

Εφαρμογή των κριτηρίων ενός μοντέλου ανάλυσης στο βιβλίο της Χημείας Γ΄ Λυκείου θετικής κατεύθυνσης: Επιτυγχάνεται η εννοιολογική αλλαγή από την παλιά στη νέα κβαντική θεωρία;

Χριστίνα Στεφανή
Μουσικό Γυμνάσιο-Λύκειο Ιλίου
stefanih@otenet.gr

Περίληψη. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να διερευνηθεί, σε ποιο βαθμό, το σχολικό βιβλίο Χημείας της Γ΄ τάξης του Ενιαίου Λυκείου, στο κεφάλαιο που διαπραγματεύεται τις βασικές έννοιες της κβαντικής Χημείας, περιέχει στοιχεία που οδηγούν στην αντικατάσταση της θεωρίας του Bohr για το άτομο, από τη νέα κβαντική θεωρία, μέσω διαδικασίας εννοιολογικής αλλαγής. Η διερεύνηση έγινε με την εφαρμογή των κριτηρίων ενός μοντέλου (Shiland 1997), (Postner κ.α.1982), που εξετάζει την ύπαρξη ή όχι των βασικών προϋποθέσεων για την εννοιολογική αλλαγή από την παλιά στη νέα κβαντική θεωρία. Τα τέσσερα κριτήρια που θέτει το συγκεκριμένο μοντέλο δε φαίνεται να ικανοποιούνται επαρκώς. Η θεωρία του Bohr φαίνεται να καταλαμβάνει σημαντικό τμήμα της σχετικής παραγράφου του βιβλίου, με αποτέλεσμα να ενισχύεται περαιτέρω, αντιθέτως προς τα επιδιωκόμενα από το αναλυτικό πρόγραμμα.

Εισαγωγή

*“Too heavy, too long, and too advanced –
chemistry textbooks turn students
away from chemistry”¹*

L. Pauling

Η σημασία των διδακτικών βιβλίων στην εκπαίδευση καθιστά αναγκαία την αξιολόγησή τους, η οποία, όταν γίνεται, ανάλογα με τα κριτήρια που τίθενται και ανάλογα με τα πρόσωπα και τους φορείς που τη διεξάγουν (Ξωχέλλης 2005, Μπονίδης 2004, Έξαρχος 2002), οδηγεί σε ποικίλα αποτελέσματα. Οι ερευνητικές τεχνικές και μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί είναι είτε ποσοτικές, είτε ποιοτικές και εστιάζουν πρωτίστως στην ανάλυση των εκφάνσεων της λεκτικής επικοινωνίας και δευτερευόντως στη μη λεκτική επικοινωνία που αναδεικνύεται από το «περι-κείμενο» (Μπονίδης 2004). Στις συχνότερα εφαρμοζόμενες μεθόδους ανήκουν η ερμηνευτική μέθοδος, η ανάλυση περιεχομένου και η ανάλυση λόγου. Η σύγχρονη ανάλυση των κειμένων ως «πολυτροπικών», κατά την οποία δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην εικόνα (Μανιάτη κ.α. 2004), είναι μια από τις μεθόδους που περιλαμβάνουν ανάλυση κειμένου και περικείμενου.

Η κριτική που διατυπώνεται συνήθως στα βιβλία και αυτό συμβαίνει και διεθνώς, εστιάζεται κυρίως στην έλλειψη της εννοιολογικής συνοχής μεταξύ των διαφορετικών τμημάτων της γνώσης που αυτά διαπραγματεύονται. Επιπροσθέτως, το βοηθητικό υλικό (auxiliary material) στο οποίο ανήκουν και οι ερωτήσεις και τα προβλήματα, κρίνεται συνήθως ως μη ικανοποιητικό, ιδιαίτερα όταν ζητείται από τους μαθητές να δώσουν εύκολες και γρήγορες απαντήσεις σε ερωτήσεις διατυπωμένες με συγκεκριμένο τρόπο ή σε προβλήματα που διατυπώνονται με τις ίδιες πάντα εκφράσεις. Οι μαθητές, υπό αυτές τις

συνθήκες, σπανίως έχουν τη δυνατότητα να προχωρήσουν ένα βήμα παρακάτω και να οικοδομήσουν πιο πλούσια γνώση, ιδιαίτερα όταν τους ζητείται από τις συγκεκριμένες ερωτήσεις και προβλήματα να ανακαλέσουν και να αναπαράγουν το περιεχόμενο. Η ορθότητα της αναπαραγωγής καθορίζει και την αξιολόγηση, έτσι ώστε τελικά να μοιάζει σαν τα βιβλία να βασίζονται σε μια θεωρία, όπου το περιεχόμενο αποτελεί τον πιο σημαντικό παράγοντα της μάθησης (Anderson 1993).

