

# Η πορεία διάδοσης του φωτός δοσμένη με την εμπειρικο-επαγωγική και την υποθετικο-παραγωγική εικόνα της επιστήμης

**Σταύρος Σταυρινούδης**  
Med, Φυσικός  
*ststavrinoudis@gmail.com*

## ➤ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διδακτική, ως κλάδος της παιδαγωγικής επιστήμης με εργαλείο την έρευνα της διδασκαλίας, επιδιώκει τη συστηματοποίηση των βασικών θεωρητικών παραδοχών, των προϋποθέσεων και των συνεπειών της καθώς και την παρουσίαση των ευρημάτων και των συμπερασμάτων της υπό μορφή θεωριών για τη διδασκαλία, με σκοπό τον αρτιότερο εκπαιδευτικό σχεδιασμό και τον έλεγχο της υλοποίησης των διδακτικών στόχων. Στο πλαίσιο της διδακτικής εντάσσεται και η συζήτηση «εικόνων» της επιστημολογικής γνώσης, δηλαδή αντιλήψεων για τον τρόπο που συγκροτείται και αλλάζει η γνώση. Σκοπός του παρόντος άρθρου είναι η θεωρητική ενασχόληση με δύο επιστημολογικές «εικόνες», την εμπειρικο-επαγωγική και την υποθετικο-παραγωγική καθώς και η παρουσίαση διδακτικής πρότασης για την ενότητα «Διάδοση του φωτός» του διδακτικού αντικειμένου «Ερευνώ και ανακαλύπτω» της Ε΄ Δημοτικού τόσο υπό το πρίσμα της εμπειρικο-επαγωγικής μεθόδου όσο και υπό το πρίσμα της υποθετικο-παραγωγικής μεθόδου. Το άρθρο δομείται σε δύο βασικές ενότητες. Στην πρώτη παρατίθεται το θεωρητικό πλαίσιο, δηλαδή θεωρητική πλαισίωση της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και των επιστημολογικών εικόνων με έμφαση στην εμπειρικο-επαγωγική και την υποθετικο-παραγωγική εικόνα. Στη δεύτερη ενότητα του άρθρου παρουσιάζονται δύο διδακτικές προτάσεις για τη διδασκαλία της ενότητας «Διάδοση του φωτός» στο πλαίσιο της Ε΄ Δημοτικού. Η μία διδακτική πρόταση δίνεται υπό το πρίσμα της εμπειρικο-επαγωγικής μεθόδου και η άλλη υπό το πρίσμα της υποθετικο-παραγωγικής εικόνας. Το άρθρο ολοκληρώνεται με την κατάθεση συμπερασμάτων.

**Λέξεις - κλειδιά:** Διδακτική Φυσικών Επιστημών, επιστημολογικές εικόνες, εμπειρικο-επαγωγική εικόνα, υποθετικο-παραγωγική εικόνα, διάδοση του φωτός.



## ➤ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο θεωρητικό μέρος του παρόντος άρθρου παρουσιάζονται οι τέσσερις επικρατούσες επιστημολογικές εικόνες στο επίπεδο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και αναπτύσσονται τα χαρακτηριστικά των δύο εξ αυτών, της εμπειρικο-επαγωγικής και της υποθετικο-παραγωγικής εικόνας.

Στη συνέχεια, από το βιβλίο «Ερευνώ και ανακαλύπτω» της Ε΄ Δημοτικού (Αποστολάκης, Κορόζη, Παναγοπούλου, Πετρέα & Σάββας, 2008) εστιάζουμε την προσοχή μας στην τρίτη παράγραφο (σσ. 224-226) του κεφαλαίου με τίτλο «Φως» (σσ. 217-237), που μελετά τη διάδοση του φωτός. Περιγράφουμε αναλυτικά τη δομή της συγκεκριμένης παραγράφου μέσω της εμπειρικο-επαγωγικής εικόνας που ακολουθείται από τη συγγραφική ομάδα τόσο στο «βιβλίο του μαθητή» όσο και στο συνοδευτικό «τετράδιο εργασιών» και επισημαίνουμε τον βαθμό στον οποίο ικανοποιούνται οι βασικές αρχές της εικόνας αυτής. Ακολούθως, παρουσιάζουμε την ίδια διδακτική ενότητα με την υποθετικο-παραγωγική εικόνα, αναδεικνύοντας τη γνωστική σύγκρουση που μας οδηγεί σε αναδιάρθρωση της αρχικής υπόθεσης.

Το άρθρο ολοκληρώνεται με την παράθεση σχετικής αποτίμησης.

## ➤ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

### Οι εικόνες της επιστημονικής γνώσης

Η διδακτική των Φυσικών Επιστημών αποτελεί σήμερα μια ενταγμένη στις Επιστήμες της Αγωγής αλλά αυτόνομη επιστημονική περιοχή (Κουλαϊδής, 2001a), η οποία εξετάζει, αναλύει και προτείνει λύσεις στους προβληματισμούς που ανακύπτουν στο πεδίο της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών μέσω της σχεδίασης και υλοποίησης διδακτικού έργου, της διαμόρφωσης νέων περιβαλλόντων μάθησης και της εισαγωγής νέων καινοτόμων διδακτικών προσεγγίσεων (Σκουμιάς, 2012).

Ο Ραβάνης (1995: 432) υποστηρίζει ότι η σύγχρονη διδακτική των Φυσικών Επιστημών «[...] απαιτεί και την αφομοίωση της επιστημονικής μεθοδολογίας, την κριτική στάση απέναντι στις επιστήμες και τις εφαρμογές τους [...]» από τον μαθητή. Πρόκειται για μια επιστημονική μεθοδολογία την οποία ο μαθητής αντιλαμβάνεται ανάλογα με τις εικόνες της επιστήμης, όπως αυτές παρουσιάζονται από τα σχολικά βιβλία.

