

Τμήμα Ιστορίας και Φιλοσοφίας της Επιστήμης



ΙΣΤΟΡΙΑ, ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΚΑΙ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ

9^ο ΣΥΝΕΔΡΙΟ

ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**Μια άλλη επιστημονική εκπαίδευση
είναι δυνατή (;)**

Μαράσλειο Διδασκαλείο
11-13 Νοεμβρίου 2016

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΤΟΜΟΥ: ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΠΕΤΑΚΟΣ, ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ ΣΤΕΦΑΝΙΔΟΥ

1837
2017
ΧΡΟΝΙΑ



Εθνικό και Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών

Σχεδιασμός και χρήση κειμένων από την ιστορία της επιστήμης σε μια εισαγωγική διδασκαλία της ραδιενέργειας στο λύκειο

ΕΥΓΕΝΙΑ ΠΟΤΗΡΙΑΔΟΥ, ΔΗΜΗΤΡΗΣ ΚΟΛΙΟΠΟΥΛΟΣ

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 ραδιενέργειας από ένα ποιοτικό σε ένα ποσοτικό επίπεδο. Κεντρικά σημεία του σχεδιασμού αποτέλεσαν τα ιστορικά πειράματα των Becquerel και Rutherford καθώς και ιστορικά κείμενα.

Λέξεις κλειδιά: Ραδιενέργεια, ιστορική προσέγγιση, ιστορικά πειράματα, ιστορικά κείμενα.

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 εξειδίκευση⁶⁵⁴ 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 επιστήμες⁶⁵⁵.

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 πλαίσιο⁶⁵⁶. Τα προγράμματα αυτά διέπονται από τρεις βασικές ιδέες: την έρευνα, την εξασφάλιση κινήτρων και την επίλυση προβλήματος⁶⁵⁷.

⁶⁵⁴ UNESCO, (L. Lewis, Επιμ.): *Teaching school physics*, London, Penguin books, 1972, σ. 96.

⁶⁵⁵ M. R. MATTHEWS: *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες*, Αθήνα, Επίκεντρο, 2007, σ. 120.

⁶⁵⁶ M. R. MATTHEWS: *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες*, Αθήνα, Επίκεντρο, 2007, σ. 174.

⁶⁵⁷ UNESCO: *Unesco, Οδηγός του εκπαιδευτικού για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο δημοτικό και το γυμνάσιο*. (Δ. Κολιόπουλος, Γ. Αντωνίου, Μ. Μαυροπούλου, & Γ. Μπαγάκης, Επιμ.) Αθήνα, Εκπαιδευτικά Θέματα, 1985, σ. 107.

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 τη μετέωρη βάση της παραδοσιακής προσέγγισης στη διδασκαλία της ραδιενέργειας που αφορά στην έλλειψη ιστορικής θεμελίωσης της έννοιας. Το σχολικό εγχειρίδιο της Φυσικής Γενικής Παιδείας της Γ΄ Λυκείου αφιέρωνε 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 εξ αρχής ενδιαφέρον, πραγματοποιείται με άκαμπτο τρόπο που περιλαμβάνει μέσα σε λίγες γραμμές τους ορισμούς της «μεταστοιχειώσης» και της «ραδιενέργειας». Ακολουθεί μια τυπική παράθεση των τριών τύπων της ραδιενέργειας α , β και γ . 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, επιχειρείται μια ιστορική προσέγγιση της έννοιας της ραδιενέργειας από ένα ποιοτικό σε ένα ποσοτικό επίπεδο. Στο πλαίσιο αυτό αξιοποιούνται τα ιστορικά πειράματα των Becquerel και Rutherford. Επιπλέον στοιχεία ιστορίας εντάσσονται λειτουργικά στη διδακτική πρόταση με τη βοήθεια ιστορικών κειμένων τα οποία αποτελούν το πλαίσιο εισαγωγής εννοιών⁶⁵⁸ που σχετίζονται με τη ραδιενέργεια⁶⁵⁹.