Σκοπός της μελέτης

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι, με την εφαρμογή των κριτηρίων ενός μοντέλου εννοιολογικής αλλαγής (EA), να διερευνηθεί σε ποιο βαθμό το σχολικό βιβλίο Χημείας της Γ' τάξης του Ενιαίου Λυκείου (Λιοδάκης κ.α. 2005), στο κεφάλαιο που διαπραγματεύεται τις βασικές έννοιες της κβαντικής Χημείας, περιέχει στοιχεία που οδηγούν στην αντικατάσταση του μοντέλου του Bohr για το άτομο, από το κβαντομηχανικό μοντέλο, μέσω διαδικασίας EA. Το μοντέλο αυτό ανέπτυξε ο T.W. Shiland (1997) βασισμένος στη θεωρία του Postner (1982), η οποία διατυπώθηκε καταρχήν για να περιγράψει μια αποτελεσματική διαδικασία μέσω της οποίας μπορεί να κατακτηθεί η γνώση από τους μαθητές. Ο ίδιος, εφάρμοσε το μοντέλο του σε έξι βιβλία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στις Ηνωμένες Πολιτείες, στο κεφάλαιο της εισαγωγής στην κβαντική χημεία και βρήκε ότι σε κανένα από αυτά δεν ικανοποιούνται πλήρως τα κριτήρια της EA. Άλλη έρευνα επίσης αναδεικνύει προβλήματα από την ανάμιξη στοιχείων από τη θεωρία του Bohr και τη νέα κβαντική θεωρία στα βιβλία (Fishler & Lichtfeldt 1992). Η παρούσα μελέτη δεν αποσκοπεί σε αξιολόγηση και χαρακτηρισμό ως καλού ή κακού του προαναφερθέντος βιβλίου, το οποίο άλλωστε αποτελεί ένα αρκετά επιτυχές παράδειγμα στην ελληνική χημική δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Αντίθετα, η μελέτη αυτή εντάσσεται σε μια συζήτηση για τη βελτίωση των εκπαιδευτικών παραμέτρων, στις οποίες ανήκουν και τα διδακτικά βιβλία.

Τα κριτήρια – Το μοντέλο – Το αναλυτικό πρόγραμμα

Προϋποθέσεις (Postner κ.α 1982) για την επίτευξη της αναδιοργάνωσης (Βοσνιάδου 2002) και την «εγκατάσταση» (accommodation) ενός νέου συστήματος εννοιών κατά την EA (conceptual change), είτε αυτή αφορά το γνωστικό σύστημα ενός ατόμου, είτε μια επιστημονική θεωρία, είναι η δυσαρέσκεια που προκύπτει από την «ανεπάρκεια» (dissatisfaction) του προϋπάρχοντος συστήματος εννοιών, η «σαφήνεια» και «ευκρίνεια» (intelligibility) του νέου, η «ευλογοφάνεια» (plausibility) που καταρχήν εμφανίζει και η δυνατότητα να λύσει προβλήματα που δημιουργήθηκαν από τις προηγούμενες έννοιες και τέλος η «παραγωγικότητα» και «γρονιμότητα» (fruitfulness) του νέου, δηλαδή η δυναμική να μπορεί να επεκταθεί και να ανοίξει νέους ορίζοντες.

Ο Shiland προσάρμοσε τις παραπάνω προϋποθέσεις ώστε να τις εφαρμόσει στα βιβλία που μελέτησε, ως εξής: Το πρώτο στοιχείο, της ανεπάρκειας, προσδιορίστηκε εξετάζοντας τα στοιχεία μέσω των οποίων παρουσιάσθηκε το μοντέλο του Bohr ως μη επαρκές και ικανοποιητικό. Το δεύτερο κριτήριο της σαφήνειας μετρήθηκε προσδιορίζοντας τον αριθμό των σελίδων που απαιτήθηκαν για να παρουσιασθεί η κβαντική θεωρία. Σύμφωνα με τη θεωρία της EA (Postner κ.α. 1982) η σαφήνεια (intelligibility) των ιδεών ενός μαθητή προσδιορίζεται μέσω της ικανότητάς του να τις αναπαραστήσει. Για την ανάλυση ενός βιβλίου, ο Shiland θεωρεί ότι αυτό θα μπορούσε να αναχθεί στην προσπάθεια του συγγραφέα

