

## Σχεδιασμός ακολουθίας διδακτικών ενοτήτων για τη διδασκαλία της ραδιενέργειας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση με βάση τις αρχές και τη λογική της καινοτομικής αντίληψης

**Ευγενία Ποτηριάδου**  
Φυσικός, Δ.Δ.Ε Γ' Αθήνας  
tabula@otenet.gr

**Δημήτρης Κολιόπουλος**  
Καθηγητής, Τ.Ε.Ε.Α.Π.Η., Πανεπιστήμιο Πατρών  
dkoliop@upatras.gr

### Περίληψη

Το κεντρικό πρόβλημα που πραγματεύεται η παρούσα εργασία είναι η σχεδίαση μιας ακολουθίας διδακτικών ενοτήτων για τη διδασκαλία της ραδιενέργειας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση στο πλαίσιο της καινοτομικής αντίληψης για το αναλυτικό πρόγραμμα Φυσικών Επιστημών. Η ραδιενέργεια και οι έννοιες που σχετίζονται με αυτή δεν ορίζονται αξιωματικά, αλλά οικοδομούνται στη βάση των τριών συνιστωσών της επιστημονικής γνώσης. Ο κεντρικός άξονας της κάθε διδακτικής ενότητας είναι ένα πρόβλημα προς επίλυση. Η διαδικασία επίλυσης του κάθε προβλήματος αποτελεί ένα στάδιο εκλέπτυνσης της έννοιας της ραδιενέργειας από ένα πρώτο βασικό επίπεδο σε ένα θεωρητικό.

**Λέξεις κλειδιά:** Ραδιενέργεια, καινοτομική αντίληψη, σταδιακή εκλέπτυνση.

### Εισαγωγή

Τα παραδοσιακά αναλυτικά προγράμματα και η διδακτική των φυσικών επιστημών όπως είχαν διαμορφωθεί μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1980, αποτελούσαν κληρονομιά της Βιομηχανικής Επανάστασης και ήταν προσαρμοσμένα κυρίως στην απαίτηση για επαγγελματική εξειδίκευση (Lewis, 1972; Matthews, 2007) όπως συνέβη κατά τη διάρκεια από το 1957 έως το 1987 στις ΗΠΑ μετά την επιτυχή εκτόξευση του Sputnik από τη Σοβιετική Ένωση στις 4 Οκτωβρίου του 1957. Παρόλη την έντονη νομοθετική και οικονομική πίεση υπήρχε μια κρίση στο χώρο της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών γνωστή ως η κρίση του γραμματισμού στις φυσικές επιστήμες (Matthews, 2007, σ. 120).

Απάντηση στην κρίση αυτή δίνουν τα αναλυτικά προγράμματα των φυσικών επιστημών τα οποία αξιοποιούν την καινοτομική προσέγγιση της διδασκαλίας. Πρόκειται για μια διδασκαλία με πολιτισμικό προσανατολισμό ενταγμένη σε ένα κοινωνικό πλαίσιο (Matthews, 2007). Τα προγράμματα αυτά διέπονται από τρεις βασικές ιδέες: την έρευνα, την εξασφάλιση κινήτρων και την επίλυση προβλήματος (Unesco, 1985).

Η διδακτική πρόταση που περιγράφεται σε αυτό το άρθρο πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους 2014-15 σε 24 μαθητές της Γ' τάξης του Λυκείου. Η ανάγκη για τη σχεδίαση μιας διδακτικής ακολουθίας για τη ραδιενέργεια με βάση τις αρχές και τη λογική της καινοτομικής αντίληψης προέκυψε από την έλλειψη πληρότητας της παραδοσιακής προσέγγισης στη διδασκαλία της ραδιενέργειας. Το σχολικό εγχειρίδιο της Φυσικής Γενικής Παιδείας της Γ' Λυκείου αφιερώνει μία μόνο παράγραφο στην έννοια της ραδιενέργειας και μία στις εφαρμογές και τους κινδύνους που προκαλεί. Θεωρούμε ότι η παρουσίαση ενός θέματος για το οποίο οι μαθητές δείχνουν εξαρχής ενδιαφέρον, πραγματοποιείται με άκαμπτη προσέγγιση που περιλαμβάνει μέσα σε λίγες γραμμές τους ορισμούς της «μεταστοιχείωσης» και της «ραδιενέργειας». Ακολουθεί μια τυπική παράθεση των τριών τύπων της ραδιενέργειας  $\alpha$ ,  $\beta$  και  $\gamma$ . Η παράγραφος ολοκληρώνεται με τις έννοιες του ρυθμού διάσπασης και χρόνου υποδιπλασιασμού οι οποίες προτείνεται να τεθούν εκτός διδακτέας ύλης (156279/Γ2/30-09-2014 Υ.Α./Β' 2721).