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 που αναφέρεται στα ιστορικά πειράματα του Becquerel γίνεται φανερή η σύνθετη αλληλεπίδραση των παραγόντων «λογική» και «τύχη». Στο τελευταίο στάδιο εκλέπτυνσης της έννοιας της ραδιενέργειας εντάσσεται οργανικά η έννοια της πιθανότητας.

⁶⁵⁸ Δ. ΚΟΛΙΟΠΟΥΛΟΣ: *Εισαγωγή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στο πρόγραμμα σπουδών των Φυσικών Επιστημών: θεωρητικές αφηρητές και διδακτικές προσεγγίσεις*. Στο Μ. Ευαγόρου & Λ. Αβρααμίδου (Επιμ.): *Θεωρητικές και διδακτικές προσεγγίσεις στις φυσικές επιστήμες*. Εκδ. Διάδραση, 2012, σ. 28-51, στη σ. 40.

⁶⁵⁹ A. STINNER, B. MACMILLAN, D. METZ, J. JILEK & S. KLASSEN: «The renewal of case studies in Science Education», *Science & Education*, 12(7), (2003), σ. 617 – 643, στη σ. 623.

Το περιεχόμενο της διδακτικής πρότασης

Η διδακτική ακολουθία επεκτείνεται σε τέσσερις διδακτικές ενότητες, όπου επιχειρείται η ιστορική προσέγγιση και εξέλιξη της έννοιας της ραδιενέργειας. 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 αφορμής 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.

Τα κεντρικά προβλήματα που διατυπώθηκαν βασίστηκαν στην ιστορική προσέγγιση της έννοιας της ραδιενέργειας. Η προσέγγιση της έννοιας πραγματοποιείται σταδιακά από ένα βασικό πρώτο επίπεδο σε ένα θεωρητικό επίπεδο. Η δομή της πορείας αυτής περιγράφεται στον Πίνακα 1.

Στην πρώτη διδακτική ενότητα δίνεται στους μαθητές το *κείμενο 1*, *«Ανακαλύπτοντας τη Ραδιενέργεια – Τα πειράματα του Becquerel»*, το οποίο περιλαμβάνει αποσπάσματα⁶⁶⁰ 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;»*. Για την επίλυση του προβλήματος αξιοποιούνται ανακατασκευές των πειραμάτων που πραγματοποίησε ο Becquerel με τη βοήθεια προσομοιώσεων⁶⁶¹.

⁶⁶⁰ <http://practicalphysics.org/henri-becquerel-discovers-radioactivity.html>

⁶⁶¹ Ιστορικά πειράματα των Becquerel και Rutherford. Ανάκτηση από <http://www.furryelephant.com/player.php?subject=physics&jumpTo=re:%20http://www.furryelephant.com/player.php?subject=physics&jumpTo=re>.

Πίνακας 1: Διδακτική δομή για τη ραδιενέργεια: τα στάδια προσέγγισης της έννοιας της ραδιενέργειας από ένα ποιοτικό σε ένα ποσοτικό επίπεδο.

Στάδιο προσέγγισης	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 πρόβλημα	«Πώς έγινε αντιληπτή ιστορικά (ανακαλύφθηκε) η ραδιενέργεια;»	«Υπάρχει ραδιενέργεια γύρω μας; Πώς μπορεί να γίνει αντιληπτή;»	«Μετατρέπεται ένα ραδιενεργό στοιχείο σε άλλο;»	«Με ποιον 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;»	

Το 1896, στη φωτογραφία χρησιμοποιούσαν γυάλινες πλάκες που είχαν ως επικάλυψη μια φωτοευαίσθητη ουσία. Ο Becquerel τοποθέτησε το ορυκτό ουρανίου πάνω σε μια φωτογραφική πλάκα τυλιγμένη με δύο φύλλα μαύρο χαρτί και το άφησε εκτεθειμένο στο ηλιακό φως για αρκετές ώρες ώστε να προκληθεί το φαινόμενο του φθορισμού. Το μαύρο χαρτί θα εμπόδιζε το ορατό φως αλλά όχι τις ακτίνες X.

