



Επιστημονικός αλφαριθμητισμός των αποφοίτων λυκείου και πυρηνική φυσική - γνώση βασικών εννοιών από πρωτοετείς φοιτητές φυσικής, με προεκτάσεις και σε θέματα ειρήνης και αειφόρου ανάπτυξης

Χαρτζάβαλος Σ., Τσαπαρλής Γ.

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας, Τομέας Φυσικοχημείας
shartz@otenet.gr gtseper@cc.uoi.gr

Η πυρηνική φυσική έχει δύο ειδών χρήσεις και εφαρμογές που σχετίζονται άμεσα με την παγκόσμια ειρήνη και την αειφόρο ανάπτυξη. Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα κύρια αποτελέσματα έρευνας που πραγματοποιήθηκε με πρωτοετείς φοιτητές φυσικής. Η έρευνα αφορούσε τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό των μαθητών για βασικά θέματα και έννοιες πυρηνικής φυσικής και τα οποία στην πλειονότητα τους αποτελούν μέρος της διδακτέας ύλης της α΄ και της γ΄ τάξης του λυκείου. Για την έρευνα επιλέχθηκαν δύο κείμενα από τον ημερήσιο πολιτικό τύπο, διαμορφωμένα κατάλληλα, που συνοδεύονταν από αντίστοιχα ερωτηματολόγια ανοικτού τύπου. Το ένα άρθρο πραγματεύεται τον νέο θερμοπυρηνικό αντιδραστήρα σύντηξης υδρογόνου που πρόκειται να κατασκευαστεί στη γαλλική πόλη Cantaras από μια κοινοπραξία συνεργαζόμενων κρατών. Το άλλο άρθρο είναι σχετικό με το απεμπλουτισμένο ουράνιο, το πυρηνικό απόβλητο και τον κίνδυνο από αυτό για την ανθρώπινη υγεία. Αναλύονται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας, τα οποία κρίνονται απογοητευτικά και προτείνονται λύσεις για βελτιωμένη διδασκαλία.

Το θέμα και το πρόβλημα

Είναι ευρέως γνωστό ότι η πυρηνική φυσική έχει δύο ειδών χρήσεις και εφαρμογές: από τη μία ειρηνικές, που είναι προσανατολισμένες στην παραγωγή φτηνής και «καθαρής» ενέργειας, επομένως συνεισφέρει στην αειφόρο ανάπτυξη καθώς και ιατρικές εφαρμογές από την άλλη στρατιωτικές εφαρμογές που σχετίζονται με τη βιομηχανία όπλων. Αυτές οι χρήσεις και εφαρμογές συνιστούν ένα θέμα που αρκετά χρόνια τώρα βρίσκεται πολύ ψηλά στην παγκόσμια πολιτική ατζέντα, τόσο για τις ειρηνικές χρήσεις όσο και για την απειλή για την παγκόσμια ειρήνη, μέσω της πιθανής εξάπλωσης της ανάπτυξης των πυρηνικών όπλων. Ιδιαίτερης σημασίας είναι η χρήση των πυρηνικών εργοστασίων για παραγωγή ενέργειας, ειδικά αν ληφθεί υπόψη η πρόσφατη – αλλά και άλλες, στο παρελθόν – κρίση λόγω της υψηλής τιμής του πετρελαίου και τα περιβαλλοντικά προβλήματα που συνδέονται με εκπομπές αέριων ενώσεων του άνθρακα. Ενώ οι περισσότεροι άνθρωποι τάσσονται κατά των πυρηνικών όπλων, επιστήμονες και πολιτικοί είναι συχνά διχασμένοι ως προς την ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας, με τη μία πλευρά να δίνει έμφαση στη χρησιμότητα και στα πλεονεκτήματά της, υποβαθμίζοντας τους κινδύνους και την άλλη πλευρά να επικεντρώνεται σε αυτούς. Από αυτά είναι φανερό πως η γνώση βασικών εννοιών και θεμάτων της πυρηνικής φυσικής είναι απαραίτητη για τον σύγχρονο πολίτη και επομένως θα πρέπει να αποτελεί ένα ολοκληρωμένο τμήμα του επιστημονικού αλφαριθμητισμού.

Διαστάσεις του Επιστημονικού αλφαριθμητισμού – Η σχέση τους με τη διδασκαλία της πυρηνικής φυσικής

Ο επιστημονικός αλφαριθμητισμός (ΕΑ) συνιστά έναν από τους κύριους λόγους για τον οποίο διδάσκονται φυσικές επιστήμες όλοι οι μαθητές και μπορεί να διακριθεί σε α) *πρακτικό* ή *λειτουργικό* ΕΑ, β) *πολιτικό* ΕΑ ή ΕΑ *σε δράση* και γ) *πολιτισμικό* ή *ιδεώδη* ΕΑ (Shwartz, Ben-

Zvi, & Hofstein, 2006). Ο *πρακτικός/λειτουργικός* ΕΑ αναφέρεται στην ικανότητα ενός ατόμου να λειτουργεί φυσιολογικά στην καθημερινή του ζωή ως καταναλωτής ή χρήστης επιστημονικών ή τεχνολογικών προϊόντων. Ο *πολιτικός* ΕΑ συνδέεται με τη δυνατότητα ενός ατόμου να συμμετέχει με σύνεση σε μια κοινωνική συζήτηση σχετική με επιστημονικά και τεχνικά θέματα που είναι τρέχοντος ενδιαφέροντος και σημαντικά για την κοινωνία. Αυτή η δυνατότητα θα κάνει το άτομο ικανό να κατανοήσει καλά τα θέματα της εποχής μας και να γίνει ένας ενήμερος και κριτικός πολίτης, με την ικανότητα να παίρνει τις σωστές αποφάσεις που θα μπορούν να επηρεάσουν το μέλλον της ανθρωπότητας. Τέλος, ο *πολιτισμικός /ιδεώδης* ΕΑ είναι μια υψηλότερου επιπέδου μεταγνωστική ικανότητα. Η γνώση της πυρηνικής φυσικής καλύπτει και τα τρεις ως άνω διαστάσεις του ΕΑ.