Οργανωτική αρχή στο σχεδιασμό της προτεινόμενης διδακτικής ακολουθίας αποτέλεσε η ιστορία της ραδιενέργειας. Συγκεκριμένα, η σταδιακή εκλέπτυνση της έννοιας της ραδιενέργειας, η οποία

επιχειρείται κατά τη διδακτική πρόταση, ακολουθεί την ίδια πορεία με την ιστορική ανάπτυξη της έννοιας. Επιπλέον στοιχεία ιστορίας εντάσσονται λειτουργικά στη διδακτική πρόταση με τη βοήθεια ιστορικών κειμένων τα οποία αποτελούν το πλαίσιο εισαγωγής εννοιών που σχετίζονται με τη ραδιενέργεια (Stinner et al, 2003· Κολιόπουλος, 2012).

Κατά το σχεδιασμό και την εφαρμογή της διδακτικής πρότασης λήφθηκαν υπόψη στοιχεία επιστημολογίας σχετικά με τη γνώση αναφοράς για τη ραδιενέργεια. Έτσι, στο πρώτο στάδιο εκλέπτυνσης της έννοιας γίνεται φανερή η σύνθετη αλληλεπίδραση των παραγόντων «λογική» και «τύχη». Στο τελευταίο στάδιο εκλέπτυνσης της έννοιας της ραδιενέργειας εντάσσεται οργανικά η έννοια της πιθανότητας.

## Η καινοτομική αντίληψη

Η καινοτομική αντίληψη όσον αφορά στο αναλυτικό πρόγραμμα των φυσικών επιστημών, κατά το διδακτικό μετασχηματισμό των τριών διαστάσεων της επιστημονικής γνώσης (εννοιολογικής, μεθοδολογικής, πολιτισμικής) διακρίνεται από τέσσερα χαρακτηριστικά (Κολιόπουλος, 2001 & 2006):

(α) *Τη διαμόρφωση ευρύτερων θεματικών ή εννοιολογικών εννοιών (εννοιολογική διάσταση).* Σε αντίθεση με την παραδοσιακή αντίληψη, τα αναλυτικά προγράμματα που σχεδιάζονται με βάση την καινοτομική αντίληψη δε χαρακτηρίζονται από τη διασπορά και τον κατακερματισμό θεμάτων και εννοιολογικών πλαισίων. Στο πλαίσιο της καινοτομικής αντίληψης εννοείται η διαμόρφωση ευρύτερων θεματικών ή εννοιολογικών εννοιών και η δόμηση του περιεχομένου γύρω από μία έννοια ή το λεγόμενο καθοδηγούν θέμα.

(β) *Τη «σε βάθος» πραγμάτευση ενός εννοιολογικού πλαισίου με παράλληλη εισαγωγή στοιχείων ποιοτικής φυσικής (εννοιολογική διάσταση).* Η κατανόηση των εννοιών των φυσικών επιστημών είναι εφικτή μέσα από τις σχέσεις της μιας έννοιας με τις υπόλοιπες του εννοιολογικού συστήματος, αναδεικνύοντας έτσι τη συστηματική διάσταση στο νόημα των επιστημονικών εννοιών. Στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση το εννοιολογικό πλαίσιο εξασφαλίζει μια διαλεκτική σχέση ποιοτικού-ποσοτικού. Η ημιποσοτική προσέγγιση των εννοιών επιτυγχάνεται μέσω των ποιοτικών χαρακτηριστικών του εννοιολογικού πλαισίου και παράλληλα τα χαρακτηριστικά αυτά συναρτώνται άμεσα με την ποσοτική προσέγγιση.