Όταν εμφάνισε τη φωτογραφική πλάκα, είδε μια σαφή εικόνα του ορυκτού, κάτι που δεν τον εξέπληξε καθώς είχε υπόψη του δημοσιεύσεις σχετικά με την εκπομπή αόρατων ακτίνων κατά το φωσφορισμό. Επανάλαβε το πείραμα μια άλλη ημέρα, αλλά ο ήλιος ήταν σχεδόν ολόκληρος πίσω από τα σύννεφα. Έτσι φύλαξε τη διάταξή του μέσα σε ένα συρτάρι, αφήνοντας το ορυκτό ουρανίου επάνω στις πλάκες που ήταν τυλιγμένες με μαύρο χαρτί. Ο καιρός στο Παρίσι δε βελτιωνόταν και ο Becquerel εμφάνισε την πλάκα περιμένοντας να πάρει μια αμυδρή μόνο εικόνα του ορυκτού λόγω της μικρής έκθεσής του στο φως της ημέρας. Ωστόσο, με μεγάλη έκπληξη, διαπιστώνει μια πολύ έντονη εικόνα του ορυκτού. Αυτό ήταν κάτι ανεξήγητο, καθώς τα φωσφορίζοντα και τα φθορίζοντα ορυκτά λάμπουν μόνο όταν εκτίθενται στο φως⁶⁶².

Την ίδια χρονιά, το 1896, ο Becquerel πραγματοποίησε επιπλέον πειράματα που έδειξαν ότι η ακτινοβολία από το ουράνιο και οι ακτίνες X απορροφώνται με διαφορετικό τρόπο⁶⁶³.

Το κείμενο 1, «Ανακαλύπτοντας τη Ραδιενέργεια – Τα πειράματα του Becquerel» το οποίο δόθηκε στους μαθητές βασίστηκε σε κείμενα ιστο-

⁶⁶² M. C. MALLEY: *Radioactivity: a history of a mysterious science*. New York, Oxford University Press, Inc., 2011, σ. 14.

⁶⁶³ E. SEGRE: *Από τις ακτίνες X έως τα κουάρκς*. Αθήνα, Δίαιλος, 1997, σ. 44.

ρίας της ραδιενέργειας καθώς και σε αποσπάσματα από το ημερολόγιο του Becquerel⁶⁶⁴.

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^{ου} αιώνα, ο Παράκελσος (1493-1541) και ο Agricola (1494-1555). Το κείμενο βασίστηκε στα ακόλουθα άρθρα των περιοδικών εκδόσεων της Ελληνικής Πνευμονολογικής Εταιρείας «*Επαγγελματικά και Περιβαλλοντικά Νοσήματα των Πνευμόνων*»⁶⁶⁵:

- «*Ιστορία των επαγγελματικών νοσημάτων*»⁶⁶⁶
- «*Ο επαγγελματικός βρογχοπνευμονικός καρκίνος*»⁶⁶⁷
- «*Επαγγελματικός καρκίνος πνεύμονα – Πρόληψη και αντιμετώπιση*»⁶⁶⁸.

Στα παραπάνω κείμενα αναφέρεται ότι οι δύο ερευνητές, Agricola και Παράκελσος, 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;*». Το κείμενο 3 αποτελεί μια γέφυρα ανάμεσα στα ιστορικά κείμενα 2 και 4.