Μια άλλη ιεράρχηση διακρίνει τα παρακάτω πέντε είδη ΕΑ: (1) *Επιστημονικός Αναλφαβητισμός*, (2) *Ονομαστικός ΕΑ* (3) *Λειτουργικός ΕΑ*, (4) *Εννοιολογικός ΕΑ*. (5) *Πολυδιάστατος ΕΑ* (Shwartz, Ben-Zvi, & Hofstein, 2006). Ο *Επιστημονικός Αναλφαβητισμός* αναφέρεται στους μαθητές που δεν μπορούν να απαντήσουν σε μια εύλογη ερώτηση για τις φ.ε. και δεν έχουν το λεξιλόγιο, τις έννοιες, τα πλαίσια, ή τη γνωστική ικανότητα να προσδιορίσουν επιστημονικά την ερώτηση. Στον *Ονομαστικό ΕΑ*, οι μαθητές αναγνωρίζουν μια έννοια σε σχέση με τις φ.ε., αλλά το επίπεδο κατανόησης δείχνει σαφώς ότι έχουν παρανοήσεις. Σε επίπεδο *Λειτουργικού ΕΑ*, οι μαθητές μπορούν να περιγράψουν μια έννοια σωστά, αλλά έχουν μια περιορισμένη κατανόηση σχετικά με αυτήν. Με τον *Εννοιολογικό ΕΑ*, οι μαθητές αναπτύσσουν κάποια βασική κατανόηση των κύριων εννοιολογικών σχημάτων του γνωστικού αντικειμένου και συσχετίζουν αυτά τα σχήματα με την γενική κατανόησή τους ως προς τις φ.ε. Οι διαδικαστικές δυνατότητες και η κατανόηση των διαδικασιών της επιστημονικής έρευνας και του τεχνολογικού σχεδιασμού συμπεριλαμβάνονται επίσης σε αυτό το επίπεδο βασικής εκπαίδευσης. Τέλος, ο *Πολυδιάστατος ΕΑ*, ενσωματώνει μια κατανόηση των φ.ε. που επεκτείνεται πέρα από τις έννοιες των επιμέρους κλάδων των φ.ε. και τις διαδικασίες της επιστημονικής έρευνας. Περιλαμβάνει τις φιλοσοφικές, ιστορικές και κοινωνικές διαστάσεις της επιστήμης και της τεχνολογίας. Οι μαθητές αναπτύσσουν κάποια κατανόηση και εκτίμηση των φ.ε. και της τεχνολογίας σχετικά με την σχέση τους με την καθημερινή ζωή τους. Αρχίζουν να κάνουν τις συνδέσεις μέσα στους επιμέρους κλάδους, μεταξύ της επιστήμης και της τεχνολογίας. Είναι ακόμη γνώστες των μεγαλύτερων ζητημάτων που αποτελούν πρόκληση για την κοινωνία. Κατά τον Bybee (1997), η επίτευξη πολυδιάστατου ΕΑ σε όλες τις επιστημονικές περιοχές είναι πιθανώς αδύνατη ή ένας στόχος διάρκειας μιας ολόκληρης ζωής, και αυτός μπορεί να μην είναι ποτέ εφικτός.

Εδώ μας ενδιαφέρει καταρχήν και ειδικότερα ο εννοιολογικός ΕΑ σε σχέση με βασικές έννοιες της πυρηνικής φυσικής. Στην έρευνά μας υπεισέρχεται όμως τόσο ουσιαστικά (μέσω των ερωτήσεων) όσο και εμμέσως (μέσω των αναγνωσμάτων καθεαυτά) και ο πολυδιάστατος ΕΑ (θέματα ειρήνης και αειφόρου ανάπτυξης): *Ποια άλλη μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας έχει γίνει; Μπορείτε να αναφέρετε και ιστορικές πληροφορίες. / Μπορείς να εξηγήσεις με όρους φυσικής το τεράστιο ποσό ενέργειας που ελευθερώνεται κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις; / Γνωρίζεις το πώς η ραδιενέργεια επηρεάζει την υγεία των ανθρώπων και των ζώων;*

Στην εργασία αυτή παρουσιάζουμε τα κύρια αποτελέσματα έρευνας που πραγματοποιήθηκε με πρωτοετείς φοιτητές φυσικής. Η επιλογή φοιτητών φυσικής είναι προφανής, μιας και αυτή παρέχει ένα μέτρο αναφοράς. Η έρευνα αφορούσε τον επιστημονικό αλφαριθμητικό των αποφοίτων λυκείου για βασικά θέματα και έννοιες πυρηνικής φυσικής και τα οποία στην πλειονότητα τους αποτελούν μέρος του αναλυτικού προγράμματος γενικής παιδείας της α' και της γ' τάξης του λυκείου. Εν τούτοις, το κεφάλαιο που σχετίζεται με την πυρηνική χημεία είναι στο τέλος του σχολικού βιβλίου χημείας της α' λυκείου και κατά συνέπεια δεν διδάσκεται ποτέ.



