



Οι εμπειρίες των μαθητών με 4 οπτικές αναπαραστάσεις του μικρόκοσμου

Αμαριωτάκης Β.¹, Σπηλιωτοπούλου Β.², Ιωαννίδης Γ.¹

¹ ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Πατρών, vamarriot@yahoo.gr, gsioanni@upatras.gr

² Γενικό Τμήμα Παιδαγωγικών Μαθημάτων, Ανώτατη Σχολή Παιδαγωγικών και Τεχνολογικών Μαθημάτων, spiliot@otenet.gr

Στην εργασία αυτή επίκεντρο είναι οι εμπειρίες μαθητών, ηλικίας 15-16 χρονών, με 4 οπτικές αναπαραστάσεις (ΟΑ) των σχολικών βιβλίων των Φυσικών Επιστημών που σχετίζονται με τον μικρόκοσμο. Οι συγκεκριμένες ΟΑ δόθηκαν στους μαθητές χωρίς υπότιτλους ή επεξηγήσεις, ενώ οι μαθητές είχαν διδαχθεί τις αντίστοιχες ενότητες των βιβλίων. Τους ζητήθηκε να τις περιγράψουν βάζοντας λεζάντα σε κάθε μια από αυτές και να εντοπίσουν συσχετίσεις με τη δομή της ύλης. Τα ευρήματα δείχνουν μικρή εξοικείωση των μαθητών με το διδακτικό υλικό που έχουν ήδη διδαχθεί και δυσκολία του να αναγνωρίζουν γνωστές οντότητες και έννοιες σε αυτές. Η πλέον αναγνωρίσιμη ΟΑ είναι αυτή του DNA, αφού φαίνεται ότι το χαρακτηριστικό μοντέλο αναπαραστάσής του αναγνωρίζεται πιο εύκολα από τους μαθητές. Η ανάλυση των περιγραφών των μαθητών οδήγησε σε κάποιες κατηγορίες που δείχνουν διαφορετικά επίπεδα αναγνώρισης και διάκρισης του αναπαραριστώμενου περιεχομένου των ΟΑ από τους μαθητές. Τα αποτελέσματα συζητούνται, επίσης, υπό το πρίσμα της αποτελεσματικότητας και της αξιοποίησης του διδακτικού υλικού στις σχολικές τάξεις.

Εισαγωγή

Για πολλά χρόνια η έρευνα στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών είχε ως επίκεντρο τον τρόπο που οι μαθητές σχηματίζουν αναπαραστάσεις για τις οντότητες και τα φαινόμενα του κόσμου γύρω τους. Η καταγραφή των ιδεών τους και η ανεύρεση μοντέλων στη σκέψη τους οδήγησε σε ερωτήματα σχετικά με τις πηγές αυτών των ιδεών και αντιλήψεων. Μια κατεύθυνση στην αναζήτηση αυτή ήταν η μελέτη του διδακτικού υλικού που χρησιμοποιείται και των χαρακτηριστικών εκείνων που μπορεί να επηρεάζουν τον τρόπο σκέψης των μαθητών. Τα σχολικά βιβλία έχουν αποτελέσει αντικείμενο κριτικής τόσο στο επίπεδο της μαθησιακής αποτελεσματικότητας (AAAS, 2001a, 2001b), όσο και στο επίπεδο της αποτυχίας τους στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης των μαθητών (Giordano, 2003). Ενώ τα περισσότερα 'καλύπτουν' τις βασικές έννοιες-κλειδιά που το αναλυτικό πρόγραμμα αναζητά, οι ιδέες παρουσιάζονται ως τμήματα πληροφορίας, μεμονωμένα και αποσπασματικά και σπάνια προσφέρουν ευκαιρίες στους μαθητές ώστε να κάνουν συνδέσεις ανάμεσα στις ιδέες, σημαντικό γνωστικό βήμα στη συγκρότηση του είδους της συνεκτικής κατανόησης που χαρακτηρίζει την επιστημονική σκέψη (Korpal & Caldwell, 2004). Φαίνεται ότι η συστηματική μελέτη του διδακτικού υλικού και συγκεκριμένων χαρακτηριστικών του αποτελεί προτεραιότητα σήμερα, έτσι ώστε να ανατρέψουμε την αντίληψη ότι τα σχολικά βιβλία αποτελούν ένα σύνολο χαμένων ευκαιριών.