(γ) *Την επίδραση της «υποθετικο-παραγωγικής» μεθοδολογικής προσέγγισης (μεθοδολογική διάσταση).* Η υποθετικο-παραγωγική λογική της επιστήμης βασίζεται στην αντίληψη πως πριν από οποιαδήποτε παρατήρηση, πείραμα ή θεωρητικό έλεγχο υπάρχει μια υπόθεση η οποία έχει τις απαραίτητες της από το προϋπάρχον σώμα γνώσης (Popper, 1999).

Σε αντίθεση με την παραδοσιακή αντίληψη κατά την οποία η επίδραση της υποθετικο-παραγωγικής μεθόδου επικεντρώνεται στη συστηματική συλλογή παρατηρήσεων και συναγωγή συμπερασμάτων, στην καινοτομική αντίληψη η υποθετικο-παραγωγική προσέγγιση εστιάζεται στην *επίλυση προβλημάτων*. Βέβαια, στην καινοτομική αντίληψη τα προς επίλυση προβλήματα, δεν αφορούν στις τυπικές ασκήσεις ούτε στις εργαστηριακές ασκήσεις στις οποίες απαιτείται να εκτελεσθούν πιστά μια σειρά από εντολές και να καταλήξουν οι μαθητές σε ένα «προαναγγελθέν» συμπέρασμα. Αντίθετα, αναβαθμίζεται ο ρόλος του πειράματος το οποίο πλέον θεωρείται ο φυσικός τόπος επίλυσης των προβλημάτων (Κολιόπουλος, 2006).

(δ) *Την οργανική ένταξη της πολιτισμικής διάστασης των φυσικών επιστημών.* Η πολιτισμική διάσταση στην καινοτομική αντίληψη συνιστά το πλαίσιο διαπραγμάτευσης τόσο της εννοιολογικής, όσο και της μεθοδολογικής συνιστώσας της επιστημονικής γνώσης. Η πολιτισμική διάσταση της επιστημονικής γνώσης είναι δυνατόν να εμφανίζεται είτε ως εσωτερικό δομικό χαρακτηριστικό της που προέρχεται από τον τρόπο, με τον οποίο αυτή συγκροτείται, είτε ως εξωτερικό στοιχείο που σχετίζεται με τις κοινωνικές συνθήκες παραγωγής της γνώσης και κατά συνέπεια με τις σχέσεις της με άλλες μορφές γνώσης. Επιπλέον, αποτελεί τη βάση σχεδιασμού μιας ευρείας ενότητας ή ακόμη και ολόκληρου του αναλυτικού προγράμματος (Κολιόπουλος, 2006).

Η εξέταση της δυνατότητας επικοινωνίας και λειτουργικής σχέσης ανάμεσα στην *ιστορία της επιστήμης* και τη *φύση της επιστήμης* αποτελεί βασικό θέμα έρευνας. Η ιστορική και επιστημολογική ανάλυση υποδεικνύουν τη διάκριση διαφορετικών στόχων μάθησης. Στη συνέχεια, οι στόχοι αυτοί δίνουν τη δυνατότητα δημιουργίας διαφορετικών δραστηριοτήτων (Maurines et al, 2013).

## «Λογική» και «τύχη» στην ανακάλυψη της ραδιενέργειας από τον Becquerel

Η ανακάλυψη της ραδιενέργειας από τον Becquerel στις αρχές του 1896 αναφέρεται συχνά ως *μη αναμενόμενη* καθώς ο παράγοντας τύχη ήταν παρών σε διάφορα στάδια των ερευνών του. Ανάμεσα στους διάφορους τυχαίους παράγοντες που συναντάμε βρίσκουμε όχι μόνο τον ιδιαίτερο για την ανακάλυψη αυτή παράγοντα των καιρικών συνθηκών, αλλά επίσης κάποιους που συναντάμε σε άλλες ανακαλύψεις, όπως η ύπαρξη παραπλανητικών φαινομένων, η λήψη αποφάσεων και η εκ των υστέρων ερμηνεία τυχαίων γεγονότων ως λογικά (Kirpnis, 2000).