Από την άλλη, το μάθημα της φυσικής της γ' λυκείου, που καλύπτει τα θέματα της πυρηνικής φυσικής, δεν είναι υποχρεωτικό πλέον για τις πανελλαδικές εισαγωγικές εξετάσεις και δεν επιλέγεται παρά μόνο από μια μικρή μειονότητα μαθητών. Για όλους αυτούς τους λόγους, υποθέσαμε ότι η σχετική γνώση των αποφοίτων λυκείου θα ήταν ελλιπής. Σημειώνεται ότι τα ίδια ερωτηματολόγια απαντήθηκαν και από πρωτοετείς φοιτητές παιδαγωγικού τμήματος δημοτικής εκπαίδευσης, αλλά στην παρούσα έρευνα περιοριζόμαστε στους φοιτητές φυσικής. Είναι αξιοσημείωτο ότι εξ όσων γνωρίζουμε δεν έχουν δημοσιευθεί μέχρι τώρα έρευνες διδακτικής φ.ε. επί του θέματος του ΕΑ σε σχέση με θέματα πυρηνικής φυσικής. Αναζήτηση στο GOOGLE δεν έδωσε καμιά δημοσιευμένη σχετική έρευνα, αλλά μόνο μερικά εγχειρίδια ή φυλλάδια που καλύπτουν σχετικά θέματα ή φόρα για συζήτηση θεμάτων σχετικών με την πυρηνική ενέργεια (ημερομηνία αναζήτησης 25-03-2009).

Μέθοδος

Για την πραγματοποίηση της έρευνας, χρησιμοποιήσαμε άρθρα από επιστημονικές στήλες εφημερίδων. Η μέθοδος που εφαρμόσαμε βασίστηκε σε σχετικά ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση του χημικού αλφαριθμητισμού μαθητών λυκείου που έγινε στο Ισραήλ από τους Shwartz, Hofstein και Ben-Zvi (2006). Ουσιαστικά, η μεθοδολογία μας μπορεί έμμεσα να ενταχθεί και στις άτυπες μορφές εκπαίδευσης.

Οι άτυπες πηγές μάθησης συναντώνται σε περιβάλλοντα τόσο σχολικά όσο και εξωσχολικά, χρησιμοποιώντας μέσα μαζικής ενημέρωσης, όπως εξωσχολικά βιβλία, εφημερίδες, περιοδικά, τηλεόραση, διαδίκτυο, μουσεία κ.ά. (Collins & Bodmer, 1986, Kariotoglou et al., 1999, Wellington, 1991). Εξάλλου, είναι γνωστό ότι οι περισσότερες έρευνες στη διδακτική των φ.ε. ασχολούνται με την τυπική εκπαίδευση, ενώ σχετικά λίγες είναι οι έρευνες που μελετούν τον ρόλο που μπορεί να παίζει η άτυπη εκπαίδευση στην επίτευξη ΕΑ των μαθητών.

Στις άτυπες μορφές μάθησης, συναντώνται ποικίλα θέματα επιστήμης, όπως υγεία και ιατρική, διατροφή, περιβάλλον, ενέργεια, νέα υλικά, αστρονομία και διάστημα. Τα θέματα τα σχετικά με την πυρηνική φυσική δεν είναι σπάνια. Αυτού του είδους η γνώση συμβάλλει αποφασιστικά στον ΕΑ των πολιτών και στις στάσεις που αυτοί υιοθετούν απέναντι στην επιστήμη, τα επιστημονικά θέματα και τα επιστημονικά προβλήματα (Wellington, 1991, Jenkins, 1999, Halkia et al., 2001a, 2001b, Χαλκιά & Φισφή, 2007).

Τα άρθρα που χρησιμοποιήσαμε στην εργασία αυτήν προήλθαν από τις αθηναϊκές εφημερίδες πανελληνίας κυκλοφορίας «ΒΗΜΑ της Κυριακής» και την «Ελευθεροτυπία». Τα άρθρα δεν παρατέθηκαν αυτούσια, αλλά διαμορφώθηκαν κατάλληλα, ώστε να ικανοποιούν τις ανάγκες της έρευνας. Η διαμόρφωση αφορούσε ειδικότερα την προσθήκη και έμφαση επιστημονικών απαραίτητων εννοιών και την αφαίρεση τμημάτων που ήταν έξω από τους σκοπούς της έρευνας (π.χ. καταπιάνονταν με θέματα πολιτικής). Στη συνέχεια, κατασκευάστηκε ένας αριθμός ερωτήσεων που βασίζονταν στα άρθρα, ακολουθώντας τη μεθοδολογία των Shwartz και συν. (2006). Το περιεχόμενο, η καταλληλότητα και η σαφήνεια των ερωτήσεων ελέγχθηκαν από τέσσερις καθηγητές φυσικής της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Το πρώτο άρθρο (Α: «ITER: Ο αντιδραστήρας που θα αλλάξει τον κόσμο») πραγματεύεται τον νέο θερμοπυρηνικό αντιδραστήρα σύντηξης υδρογόνου που πρόκειται να κατασκευαστεί στη γαλλική πόλη Cantaras από μια κοινοπραξία συνεργαζόμενων κρατών (Χ. Βάρβογλης, 2005). Ακολουθούν μερικά ενδεικτικά αποσπάσματα από το άρθρο και αντίστοιχες ερωτήσεις:

«Η ενέργεια που ελευθερώνεται όταν ένα γραμμάριο ατόμων υδρογόνου (1 mole ατομικού υδρογόνου) υφίσταται σύντηξη, ισούται με την ενέργεια που ελευθερώνεται από την καύση περίπου 23000 λίτρων βενζίνης!»



- Μπορείς να εξηγήσεις με όρους φυσικής το τεράστιο ποσό ενέργειας που ελευθερώνεται κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις; (Υπόδειξη: η απάντηση συνδέεται και με έναν διάσημο φυσικό του 20^{ου} αιώνα)
- Έχει σχέση η πυρηνική σύντηξη του υδρογόνου με τον ήλιο, τον απλανή αστέρα που μας τροφοδοτεί με ενέργεια;

«Από το 1954, οπότε έγινε η πρώτη δοκιμή βόμβας υδρογόνου, οι φυσικοί είχαν ήδη αρχίσει τις προσπάθειες για την ειρηνική χρήση αυτής της νέας πηγής ενέργειας, της σύντηξης του υδρογόνου»

- Ποια άλλη μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας έχει γίνει; Μπορείτε να αναφέρετε και ιστορικές πληροφορίες.