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

⁶⁶⁴ <http://practicalphysics.org/henri-becquerel-discovers-radioactivity.html>

⁶⁶⁵ Ο. ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΥ, Π. ΓΙΑΜΠΟΥΔΑΚΗΣ, Ι. ΔΗΜΗΤΡΟΥΛΗΣ, Κ. ΚΑΤΗΣ, Κ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ, Β. ΠΟΛΥΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ, Μ. ΤΟΥΜΠΗΣ (Επιμ.): *Επαγγελματικά και Περιβαλλοντικά Νοσήματα των Πνευμόνων*, Αθήνα, Ελληνική Πνευμονολογική Εταιρεία, 2007, σ. 1-581.

⁶⁶⁶ Κ. ΧΑΤΖΗΣΤΑΥΡΟΥ: *Επαγγελματικά και Περιβαλλοντικά Νοσήματα των Πνευμόνων*, Αθήνα, Ελληνική Πνευμονολογική Εταιρεία, 2007, σ. 1-8.

⁶⁶⁷ Π. ΖΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ, & Τ. ΤΟΠΑΛΗΣ: *Επαγγελματικά και Περιβαλλοντικά Νοσήματα των Πνευμόνων*, Αθήνα, Ελληνική Πνευμονολογική Εταιρεία, 2007, σ. 391-402.

⁶⁶⁸ Ι. ΓΚΙΟΖΟΣ, Σ. ΣΙΜΟΠΟΥΛΟΥ & Α. ΤΣΑΡΟΥΧΑ: *Επαγγελματικά και Περιβαλλοντικά Νοσήματα των Πνευμόνων*, Αθήνα, Ελληνική Πνευμονολογική Εταιρεία, 2007, σ. 417-433.

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 αλφαβήτου⁶⁶⁹. Οι μαθητές διατυπώνουν το κεντρικό πρόβλημα της τρίτης διδακτικής ώρας: «*Μετατρέπεται ένα ραδιενεργό στοιχείο σε άλλο;*».

Ο Rutherford μελέτησε την ακτινοβολία που εκπέμπεται από το ουράνιο. Ήθελε να βρει εάν οι ακτίνες του Becquerel ήταν, όπως πολλοί πίστευαν, ένας τύπος ακτινοβολίας X. Χρησιμοποίησε εξελεγχόμενες ηλεκτρικές μεθόδους και όχι τις παλιές φωτογραφικές μεθόδους που χρησιμοποιούσε ο Becquerel οι οποίες δεν ήταν τόσο ακριβείς και βασιζόνταν στην υποκειμενική ερμηνεία του παρατηρητή. Εκτός από την ανάλυση της συμπεριφοράς της ακτινοβολίας ουρανίου, ο Rutherford αναζήτησε άλλες ραδιενεργές ουσίες που θα εξέπεμπαν παρόμοια ακτινοβολία. Η περιέργη συμπεριφορά του θορίου (Th) οδήγησε τον Rutherford σε σημαντικά συμπεράσματα. Ο R. B. Owens, συνάδελφος του Rutherford στο McGill, μελέτησε την ακτινοβολία που προερχόταν από το οξειδίο του θορίου. Ο Rutherford, χωρίς να γνωρίζει κάτι για αυτή την ακτινοβολία παρά μόνο υπέθετε ότι ήταν σωματιδιακής φύσης, την ονόμασε «*απορροή*»⁶⁷⁰. Το ερώτημα που προέκυψε για τον Rutherford και σχετίζεται με το ερώτημα που προκύπτει από το κείμενο 4 της διδακτικής ακολουθίας ήταν το εξής: Είναι δυνατό το θόριο να μεταστοιχειωθεί στην απορροή; Η μεταστοιχείωση ήταν μια έννοια μεταφυσικά φορτισμένη καθώς άγγιζε τα όρια της αλχημείας. Όταν ο Soddy, συνεργάτης του Rutherford, φέρεται να αναφώνησε, «*Rutherford, αυτό είναι μεταστοιχείωση: το θόριο διασπάται και μεταστοιχειώνεται σε αέριο αργό*», ο Rutherford απάντησε, «*Soddy, μην το αποκαλείς μεταστοιχείωση. Θα μας πάρουν τα κεφάλια ως αλχημιστές*»⁶⁷¹. Οι Soddy και Rutherford διαχώρισαν το θόριο X (ThX) από το οξειδίο του θορίου. Μελετώντας τις δραστηκότητές τους, παρατήρησαν ότι το άθροισμά τους ήταν πάντα το ίδιο. Ενώ μειωνόταν αυτή του ThX αυξανόταν εκείνη του Th. Αυτό σήμαινε ότι το θόριο παρήγαγε μια ουσία που ήταν χημικά διαφορετική από το ίδιο. Ο Rutherford και ο Soddy κατέληξαν ότι η ραδιενέργεια ήταν «εκδήλωση της υποατομικής χημικής μεταβολής»⁶⁷² και ότι η ενέργεια που σχετίζεται με τη ραδιενέργεια θα πρέπει να προέρχεται από κάποια ανακατανομή μέσα στο άτομο. Απέφυγαν να χρησιμοποιήσουν τον όρο «μεταστοιχείωση».