Ο προβληματισμός αναφορικά με τους τρόπους επιστημονικού συμπερασμού, τα κριτήρια οριοθέτησης της επιστημονικής γνώσης, τα πρότυπα αλλαγής της επιστημονικής γνώσης καθώς και τις αντιλήψεις για το κύρος και τη χρησιμότητά τους οδήγησε στην επιστημολογική συγκρότηση των επιστημολογικών εικόνων. Στο πλαίσιο αυτού του προβληματισμού έχουν αναπτυχθεί τέσσερις κυρίαρχες επιστημολογικές εικόνες: η εμπειρικο-επαγωγική, η υποθετικο-παραγωγική, η συμφραστική και η σχετιστική.



Η εμπειρικο-επαγωγική εικόνα αποτελεί έκφραση του λογικού θετικισμού (Κουλαϊδής, 2001b), ενός επιστημολογικού ρεύματος που εμφανίστηκε τη δεκαετία 1920-30 στη γερμανόφωνη Ευρώπη. Έγινε γνωστή ως «Κύκλος της Βιέννης» και το ενοποιητικό στοιχείο που τη διακρίνει είναι η προγραμματική αντίθεση σε κάθε μεταφυσική. Κοινό σημείο του «Κύκλου της Βιέννης» με τον «Κλασικό Εμπειρισμό» (Locke, Hume, Mill) είναι η πεποίθηση ότι η θεμελίωση της έγκυρης γνώσης επέρχεται από τα δεδομένα της εμπειρίας (Κάλφας, 2008). Ως επιστημολογικό ρεύμα ο «Κύκλος της Βιέννης» θεωρεί ότι η εγκυρότητα μιας διατυπωμένης γνώμης καθορίζεται από τη δυνατότητα επιβεβαίωσής της βάσει των εμπειρικών δεδομένων (Μιχαλακόπουλος, 2017). Η υποθετικο-παραγωγική εικόνα αποτελεί έκφραση του ορθολογισμού, ο οποίος ως επιστημολογικό ρεύμα θεωρεί πηγή και κριτήριο της γνώσης τον «ορθό λόγο», δηλαδή εκείνες τις προτάσεις που κρίνονται αληθινές πέρα από κάθε αμφισβήτηση (Μιχαλακόπουλος, 2017). Για τον ορθολογιστή Popper οι θεωρίες δεν είναι επαγωγικά αλλά παραγωγικά συστήματα. Ο επιστημονικός ορθολογισμός πορεύεται απομακρυνόμενος από το λάθος και προσεγγίζοντας την αλήθεια με την κριτική απόρριψη υποθέσεων που έρχονται σε αντιπαράθεση με την εμπειρία και την ανάδυση και θεμελίωση νέων καλύτερων υποθέσεων (Κάλφας, 2008). Τόσο στην εμπειρικο-επαγωγική όσο και στην υποθετικο-παραγωγική εικόνα της επιστήμης σημαντικός είναι ο ρόλος της πειραματικής διαδικασίας. Όμως ο εμπειριστής αγαπά τα γεγονότα σε όλη τους την ακατέργαστη πολλαπλότητα, ενώ ο ορθολογιστής είναι αφοσιωμένος σε αφηρημένες και αιώνιες αρχές (James, 2006).

Η συμφραστική εικόνα αναδύεται από το ρεύμα του απόλυτου σχετικισμού, δίνοντας έμφαση στις κοινωνικές, οικονομικές και ιστορικές διαστάσεις της επιστήμης. Αναδύεται από τη διαμάχη του λογικού θετικισμού και του ορθολογισμού ως μια ενδιάμεση οδός με κύριους εκφραστές τους Kuhn και Ziman (Κουλαϊδής, 2001d). Ο Kuhn, για να θεμελιώσει το νέο επιστημολογικό ρεύμα, εισάγει νέους όρους, όπως της «επιστημονικής κοινότητας» ως ένα σύνολο επιστημόνων με συναφές πεδίο έρευνας, του «παραδείγματος» ως το σύνολο αναγνωρισμένων πεποιθήσεων, της «φυσιολογικής επιστήμης» ως τη σύνδεση μιας επιστημονικής κοινότητας με ένα παράδειγμα, των «ανωμαλιών» ως τις διαψεύσεις μιας αποδεκτής πεποίθησης, της «κρίσης» ως το χάσιμο της εμπιστοσύνης της κοινότητας σε ένα παράδειγμα, της «επιστημονικής επανάστασης» ως την περίοδο αναζήτησης του νέου παραδείγματος και της «επιστημονικής αλλαγής» ως την εγκαθίδρυση του νέου παραδείγματος (Kuhn, 2008).

Τέλος, η σχετικιστική εικόνα αποτελεί έκφραση του ρεύματος «ενάντια στη μέθοδο» και έχει ως εργαλεία το αντι-επαγωγικό σχήμα και την αρχή της ασυμμετρίας. Ο σχετικισμός ως ρεύμα αρνείται την ύπαρξη καθολικών και μη ιστορικών κανόνων ορθολογισμού, δηλαδή κανόνων που θα αποτελούσαν για τους επιστήμονες κριτήρια επιλογής μεταξύ των αντιμαχόμενων επιστημονικών θεωριών (Κουλαϊδής, 2001e).