«Ο στόχος όμως αυτός αποδείχτηκε πολύ δυσκολότερος από την αντίστοιχη προσπάθεια για την τιθάσευση της ατομικής ενέργειας από τη διάσπαση (σχάση) του ουρανίου»

- Τι γνωρίζετε για τη διάσπαση (σχάση) του ουρανίου;

Το δεύτερο ('B' (συνδυασμός άρθρων): «Το απόβλητο που φέρνει καταστροφή - Οι επιστήμονες επισημαίνουν πως δεν υπάρχουν αμελητέες δόσεις ραδιενεργού ακτινοβολίας για το ανθρώπινο σώμα») είναι σχετικό με το απεμπλουτισμένο ουράνιο, το πυρηνικό απόβλητο και τον κίνδυνο από αυτό για την υγεία. Λόγω της μεγάλης σκληρότητάς του, το απεμπλουτισμένο ουράνιο χρησιμοποιείται ευρέως στην κατασκευή υψηλής διατηρητικότητας, επομένως εξαιρετικά καταστρεπτικών βλημάτων (Μπίτσικα, 2001, Βαγενά, 2001). Ακολουθούν και εδώ μερικά αποσπάσματα από το άρθρο και μερικές από τις αντίστοιχες ερωτήσεις:

«Το ραδιενεργό ορυκτό ουράνιο (U) που βρίσκεται στη φύση αποτελείται κυρίως από δυο ισότοπα, τα ^{235}U και ^{238}U »

- Τι είναι τα ισότοπα και τι τα ραδιοϊσότοπα;

«Το ^{235}U χρησιμοποιείται στους πυρηνικούς αντιδραστήρες για να παράγουν τεράστια ποσά ενέργειας μέσω της αντίδρασης πυρηνικής σχάσης, ενώ το ^{238}U δεν είναι χρήσιμο σε αυτό»

- Τι είναι ένας πυρηνικός αντιδραστήρας;
- Να αναφέρετε την ομοιότητα και 1-3 διαφορές ανάμεσα στην πυρηνική αντίδραση που γίνεται κατά την έκρηξη μιας πυρηνικής βόμβας και στην πυρηνική αντίδραση που γίνεται σε έναν πυρηνικό αντιδραστήρα.

«Όταν εκρήγνυται, θραύσματα και τριμμένο σε λεπτότατη σκόνη ραδιενεργό υλικό διασπείρονται σε μεγάλη ακτίνα και, πρακτικά, μένουν εκεί για πάντα, ρυπαίνοντας το χώμα και τον υδροφόρο ορίζοντα»

- Τι εννοούμε με τους όρους ραδιενεργό υλικό και ραδιενέργεια; / Γιατί πρακτικά το ^{238}U ρυπαίνει για πάντα;

«Το επιτρεπόμενο ετήσιο όριο ακτινοβολίας ήταν 156 rem (δόση η οποία εξαρτάται και από το είδος της ακτινοβολίας και είναι δεκαπλάσια αν πρόκειται για σωματίδια α από ότι για ακτινοβολία γ ή X)»

- Τι είναι τα σωματίδια α;
- Τι είναι η ακτινοβολία γ;
- Τι είναι οι ακτίνες X;



Στο τέλος κάθε ερωτηματολογίου υπήρχαν τρεις ερωτήσεις διαφορετικού είδους, που υπήρχαν και στα ερωτηματολόγια των Shwartz, Ben-Zvi και Hofstein (2006):

- *Φτιάξτε ένα κατάλογο λέξεων – κλειδιών στο άρθρο.*
- *Απαριθμήστε τις έννοιες των οποίων η σημασία δεν είναι σαφής σε εσάς.*
- *Σημειώστε τις κεντρικές ιδέες που συζητούνται στο άρθρο.*

Και τα δύο κείμενα πραγματεύονται χρήσεις που σχετίζονται απευθείας με τη ζωή, την κοινωνία, την οικονομία και την πολιτική. Η επιστημονική γνώση που εμπλέκεται και στα δύο άρθρα (αντίδραση πυρηνικής σύντηξης, πυρηνική σχάση, σχάση ισοδυναμίας μάζας-ενέργειας, μαγνητικό πεδίο, ισότοπα, ραδιοϊσότοπα, είδη ακτινοβολίας, ραδιενεργός διάσπαση, χρόνος ημιζωής κ.λπ.) είναι μέρος της διδακτέας ύλης της φυσικής γενικής παιδείας της γ' λυκείου, αλλά μερικές από αυτές τις έννοιες αποτελούν μέρος της ύλης και της χημείας γενικής παιδείας της α' λυκείου, σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα.

Τα άρθρα, και οι ερωτήσεις που τα συνόδευαν, μοιράστηκαν σε 85 πρωτοετείς φοιτητές τμήματος φυσικής που απάντησαν σε αυτά ανώνυμα. Οι φοιτητές δεν γνώριζαν εκ των προτέρων για την έρευνα και ενημερώθηκαν γι' αυτήν λίγα λεπτά πριν την έναρξή της. Κάθε φοιτητής συμπλήρωσε ένα μόνο ερωτηματολόγιο (τα ερωτηματολόγια μοιράστηκαν τυχαία). Έτσι, 41 φοιτητές ασχολήθηκαν με το Α' ερωτηματολόγιο και 45 με το Β'. Ο χρόνος που διατέθηκε στους φοιτητές ήταν 50 περίπου λεπτά. Η αξιολόγηση/βαθμολόγηση των απαντήσεων που έδωσαν οι φοιτητές έγινε από τον ένα εκ των συγγραφέων (Σ.Χ.), σύμφωνα με ένα σχέδιο αξιολόγησης που είχε συμφωνηθεί και από τους δύο και το οποίο ακολούθησε μια κλίμακα 1-3. Η μονάδα αντιστοιχούσε σε «απάντηση λανθασμένη / δείγμα έλλειψης κατανόησης / άσχετο συλλογισμό», το 2 αντιστοιχούσε σε «εν μέρει σωστή απάντηση / μερική κατανόηση / περιορισμένη ικανότητα συλλογισμού» και το 3 σε «ορθή απάντηση / ικανότητα συλλογισμού και κατανόηση».