Αντίθετα, κάποιοι ιστορικοί της επιστήμης χαρακτήρισαν την ανακάλυψη του Becquerel λογική και αναπόφευκτη. Για παράδειγμα, ο René Taton αναφερόμενος στην επίδραση που είχε ο Wilhelm Conrad Röntgen στον Becquerel και την ανακάλυψη των ακτίνων X παρουσίασε την ανακάλυψη του Becquerel ως λογική συνέπεια μιας «αλυσίδας ανακαλύψεων» (Kirpnis, 2000, p. 64). Επίσης, ο Lawrence Badash ισχυρίστηκε ότι τόσο το γεγονός ότι η εξέλιξη των φωτογραφικών τεχνικών είχε προετοιμάσει την ανακάλυψη του Becquerel, όσο και το γεγονός ότι ο Becquerel είχε μεγάλη εμπειρία στο φαινόμενο του φθορισμού, τον οδήγησαν να ανακαλύψει τη ραδιενέργεια (Kirpnis, 2000).

Μπορούμε να πούμε ότι η ανακάλυψη του Becquerel, η οποία συχνά αποκαλείται «τυχαία», βασίστηκε σε έναν αριθμό από λογικούς παράγοντες. Συνεπώς, η ανακάλυψή του οφείλεται σε μια πολύπλοκη αλληλεπίδραση λογικής και τύχης (Kirpnis, 2000).

Η αλληλεπίδραση αυτή των παραγόντων «λογική» και «τύχη» βρίσκει εφαρμογή στο σχεδιασμό της πρώτης διδακτικής ενότητας όπου ο τυχαίος παράγοντας των καιρικών συνθηκών συνυπάρχει με τον προσεκτικό σχεδιασμό του πειράματος.

## «Το ημέρωμα της τύχης»: Η έννοια της πιθανότητας

Ο Ian Hacking, αναφερόμενος στην έννοια της πιθανότητας και χαρακτηρίζοντάς την χαριτολογώντας ως το «ημέρωμα της τύχης» (Hacking, 1987 & 1990), ισχυρίζεται ότι η χρήση της εμπλέκει τον παράγοντα τύχη. Η αντίθεση ανάμεσα στην απλή συστηματοποίηση και την επεξήγηση θα μπορούσε να πει κανείς ότι είναι μια νέα εκδοχή της παλαιότερης δυαδικότητας (Hacking, 1975): ο όρος αναφέρεται τόσο στα εκτατικά όσο και στα εντατικά μεγέθη (Krüger, 1986).

Η έννοια της πιθανότητας είναι θεμελιώδους σημασίας τόσο στη Στατιστική Μηχανική όσο και στην Κβαντική Μηχανική. Στην πρώτη θεωρία εφαρμόζεται σε μεγάλες συλλογές συστημάτων που αλληλεπιδρούν, π.χ. σε αέρια που αποτελούνται από πολλά μόρια. Το πεδίο εφαρμογής της είναι μαζικά φαινόμενα. Στη δεύτερη θεωρία η έννοια εφαρμόζεται σε απλά στοιχειώδη συστήματα ή διαδικασίες. Ερμηνεύεται ως το μέτρο της δυνατότητας να συμβεί κάτι ή ως μια τάση (propensity) (Popper, 1959; Krüger, 1986).

Η επίσημη θεωρία της ραδιενέργειας έχει αποδεχθεί την έννοια της πιθανότητας απλού συστήματος ή διαδικασίας. Η πιθανότητα εκφράζει τον εγγενή πιθανολογικό χαρακτήρα διακριτών οντοτήτων.

Στην τέταρτη διδακτική ενότητα βρίσκει εφαρμογή η έννοια της πιθανότητας με τη μορφή της δυνατότητας διάσπασης ενός μεμονωμένου πυρήνα.