## Η εμπειρικο-επαγωγική εικόνα της επιστημονικής γνώσης

Ο Bacon –υποστηρίζοντας την εμπειρία ως τον πιο αποτελεσματικό τρόπο για να αποκτήσει ο άνθρωπος γνώσεις– εισηγήθηκε τον επαγωγικό λογισμό, εξαίροντας την παρατήρηση και το πείραμα ως θεμελιώδη συστατικά της εμπειρικής μεθόδου. Ο Locke, ενστερνιζόμενος την ίδια φιλοσοφική σκέψη, θεώρησε ότι οι ιδέες στον ανθρώπινο νου αρχίζουν να σχηματοποιούνται με την απόκτηση, μέσω των αισθήσεων, εμπειριών που πληθαίνουν στο πέρασμα του χρόνου (Μιχαλακόπουλος, 2017). Ο Berkeley υιοθέτησε τις βασικές αρχές του εμπειρισμού των Bacon και Locke, αλλά προχώρησε ακόμα περισσότερο με το να αρνηθεί την ύπαρξη αφηρημένων ιδεών. Ο Hume με αφετηρία τόσο τη βασική αρχή που διατύπωσε ο Locke –δηλαδή ότι «ο άνθρωπος δε διαθέτει έμφυτες ιδέες, αλλά πηγή κάθε γνώσης είναι η εμπειρία»– όσο και την άποψη του Berkeley για τη «μη ύπαρξη αφηρημένων ιδεών» όρισε δύο είδη γνώσης: την εννοιακή γνώση που αναφέρεται σε εντυπώσεις και την αποδεικτική που αναφέρεται στη σύγκριση μεγεθών. Επίσης, πραγματεύτηκε τη σχέση αίτιου και αποτελέσματος θεωρώντας τα ως δύο ξεχωριστά και διακριτά γεγονότα και προχώρησε σε μια ενδιαφέρουσα ανάλυση της αιτιότητας. Διέκρινε δύο είδη αιτιότητας, μία που διέπει τον ανόργανο κόσμο και εκφράζει αλληλουχία καταστάσεων και μία που διέπει τους βιολογικούς οργανισμούς και υποδηλώνει σκοπό. Κοινό χαρακτηριστικό των δύο ειδών αιτιότητας είναι ο δεσμός της αναγκαιότητας που διακρίνει ο άνθρωπος στη σχέση αίτιου και αποτελέσματος (Σφενδόνη-Μέντζου, 2012).

Ο Κουλαϊδής (2001b), στο πλαίσιο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, πιθανολογεί ότι η εμπειρικο-επαγωγική εικόνα είναι η πλέον σημαντική στον χώρο, εφόσον όσοι εμπλέκονται με τη διδασκαλία των διδακτικών αντικειμένων των Φυσικών Επιστημών έχουν διαμορφώσει αντίληψη για το «τι είναι επιστήμη» σύμφωνα με αυτή την εικόνα, δεδομένου ότι προωθείται στα περισσότερα σχολικά εγχειρίδια που απευθύνονται τόσο στον μαθητή όσο και στον εκπαιδευτικό.

Η εμπειρικο-επαγωγική εικόνα της επιστημονικής γνώσης είναι η επιστημονική μέθοδος παραγωγής επιστημονικής γνώσης που στηρίζεται στη συσσώρευση δεδομένων τα οποία προκύπτουν από επισταμένες παρατηρήσεις και πειραματικές διαδικασίες (Κουλαϊδής, 2001b). Οι Smith & Scharmann (1999) αναφέρουν ότι η συλλογή δεδομένων μέσω πειραμάτων ή απλών παρατηρήσεων είτε από τον ίδιο τον ερευνητή είτε από πλειάδα άλλων ερευνητών δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας και αποτύπωσης ποικιλίας καταστάσεων. Για την εξαγωγή συμπερασμάτων, δηλαδή γενικεύσεων υπό μορφή επιστημονικών νόμων, γίνεται χρήση του επαγωγικού λογικού σχήματος με μια πορεία από το ειδικό (παρατηρήσεις, πειραματικά δεδομένα) προς το γενικό (Κουλαϊδής, 2001b). Με το επαγωγικό σχήμα έχουμε απόλυτη διάκριση μεταξύ παρατηρησιακών όρων (πειραμάτων) και θεωρητικών όρων (γενικεύσεων).

Η επιστημονική γνώση προέρχεται από εμπειρικά γεγονότα που καταγράφονται από τα αισθητήρια όργανα του ανθρώπου, χωρίς να υπεισέρχεται καμιά υποκειμενική παράμετρος, γεγονός που την καθιστά αντικειμενική και αξιόπιστη (Κουλαϊδής, 2001b). Η αξιοπιστία της γνώσης αυτής ενισχύεται με την αύξηση του αριθμού των



παρατηρήσεων καθώς και τη διεύρυνση της ποικιλίας των συνθηκών υπό τις οποίες γίνονται.

Ο Harre (όπ. αναφ. στο Κουλαϊδής 2001b) για την πληρέστερη εικόνα του εμπειρικο-επαγωγικού σχήματος διακρίνει τις παρακάτω τρεις βασικές αρχές:

- ♦ **Η αρχή της συσσώρευσης:** Επιστημονική γνώση είναι η ύπαρξη πολλών και καλά πιστοποιημένων, πειραματικών δεδομένων - γεγονότων που επαυξάνεται με την περαιτέρω προσθήκη νέων, καλά πιστοποιημένων, δεδομένων - γεγονότων.
- ♦ **Η αρχή της επαγωγής:** Οι αληθείς επιστημονικοί νόμοι και οι θεωρίες πηγάζουν / διαμορφώνονται με βάση την αρχή της συσσώρευσης από σωστές παρατηρήσεις και αποτελέσματα πειραματικών διεργασιών.
- ♦ **Η αρχή της επιβεβαίωσης:** Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των σχετικών με το υπό μελέτη φαινόμενο περιστάσεων που έχουν παρατηρηθεί τόσο ισχυροποιείται η αξιοπιστία της γενίκευσης που προκύπτει.