να περιγράψει μια θεωρία στον μαθητή. Όσο αυξάνει ο αριθμός των σελίδων που χρειάζονται για την περιγραφή της θεωρίας, τόσο πιο δύσκολη γίνεται η οικοδόμηση μιας αναπαράστασης της θεωρίας. Η ευλογοφάνεια (plausibility) προσδιορίστηκε εξετάζοντας το αν το κείμενο αναφέρεται στους τρόπους με τους οποίους η κβαντική θεωρία αντιμετώπισε τις ανεπάρκειες του μοντέλου του Bohr. Η παραγωγικότητα (fruitfulness) αναλύθηκε στη βάση της καταγραφής προβλημάτων και ερωτήσεων, που απαιτούσαν είτε εξηγήσεις και λύσεις, είτε προβλέψεις παρατηρήσιμων φαινομένων, μέσω της κβαντικής θεωρίας. Ερωτήσεις που απαιτούσαν απλή αναπαραγωγή χαρακτηριστικών τμημάτων της κβαντικής θεωρίας δεν προσμετρήθηκαν.

Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκε με βάση τα παραπάνω κριτήρια η παράγραφος 1.1 του βιβλίου Χημείας της Γ' Λυκείου θετικής κατεύθυνσης, όπου εξετάζονται οι βασικές έννοιες της κβαντικής Χημείας.

Στο Πρόγραμμα Σπουδών (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο 2000), με βάση το οποίο έγινε η συγγραφή του βιβλίου, στην υποενότητα Τροχιακά - Κβαντικοί αριθμοί διατυπώνονται οι ακόλουθοι στόχοι:

Ο μαθητής:

- Να αναφέρει την αναγκαιότητα εισαγωγής της έννοιας του τροχιακού – ηλεκτρονιακού νέφους.

- Να αναφέρει τι δείχνει και τι τιμές παίρνει κάθε κβαντικός αριθμός.

Ο δεύτερος στόχος, απαιτεί από τους μαθητές απλή αναπαραγωγή συμβόλων και αριθμών που αντιστοιχούν στους κβαντικούς αριθμούς, δεν παρουσιάζει δυσκολία στην αποτύπωσή του και γι' αυτό το λόγο δεν εξετάστηκε στην παρούσα μελέτη. Αντίθετα, ο πρώτος στόχος, με τον όρο «αναγκαιότητα εισαγωγής» των νέων εννοιών, παραπέμπει στην πορεία της επιστήμης προς το νέο παράδειγμα (Nersessian 2002). Η ευρύτητα του στόχου που διαφαίνεται αρχικά, περιορίζεται στη συνέχεια από τις έννοιες «τροχιακό» και «ηλεκτρονιακό νέφος».

Ανάλυση - Αποτελέσματα

Η μελέτη της παραγράφου έγινε καταρχήν μακροσκοπικά και στη συνέχεια με την εφαρμογή του προαναφερθέντος μοντέλου. Α) Από την μακροσκοπική εξέταση της ενότητας προκύπτουν τα εξής:

1. Κατανομή περιεχομένου

Η ενότητα με τίτλο *Τροχιακό – κβαντικοί αριθμοί* υποδιαιρείται στις υποενότητες: *τροχιακό, κβαντικοί αριθμοί, γραφική απεικόνιση ατομικών τροχιακών*. Μετά την εισαγωγή, υπό τον τίτλο *Τροχιακό* και στις σελίδες 3-5, περιλαμβάνονται όλες οι θεωρίες του 20^{ου} αιώνα, συμπεριλαμβανομένης και της θεωρίας του Bohr της οποίας γίνεται μια εκτενής περιγραφή. Η νέα κβαντική θεωρία αναπτύσσεται στις σελίδες 7 και 8. Σημειώνουμε εδώ την ανακολουθία τίτλου και περιεχομένου και την υπερβολική έμφαση στη θεμελιώδη αυτή έννοια, που όμως αποτελεί μέρος ενός ευρύτερου πλέγματος βασικών θεωρητικών εννοιών.

2. Η εικονογράφηση

Η εικονογράφηση είναι γενικά πλούσια και ελκυστική, αλλά υπερβολική σε ορισμένες περιπτώσεις ως προς το μέγεθος και την ένταση (Kandinsky, 1981) ορισμένων εικόνων, όπως των σελίδων 2 και 11 και πιθανόν 12 β.

3. Τα παραθέματα

Η παράθεση βιογραφικών αποσπασμάτων των μεγάλων επιστημόνων θεωρείται γενικά χρήσιμη (Μανιάτη κ.α. 2004) και όσα περιλαμβάνονται στο παρόν βιβλίο είναι ενδιαφέροντα. Το περισσότερο κείμενο στα παραθέματα των σελίδων 8 και 11 «έχουν πει για το ατομικό τροχιακό», δεν προσθέτουν σημαντικά στα ήδη λεχθέντα από το κείμενο, ενώ συγχρόνως «επιβαρύνουν» τη σελίδα. Το δισέλιδο (σελ. 36-37) παράθεμα, όπου περιγράφεται το μικροσκόπιο σάρωσης είναι χρήσιμο, αλλά συγχρόνως εκτενές και περίπλοκο.