Ένας αριθμός απαντήσεων βαθμολογήθηκε και από τους δύο συγγραφείς, ώστε να καταλήξουν σε συμφωνία ως προς τη βαθμολόγηση. Περαιτέρω, η αξιοπιστία της βαθμολόγησης των απαντήσεων από τον έναν ερευνητή (Σ.Χ.) ελέγχθηκε με τη συνεργασία 10 καθηγητών β'βάθμιας εκπαίδευσης (7 φυσικών και 3 χημικών). Στους 10 καθηγητές μοιράστηκε ένα άλλο ερωτηματολόγιο, στο οποίο παρετίθεντο 72 επιλεγμένες απαντήσεις φοιτητών και ζητούνταν από τους καθηγητές να τις βαθμολογήσουν σύμφωνα με την παραπάνω κλίμακα. Η επιλογή μερικών από τις απαντήσεις των φοιτητών έγινε με κριτήριο τη δυσκολία αξιολόγησής τους από τον ερευνητή. Ο βαθμός συμφωνίας της αξιολόγησης των συγκεκριμένων απαντήσεων μεταξύ του ερευνητή και των καθηγητών κυμάνθηκε από 73,3% έως 94,1%, με μέσο όρο 86,5%.

Στα «Αποτελέσματα» που ακολουθούν δίνουμε τα σημαντικότερα ευρήματα σε επιλεγμένες ερωτήσεις και από τα δύο ερωτηματολόγια, με έμφαση στις επιστημονικές έννοιες.

Αποτελέσματα και ανάλυσή τους

A) Αντιδραστήρας ITER

- «Τι σημαίνει ο όρος θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας;»

Πάνω από το ένα τρίτο των φοιτητών (36,4%) έδωσαν αποδεκτές απαντήσεις. Μια τυπική, που περιελάμβανε τη σωστή διαδικασία σύντηξης και την μετατροπή ενέργειας, ήταν: «*Είναι μια συσκευή στην οποία πραγματοποιείται η σύντηξη του υδρογόνου σε ήλιο, και που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος*». Παρά το γεγονός ότι ο όρος αυτός αναφέρεται και περιγράφεται στο σχολικό βιβλίο, αλλά ως έννοια ήταν σαφής και στο άρθρο, 11 φοιτητές (25,0%) δεν απάντησαν καθόλου, ενώ 6 έδωσαν λανθασμένες



απαντήσεις, όπως για παράδειγμα: «...ένας αντιδραστήρας όπου πραγματοποιείται σχάση του ουρανίου με τη χρήση θερμικής ενέργειας» / «ένα μέρος όπου συμβαίνουν πυρηνικές αντιδράσεις, δηλαδή, η διάσπαση του πυρήνα ενός στοιχείου».

Αρκετοί φοιτητές δεν αντελήφθησαν ότι το άρθρο ήταν σχετικό με την πυρηνική σύντηξη και όχι με τη σχάση. Το θέμα αυτό ίσως συνδέεται με άλλα ευρήματα στην έρευνα, όπου διαπιστώνεται ότι αρκετοί φοιτητές έχουν την παρανόηση ότι οι πυρηνικές αντιδράσεις έχουν να κάνουν μόνο ή κυρίως με πυρηνική σχάση. Ακόμη, ένας αριθμός φοιτητών θεώρησαν τη θερμότητα (ή θερμική ενέργεια όπως αρκετοί την ανέφεραν) ως αιτία και όχι ως αποτέλεσμα της πυρηνικής διαδικασίας. Ένδεκα φοιτητές (25,0%) έδωσαν εν μέρει σωστές απαντήσεις.

- «Μπορείς να γράψεις την εξίσωση της πυρηνικής αντίδρασης που περιγράφει τη σύντηξη του υδρογόνου;»

Εδώ, τα αποτελέσματα ήταν τελείως απογοητευτικά. Μόνο έξι φοιτητές έγραψαν κάποια εξίσωση και μόνο οι τέσσερις (9,1%) έγραψαν τη σωστή. Τριάντα οκτώ φοιτητές (86,4%) δεν έγραψαν τίποτε ή ανέφεραν «δεν θυμάμαι καθόλου».

- «Ποια άλλη μη ειρηνική χρήση της πυρηνικής ενέργειας έχει γίνει; Μπορείτε να αναφέρετε και ιστορικές πληροφορίες.»

Μόνο 8 φοιτητές δεν έδωσαν καμία απάντηση σε αυτή την ερώτηση, ενώ οι υπόλοιποι (36 φοιτητές) έκαναν με τον ένα ή τον άλλο τρόπο αναφορά στη Χιροσίμα και στο Ναγκασάκι. Υπήρξαν και 4 φοιτητές που επιπρόσθετα αναφέρθηκαν και στο Τσέρνομπιλ ως μη ειρηνικό γεγονός που σχετίζεται με την πυρηνική ενέργεια. Να σημειωθεί ότι υπήρξε και ένας φοιτητής/τρια που σημείωσε – σωστά – ότι οι ατομικές βόμβες που οι Αμερικανοί έριξαν στη Χιροσίμα και στο Ναγκασάκι ήταν όπλα που βασίζονταν στην πυρηνική σχάση.