Σκοπός της έρευνας

Μια από τις σημαντικές παραμέτρους στα σχολικά βιβλία είναι οι οπτικές αναπαραστάσεις (ΟΑ) που περιλαμβάνονται σε αυτά καθώς αποτελούν σημαντικά διδακτικά και μαθησιακά εργαλεία. Η συνεργασία της γραπτής γλώσσας με τις εικόνες είναι ιδιαίτερα σημαντική για τις

Φυσικές Επιστήμες με κύριο στόχο να οδηγήσει τους μαθητές να συλλάβουν τον εσωτερικό χαρακτήρα και τη σημασία ενός επιστημονικού πεδίου (Schnotz, Picard & Hron, 1993), ιδιαίτερα όταν αναφερόμαστε στη μελέτη μη προσβάσιμου με την άμεση εμπειρία μας μέρους του κόσμου. Η σημασία των ΟΑ ως διδακτικά εργαλεία οπτικοποίησης (visualization) του μικρόκοσμου είναι σημαντική για τη δημιουργία λειτουργικών μοντέλων από μέρους των μαθητών και το θέμα έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης (Wu, Krajcik & Soloway, 2001; Pozzer & Roth, 2003). Κατά τον Gilbert (2007), οι ΟΑ και τα μοντέλα που συχνά εμπεριέχουν έχουν παίξει σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της επιστήμης και θα έπρεπε να παίζουν τον ίδιο σημαντικό ρόλο και στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Πώς όμως λειτουργούν οι ΟΑ των σχολικών βιβλίων με τους μαθητές; Οι Pozzer και Roth (2004) ισχυρίζονται πως οι μαθητές απλά ‘σκανάρουν’ τις φωτογραφίες του σχολικού τους βιβλίου, χωρίς να τις επεξεργάζονται περισσότερο ώστε να εξάγουν ουσιαστικές πληροφορίες από αυτές. Σε αυτή την εργασία σκοπός είναι να μελετηθούν οι εμπειρίες των μαθητών κατά την επαφή τους με τέσσερες ΟΑ που απεικονίζουν οντότητες και διαδικασίες του μικρόκοσμου και εμπεριέχονται σε σχολικά βιβλία που έχουν διδαχθεί.