Η εφαρμογή των κριτηρίων οδήγησε στον εντοπισμό των στοιχείων παρατίθενται παράλληλα με τα αποτελέσματα της εργασίας του Shiland όπως τα αναφέρει στο σχετικό άρθρο του, στο περιοδικό Journal of Research in Science Teaching.

1. Το κριτήριο της ανεπάρκειας.

Ο Shiland σημείωσε,

ότι τα τέσσερα από τα έξι βιβλία που ερεύνησε ανέφεραν ότι το μοντέλο του Bohr δε μπορεί να εξηγήσει το φάσμα των στοιχείων, εκτός από αυτό του υδρογόνου και ένα στα έξι ότι το μοντέλο του Bohr αντικαταστάθηκε από ένα καλύτερο. Δε βρήκε όμως καμία αναφορά των κειμένων αυτών σε δεδομένα από την παρατήρηση.

Στο παρόν βιβλίο,

στη σελίδα 5, μετά το τέλος της περιγραφής του μοντέλου του Bohr, αναφέρεται ότι (1) «η θεωρία ... έπρεπε να εγκαταλειφθεί διότι δεν κατάφερε να ερμηνεύσει, ούτε τα φάσματα ούτε το χημικό δεσμό». Η σελίδα 6, μετά από τη θεωρία των υλοκυμάτων και την αρχή της απροσδιοριστίας τελειώνει με την πρόταση: (2) «Η αποδοχή της αρχής της αβεβαιότητας οδηγεί αυτομάτως στην κατάρριψη όλων των πλανητικών προτύπων συμπεριλαμβανομένου και του ατομικού προτύπου Bohr. Πράγματι η παραδοχή της κίνησης του ηλεκτρονίου σε κυκλική τροχιά προϋποθέτει, με βάση τους νόμους της κυκλικής κίνησης, επακριβή θέση της θέσης και της ταχύτητας». Στις προτάσεις αυτές αναφέρονται τα στοιχεία της ανεπάρκειας της θεωρίας του Bohr.

2. Το κριτήριο της σαφήνειας της νέας θεωρίας.

Ο Shiland

υπολόγισε τον αριθμό των σελίδων που αφιερώνονται στην κβαντική θεωρία. Αποφαίνεται ότι ένας αριθμός 10 σελίδων από τις 543 συνολικά ², κρίνεται μεγάλος, ώστε να μην ικανοποιείται το κριτήριο της σαφήνειας.

Στην παρούσα εργασία,

οι σελίδες που καταλαμβάνει το αντίστοιχο κείμενο είναι οι 1,2,3,4,5,6,7,8,11 και 12, είναι δηλαδή οι 8 από τις 270 σελίδες ³ κειμένου του βιβλίου.

3. Το κριτήριο της ευλογοφάνειας της νέας θεωρίας.

Ο Shiland δε βρήκε

σε κανένα από τα βιβλία που εξέτασε, ούτε ακόμη και στις περιπτώσεις των βιβλίων που περιγράφουν τις αδυναμίες του μοντέλου του Bohr, αναφορές στους τρόπους αντιμετώπισής τους από το νέο μοντέλο. Κανένα δεν περιελάμβανε φάσμα που να εξηγείται από τη νέα θεωρία, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις που περιλαμβάνονταν κάποια στοιχεία σκόρπια μέσα στο κείμενο, αυτά δεν κρίθηκαν αρκετά για να αναδειχθεί το μοντέλο του Bohr, ως μη αξιόπιστο.

Το παρόν βιβλίο,

αν και κάτι τέτοιο δεν αναφέρεται στους στόχους του Αναλυτικού Προγράμματος, κάνει εκτενή αναφορά μιας και μισής σελίδας στις δύο συνθήκες του μοντέλου του Bohr, με μαθηματικό τρόπο, ενώ υπάρχουν και αρκετές σχετικές ασκήσεις, με την 73 της σελίδας 50 πιο ενδιαφέρουσα. Στη συνέχεια η εκτενής περιγραφή του φάσματος του H - υπάρχουν

μάλιστα πολύ δυνατές εικόνες που καλύπτουν ολόκληρη τη σελίδα 5- που επιβεβαιώνει τη θεωρία του Bohr, ενισχύει περισσότερο το ήδη ισχυρό στο μυαλό των μαθητών, από προηγούμενες τάξεις, αυτό μοντέλο.