Ως σημαντική αδυναμία της εμπειρικο-επαγωγικής εικόνας καταγράφεται το γεγονός ότι από μόνη της η επαγωγή δεν παρέχει ασφαλή επιστημονική γνώση, με δεδομένο ότι τα συμπεράσματα που εξάγονται διά της επαγωγής είναι δυνατό να διαμευσθούν από την εμπειρία (Δρακόπουλος, 2001).

### Η υποθετικο-παραγωγική εικόνα της επιστημονικής γνώσης

Ο ορθολογισμός, θεμελιωτής του οποίου είναι ο Descartes, στηρίζεται στη θεώρηση ότι πηγή και κριτήριο της γνώσης είναι ο ορθός λόγος. Απορρίπτει τόσο τις εμπειρίες όσο και τις άκριτες παραστάσεις της νόησης από αξιόπιστους οδηγούς στην έρευνα της αλήθειας και θεωρεί τον λόγο ως το μόνο βέβαιο μέσο για την απόκτηση της ορθής γνώσης (Μιχαλακόπουλος, 2017). Η καρτεσιανή μέθοδος έχει ως στόχο της να βρει κάποιες αξιωματικά αναμφισβήτητες αλήθειες, τις οποίες χρησιμοποιεί ως θεμέλιο στήριξης της όλης πορείας και, ακολουθώντας την παραγωγική μέθοδο, επιδιώκει να φτάσει σε επιμέρους βέβαια συμπεράσματα ή διαφεύσεις των υποθέσεων (Σφενδόνη-Μέντζου, 2012). Η επιστημονική ορθολογικότητα της υποθετικο-παραγωγικής εικόνας συνίσταται στη συνεχή κριτική απόρριψη των υποθέσεων, απόρριψη που επιτυγχάνεται με την αντιπαράθεση προς την εμπειρία, και τη θεμελίωση νέων καλύτερων υποθέσεων. Έτσι, επέρχεται αντικειμενική πρόοδος, καθώς απομακρυνόμαστε από το λάθος και προσεγγίζουμε την αλήθεια (Κάλφας, 2008).

Ο Carnap ισχυρίζεται ότι είναι αδύνατη η διατύπωση θεωριών με την επαγωγική πορεία, καθώς η επιστήμη δε στοχεύει στη συσσώρευση και αξιοποίηση παρατηρησιακών δεδομένων αλλά στην εξήγηση των φυσικών φαινομένων βάσει υποθέσεων. Εισηγείται, δηλαδή, μια επιστημονική πορεία αντίθετη από αυτήν της εμπειρικο-επαγωγικής (Μετάφας, 2013).

Ο Popper με τη σειρά του θεωρεί ότι ο ρόλος της επιστήμης είναι η διατύπωση τολμηρών υποθέσεων οι οποίες υποβάλλονται σε κριτικούς ελέγχους (Μετάφας, 2013). Για τον Popper οι θεωρίες δεν αποτελούν επαγωγικά αλλά παραγωγικά συ-



στήματα (Κάλφας, 2008). Με αυτό ως γνώμονα εισάγει το κριτήριο της διαψευσιμότητας, σύμφωνα με το οποίο οι επιστημονικές προτάσεις είναι προσωρινές και κατασκευασμένες με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι δυνατόν να διαψευστούν (Δρακόπουλος, 2001). Η επιστημονική γνώση στηρίζεται αρχικά σε διατυπώσεις θεωρητικών υποθέσεων και ακολούθως στις παρατηρήσεις και τα πειραματικά αποτελέσματα που έρχονται σε δεύτερο χρόνο ως πιθανοί διαψευστές τους (Κουζέλης, 1997, όπ. αναφ. στο Καΐσέρογλου, 2013). Οι Abd-El-Khalick & Lederman (2000) επισημαίνουν ότι το πείραμα στοχεύει στη διερεύνηση του κατά πόσο μια επιστημονική αξίωση διακρίνεται από εγκυρότητα και αξιοπιστία. Δηλαδή, αξιολογούν το πείραμα ως εργαλείο που προσδίδει ή αφαιρεί αξιοπιστία σε/από μια υπόθεση ή σε/από μια θεωρία. Με αυτή την επιστημονική μέθοδο παράγεται επιστημονική γνώση η οποία αντικαθιστά προϋπάρχουσες θεωρίες με νέες πιο ολοκληρωμένες, οι οποίες με τη σειρά τους θα υποστούν κι αυτές το ενδεχόμενο της διάψευσης (Κουλαϊδής, 2001c). Στο πλαίσιο αυτό, ακόμα και για τη μακροβιότερη θεωρία εγκυμονεί πάντοτε το ενδεχόμενο μιας μελλοντικής διάψευσης.