## Το περιεχόμενο της διδακτικής πρότασης

Η διδακτική ακολουθία επεκτείνεται σε τέσσερις διδακτικές ενότητες, όπου επιχειρείται η σταδιακή εκλέπτυνση της έννοιας της ραδιενέργειας σε μια πορεία ανάλογη της ιστορικής εξέλιξης της έννοιας. Για το σκοπό αυτό αξιοποιούνται τα ιστορικά πειράματα των Becquerel και Rutherford καθώς επίσης και ιστορικά κείμενα τα οποία διαβάζονται από τους μαθητές ως εισαγωγική δραστηριότητα σε κάθε διδακτική ενότητα. Το ιστορικό κείμενο λειτουργεί αφενός ως πλαίσιο εισαγωγής εννοιών που σχετίζονται με τη ραδιενέργεια, αφετέρου ως πηγή αφόρμησης για τη διατύπωση προβλήματος και δρα καθοδηγητικά στην πορεία των δραστηριοτήτων που θα ακολουθήσουν οι μαθητές προς την επίλυση του προβλήματος.

Κάθε διδακτική ενότητα επικεντρώνεται στη διατύπωση και *επίλυση ενός γενικού προβλήματος*. Σε κάθε διδακτική ενότητα, κατά την πορεία της επίλυσης του γενικού προβλήματος, προκύπτει ένα άλλο το οποίο αποτελεί το κεντρικό πρόβλημα για την επόμενη διδακτική ενότητα.

Η καταγραφή στα φύλλα εργασίας των «ερωτημάτων που δεν απαντήθηκαν ακόμη» δίνει στους μαθητές την εικόνα της εσωτερικά συνεκτικής διαδικασίας μάθησης με συγκεκριμένο προσανατολισμό.

Στην πρώτη διδακτική ενότητα δίνεται στους μαθητές το κείμενο 1, «Ανακαλύπτοντας τη Ραδιενέργεια – Τα πειράματα του Becquerel», το οποίο περιλαμβάνει αποσπάσματα από τις αναλυτικές σημειώσεις που κρατούσε ο Henri Becquerel πάνω στα πειράματα που πραγματοποιούσε. Το κείμενο αυτό αποτελεί οδηγητική αρχή για τη διατύπωση του κεντρικού προβλήματος της πρώτης διδακτικής ώρας: «Πώς έγινε αντιληπτή ιστορικά (ανακαλύφθηκε) η ραδιενέργεια;».

Στη δεύτερη διδακτική ενότητα δίνεται στους μαθητές το κείμενο 2, «Το Ραδόνιο και η ασθένεια των μεταλλωρύχων» όπου δίνεται έμφαση στα συμπεράσματα που κατέληξαν δύο ερευνητές που έζησαν στο πρώτο μισό του 16<sup>ου</sup> αιώνα, ο Παράκελσος (1493-1541) και ο Agricola (1494-1555). Οι δύο ερευνητές διαπίστωσαν μεγάλη συχνότητα παθήσεων του πνεύμονα και υψηλή θνησιμότητα των μεταλλωρύχων η οποία οφειλόταν στη σκόνη και τα αέρια των ορυχείων. Σύμφωνα με τις τρέχουσες γνώσεις επρόκειτο για καρκίνο του πνεύμονα που οφειλόταν στα υψηλά επίπεδα ραδονίου που υπήρχαν στα ορυχεία.

Στην ίδια διδακτική ενότητα δίνεται στους μαθητές το κείμενο 3. Πρόκειται για φυλλάδιο σχετικά με το ραδόνιο που έχει εκδώσει η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας για ενημέρωση του κοινού. Με τη βοήθεια του καθηγητή/της καθηγήτριας, οι μαθητές/τριες επισημαίνουν τα κεντρικά σημεία του και οδηγούνται στη διατύπωση του κεντρικού προβλήματος: «Υπάρχει ραδιενέργεια γύρω μας; Πώς θα μπορούσε να γίνει αντιληπτή;».

Στην τρίτη διδακτική ενότητα δίνεται στους μαθητές/τριες το κείμενο 4, «Από το Θόριο στο Ραδόνιο: Μεταστοιχείωση και Ραδιενεργές Σειρές» όπου περιγράφεται πώς ανακάλυψε ο Rutherford τη ραδιενέργεια μέσω της μεταστοιχείωσης του θορίου σε ραδόνιο. Παρακολουθώντας τις μεταστοιχειώσεις που ανακάλυπταν στη συνέχεια και άλλοι ερευνητές, ο Rutherford παρουσίασε το δικό του σύστημα μεταστοιχειώσεων, σύμφωνα με το οποίο το όνομα ενός θυγατρικού στοιχείου προέκυπτε από εκείνο του μητρικού προσθέτοντας δίπλα ένα γράμμα της αλφαβήτου. Οι μαθητές διατυπώνουν το κεντρικό πρόβλημα της τρίτης διδακτικής ώρας: «Μετατρέπεται ένα ραδιενεργό στοιχείο σε άλλο;».