Η ευλογοφάνεια της νέας θεωρίας αποτυπώνεται στη σελίδα 7 κάτω, όπου αναφέρεται ότι (3) «...η εξίσωση Schrödinger διατυπώθηκε για να περιγράψει μαθηματικά τη συμπεριφορά του ηλεκτρονίου του ατόμου του υδρογόνου. Μπορεί βέβαια με κατάλληλες προσεγγίσεις να εφαρμοσθεί και σε πολυηλεκτρονικά άτομα» Είναι φανερό ότι με τα αποσπάσματα (1), (2), (3) γίνεται προσπάθεια να καθιερωθεί η εξηγητική ικανότητα της νέας θεωρίας στο μυαλό του μαθητή δηλωτικά και με την αναφορά σε μια εξίσωση που ο (Gillespie 1997) χαρακτηρίζει ως εξίσωση – φάντασμα διότι αναφέρεται και ποτέ δεν παρατίθεται.

4. Το κριτήριο της παραγωγικότητας της νέας θεωρίας. *Ο Shiland*

παρατήρησε μερικές ερωτήσεις που θεώρησε γόνιμες, αλλά αυτές όπου υπήρχαν ήταν σκόρπιες μέσα σε όλο το κείμενο.

Στο παρόν βιβλίο

το κριτήριο της παραγωγικότητας ή γονιμότητας της νέας θεωρίας αναζητήθηκε σε δύο πεδία:

A. Στο κείμενο του βιβλίου, όπου αναζητήθηκαν πειραματικά ή άλλα παρατηρήσιμα δεδομένα με τα οποία να φαίνεται η ερμηνευτική και προβλεπτική ισχύς της νέας θεωρίας. Δεν βρέθηκαν τέτοια στοιχεία στο κυρίως κείμενο. Το παράθεμα που αναφέρεται στο μικροσκόπιο σάρωσης εντάσσεται στο πλαίσιο αυτό και μπορεί να θεωρηθεί ότι ικανοποιεί σε κάποιο βαθμό και το κριτήριο της ευλογοφάνειας και το κριτήριο της παραγωγικότητας της νέας θεωρίας. Το συμπέρασμα όμως στο οποίο καταλήγει το κείμενο, ότι δηλαδή με το μικροσκόπιο σάρωσης επιβεβαιώνεται ο κυματοσωματικός δυϊσμός της ύλης, περιορίζει τη «δύναμη» του παραθέματος αυτού υπονοώντας ότι αποδείχθηκε η ορθότητα της θεωρίας, επειδή μπορέσαμε να δούμε κάποια «εικόνα» από το μικρόκοσμο και όχι για άλλους λόγους, όπως για παράδειγμα από το πλήθος των εφαρμογών της στην τεχνολογία.

B. Στο πεδίο των ασκήσεων, όπου αναζητήθηκαν ασκήσεις που δεν απαιτούν απλή αναπαραγωγή της θεωρίας, αλλά οδηγούν τους μαθητές ένα βήμα πιο πέρα και απαιτούν κριτική σκέψη. Ασκήσεις που να περιλαμβάνουν τα παραπάνω στοιχεία σε ικανοποιητικό βαθμό δε βρέθηκαν.

Συμπεράσματα

Από το κείμενο καθίσταται εμφανές ότι η επίτευξη του στόχου «*Να μπορεί ο μαθητής να αναφέρει την αναγκαιότητα εισαγωγής της έννοιας του τροχιακού – ηλεκτρονιακού νέφους*» επιδιώκεται δηλωτικά και στη βάση της αρχής της αβεβαιότητας, εξ αιτίας της οποίας άλλαξε η άποψή μας για το άτομο [Αποσπάσματα (1), (2) και (3)]. Εδώ όμως τίθεται το ερώτημα σχετικά με το πόσο εύκολο είναι να επιτευχθεί ο στόχος αυτός, όταν επιχειρείται να εισαχθούν οι αντιδιασθητικές (counterintuitive) ιδέες της κβαντικής θεωρίας με τη βοήθεια μιας επίσης αντιδιασθητικής ιδέα, όπως η αρχή της αβεβαιότητας.

Η εφαρμογή του μοντέλου της ΕΑ έδειξε ότι τα κριτήρια που τέθηκαν δεν πληρούνται⁴, σε βαθμό που να θεωρείται ότι είναι ικανοποιητικός. Τα τρία σημεία (1), (2) και (3), που σημειώνουμε παραπάνω, κλείνουν εννοιολογικά κάποιες θεματικές ενότητες και αναδεικνύουν την ανάγκη αντικατάστασης της παλιάς θεωρίας από τη νέα. Επειδή κινούνται

όμως σε θεωρητικό επίπεδο, το αποτέλεσμά τους είναι λιγότερο ισχυρό από αυτό που θα έδιναν πιθανόν πειραματικά δεδομένα, αν αναφέρονταν αυτά.