Ο Popper (όπ. αναφ. στο Κουλαϊδής, 2001c) διακρίνει σε μια πολύ καλή θεωρία δύο χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα, θεωρεί ότι ο βαθμός της επιστημονικότητας μιας υπόθεσης αυξάνεται όσο καλύτερα ορισμένες είναι οι συνθήκες κάτω από τις οποίες μπορεί να διαψευστεί (Μετάφραση 2013) και όσο μεγαλύτερη αντοχή επιδεικνύει στις απόπειρες διάψευσής της μέσω πειραματικών ελέγχων (Καΐσέρογλου, 2013). Οι αρχές της υποθετικο-παραγωγικής εικόνας, σύμφωνα με τον Popper (1997), είναι:

- ♦ το παραγωγικό σχήμα πειραματικού ελέγχου των υποθέσεων, και
- ♦ η αρχή της διαψευσιμότητας ως κριτήριο οριοθέτησης της επιστημονικής γνώσης, βάσει της οποίας η επιστήμη προσεγγίζει την αλήθεια απομακρύνοντας τα λάθη.

Στη θέση της επαγωγικής πορείας από το ειδικό στο γενικό έρχεται η παραγωγική πορεία από το γενικό στο ειδικό μέσω της διάψευσης - ανασκευής μιας υπόθεσης. Στον χώρο της εκπαιδευτικής κοινότητας και ειδικότερα στο πλαίσιο των Φυσικών Επιστημών ως υποθέσεις μπορούν να εκληφθούν από την πλευρά του διδάσκοντα οι προϋπάρχουσες γνώσεις των διδασκόμενων στους οποίους μέσω των πειραμάτων θα προκληθεί γνωστική σύγκρουση, κάτι στο οποίο στοχεύει η διδακτική των Φυσικών Επιστημών.



## ➤ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

### Η πορεία διάδοσης του φωτός δοσμένη με την εμπειρικο-επαγωγική εικόνα

Στο σχολικό εγχειρίδιο «Ερευνώ και ανακαλύπτω» της Ε΄ Δημοτικού (Αποστολάκης κ.ά., 2008), μελετώντας το κεφάλαιο που πραγματεύεται το «Φως» (σσ. 217-237) εστιάζουμε την προσοχή μας στην τρίτη παράγραφο του, μια παράγραφο που αντικείμενο έχει τη «Διάδοση του φωτός» (σσ. 224-226). Η εν λόγω παράγραφος πραγματεύεται την πορεία που ακολουθεί το φως κατά τη διάδοσή του, στηριζόμενη στην εμπειρικο-επαγωγική εικόνα δόμησης της επιστημονικής γνώσης. Προτάσσεται το ειδικό, δηλαδή παρατηρήσεις και πειράματα, και έπεται το γενικό, δηλαδή η γενίκευση και το συμπέρασμα.

Η συγκεκριμένη ενότητα ξεκινάει με δύο εικόνες (εικόνες 1 και 2). Στις δύο αυτές εικόνες ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να παρατηρήσει την πορεία που ακολουθούν οι ακτίνες του φωτός. Συγκεκριμένα, στην πρώτη εικόνα ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να παρατηρήσει την πορεία που ακολουθούν οι φωτεινές ακτίνες των προβολέων σε μια βραδινή τελετή στο Καλλιμάρμαρο Στάδιο. Στη δεύτερη εικόνα δίνεται η δυνατότητα στον μαθητή να παρατηρήσει την πορεία που ακολουθούν οι φωτεινές ακτίνες του ήλιου μέσα στο δάσος.



Εικόνα 1



Εικόνα 2

Ακολουθούν τρία πειράματα. Στο πρώτο πείραμα (σ. 224) χρησιμοποιούνται τα ακόλουθα όργανα - υλικά: λυχνιολαβή, μπαταρία, λαμπάκι, καλώδια, σουρωτήρι, αλουμινόφυλλο, βελόνα, σφουγγάρι και σκόνη κιμωλίας. Με τα τέσσερα πρώτα σχηματίζεται κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα, με αποτέλεσμα το λαμπάκι να φωτοβολεί. Η όλη διάταξη τοποθετείται σε σκοτεινό χώρο και το λαμπάκι σκεπάζεται πλήρως με το σουρωτήρι που έχει καλυφθεί με το αλουμινόφυλλο (εικόνα 3). Ακολουθώς, ο εκπαιδευτικός ανοίγει με τη βελόνα μερικές μικρού διαμετρήματος τρύπες στο αλουμινόφυλλο και εν συνεχεία με το σφουγγάρι του πίνακα της τάξης σκορπίζει στον χώρο πάνω από το σουρωτήρι σκόνη κιμωλίας (εικόνα 4). Τότε ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να δει την πορεία που ακολουθεί το φως, καθώς εξέρχεται από τις τρύπες που έχουν δημιουργηθεί στην επιφάνεια του αλουμινόφυλλου.



Εικόνα 3



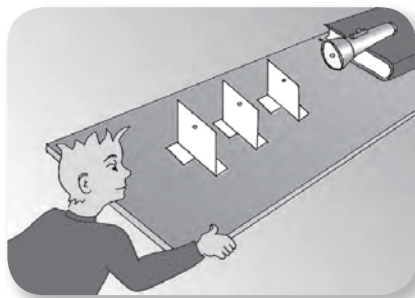
Εικόνα 4

Στο δεύτερο πείραμα (σ. 225) χρησιμοποιούνται τα εξής υλικά: πλαστελίνη, κερί και καλαμάκι. Με τη βοήθεια της πλαστελίνης στερεώνεται το αναμμένο κερί πάνω στο τραπέζι. Ο μαθητής κλείνει το ένα του μάτι και με το άλλο προσπαθεί να δει τη φλόγα του κεριού μέσα από το καλαμάκι, όταν αυτό είναι ευθύγραμμο και όταν είναι λυγισμένο (εικόνα 5).