Στην τέταρτη διδακτική ενότητα δίνεται στους μαθητές το κείμενο 5, «Η “εξαφάνιση” της Ραδιενέργειας: Ραδιενεργή διάσπαση και χρόνος ημιζωής» με τη βοήθεια του οποίου οι μαθητές/τριες διατυπώνουν το κεντρικό πρόβλημα που πρόκειται να επιλύσουν σε αυτή την τελευταία διδακτική ενότητα: «Με ποιον τρόπο μειώνεται η ραδιενέργεια;».

Από τα κεντρικά προβλήματα που διατυπώθηκαν γίνεται φανερό ότι η εκλέπτυνση της έννοιας της ραδιενέργειας πραγματοποιείται σταδιακά από ένα βασικό πρώτο επίπεδο σε ένα θεωρητικό επίπεδο. Η δομή της πορείας αυτής περιγράφεται στον Πίνακα 1.

Σύμφωνα με τις αρχές και τη λογική της καινοτομικής αντίληψης η διδακτέα ύλη για τη ραδιενέργεια αναδιατάσσεται και οι αλλαγές που προκαλούνται οδηγούν στον επαναπροσδιορισμό των τριών διαστάσεων (εννοιολογικής, μεθοδολογικής και πολιτισμικής) της σχολικής επιστημονικής γνώσης. Οι στόχοι, όπως κατηγοριοποιούνται στην προτεινόμενη διδακτική ακολουθία και σε συμφωνία με τις τρεις συνιστώσες της σχολικής γνώσης, είναι *εννοιολογικοί*, *μεθοδολογικοί* και *πολιτισμικοί*. Ενδεικτικά αναφέρουμε ορισμένους *πολιτισμικούς διδακτικούς στόχους* που αφορούν και στις τέσσερις διδακτικές ενότητες αφού υπήρξε η κατηγορία εκείνη στόχων στους οποίους δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση κατά το σχεδιασμό της ακολουθίας.

**Πίνακας 15. Διδακτική δομή για τη ραδιενέργεια: τα στάδια συνεχούς εκλέπτυνσης της έννοιας της ραδιενέργειας**

Διδακτική ενότητα	1 <sup>η</sup>	2 <sup>η</sup>	3 <sup>η</sup>	4 <sup>η</sup>
Στάδιο εκλέπτυνσης	1. Προσέγγιση σε ένα πρώτο βασικό επίπεδο	2. Από το βασικό επίπεδο, σε ένα ποιοτικά περιγραφικό επίπεδο	3. Επέκταση από το ποιοτικό επίπεδο, σε ένα ποσοτικό επίπεδο	4. Από το περιγραφικό στο θεωρητικό επίπεδο
Κεντρικό	«Πώς έγινε	«Υπάρχει	«Μετατρέπεται	«Με ποιον



πρόβλημα	αντιληπτή ιστορικά (ανακαλύφθηκε) η ραδιενέργεια;»	ραδιενέργεια γύρω μας; Πώς μπορεί να γίνει αντιληπτή;»	ένα ραδιενεργό στοιχείο σε άλλο;»	τρόπο μειώνεται η ραδιενέργεια;»
Πρόβλημα που δεν επιλύθηκε ακόμη	«Υπάρχει ραδιενέργεια γύρω μας; Πώς μπορεί να γίνει αντιληπτή;»	«Μετατρέπεται ένα ραδιενεργό στοιχείο σε άλλο;»	«Με ποιον τρόπο μειώνεται η ραδιενέργεια;»	

Οι μαθητές θα πρέπει:

Να διαμορφώσουν την ιδέα ότι η ανακάλυψη της ραδιενέργειας ήταν ένας πολύπλοκος συνδυασμός λογικής και τύχης.

Να συνειδητοποιήσουν ότι παρόλο που η ραδιενέργεια υπήρχε πάντα δεν ήταν αντιληπτή από τις ανθρώπινες αισθήσεις.