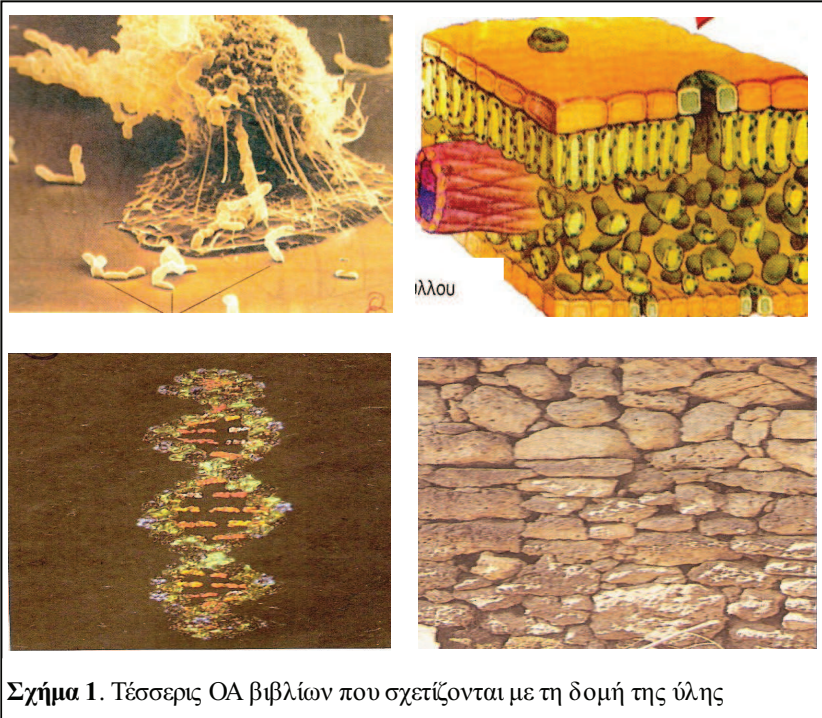
Η ταυτότητα της έρευνας

Τα δεδομένα που αποτελούν τη βάση αυτής της μελέτης αποτελούν μέρος μιας ευρύτερης έρευνας που μελετά αφ’ ενός μεν τις οπτικές αναπαραστάσεις των βιβλίων Χημείας και Βιολογίας Γυμνασίου (Αμαριωτάκης, Σπηλιωτοπούλου & Ιωαννίδης, 2007) και αφετέρου τις εμπειρίες των μαθητών με τέσσερα ερευνητικά έργα που βασίζονται σε επιλεγμένες οπτικές αναπαραστάσεις των σχολικών βιβλίων (Αμαριωτάκης, 2006, Amariotakis, Spiliotopoulou & Ioannidis, 2007). Το ερευνητικό έργο στο οποίο επικεντρώναμε στην παρούσα εργασία δημιουργείται από 4 εικόνες σχολικών βιβλίων Γυμνασίου (Σχήμα 1). Η πρώτη είναι μια οπτική αναπαράσταση (ΟΑ1), στην οποία απεικονίζονται ένα λευκό αιμοσφαίριο και βακτήρια την στιγμή που το αιμοσφαίριο τα καταστρέφει (φωτογραφία, μακροσκοπική αναπαράσταση). Στη δεύτερη οπτική αναπαράσταση (ΟΑ2) παρουσιάζεται η τομή ενός φύλλου (σκίτσο, μικροσκοπική αναπαράσταση). Οι δυο αυτές ΟΑ ανήκουν στο βιβλίο Βιολογίας Α’ Γυμνασίου (Καστορίνης κ.ά., 2005). Η τρίτη εικόνα (ΟΑ3) είναι αναπαράσταση τμήματος του ανθρώπινου DNA (κατασκευή ηλεκτρονικού υπολογιστή, μικροσκοπική αναπαράσταση), ενώ η τέταρτη ΟΑ4 παρουσιάζει τμήμα ενός πέτρινου τοίχου (φωτογραφία, μακροσκοπική αναπαράσταση). Αυτές οι δυο ΟΑ είναι από το βιβλίο Χημείας Β’ Γυμνασίου (Γεωργιάδου κ.ά., 1997). Οι τρεις εικόνες είναι ρεαλιστικές αναπαραστάσεις και η τέταρτη έχει μεταφορική σημασία. Η πρώτη αναπαριστά μια διεργασία, ενώ οι υπόλοιπες τρεις λειτουργούν ως περιγραφικές αναπαραστάσεις κάποιων οντοτήτων.

Δυο ερωτήματα κλήθηκαν να απαντήσουν οι μαθητές, αφού παρατηρήσουν προσεκτικά τις εικόνες αυτές. Το πρώτο είχε την ακόλουθη διατύπωση “Κοιτάξτε προσεκτικά τις πιο κάτω φωτογραφίες. Τοποθετήστε τις λεζάντες που πιστεύετε πως περιγράφουν τις φωτογραφίες αυτές” (ειδικός κενός χώρος υπήρχε διαθέσιμος κάτω από καθεμιά). Στο δεύτερο ερώτημα είχαν να απαντήσουν σε ειδικά διαμορφωμένο πλαίσιο το ακόλουθο ερώτημα: “Ποιες από αυτές μπορεί να σχετίζονται με την δομή της ύλης (μόρια, άτομα, ηλεκτρόνια, κ.α.) και γιατί”. Ο πρώτος στόχος ήταν να διαπιστώσουμε αν οι μαθητές αναγνωρίζουν τι ακριβώς απεικονίζεται στις εικόνες, με δεδομένο πάντα ότι είναι εικόνες από το σχολικό τους βιβλίο και σίγουρα τις έχουν συναντήσει κατά τη διάρκεια των μαθημάτων τους. Ο δεύτερος στόχος αναφέρεται στη διερεύνηση της ικανότητας των μαθητών να ερμηνεύουν τις φωτογραφίες διαμέσου ενός



καθορισμένου εννοιολογικού πλαισίου, αυτού της δομής της ύλης και να κάνουν άμεσες ή έμμεσες αντιστοιχίσεις της εικόνας που βλέπουν με έννοιες των φυσικών επιστημών (μικρόκοσμος, δομικά σωματίδια), όταν δεν υπάρχει λεκτική πληροφορία ή επεξήγηση;