- «Τι γνωρίζεις για την πυρηνική σχάση;»

Είκοσι πέντε φοιτητές (56,8%) δεν απάντησαν καθόλου, ενώ μόνο πέντε (11,4%) έδωσαν μερικά σωστές απαντήσεις, όπως για παράδειγμα: «Σχάση του ουρανίου συμβαίνει όταν ένα νετρόνιο συγκρούεται με τον πυρήνα του ουρανίου και με αυτόν τον τρόπο σχηματίζονται δύο θυγατρικοί πυρήνες». Μια τυπική λανθασμένη απάντηση ήταν: «Πολύ γρήγορα κινούμενα ηλεκτρόνια εκτοξεύονται προς ένα άτομο ουρανίου και από αυτή τη σύγκρουση απελευθερώνονται μεγάλες ποσότητες ενέργειας.»

- «Γνωρίζεις με ποιο τρόπο μπορούμε να παρασκευάσουμε υδρογόνο από το νερό; Απαιτείται γι' αυτό ενέργεια και ποιας μορφής;»

Είκοσι δύο φοιτητές (50,0%) δεν έδωσαν καμία απάντηση, 9 φοιτητές (20,5%) απάντησαν σωστά, ενώ 13 φοιτητές (29,5%) έδωσαν μη αποδεκτές απαντήσεις. Η ηλεκτρόλυση δεν αποτελεί ένα συγκεκριμένο ή ξεχωριστό αντικείμενο στο αναλυτικό πρόγραμμα, παρά το γεγονός ότι αναφέρεται σε διάφορα άλλα θέματα, όπως «οι μορφές της ενέργειας» ή «οι ιδιότητες των οξέων και των βάσεων». (Να σημειωθεί ότι παρ' ότι υπάρχουν όλο και περισσότερες αναφορές άμεσης φωτοχημικής διάσπασης του νερού παρουσία καταλυτών, υποθέτουμε ότι οι φοιτητές δεν γνώριζαν άτι σχετικό με αυτό.)

B) Απεμπλουτισμένο Ουράνιο και η επίδραση του στην Ανθρώπινη Υγεία

- «Τι είναι τα ισότοπα και τι τα ραδιοϊσότοπα;»

Δέκα φοιτητές (24,4%) έδωσαν σωστή απάντηση για τα ισότοπα, ενώ μόνο δύο από αυτούς απάντησαν (σωστά) για τα ραδιοϊσότοπα. Δώδεκα φοιτητές (29,5%) δεν έδωσαν αποδεκτές απαντήσεις, με πλέον κοινό σφάλμα τη σύγχυση μεταξύ «μαζικού αριθμού» και «ατομικού αριθμού». Δεκαεννέα φοιτητές (46,3%) δεν απάντησαν καθόλου, ένα πραγματικά υψηλό ποσοστό, αν ληφθεί υπόψη ότι τα ισότοπα δεν είναι μια καινούργια έννοια που την πρωτοσυναντούν οι μαθητές στην γ' λυκείου. Κάποιοι φοιτητές εστίασαν στη διαφορά μεταξύ



ισοτόπων και ραδιοϊσοτόπων, για παράδειγμα: *«Ισότοπα είναι στοιχεία με τον ίδιο ατομικό αριθμό, ενώ τα ραδιοϊσότοπα έχουν διαφορετικό ατομικό αριθμό».*

- *«Τι είναι η αντίδραση πυρηνικής σχάσης;»*

Δεκαέξι φοιτητές (39,0%) δεν απάντησαν, δέκα φοιτητές (24,4%) έδωσαν μη αποδεκτές απαντήσεις, ενώ μόνο 7 φοιτητές (17,1%) έδωσαν αποδεκτές απαντήσεις. Ακόμη, οι απαντήσεις 8 φοιτητών ήταν μερικά σωστές, όπως για παράδειγμα: *«ο πυρήνας ραδιενεργών στοιχείων με μεγάλο ατομικό αριθμό σχάζεται όταν βληθεί με ταχέως κινούμενα ελεύθερα ηλεκτρόνια».*

Να σημειωθεί ότι στο σχολικό βιβλίο τονίζεται χαρακτηριστικά (και με σχήμα) η διαδικασία σχάσης και φυσικά αναφέρεται ότι τα σωματίδια-βλήματα είναι νετρόνια και όχι φυσικά ταχεία ηλεκτρόνια, καθώς επίσης ότι για τον έλεγχο της αλυσιδωτής αντίδρασης, τα νετρόνια πρέπει να μην είναι υψηλής κινητικής ενέργειας. Να σημειωθεί ότι μια παραπλήσια ερώτηση είχε τεθεί και στους φοιτητές που ασχολήθηκαν με το ερωτηματολόγιο «Α», αλλά τα αποτελέσματα ήταν ακόμη πιο απογοητευτικά.

- *«Τι είναι τα σωματίδια α;»*

Ένα μεγάλο ποσοστό (24 φοιτητές, 65,9%) δεν απάντησαν. Δέκα φοιτητές (24,4%) περιέγραψαν σωστά τα σωματίδια α ως πυρήνες ηλίου, ενώ τέσσερις έδωσαν λανθασμένες περιγραφές, για παράδειγμα *«πρέπει να είναι υπεριώδης ακτινοβολία»* ή *«είναι τα σωματίδια με το μικρότερο μήκος κύματος».* Να υπενθυμίσουμε ότι τα σωματίδια α αναφέρονται σε πολλές περιπτώσεις στο μάθημα της φυσικής και όχι μόνο στη γ λυκείου.