Στο τρίτο πείραμα (σ. 225) ο μαθητής καλείται να τοποθετήσει κατάλληλα τρία χαρτόνια, με το καθένα να φέρει μια τρύπα που έχει γίνει με διατρητικό. Συγκεκριμένα, τοποθετεί παράλληλα μεταξύ τους τα τρία χαρτόνια με τις τρεις τρύπες να ορίζουν μια ευθεία. Ο μαθητής δοκιμάζει να δει τον αναμμένο φακό Laser μέσα από αυτές (εικόνα 6).



Εικόνα 5



Εικόνα 6





### **Ο βαθμός ικανοποίησης των κριτηρίων της εμπειρικο-επαγωγικής εικόνας**

Με τις δύο εικόνες και τα τρία πειράματα έχουμε την αρχή της συσσώρευσης να καλύπτεται σε ικανοποιητικό βαθμό. Μειονέκτημα είναι η μη εκτέλεση των πειραμάτων υπό διαφορετικές συνθήκες (π.χ. να παρεμβάλλονται μεταξύ της φωτεινής πηγής και του ματιού όχι ένα αλλά δύο διαδοχικά υλικά, στον οποίων τη διαχωριστική επιφάνεια η ακτίνα του φωτός να μην προσπίπτει κάθετα).

Η αρχή της επαγωγής ικανοποιείται με τη γενίκευση των προαναφερόμενων παρατηρήσεων και πειραματικών διαδικασιών που ζητείται να διατυπωθεί από τον μαθητή υπό μορφή συμπεράσματος, όπως: «Το φως κατά τη διάδοσή του μέσω της ύλης ακολουθεί γενικά ευθύγραμμη πορεία».

Στον μαθητή δίνονται στη συνέχεια δύο εργασίες για το σπίτι (σ. 226). Στην πρώτη δίνεται σχεδιασμένη η ορθή τοποθέτηση των τριών χαρτονιών του τρίτου πειράματος και καλείται ο μαθητής να σχεδιάσει την πορεία του φωτός από τον φακό μέχρι το μάτι του παιδιού. Στη δεύτερη δίνεται μια εικόνα με μια φωτεινή πηγή, ένα αδιαφανές πέτασμα και πέντε σημεία, για τα οποία καλείται ο μαθητής να εξηγήσει ποια φωτίζονται και ποια όχι από τη φωτεινή πηγή. Μέσω αυτών των εργασιών μπορούμε να πούμε ότι ικανοποιείται μερικώς η αρχή της επιβεβαίωσης, γιατί –όπως έχει προαναφερθεί– λείπει η συλλογή παρατηρήσεων υπό διαφορετικές συνθήκες.

### **Η πορεία διάδοσης του φωτός δοσμένη με την υποθετικο-παραγωγική εικόνα**

Για να δομηθεί η διδασκαλία της ενότητας που αφορά τη διάδοση του φωτός –και συγκεκριμένα την πορεία που ακολουθεί μια ακτίνα φωτός– με την υποθετικο-παραγωγική εικόνα, θα πρέπει να αρχίσουμε με μια γενίκευση διατυπωμένη με υποθετικό τρόπο, ώστε τα αποτελέσματα των πειραματικών διαδικασιών που θα ακολουθήσουν, να προκαλέσουν γνωστική σύγκρουση και να δράσουν ως διψευστές ή εν μέρει επιβεβαιωτές.

Οι μαθητές επιλέγουν ως υπόθεση την πρόταση «Το φως κατά τη διάδοσή του ακολουθεί πάντοτε ευθύγραμμη πορεία».

Αναπαράγουμε το πρώτο πείραμα της σ. 225 του βιβλίου του μαθητή της Ε΄ Δημοτικού χρησιμοποιώντας τα εξής υλικά: πλαστελίνη, κερί και καλαμάκι. Στερεώνεται το αναμμένο κερί με τη βοήθεια της πλαστελίνης πάνω στο τραπέζι. Καλούμε τον μαθητή να σταθεί σε εύλογη απόσταση από το αναμμένο κερί και –κλείνοντας το ένα του μάτι με το άλλο– να προσπαθήσει να δει τη φλόγα του κεριού μέσα από το ευθύγραμμο καλαμάκι και ακολούθως να καταγράψει την παρατήρησή του, η οποία έρχεται σε συμφωνία με την αρχική υπόθεση. Στη συνέχεια, τοποθετούμε κοντά σε κάποιο σημείο της νοητής ευθείας που ενώνει το αναμμένο κερί και το ανοικτό μάτι του μαθητή μια θερμαντική, μη φωτοβολούσα πηγή, π.χ. πιστολάκι



μαλλιών, σε λειτουργία. Μετά από λίγο χρόνο ρωτάμε τον μαθητή αν βλέπει τώρα τη φλόγα του κεριού μέσα από το καλαμάκι.

Εκτελούμε το δεύτερο πείραμα της σ. 225 του βιβλίου του μαθητή της Ε΄ Δημοτικού, κατά το οποίο οι τρύπες που φέρουν τα τρία χαρτόνια τοποθετούνται στη νοητή ευθεία που συνδέει το μάτι του μαθητή και την έξοδο της φωτεινής δέσμης από το Laser. Καλούμε τον μαθητή να καταγράψει την παρατήρησή του, η οποία έρχεται σε συμφωνία με την αρχική υπόθεση. Τον καλούμε να επαναλάβει την παρατήρηση, ενώ εμείς με μια τρύπα αέρα αλλάζουμε την πυκνότητα του αέρα σε μια περιοχή μεταξύ δύο εκ των τριών χαρτονιών, και τον ρωτάμε αν βλέπει τη φωτεινή πηγή. Τον ξανακαλούμε να επαναλάβει την παρατήρηση, ενώ εμείς με ένα πιστολάκι μαλλιών αλλάζουμε τη θερμοκρασία του αέρα σε μια περιοχή μεταξύ δύο εκ των τριών χαρτονιών, και τον ρωτάμε αν βλέπει τη φωτεινή πηγή. Ο μαθητής μάς απαντάει και στις δύο περιπτώσεις αρνητικά.

