1, 24-35.

Popper, K. R. (1961). *The Logic of Scientific Discovery*, Routledge. ISBN: 978-0415278447.

Popper, K. R. (1963). *Conjectures and refutations*. London: Routledge & Kegan Paul.

Powell, Anne M. (1997). *Academic Tutoring and Mentoring: A Literature Review*. California Research Bureau, California State Library. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.193.3667&rep=rep1&type=pdf>

Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants Part 1. *On the Horizon*, 9(5), pp. 1-6, MCB University Press.

Rosenshine, B. and Meister, C. (1992) The use of scaffolds for teaching higher-level cognitive strategies. *Educational Leadership*, 49, 26-33.

Russell Bertrand (1926). *On Education, Especially in Early Childhood*. London: George Allen & Unwin Limited. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στα: <http://www.humanities.mcmaster.ca/~russell/> και [https://russell-j.com/beginner/ON\\_EDU-TEXT.HTM](https://russell-j.com/beginner/ON_EDU-TEXT.HTM)

Sober Elliott (2014). Is the Scientific Method a Myth? Perspectives from the History and Philosophy of Science, *MÉTODE Science Studies Journal*, 5, 195-199. University of Valencia. DOI: 10.7203/metode.84.3883.



- Sokal, Alan D. (1996a). Transgressing the Boundaries: Toward a Transformative Hermeneutics of Quantum Gravity. *Social Text* 46/47, 217-252. DOI:10.2307/466856.
- Sokal, Alan D. (1996b). A Physicist Experiments with Cultural Studies, *Lingua Franca* 6(4), pp. 62-64.
- Snow, Charles Percy (1959). *The Two Cultures and the Scientific Revolution*. Cambridge: Cambridge University Press. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: <http://intelligentagent.com/RISD/TheTwoCultures.pdf>
- Snow, Charles Percy (1963). *The Two Cultures: A Second Look*. Cambridge University Press (Online ISBN: 9781139196949, DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139196949>).
- Tate William (2001). Science Education as a Civil Right: Urban Schools and Opportunity-to-Learn Considerations. *Journal of Research in Science Teaching* 38(9), pp. 1015-1028. <https://doi.org/10.1002/tea.1045>
- Tsigris Miltiadis & Michaelides P. G. (2006). On the Feasibility to Include Contemporary Science Concepts in the Primary School Curricula: A Retrospection into Two Case Studies, In Costa M. F. M., Dorrió B. V. (Eds.) *Proceedings of the 3rd International Conference on Hands-on Science: Science Education and Sustainable Development (HSci2006)* pp 261-266. Universidade do Minho, Braga Braga, Portugal. ISBN: 9899509507. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: [http://www.ijhsci.info/hsci\\_books/proceedings/HSCI\\_2006.zip](http://www.ijhsci.info/hsci_books/proceedings/HSCI_2006.zip)
- Tytler Russell (2000). A comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression, *International Journal of Science Education*, 22(5), 447-467. <https://doi.org/10.1080/095006900289723>
- Tytler, R. & Peterson, S. (2000). Deconstructing learning in science—Young children's responses to a classroom sequence on evaporation. *Research in Science Education*, 30, 339-355. <https://doi.org/10.1007/BF02461555>
- UNESCO. Education for All, Global Monitoring Reports. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: <https://en.unesco.org/gem-report/report-education-all-efa>
- Weiss Leah (2000). *Ell and Non-Ell Students' Misconceptions about Heat and Temperature in Middle School*. M. Ed. Thesis, Dept. of Teaching and Learning Principals in the College of Education at the University of Central Florida. Προσπελάστηκε στις 7/3/2021, στο: [http://etd.fcla.edu/CF/CFE0003238/Weiss\\_Leah\\_C\\_20108\\_MEd.pdf](http://etd.fcla.edu/CF/CFE0003238/Weiss_Leah_C_20108_MEd.pdf)



## **Συνοπτικό Βιογραφικό Σημείωμα**

**Παναγιώτης Γ. Μιχαηλίδης:** Γέννηση στη Νεάπολη Λακωνίας από τους δασκάλους της περιοχής Γεώργιο Μιχαηλίδη και Αφροδίτη Γαβρίλη. 4 παιδιά με τη Χαρά Αθανασάκη. Εθελοντής αιμοδότης.

Πτυχίο Φυσικής, Διδακτορικό Φυσικών Επιστημών, Πτυχίο Νομικής. Θερινά σχολεία, επιμορφωτικά σεμινάρια, ελεύθερα μαθήματα στην Ελλάδα και στο εξωτερικό. Ξένες γλώσσες Αγγλικά και Γαλλικά.

Έρευνα (με πολυάριθμες δημοσιεύσεις και παρουσιάσεις σε περιοδικά, συνέδρια κλπ., ευρεσιτεχνίες και καινοτομίες) και Διδασκαλία (σε αντικείμενα Ε&Τ, Περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, στοιχειώδη σωματρία) σε: Πανεπιστήμιο Κρήτης (Αναπληρωτής καθηγητής, Καθηγητής, ιδρυτής και διευθυντής του Εργαστηρίου Διδακτικής Θετικών Επιστημών στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Διδάσκων στο Φυσικό Τμήμα), Πανεπιστήμιο Αθηνών (συνεργάτης και επιμελητής στο Εργαστήριο Πυρηνικής Φυσικής), Πανεπιστήμιο Liverpool (Oliver Lodge Laboratory), και Πανεπιστήμια του εξωτερικού και CERN (βραχύχρονες επισκέψεις).

Αντιπρόσωπος Ελληνικής Κυβέρνησης σε επιτροπές της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του WIPO για θέματα Πληροφορικής. Ειδικός Σύμβουλος Υπουργού Ε&Τ. Αντιπρόεδρος Παιδαγωγικού Ινστιτούτο και Πρόεδρος τμήματος Τεχνικής Επαγγελματικής Εκπαίδευσης, Αντιπρόεδρος Γενικού Περιφερειακού Νοσοκομείου Ηρακλείου 'Βενιζέλειο-Πανάκειο'. Σύμβουλος επιχειρήσεων για θέματα ανάπτυξης και εφαρμογών Σύγχρονης Τεχνολογίας.

Μέλος επιστημονικών ενώσεων και δικτύων. Συνιδρυτής των ΕΝΕΦΕΤ, ΕΤΠΕ, ΗSci.

Διαμόρφωση και διδασκαλία προπτυχιακών, μεταπτυχιακών και επιμορφωτικών μαθημάτων και εργαστηρίων Ε&Τ σε Πανεπιστήμια, Σχολεία και Επιχειρήσεις. Καθοδήγηση διδακτορικών (εισηγητής και/ή εξεταστής σε ελληνικά και ξένα Πανεπιστήμια). Μαθήματα και διαλέξεις σε ευρύτερα ακροατήρια.