Έρευνα των Παπαφώτη και Τσαπαρλή (2002) σε πρωτοετείς φοιτητές, οι οποίοι δεν είχαν διδαχθεί κβαντική χημεία στο Πανεπιστήμιο, έδειξε ότι η ενασχόλησή τους με τις απλές κβαντικές έννοιες στη Γ' Λυκείου, όπως είναι οι έννοιες *τροχιακό* και *ηλεκτρονιακό νέφος*, δεν τους οδήγησε σε ΕΑ. Το σχολικό βιβλίο είναι ίσως ένας παράγοντας, αλλά όχι ο μόνος και ίσως όχι ο πιο σημαντικός. Η εγγενής δυσκολία της θεωρίας και οι εναλλακτικές ιδέες που διαμορφώνουν οι μαθητές, όπως επίσης ο τρόπος εξέτασης της ενότητας αυτής κατά τις Πανελλήνιες εξετάσεις μπορεί να θεωρηθούν επίσης ως παράγοντες. Οι απλές ερωτήσεις αναπαραγωγής και εφαρμογής μνημονικών κανόνων εγκλωβίζουν δασκάλους και μαθητές σε μια επιφανειακή προσέγγιση της κβαντικής θεωρίας. Μετά τις παραπάνω παρατηρήσεις, οι εκπαιδευτικοί, αν και είναι αναγκασμένοι από το ισχύον σύστημα να δίνουν έμφαση σε θέματα τα οποία θα εξετασθούν οι μαθητές, θα μπορούσαν προκειμένου να αναδείξουν την αναγκαιότητα μετάβασης από την παλιά στη νέα κβαντική θεωρία:

- να τονίζουν ιδιαίτερα τα σημεία (1), (2) και (3) του βιβλίου και να διδάσκουν την αντικατάσταση του μοντέλου του Bohr από τη νέα θεωρία ως μια διαδικασία ΕΑ (Nersessian 2002).
- να ανατρέχουν και σε άλλα βιβλία και πηγές εκτός του σχολικού βιβλίου, για να αναζητούν στοιχεία που θα τους βοηθούν στη διδασκαλία με σκοπό να επιτύχουν την προαναφερθείσα ΕΑ.

Επίλογος

Για την επιτυχή συγγραφή ενός διδακτικού βιβλίου είναι απαραίτητο ένα μοντέλο μάθησης (Herron 1982, Shiland 1997), που να περιγράφει τις απαραίτητες συνθήκες για να πάμε από ένα σύστημα ιδεών και απόψεων σε ένα άλλο. Το μοντέλο μάθησης πρέπει να αντιπροσωπεύει τις σύγχρονες τάσεις της γνωστικής επιστήμης και να είναι ικανό να εφαρμοσθεί στα βιβλία.

Η συγγραφή των βιβλίων, ως πολυτροπικών κειμένων, σηματοδοτεί την απόδοση προσοχής στους πολλαπλούς τρόπους επικοινωνίας που πρέπει να αναδεικνύονται και υπόσχεται καλά αποτελέσματα. Η εικόνα ως εργαλείο υποβοηθά την ενίσχυση της δεξιότητας του μαθητή «να διαβάζει/βλέπει πολύπλοκα τοπία, να ανοίγει τα μάτια του και το μυαλό του και να μελετά, να αισθάνεται, να αντιλαμβάνεται και να ενεργεί με τρόπους που αλλάζουν τον κόσμο» (Sanders-Bustle 2003). Όσον αφορά τα βιβλία της Χημείας και την ενότητα της κβαντομηχανικής οι απεικονίσεις των μοντέλων αποτελούν ισχυρό εργαλείο στα χέρια του δασκάλου, αλλά και πηγή πολλαπλών παρανοήσεων. Η χρήση τους επομένως πρέπει να γίνεται με προσοχή.