⁶⁶⁹ M. C. MALLEY: *Radioactivity: a history of a mysterious science*. New York, Oxford University Press, Inc., 2011, σ. 95.

⁶⁷⁰ M. C. MALLEY: *Radioactivity: a history of a mysterious science*. New York, Oxford University Press, Inc., 2011, σ. 46.

⁶⁷¹ M. C. MALLEY: *Radioactivity: a history of a mysterious science*. New York, Oxford University Press, Inc., 2011, σ. 51.

⁶⁷² M. C. MALLEY: *Radioactivity: a history of a mysterious science*. New York, Oxford University Press, Inc., 2011, σ. 54.

Οι ιστορικές αυτές αναφορές αξιοποιούνται στη δημιουργία του κειμένου 4 που δίνεται στους μαθητές.

Στην τέταρτη διδακτική ενότητα δίνεται στους μαθητές το κείμενο 5, «*Η “εξαφάνιση” της Ραδιενέργειας: Ραδιενεργή διάσπαση και χρόνος ημιζωής*». Στο κείμενο περιγράφονται τα συμπεράσματα του Rutherford ο οποίος προσδιόρισε πόσο γρήγορα η «απορροή» του θορίου έχανε τη δραστηκότητά της. Μέτρησε το ρυθμό μείωσης της ραδιενέργειας με ένα ηλεκτρόμετρο και βρήκε ότι το ρεύμα *μειωνόταν εκθετικά με το χρόνο*. Η δραστηκότητα έπεφτε στο μισό της αρχικής τιμής μόνο μέσα σε ένα λεπτό. Ο Rutherford παρουσίασε δύο καμπύλες δράσης, τις καμπύλες σχηματισμού και διάσπασης του ραδιενεργού υλικού⁶⁷³ και διατύπωσε το θεμελιώδη κανόνα σύμφωνα με τον οποίο *κάθε ραδιενεργό άτομο έχει καθορισμένη πιθανότητα (σταθερή) διάσπασης στη μονάδα του χρόνου*. Με τη βοήθεια του κειμένου αυτού οι μαθητές/τριες διατυπώνουν το κεντρικό πρόβλημα που πρόκειται να επιλύσουν σε αυτή την τελευταία διδακτική ενότητα: «*Με ποιον τρόπο μειώνεται η ραδιενέργεια;*».

⁶⁷³ E. SEGRE: *Από τις ακτίνες X έως τα κουάρκ*. Αθήνα, Δίαιλος, 1997, σ. 73.