- *«Τι είναι η ακτινοβολία γ;»*

Ούτε σε ένα ερωτηματολόγιο δεν μνημονεύτηκε, έστω, η λέξη «φωτόνιο». Δέκα φοιτητές (24,4%) έδωσαν μερικά σωστές απαντήσεις (τέσσερις από αυτούς έκαναν αναφορά στις ιδιότητες της ακτινοβολίας γ). Είκοσι ένας φοιτητές (51,2%) δεν απάντησαν καθόλου, ενώ 10 έδωσαν μη αποδεκτές απαντήσεις, για παράδειγμα: *«Εξαιρετικά μικρά σωματίδια που διαπερνούν (ανθρώπινους) ιστούς και προκαλούν βλάβες»*

- *«Γνωρίζεις το πώς η ραδιενέργεια επηρεάζει την υγεία των ανθρώπων και των ζώων;»*

Δεκαπέντε φοιτητές (36,6%) δεν απάντησαν ή σημείωσαν «δεν γνωρίζω». Όμως, 28 φοιτητές διατύπωσαν μια σοβαρή γνώμη: Μάλιστα, 11 από αυτούς αναφέρθηκαν στο DNA ή στο γενετικό υλικό *«Προκαλεί αλλαγές στη δομή του DNA και στις φυσικές λειτουργίες των ζωντανών οργανισμών».* Ακόμη, 12 φοιτητές έκαναν αναφορά στις έννοιες *«μετάλλαξη, καρκίνος και ανθρώπινα κύτταρα».*

- *«Γνωρίζεις εάν η πυρηνική φυσική (ή η πυρηνική χημεία) έχει ιατρικές διαγνωστικές ή θεραπευτικές εφαρμογές; Αν ξέρεις κάποια τέτοια εφαρμογή, μπορείς να την αναφέρεις.»*

Δεκαπέντε φοιτητές (36,6%) ανέφεραν τις ακτίνες X στην απάντησή τους ή έστω ως ένα μέρος της απάντησής τους. Το σχολικό βιβλίο είναι αρκετά σαφές και με επαρκείς αναφορές σε αυτό το θέμα. Επιπρόσθετα, υπήρχαν και αρκετές άλλες απαντήσεις όπως: *«..σε περιπτώσεις καρκίνου, η θεραπεία γίνεται με (ακτίνες) λέιζερ που στοχεύουν τοπικά στον ασθενή ιστό...».* Τρεις φοιτητές μίλησαν για PET (τομογράφο εκπομπής ποζιτρονίων), ενώ άλλοι 3 έδωσαν 'πλήρεις' απαντήσεις χρησιμοποιώντας επιστημονικούς όρους (ένας φοιτητής περιέγραψε τη διαδικασία θεραπείας του θυρεοειδούς με ραδιενεργό ιώδιο). Δύο φοιτητές αναφέρθηκαν στη χημειοθεραπεία, ενώ τέλος 16 φοιτητές (39,0%) δεν απάντησαν σε αυτή την ερώτηση.

Η συνεισφορά στη διδασκαλία και μάθηση των φυσικών επιστημών

Πρέπει να δεχτούμε ότι η γνώση βασικών εννοιών και θεμάτων της πυρηνικής φυσικής είναι απαραίτητο στοιχείο τόσο για τον *πρακτικό/λειτουργικό* όσο και τον *πολιτικό επιστημονικό αλφαριθμητισμό*. Επίσης, τα υπάρχοντα αναλυτικά προγράμματα, όπως για παράδειγμα το ελληνικό, μπορεί να δίνουν μικρή σημασία σε τέτοια θέματα. Τα ευρήματα της έρευνας που



πραγματοποιήσαμε οδηγούν σε ένα πρώτο συμπέρασμα ότι ένα μεγάλο ποσοστό των φοιτητών που συμμετείχαν στην έρευνα (κατά μέσο όρο περίπου 50% για τις ερωτήσεις που παραθέσαμε εδώ, σε ένα εύρος 25-86%) απέφυγαν να απαντήσουν στις ερωτήσεις. Από την άλλη, το ποσοστό των αποδεκτών απαντήσεων που έδωσαν οι φοιτητές ήταν κατά μέσο όρο περίπου στο 20% (με εύρος από 9 έως 36%). Αυτά τα αποτελέσματα που προέρχονται από πρωτοετείς φοιτητές φυσικής, στην αυγή της τριτοβάθμιας εκπαίδευσής τους, είναι πράγματι απογοητευτικά.

Είναι, επομένως, επιτακτική η ανάγκη μιας αλλαγής του περιεχομένου, αλλά κυρίως της προσέγγισης. Η σύγχρονη διδακτική για τις φυσικές επιστήμες και την τεχνολογία, απαιτεί διδακτικές προσεγγίσεις διαμέσου του γενικότερου πλαισίου των φυσικών επιστημών. Τέτοιου είδους προσεγγίσεις αναμένεται να είναι δημοφιλείς και ουσιώδεις και επομένως να προάγουν τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό. Ακόμη, να αυξήσουν το ενδιαφέρον των μαθητών και για την επιλογή επαγγελματιών που σχετίζονται με φυσικές επιστήμες, με τεχνολογία και με εφαρμοσμένη μηχανική (European Commission, 2004).