Σχήμα 1. Τέσσερις ΟΑ βιβλίων που σχετίζονται με τη δομή της ύλης

Το δείγμα αποτελείται από 56 μαθητές, 42 μαθητές της Γ΄ Γυμνασίου και 14 μαθητές της Α΄ Λυκείου διαφόρων σχολείων της Πάτρας. Η έρευνα διεξήχθη το τελευταίο τρίμηνο της φοίτησής τους στις τάξεις αυτές. Όλοι οι μαθητές που συμμετείχαν είχαν διδαχθεί τις ενότητες, στις οποίες οι φωτογραφίες περιέχονταν, 2-3 χρόνια πριν. Για την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών υιοθετήθηκε η επαγωγική ανάλυση περιεχομένου (Mayring, 2000). Κατά την ανάλυση των δεδομένων το μεν συστηματικό σφάλμα προσδιορίστηκε στο 2%, ενώ

τα αναγραφόμενα συνολικά πειραματικά σφάλματα υπολογίστηκαν ανεξάρτητα για κάθε πειραματικό σημείο. Παράμετροι, όπως η χρονική απόσταση της έρευνας από τη διδασκαλία ή η διαφοροποίηση ανά τάξη, δεν έχουν περιληφθεί στο σχεδιασμό της παρούσας έρευνας.

Αποτελέσματα

Κατηγορίες εμπειρίας με τις τρεις ρεαλιστικές οπτικές αναπαραστάσεις

Η ανάλυση των απαντήσεων οδήγησε στη δημιουργία σχήματος κατηγοριών, κοινό για τις τρεις πρώτες αναπαραστάσεις. Οι κατηγορίες αυτές περιγράφουν και διαφοροποιούν τις εμπειρίες των μαθητών με τις συγκεκριμένες ΟΑ.

Η πρώτη κατηγορία δημιουργείται από απαντήσεις μαθητών που επικεντρώνονται μόνο σε χαρακτηριστικά της γενικής φαινομενολογίας της ΟΑ και δεν αναγνωρίζουν το βιολογικό πλαίσιο, όπου η οπτική αναπαράσταση τοποθετείται. Χαρακτηριστικές απαντήσεις της κατηγορίας αυτής είναι: 'σφουγγάρι', 'μυαλό', 'ηφαίστειο', 'παχύ έντερο' για την ΟΑ1, 'κουτί', 'δένδρο', 'ηλεκτρική πηγή' για την ΟΑ2 και 'ψηφιδωτό', 'σύμπλεγμα' για την ΟΑ3.

Στη δεύτερη κατηγορία, στις απαντήσεις φαίνεται ότι ο μαθητής αναγνωρίζει το μικροσκοπικό πλαίσιο της ΟΑ σε γενικές γραμμές, αλλά δεν μπορεί να διαχωρίσει στοιχεία της κεντρικής ιδέας που απεικονίζεται. Χαρακτηριστικές περιγραφές που εντάσσονται στην κατηγορία αυτή είναι: 'ίνες του οργανισμού', 'μύκητες', 'ιός γρίπης' για την ΟΑ1, 'βακτήριο', 'εσωτερικό ανθρώπινου σώματος', 'μια ματιά στο εσωτερικό', 'υποατομικά σωματίδια, ηλεκτρόνια και πρωτόνια μέσα στην ηλεκτρική πηγή' για την ΟΑ2. Και στην περίπτωση αυτή η επίδραση

γενικών φαινομενολογικών χαρακτηριστικών είναι αισθητή, όπως αποκαλύπτεται στην περιγραφή ενός μαθητή: «Σωματίδια του οργανισμού που αποτελούν ένα όργανο, μάλλον κοντά στην καρδιά, αφού μπορούμε να διακρίνουμε κάτι σαν αρτηρία».