Πίνακας 2: Τα κείμενα που χρησιμοποιήθηκαν

ΤΙΤΛΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	
ΚΕΙΜΕΝΟ 1	<p>Ανακαλύπτοντας τη Ραδιενέργεια - Τα πειράματα του Becquerel [Αποσπάσματα από το ημερολόγιο του Becquerel].</p>	<p>Σειρά πειραμάτων από τις 24 Φεβρουαρίου 1896 έως και 9 Μαρτίου 1896. Μια νέα ακτινοβολία από το ουράνιο.</p>
ΚΕΙΜΕΝΟ 2	<p>Το Ραδόνιο και η ασθένεια των μεταλλωρύχων.</p>	<p>Ο Agricola και ο Παράκελσος διαπίστωσαν μεγάλη συχνότητα ασθενειών του πνεύμονα και υψηλή θνησιμότητα των μεταλλωρύχων.</p>
ΚΕΙΜΕΝΟ 3	<p>Φυλλάδιο σχετικά με το Ραδόνιο που έχει εκδώσει η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ) για την ενημέρωση του κοινού.</p>	<p>Συνδέει τα κείμενα 2 και 4.</p>
ΚΕΙΜΕΝΟ 4	<p>Από το Θόριο στο Ραδόνιο: Μεταστοιχείωση και <i>Ραδιενεργές Σειρές</i></p>	<p>Η ακτινοβολία που προερχόταν από το θόριο, η «απορροή» είναι ένας «βαρύς ραδιενεργός ατμός ή αέριο». Υιοθετήθηκε σύστημα για τον προσδιορισμό γενεών.</p>
ΚΕΙΜΕΝΟ 5	<p>Η «εξαφάνιση» της Ραδιενέργειας: Ραδιενεργή διάσπαση και χρόνος ημιζωής.</p>	<p>Ο Rutherford παρουσίασε τις καμπύλες σχηματισμού και διάσπασης του ραδιενεργού υλικού.. Διατύπωσε το θεμελιώδη κανόνα ότι κάθε ραδιενεργό άτομο έχει καθορισμένη πιθανότητα διάσπασης στη μονάδα του χρόνου.</p>

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 υποστηρίζει⁶⁷⁴ 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*⁶⁷⁵.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση που παρουσιάζεται εδώ, χρησιμοποιήθηκαν οι αρχές και η λογική της λεγόμενης καινοτομικής αντίληψης⁶⁷⁶ στο πλαίσιο της οποίας δημιουργήθηκε μια παράδοση εισαγωγής στοιχείων ιστορίας και φιλοσοφίας τα οποία εντάσσονται οργανικά στο περιεχόμενο του αντικειμένου διδασκαλίας. Οι μαθητές μπορούν να αντιληφθούν ότι η ραδιενέργεια και οι έννοιες που σχετίζονται με αυτή δεν ορίζονται αξιωματικά, αλλά οικοδομούνται στη βάση της ιστορικής εξέλιξης της έννοιας.

Ο κεντρικός άξονας της κάθε διδακτικής ενότητας ήταν ένα *πρόβλημα προς επίλυση*. Η διαδικασία επίλυσης του κάθε προβλήματος αποτελούσε ένα στάδιο προσέγγισης της έννοιας της ραδιενέργειας από ένα πρώτο βασικό επίπεδο σε ένα θεωρητικό. Σε κάθε στάδιο η διατύπωση του κεντρικού προβλήματος διευκολυνόταν από τη μελέτη ενός ιστορικού κειμένου.

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 α , β και γ . Κάτι τέτοιο βέβαια θα μπορούσε να γίνει μόνο μετά από την τέταρτη διδακτική ενότητα και την ανάλυση του ποσοτικού επιπέδου.

⁶⁷⁴ T. S. KUHN: *Η Δομή των επιστημονικών Επαναστάσεων*, Θεσσαλονίκη, Σύγχρονα Θέματα, 1987, σ. 62.

⁶⁷⁵ T. S. KUHN: *Η Δομή των επιστημονικών Επαναστάσεων*, Θεσσαλονίκη, Σύγχρονα Θέματα, 1987, σ. 231.

⁶⁷⁶ Δ. ΚΟΛΙΟΠΟΥΛΟΣ: *Θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών, η συγκρότηση της σχολικής γνώσης*. Αθήνα, Μεταίχμιο, 2006, σ. 59.