Σε μια τρίτη πειραματική διαδικασία που μπορούμε να εκτελέσουμε, τοποθετούμε ένα νόμισμα στον πυθμένα ενός κενού δοχείου σε τέτοια θέση ώστε, αν κοιτάξει ο μαθητής πλάγια πάνω από τα χείλη του δοχείου, μόλις να μη φαίνεται. Με έναν τεντωμένο σπάγκο δείχνουμε στα υπόλοιπα παιδιά ότι το μάτι του συμμαθητή τους, το χείλος του δοχείου και το κέρμα δε βρίσκονται στην ίδια ευθεία. Γεμίζουμε το δοχείο με νερό, χωρίς να μετακινηθούν το νόμισμα και ο μαθητής. Ζητάμε από τον μαθητή να καταγράψει την παρατήρησή του. Μας λέει ότι το νόμισμα έγινε πλέον ορατό σε αυτόν.

Με την παραπάνω διδακτική πορεία οι μαθητές διαπιστώνουν ότι η υπόθεση της ευθύγραμμης διάδοσης της φωτεινής ακτίνας επαληθεύεται μόνο, αν αυτή γίνεται εντός του ίδιου μέσου και με την προϋπόθεση αυτό να έχει τις ίδιες ιδιότητες (π.χ. πυκνότητα, θερμοκρασία) σε όλη του την έκταση. Αντιθέτως, δεν επαληθεύεται στην περίπτωση που κατά την πορεία διάδοσης του φωτός έχουμε αλλαγή οπτικού μέσου ή αλλαγή ιδιοτήτων του μέσου. Στη συγκεκριμένη διδακτική πρόταση το υποθετικό λογικό σχήμα τηρείται με τη διατύπωση της υπόθεσης και το παραγωγικό λογικό σχήμα μέσω της δομής των πειραμάτων, τα οποία έρχονται να διαψεύσουν τη γενικότητα που χαρακτηρίζει την υπόθεση αυτή.

## ➤ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η εμπειρικο-επαγωγική εικόνα ως μέθοδος κατάκτησης της επιστημονικής γνώσης κυριαρχεί στα σχολικά βιβλία. Η εικόνα αυτή παρουσιάζεται χρήσιμη στην περίπτωση κατά την οποία οι εικόνες που έχουν αποκτήσει οι μαθητές από την προηγούμενη παρατήρηση είναι ορθές, όπως η ευθύγραμμη πορεία που ακολουθεί το φως εντός ομογενούς οπτικού μέσου. Ταυτοχρόνως, όμως, στερεί από τους μαθητές τη δυνατότητα ανάδειξης των πρακτικοβιωματικών γνώσεών τους, από τη στιγμή που αυτές δεν εκμαιεύονται μέσω μιας αρχικά διατυπωμένης υπόθεσης.

Ο εκπαιδευτικός οφείλει να αξιοποιήσει τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών και να τις χρησιμοποιήσει ως αρχικές υποθέσεις, γιατί θα του προσφερθούν



ευκαιρίες δημιουργίας γνωστικής σύγκρουσης. Η γνωστική σύγκρουση αποτελεί διδασκτικό εργαλείο ιδανικό για την αναδιάρθρωση των γνώσεων των μαθητών (Ραβάνης, 2001: 253). Στην περίπτωση της διάδοσης του φωτός η υποθετικο-παραγωγική μέθοδος δίνει την ευκαιρία να δημιουργηθεί γνωστική σύγκρουση στους μαθητές ως προς την πορεία που ακολουθεί το φως, όταν μεταβάλλεται το μέσο διάδοσης ή οι ιδιότητες αυτού.

Στο πλαίσιο της διδακτικής αξιοποίησης της υποθετικο-παραγωγικής μεθόδου και του εργαλείου της γνωστικής σύγκρουσης στον χώρο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών καταβάλλεται μακρόχρονη ερευνητική προσπάθεια για την καταγραφή των ιδεών και των κατηγοριών που χρησιμοποιούν οι μαθητές αναφορικά με την πρόβλεψη και την ερμηνεία των φυσικών φαινομένων (Champagne κ.ά., 1980; Κολέζα κ.ά., 1993; Ματσαγγούρας, 2009).

Προσδοκούμε να αξιοποιηθούν τα ερευνητικά πορίσματα για τον σχεδιασμό γνωστικά αποτελεσματικών διδακτικών στρατηγικών, οι οποίες να μπορούν να ενσωματώσουν και τα αντίστοιχα διδακτικά υλικά μέσα, προκειμένου να ενισχυθούν οι γνωσιακές και μαθησιακές δυνατότητες και τα αποτελέσματα των μαθητών στα διδακτικά αντικείμενα των Φυσικών Επιστημών.