Ο Pauling (1983) κάνοντας κριτική στα βιβλία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και του πρώτου έτους των φοιτητών του κολεγίου στις ΗΠΑ, ανέφερε ότι περιλαμβάνουν πολύ προχωρημένο (advanced) υλικό. Κατά τον Pauling, ένα υλικό «γίνεται» πολύ προχωρημένο, όταν δεν επιτρέπει στον συγγραφέα λεπτομερειακή και ξεκάθαρη συζήτηση που να το καθιστά σαφές και κατανοητό. Εισηγήθηκε να μειωθούν τα κείμενα στο μισό από το υπάρχον μέγεθός τους και το θεωρητικό υλικό να αντικατασταθεί από περιγραφικό. Πρότεινε επίσης οι περίπλοκες θεωρίες, όπως τα μοριακά τροχιακά να αντικατασταθούν από απλούστερες, όπως η θεωρία σθένους δεσμού. Με τη ρήση *πολύ βαριά, πολύ εκτενή* θέτει επίσης το θέμα του όγκου των βιβλίων. Σημειώνουμε εδώ ότι το μεγάλο σχήμα, οι μεγαλύτερες από το απαραίτητο εικόνες, οι πολλές αρχικές και τελικές σελίδες, τα περιττά παραθέματα και γενικά η έλλειψη «οικονομίας» ή εργονομικής διευθέτησης της σελίδας προσθέτουν(;)

ελκυστικότητα στο βιβλίο, επιβαρύνοντας ... τη σπονδυλική στήλη των μαθητών με επιπλέον κιλά.

Ο ρόλος των σχολικών βιβλίων στην ελληνική εκπαίδευση είναι πολλαπλός και γενικά υπερτονισμένος. Συχνά το βιβλίο αποτελεί υποκατάστατο των εποπτικών μέσων διδασκαλίας (Ξωχέλλης 2005). Οι εκπαιδευτικοί στηρίζονται πολύ σε αυτό για πολλούς λόγους και κυρίως επειδή το θεωρούν έγκυρο (Μπονίδης 2004). Η ανάπτυξη του παιδαγωγικού περιεχομένου της γνώσης (Paedagogical Content Knowledge) όμως είναι πολύπλοκη διαδικασία που καθορίζεται από ποικιλία αλληλοεξαρτώμενων παραγόντων. Οπωσδήποτε δεν είναι δυνατόν οι εκπαιδευτικοί να μάθουν το επιστημονικό και κατά μείζονα λόγο το παιδαγωγικό περιεχόμενο της ύλης που θα διδάξουν (deJong 2004) από το διδακτικό εγχειρίδιο. Πόσο μάλλον όταν το διδακτικό εγχειρίδιο, όπως συμβαίνει στην Ελλάδα είναι –ή τουλάχιστον «αποσκοπεί» να είναι- εργαλείο για το μαθητή.

«Όπως συμβαίνει και σ' ένα αριστούργημα της λογοτεχνίας, η κβαντική θεωρία είναι ανοιχτή σε πολλές διαφορετικές ερμηνείες. Οι περισσότεροι φυσικοί αγνοούν αυτό το στοιχείο και θεωρούν ότι τα βιβλία της κβαντικής θεωρίας είναι ανάλογα με τα βιβλία του κατηχητικού».

Miller A.I. (2004)

Σημειώσεις

¹ «Πολύ βαριά, πολύ εκτενή και πολύ προχωρημένα βιβλία απομακρύνουν τους μαθητές από τη Χημεία». Από το άρθρο του L.Pauling: «Εκσφενδονίζοντας το βιβλίο κατά της Χημείας» (Pauling 1983).

² Το βιβλίο που αναφέρεται εδώ είναι το: «Chemistry Experimental Foundation» Parry R.W., Dietz P.M., Tellefsen R.L., Steyner L.E., Prentice Hall, 11976, Βιβλιοθήκη Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.

³ Στο σχολικό βιβλίο το κυρίως κείμενο καταλαμβάνει 185 σελίδες, τα παραθέματα 8, οι ασκήσεις 63, οι αρχικές και τελικές σελίδες 26 και το σύνολο των σελίδων είναι 296. Σημειώνεται εδώ ότι το 20% περίπου του περιεχομένου του βιβλίου είναι εκτός ύλης και δεν διδάσκεται.

⁴ Τα προαναφερθέντα αποτελέσματα από την εφαρμογή του μοντέλου της ΕΑ χρειάζεται να διαφωτισθούν περαιτέρω, με εφαρμογή ανάλυσης κειμένου, η οποία θα δώσει πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Αναφέρεται εδώ το κριτήριο της σαφήνειας για παράδειγμα, το οποίο εδώ προσδιορίστηκε μόνο ποσοτικά.

⁵ Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2000) Πρόγραμμα Σπουδών Γ' τάξη Λυκείου, θετική κατεύθυνση, σελ. 261.