Να αναιρέσουν μια συνηθισμένη εναλλακτική ιδέα, σύμφωνα με την οποία, η ραδιενέργεια εμφανίζεται μόνο μετά από πυρηνικά ατυχήματα.

Να αντιληφθούν πως το θεμελιωμένο σύστημα γενικεύσεων της επιστημονικής γνώσης χρησιμοποιείται για την εξήγηση και την πρόβλεψη καταστάσεων (π.χ. εκτίμηση χρήσης κανόνων ασφαλείας) (σχετίζεται και με τη μεθοδολογική διάσταση της επιστημονικής γνώσης).

Να διαπιστώσουν πως η νέα γνώση βρίσκει εφαρμογή σε καταστάσεις καθημερινότητας (ακτινοβολήση τροφίμων, συριγγών, φροντίδα ασθενών με καρκίνο που φέρουν ραδιενεργό υλικό).

Να αναπτύξουν την αντίληψη ότι η μεταστοιχείωση είναι πλέον αντικείμενο μελέτης της σύγχρονης επιστήμης, απαλλαγμένη από τις μεταφυσικές αρχές της αλχημείας.

Να συνειδητοποιήσουν τη διαμόρφωση της κοινωνικής αντίληψης για την ακρίβεια των νόμων της στατιστικής και την εμπλοκή της έννοιας της πιθανότητας για ακριβή πρόβλεψη.

Να ανακαλύψουν τη στατιστική συμπεριφορά των ραδιενεργών πυρήνων και να εντοπίζουν καταστάσεις της καθημερινής ζωής, όπου αυτή η συμπεριφορά μπορεί να αποτελέσει πρότυπο επίλυσης προβλήματος ή κατανόησης φαινομένου (σχετίζεται και με την εννοιολογική διάσταση της επιστημονικής γνώσης).

## Συμπεράσματα

Η διδακτική πρόταση για τη διδασκαλία της ραδιενέργειας στο πλαίσιο της καινοτομικής αντίληψης επιχειρεί τη συμφιλίωση μεταξύ της ιστορίας, της φιλοσοφίας και της διδακτικής των φυσικών επιστημών. Ο Thomas Kuhn υποστηρίζει ότι στα περισσότερα επιστημονικά εγχειρίδια αγνοείται η ιστορία, παραποιείται η πραγματική φύση της επιστημονικής προόδου, δε διαφαίνεται πουθενά ο επαναστατικός χαρακτήρας της επιστήμης και δεν αναδεικνύονται οι μη-ορθολογικές πλευρές των αλλαγών που συμβαίνουν στην επιστήμη. Εκείνες δηλαδή οι αλλαγές που δεν εξηγούνται εξολοκλήρου με όρους *γεγονότων* και *λογικής* (Kuhn, 1987).

Λαμβάνοντας υπόψη τις θέσεις αυτές του Kuhn στη διδακτική ακολουθία για τη ραδιενέργεια επιχειρήθηκε η οργανική ένταξη της αλληλεπίδρασης των παραγόντων «λογική» και «τύχη», καθώς και της έννοιας της πιθανότητας όπως τη δέχεται η επίσημη θεωρία της ραδιενέργειας, δηλαδή ως το μέτρο της δυνατότητας να συμβεί κάτι ως μια εγγενή τάση σε ένα διακριτό σύστημα.

Τα τέσσερα χαρακτηριστικά της καινοτομικής αντίληψης που αναλύθηκαν όρισαν το πλαίσιο και ανέδειξαν μια συγκεκριμένη μεθοδολογική προσέγγιση, όπου η προτεινόμενη ακολουθία διδακτικών ενοτήτων προσφέρει ένα πλούσιο μαθησιακό περιβάλλον, το οποίο αγνοείται στην παραδοσιακή προσέγγιση. Οι μαθητές μπορούν να αντιληφθούν ότι η ραδιενέργεια και οι έννοιες που σχετίζονται με αυτή δεν ορίζονται αξιωματικά, αλλά οικοδομούνται στη βάση των τριών συνιστωσών της επιστημονικής γνώσης.