## Βιβλιογραφία

- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N. G. (2000). The influence of history of science courses on students' views of NOS. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.
- Champagne, A., Klopfer, I. & Anderson, J. H. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48, 1074-79.
- James, W. (2006). *Πραγματισμός*. Αθήνα: Εκκρεμές.
- Kuhn, T. (2008). *Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων* (11η έκδοση). Αθήνα: Σύγχρονα Θέματα.
- Popper, K. (1997). Μια γενική ματιά σε μερικά θεωρητικά προβλήματα. Στο Γ. Κουζέλης (Επιμ.), *Επιστημολογία* (2η έκδοση) (σσ. 46-75). Αθήνα: Νήσος.
- Smith, M.U. & Scharmann, L.C. (1999). Defining versus describing the NOS: a pragmatic analysis for classroom teacher and science educators. *Journal for Research in Science Teaching*, 83, 493-509.
- Αποστολάκης, Ε., Κορόζη, Β., Παναγοπούλου, Ε., Πετρέα, Κ. & Σάββας, Σ. (2007). *Φυσικά Ε΄ Δημοτικού: Ερευνώ και ανακαλύπτω: Βιβλίο μαθητή*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων.
- Δρακόπουλος, Σ. (2001). *Μεθοδολογία Κοινωνικών Επιστημών*. Αθήνα: ΕΚΠΑ.
- Καϊσέρογλου, Ν. (2013). Η επιστημολογική εικόνα της γνώσης (επαγωγική ή υποθετικο-παραγωγική) την οποία προωθούν τα πειράματα που αναφέρονται στα εγχειρίδια των φυσικών επιστημών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Στο Θ. Πιερράτος, Σ. Αρτέμης, Χ. Πολάτογλου & Π. Κουμαράς (Επιμ.), *Ποια φυσική έχει νόημα να διδάσκονται τα*



- παιδιά μας σήμερα*: Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου του ΠΤΔΕ του ΑΠΘ, του Τμήματος Φυσικής του ΑΠΘ & της ΕΕΦ, 9-10 Μαρτίου 2013 (σσ. 389-394). Θεσσαλονίκη.
- Κάλφας, Β. (2008). Ριζικές ανακατατάξεις στη σύγχρονη αγγλοσαξονική επιστημολογία: Ο Thomas Kuhn και η «στροφή» της δεκαετίας 1960-70. Στο Τ. Kuhn, *Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων* (11η έκδοση) (σσ. 9-51). Αθήνα: Σύγχρονα Θέματα.
- Κολέζα, Ε., Μακρής, Κ. & Σουρλάς, Κ. (1993). *Θέματα διδακτικής των μαθηματικών*. Αθήνα: Gutenberg.
- Κουλαϊδής, Β. (2001α). Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: αντικείμενο και αναγκαιότητα, Στο Κ. Δημόπουλος & Β. Χατζηνικήτα (Επιμ.), *Διδακτική των φυσικών επιστημών*, (τ. Α', σσ. 25-50). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Κουλαϊδής, Β. (2001b). Εμπειρικο-επαγωγική εικόνα της επιστημονικής γνώσης: Η παράδοση της κοινής αντίληψης. Στο Κ. Δημόπουλος & Β. Χατζηνικήτα (Επιμ.), *Διδακτική των φυσικών επιστημών* (τ. Α', σσ. 279-294). Πάτρα: ΕΑΠ.
- Κουλαϊδής, Β. (2001c) Υποθετικο-παραγωγική εικόνα της επιστημονικής γνώσης: Από την κοινή αντίληψη στη λογική πληρότητα. Στο Κ. Δημόπουλος & Β. Χατζηνικήτα (Επιμ.), *Διδακτική των φυσικών επιστημών* (τ. Α', σσ. 295-314). Πάτρα: ΕΑΠ.
- Κουλαϊδής, Β. (2001d). Συμφραστική εικόνα της επιστημονικής γνώσης: εισαγωγή των κοινωνιο-ιστορικών διαστάσεων στην πορεία της επιστήμης. Στο Κ. Δημόπουλος & Β. Χατζηνικήτα (Επιμ.), *Διδακτική των φυσικών επιστημών* (τ. Α', σσ. 315-338). Πάτρα: ΕΑΠ.
- Κουλαϊδής, Β. (2001e). Σχετικιστική εικόνα της επιστημονικής γνώσης: όλα είναι επιτρεπτά. Στο Κ. Δημόπουλος Κ. & Β. Χατζηνικήτα (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (τ. Α', σσ. 315-338). Πάτρα: ΕΑΠ.
- Ματσαγγούρας, Η. (2009). *Εισαγωγή στις επιστήμες της παιδαγωγικής*. Αθήνα: Gutenberg.
- Μετάφας Π. (2013). *Φιλοσοφία, Ιστορία και Κοινωνιολογία των Επιστημών*. Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Μιχαλακόπουλος, Γ. (2017). *Φιλοσοφία της παιδείας: ιστορικοί σταθμοί από τον Πλάτωνα στον Dewey*. Θεσσαλονίκη: Αφοί Κυριακίδη.
- Ραβάνης, Κ. (1995). *Από τη γενική διδακτική στη διδακτική των φυσικών επιστημών. Παιδαγωγική συνέχεια και επιστημολογική ασυνέχεια*. Στο Η. Ματσαγγούρας (Επιμ.), *Η εξέλιξη της διδακτικής - Επιστημολογική θεώρηση* (σσ. 421-444). Αθήνα: Gutenberg.
- Ραβάνης Κ. (2001). *Η γνωστική σύγκρουση ως διδακτικό εργαλείο*. Στο Κ. Δημόπουλος & Β. Χατζηνικήτα (Επιμ.), *Διδακτική των φυσικών επιστημών* (τ. Α', σσ. 253-274). Πάτρα: ΕΑΠ.
- Σκουμιάς, Μ. (2012). *Εφαρμοσμένη διδακτική των φυσικών επιστημών*. Ρόδος: Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Σφενδόνη-Μέντζου, Δ. (2012). *Πραγματισμός - Ορθολογισμός - Εμπειρισμός: Θεωρίες της γνώσης*. Θεσσαλονίκη: Ζήτη.