Παραπομπές

- Βοσνιάδου Σ. (2002). Η εννοιολογική αλλαγή στην παιδική ηλικία: Παραδείγματα από το χώρο της Αστρονομίας. Στο «Αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου» Επιμέλεια: Β. Κουλαϊδής, Εκδόσεις Gutenberg, σελ.. 234.
- Έξαρχος Ι. (2002). Καταλληλότητα σχολικών εγχειριδίων: Το δίλημμα της επιλογής του καταλληλότερου σχολικού εγχειριδίου των φυσικών επιστημών της ε' τάξης του δημοτικού σχολείου. Πρακτικά 1^{ου} πανελληνίου συνεδρίου «Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών στην κοινωνία της πληροφορίας», σσ 235-241.
- Kandinsky W. (1981). Για το πνευματικό στην τέχνη. Μετάφραση: Παράσχης, Μ., Πρόλογος: Δεληγιάννης, Δ. Εκδόσεις Νεφέλη.
- Λιοδάκης Σ., Γάκης Δ., Θεοδωρόπουλος Δ., Θεοδωρόπουλος Π. (2005). Χημεία Γ' Ενιαίου Λυκείου Θετικής Κατεύθυνσης, ΟΕΔΒ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.

- Μανιάτη Ε., Δρακοπούλου Μ., Σκορδούλης Κ., Χαλκιά Κ. (2004). Η παρουσία της ιστορίας της επιστήμης στα σχολικά εγχειρίδια φυσικής του πρώτου μισού του 20^{ου} αιώνα. Πρακτικά του 4^{ου} πανελληνίου συνεδρίου Φυσικές Επιστήμες «Διδασκαλία, Μάθηση και Εκπαίδευση», Αθήνα 26-28 Νοεμβρίου, σσ 354-381. Miller A.I. (2004). Ερωτισμός, αισθητική και η κυματική εξίσωση του Schrödinger. Στο «Οι μεγάλες εξισώσεις του 20^{ου} αιώνα». Επιμέλεια Farnelo G., Εκδόσεις Αλεξάνδρεια, σ 164.
- Μπονίδης Κ.Θ. (2004). Το περιεχόμενο του σχολικού βιβλίου ως αντικείμενο έρευνας: Διαχρονική εξέταση της σχετικής έρευνας και μεθοδολογικές προσεγγίσεις, Εκδόσεις Μεταίχμιο.
- Nersessian N. (2002). Εννοιολογική δόμηση και διδασκαλία: Ένας ρόλος για την ιστορία στη διδακτική των φυσικών επιστημών. Στο «Αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου» Επιμέλεια: Β.Κουλαϊδής, Εκδόσεις Gutenberg σ 117.
- Ξωχέλλης Π.Δ. (2005). Τα κριτήρια εγκυρότητας, αξιοπιστίας και παιδαγωγικής καταλληλότητας των σχολικών βιβλίων. Στα πρακτικά του συνεδρίου «Διδακτικό βιβλίο και εκπαιδευτικό υλικό στο σχολείο. Προβληματισμοί – δυνατότητες – προοπτικές». Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης 17-19 Φεβρουαρίου. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο και ΑΠΘ, σσ 32-38.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2000). Προγράμματα Σπουδών Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης: Φυσικές Επιστήμες. Εκδ. Παιδαγωγικού Ινστιτούτου, Αθήνα, σ 261.
- Παπαφώτης Γ. και Τσαπαρλής Γ. (2004). Μοντέλα ατομικής δομής στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Πρακτικά 4^{ου} Συνεδρίου για τη διδακτική των Φυσικών επιστημών σσ 41-49.
- Anderson, L.M. (1993). Auxiliary Materials that Accompany Textbooks: Can they Promote Higher – Order Learning? in “Learning from Textbooks. Theory and Practice”, Lawrence Erlbaum, New Jersey, σελ.140.
- Fishler, H. & Lichtfeldt, M. (1992). Modern physics and students’ conceptions. International Journal of Science Education, 1992, 14, 181-190.
- Herron J.D. (1983). What research says and how it can be used. Journal of Chemical Education, 65, 780-781.
- Gillespie, R. (1997). The great ideas of chemistry. Journal of Chemical Education, 74, 862. .
- Pauling L. (1983). Throwing the book at elementary chemistry. The Science Teacher, 25-29.
- Postner G.J., Strike K.A., Hewson P.W. & Gertzog W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. Science Education, 66, 211-227.
- Sanders – Buste L. (2003). Re-envisioning literacy. Photography as a means for understanding literate worlds in “Image, inquiry, and transformative practice, engaging learners in creative and critical inquiry through visual representation”, Peter Lang Publishing, New York σελ.45.
- Shiland, T. W. (1997). Quantum mechanics and conceptual change in high school chemistry textbooks. Journal of Research in Science Teaching, 34, 535-545.