Ο κεντρικός άξονας της κάθε διδακτικής ενότητας ήταν ένα *πρόβλημα προς επίλυση*. Η διαδικασία επίλυσης του κάθε προβλήματος αποτελούσε ένα στάδιο εκλέπτυνσης της έννοιας της ραδιενέργειας από ένα πρώτο βασικό επίπεδο σε ένα θεωρητικό.

Η διδακτική πρόταση της ακολουθίας των τεσσάρων σταδίων δεν εξάντλησε το θέμα της ραδιενέργειας. Μια επέκταση-τροποποίηση της παρούσας πρότασης για τους μαθητές της Γ' τάξης του Λυκείου θα μπορούσε να συμπεριλάβει το μικροσκοπικό μηχανισμό λειτουργίας της

ραδιενέργειας και το λειτουργικό ορισμό των ακτινοβολιών  $\alpha$ ,  $\beta$  και  $\gamma$ . Κάτι τέτοιο βέβαια θα μπορούσε να γίνει μόνο μετά από την τέταρτη διδακτική ενότητα και την ανάλυση του ποσοτικού επιπέδου.

Ως επίλογο παραθέτουμε ένα απόσπασμα από τον Αριστοτέλη: «Σε όλα τα πράγματα στη φύση υπάρχει κάτι θαυμαστό». Θέλουμε να πιστεύουμε ότι προσπαθήσαμε να κρατήσουμε την υπόσχεσή μας ότι η προτεινόμενη ακολουθία – και από την άποψη της καινοτομικής αντίληψης – αποτελεί ένα μικρό βήμα στη συνεχή πρόοδο και πορεία των μαθητών μας προς την κατανόηση των θαυμαστών φαινομένων.

## Αναφορές

- Hacking, I. (1975). *The emergence of probability*. Cambridge: university press.
- Hacking, I. (1987). Was there a probabilistic revolution, 1800-1930? In: L. Kruger, J. L. Daston, & M. Heidelberger (Eds.) *In the Probabilistic Revolution, Volume 1: Ideas in History*, pp. 45-55.
- Hacking, I. (1990). *The taming of chance*. Cambridge: Cambridge university press.
- Kipnis, N. S. (2000). The window of opportunity: logic and chance in Becquerel's discovery of radioactivity. *Physics in Perspective*, 2, 63-99.
- Krüger, L. (1986). Probability as a theoretical concept in physics. *Philosophy of Science Association*, 2, 273-287.
- Lewis, L. (Επιμ.). (1972). *Teaching school physics*. UNESCO - Penguin books.
- Matthes, M. R. (2007). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες*. Επίκεντρο.
- Maurines, L., & Beaufils, D. (2013). Teaching the nature of science in physics courses: the contribution of classroom historical inquiries. *Science & Education*, 22(6), 1443-1465.
- Popper, K. R. (1959). The propensity interpretation of probability. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 10(37), 25-42.
- Popper, K. R. (1999). *The logic of scientific discovery*. NY: Routledge.
- Stinner, A., MacMillan, B., Metz, D., Jilek, J. & Klassen, S. (2003). The renewal of case studies in Science Education. *Science & Education*, 12(7), 617–643.
- Unesco. (1985). *Unesco, Οδηγός του εκπαιδευτικού για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο δημοτικό και το γυμνάσιο*. Αθήνα: Εκπαιδευτικά Θέματα.
- Κολιόπουλος, Δ. (2001). Σχεδιασμός διδακτικού υλικού για την έννοια της ενέργειας. Στο Β. Χατζηνικήτα, Β. Χρηστίδου, Α. Τσατσαρώνη, Β. Κουλαϊδής, J. Ogborn, & Δ. Κολιόπουλος, *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Πάτρα: ΕΑΠ (Τόμ. Β', σσ. 367-412).
- Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών, η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κολιόπουλος, Δ. (2012). Εισαγωγή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στο πρόγραμμα σπουδών των Φυσικών Επιστημών: θεωρητικές αφετηρίες και διδακτικές προσεγγίσεις. Στο Μ. Ευαγόρου & Λ. Αβρααμίδου (Επιμ.) *Θεωρητικές και διδακτικές προσεγγίσεις στις φυσικές επιστήμες*. Εκδ. Διάδραση, 28-51.