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί σε μια εννοιολογική κυρίως κατανόηση των σχετικών θεμάτων και στην ανάπτυξη ανώτερης τάξης γνωστικών ικανοτήτων των μαθητών (Higher-Order Cognitive Skills - HOCS), όπως η κριτική σκέψη, η επίλυση προβλημάτων και η λήψη αποφάσεων (Zoller & Tsaparlis, 1997, Tsaparlis & Zoller, 2003). Τέτοιου είδους ικανότητες προχωρούν μακρύτερα από τις κατώτερης τάξης γνωστικές ικανότητες (Lower-Order Cognitive Skills - LOCS), στις οποίες δίνουν κυρίως βάση τα υπάρχοντα σχολικά αναλυτικά προγράμματα. Ως παράδειγμα, μπορούμε να αναφέρουμε το ευρωπαϊκό πρόγραμμα «PARSEL» (Popularity and Relevance of Science Education for scientific Literacy: *Επιστημονικός Αλφαριθμητισμός μέσω δημοφιλών και σχετικών με τη ζωή Μαθημάτων Φυσικών Επιστημών*), ένα μέσο που διαθέτει δωρεάν αυτοτελή διδακτικά αντικείμενα, στην αγγλική αλλά και σε άλλες ευρωπαϊκές γλώσσες (και στα ελληνικά). Ένα από τα μαθήματα-αντικείμενα (modules) (που υπάρχει και στα Ελληνικά) είναι ένα παιχνίδι ρόλων (role play), σχετικό με την πυρηνική φυσική, εμπλέκοντας όμως τόσο ηθικά όσο και πολιτικά θέματα και έχει τίτλο: «Θα έριχνες εσύ την ατομική βόμβα;» (“Would you have dropped the nuclear bomb?”) - το module αυτό πρόκειται σύντομα να αναρτηθεί και στα ελληνικά. Εξάλλου, προτιθέμεθα να συντάξουμε ένα καινούργιο module πυρηνικής φυσικής που θα βασίζεται στο θέμα αυτής της έρευνας. Τέτοιου είδους προσεγγίσεις είναι δυνατόν να προσελκύσουν το ενδιαφέρον και των μαθητών που έχουν αρνητική στάση απέναντι στα μαθήματα των φυσικών επιστημών, ώστε να αναβαθμίσουν και αυτοί το επίπεδο του επιστημονικού τους αλφαριθμητισμού, ειδικότερα σε τέτοια θέματα φυσικής που σχετίζονται άμεσα με τις ανάγκες του σήμερα αλλά κυρίως και του αύριο. Η διεύθυνση του ιστοτόπου του PARSEL είναι: <http://www.parsel.uni-kiel.de/cms/>.

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε θερμά τον κ. Κωνσταντίνο Κώτση, αναπλ. καθηγητή του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων και τον κ. Ματθαίο Καμαράτο, αναπλ. καθηγητή του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων για τη συμβολή τους στην πραγματοποίηση αυτής της εργασίας.

Παραπομπές

Βάρβογλης Χ.. (2005). «ITER: Ο αντιδραστήρας που θα αλλάξει τον κόσμο» Εφημερίδα «Το Βήμα», 4/9/2005, σελ.Η04.

Μπίτσικα Π.. (2001). «Απεμπλουτισμένο ουράνιο: το πυρηνικό απόβλητο που φέρνει καταστροφή – Οι επιστήμονες προειδοποιούν ότι δεν υπάρχουν αμελητέες δόσεις ραδιενέργειας για το ανθρώπινο σώμα» Εφημερίδα «Το Βήμα» 4 /2/ 2001, σελ.Α47.



Βαγενά Ν. (2001) «Το απόβλητο που φέρνει καταστροφή» Εφημερίδα «Ελευθεροτυπία» 4/1/2001, (διαδικτυακό αρχείο εφημερίδας).

Χαλκιά Κ., Φισφή Α. (2002). Οι απόψεις των μαθητών για τα άρθρα που εμφανίζονται στον ημερήσιο και περιοδικό τύπο και αναφέρονται σε θέματα φυσικών επιστημών. Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση», ΙΩΝ, Εκδόσεις Έλλην, σσ. 325-330. [Βλ. και ΚοΔιΦΕΕΤ, <http://www.kodipheet.gr>]

Bybee, R.W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*, pp. 82-86. Portsmouth, NH: Heinmann Publishing.

Collins P. & Bodmer W. (1986). *The public understanding of science*. *Studies in Science Education*, 13, 96-104.

European Commission. (2004). *Europe needs more scientists. Report by the High Level Group on Increasing Human Resources for Science and Technology in Europe*. Brussels.

Halkia K., Theodoridou S., & Malamitsa K. (2001a). Teachers' views and attitudes towards the communication code and the rhetoric used in press science articles. Paper presented in the 3rd International Conference on "Science Education Research in the Knowledge Based Society", ES-ERA, Thessaloniki, Greece.

Halkia K, Malamitsa K., & Theodoridou S. (2001b). Students' views and attitudes towards the communication code and the rhetoric used in press science articles". Paper presented in the 9th European Conference for Research on Learning and Instruction. EARLI (European Association for Research on Learning and Instruction). Friburg, Switzerland.

Jenkins E. W. (1999), "School science, citizenship and the public understanding of science", *International Journal of Science Education*, 21(1), 1-15.
Shwartz, Y., Ben-Zvi, R., & Hofstein, A. (2006). The use of scientific literacy taxonomy for assessing the development of chemical literacy among high-school chemistry students. *Chemistry Education Research and Practice*, 7, 203-225.

Kariotoglou P. & Papisotiriou C. (1999). The educational aspects of informal science education programs. Paper presented in the Conference: Science as Culture, Como, Italy.

PARSEL (Popularity and Relevance of Science Education for scientific Literacy) (<http://www.parsel.uni-kiel.de/cms/>)

Tsaparlis G & Zoller U. (2003), Evaluation of higher vs. lower-order cognitive skills-type examinations in chemistry: implications for university in-class assessment and examinations, *University Chemistry Education*, 7, 50-57.

Wellington J. (1991). Newspaper science, school science: friends or enemies?. *International Journal of Science Education*, 13, 363-372.

Zoller U. & Tsaparlis G. (1997). Higher and lower-order cognitive skills: The case of chemistry. *Research in Science Education*, 27, 117-130.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ

Για μια εκτεταμένη βιβλιογραφία σχετικά με πυρηνική ενέργεια, πυρηνικά απόβλητα, χρήσεις και καταχρήσεις της πυρηνικής ενέργειας, αναλυτικά προγράμματα πυρηνικής φυσικής και χημείας, καθώς και άλλα σχετικά θέματα, δες: <http://www.nriched.eku.edu/bibliogr.htm>