Στην τρίτη κατηγορία απαντήσεων αναγνωρίζονται φαινομενολογικά στοιχεία, τα οποία σχετίζονται ως ένα βαθμό με την αναπαριστώμενη κεντρική ιδέα, με κύρια αναφορά και για τις τρεις ΟΑ στο κύτταρο, ενώ στην τέταρτη κατηγορία οι περιγραφές δείχνουν ότι οι μαθητές αναγνωρίζουν εννοιολογικά χαρακτηριστικά της ίδιας της κύριας αναπαριστώμενης ιδέας. Παραδείγματα αυτής της κατηγορίας είναι: ‘βακτήρια’, ‘μεγέθυνση βακτηρίου’, ‘τα λευκά αιμοσφαίρια’, ‘παθογόνοι οργανισμοί’ για την ΟΑ1, ‘οργανίδια κυττάρων’, ‘φυτικό κύτταρο’, ‘κυτταρική μεμβράνη’, ‘χλωροπλάστες’, ‘βλαστοκύτταρα’, ‘το κυτταρικό τοίχωμα’ για την ΟΑ2 και ‘DNA’, ‘RNA’ για την ΟΑ3. Ο όρος ‘βλαστοκύτταρα’ για την ΟΑ2 εκλαμβάνεται ότι χρησιμοποιείται από τους μαθητές με την έννοια του κυττάρου του βλαστού.

Στην πέμπτη, τέλος, κατηγορία εντάσσονται απαντήσεις, οι οποίες, χωρίς να είναι πάντα ακριβείς, κάνουν εμφανή τη δυνατότητα των μαθητών να αναγνωρίζουν τόσο το περιεχόμενο, όσο και την εννοιολογική σημασία της οπτικής αναπαράστασης. Παραδείγματα των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές ως λεζάντες σε αυτή την κατηγορία είναι: ‘λευκά αιμοσφαίρια όταν ιός εισβάλλει στον οργανισμό’, ‘τα λευκά αιμοσφαίρια απλώνονται για να τον εμποδίσουν’, ‘καταπολέμηση του ιού από τα β λευκοσώματα’ για την ΟΑ1, ‘δομή φυτικού κυττάρου’, ‘δομή φύλλου’, ‘η κυτταρική δομή και κυρίως στα φυτά (κύτταρο φυτών)’, ‘η δομή της επιφάνειας ενός φύλλου’ για την ΟΑ2, ‘μόριο DNA’, ‘δομή DNA’, ‘η φωτογραφία μας δείχνει το συνδυασμό του DNA’, ‘η διπλή αλυσίδα του DNA’ για την ΟΑ3.

Τα ποσοστά ανά κατηγορία και ΟΑ παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Παρατηρούμε ότι για την ΟΑ του λευκού αιμοσφαίριου και των βακτηρίων, καθώς και την ΟΑ της δομής του φύλλου, ένα ποσοστό περίπου 20,0% είτε δεν απαντά, είτε αναγνωρίζει οντότητες που δεν έχουν καμιά σχέση με τις πραγματικά αναπαριστώμενες. Το ποσοστό αυτό είναι (12,5±4,9)% για την οπτική αναπαράσταση του τμήματος του ανθρώπινου DNA.

Πίνακας 1: Ποσοστά (%) περιγραφών μαθητών ανά κατηγορία και οπτική αναπαράσταση

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΜΠΕΙΡΙΩΝ	ΟΑ 1 (%)	ΟΑ 2 (%)	ΟΑ 3 (%)
Αναγνώριση άσχετων οντοτήτων - Επίδραση γενικής φαινομενολογίας ΟΑ	8,9(±4,3)	5,4(±3,6)	3,6(±3,2)
Αναγνώριση μικροσκοπικού πλαισίου ΟΑ - Επίδραση της γενικής φαινομενολογίας ΟΑ	12,5(±4,9)	7,1(±4,0)	0,0(+2,0)
Αναγνώριση οντοτήτων που έχουν κάποια σχέση με την αναπαριστώμενη οντότητα	26,8(±6,3)	14,3(±5,1)	3,6(±3,2)
Αναγνώριση εννοιολογικών χαρακτηριστικών της αναπαριστώμενης οντότητας	32,1(±6,6)	37,5(±6,8)	50,0(±7,0)
Αναγνώριση του περιεχομένου και της εννοιολογικής σημασίας του	7,1(±4,0)	21,4(±5,9)	33,9(±6,7)
Χωρίς απάντηση / Δεν γνωρίζω	12,5(±4,9)	14,3(±5,1)	8,9(±4,3)

Μια ευκολότερη αναγνώριση του περιεχομένου και της σημασίας της αναπαράστασης φαίνεται να ισχύει για την ΟΑ με το DNA, για την οποία ποσοστό (33,9±6,7)% των μαθητών δίνουν ικανοποιητικές απαντήσεις, γεγονός που μπορεί να ερμηνευθεί από τη μεγάλη συχνότητα που αναπαραστάσεις του DNA εντάσσονται σήμερα στα ΜΜΕ. Για την ΟΑ με τη δομή του φύλλου, το (21,4±5,9)% των μαθητών δίνουν αποδεκτές λεζάντες, ενώ μόνο το (7,1±4,0)% των



περιγραφών αποδίδει την πραγματική σημασία της ΟΑ του λευκού αιμοσφαιρίου σε ώρα δράσης. Αυτή η ΟΑ φαίνεται να δυσκολεύει ιδιαίτερα τους μαθητές, αφού σε μικρότερο βαθμό ($32,1 \pm 6,6$)% επίσης, αναγνωρίζονται έστω κάποια εννοιολογικά χαρακτηριστικά των αναπαριστώμενων οντοτήτων και διαδικασιών, έναντι του ποσοστού ($37,5 \pm 6,8$)% στην περίπτωση της ΟΑ2 και του ($50,0 \pm 7,0$)% της ΟΑ3. Έτσι, αναγνωρίζονται μικροσκοπικές οντότητες σε μεγαλύτερο βαθμό και σε ποσοστό ($12,5 \pm 4,9$)%, έναντι του ποσοστού ($7,1 \pm 4,0$)% της ΟΑ2 και καθόλου για την ΟΑ με το DNA, είτε έννοιες που παρουσιάζουν κάποια σχέση με την ΟΑ σε ποσοστό ($26,8 \pm 6,3$)%, έναντι ($14,3 \pm 5,1$)% για την ΟΑ2 και ($3,6 \pm 3,2$)% για την ΟΑ3. Ένα άλλο στοιχείο σχετικά με την ΟΑ1 που αναπαριστά μια διεργασία είναι ότι μόνο ένας μικρός αριθμός μαθητών ($8,9 \pm 4,3$)% έδωσε περιγραφή που αναφέρεται σε αυτή τη διεργασία.

Εμπειρίες μαθητών με την μεταφορική οπτική αναπαράσταση

Οι απαντήσεις των μαθητών για την τέταρτη ΟΑ ενός τμήματος τοίχου, η οποία έχει μεταφορική σημασία, οδήγησαν σε ένα κάπως διαφορετικό σχήμα κατηγοριοποίησης (Πίνακας 2). Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει μικρό αριθμό περιγραφών ($5,4 \pm 3,6$)% που σχετίζονται με την φαινομενολογία της ΟΑ, αλλά τελικά αναγνωρίζονται τελείως άσχετες με το πραγματικό και μεταφορικό περιεχόμενό της. Χαρακτηριστικές απαντήσεις είναι ‘δομή του κυττάρου’, ‘αιμοφόρα αγγεία’, πυκνότητα. Η δεύτερη κατηγορία που είναι και η πολυπληθέστερη ($42,9 \pm 7,0$)% δημιουργείται από απαντήσεις που απλά ονομάζουν την οντότητα που απεικονίζεται ως όλον, δηλαδή, τοίχος, πέτρινο τοίχωμα, μάντρα, αρχαίο οικοδόμημα, ενώ ένα ποσοστό απαντήσεων ($5,0 \pm 6,0$)% που δείχνουν την επικέντρωση των μαθητών στα δομικά στοιχεία εντάσσονται στην τρίτη κατηγορία.

Πίνακας 2: Ποσοστά (%) περιγραφών μαθητών ανά κατηγορία για την ΟΑ4

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΜΠΕΙΡΙΩΝ	ΟΑ4 (%)
Αναγνώριση άσχετων με ΟΑ οντοτήτων – Επίδραση φαινομενολογίας ΟΑ	$5,4(\pm 3,6)$
Αναγνώριση αναπαριστώμενης οντότητας ως όλον	$42,9(\pm 7,0)$
Αναγνώριση αναπαριστώμενης οντότητας με αναφορά στα δομικά στοιχεία	$25,0(\pm 6,0)$
Απόδοση μεταφορικού νόηματος	$5,4(\pm 3,6)$
Χωρίς απάντηση / Δεν γνωρίζω	$21,4(\pm 5,9)$

Κάποιες χαρακτηριστικές απαντήσεις αυτής της κατηγορίας είναι: ‘λίθοι’, ‘οι πέτρες ως δομικά υλικά ενός τείχους’, ‘δομικά υλικά’. Στην τέταρτη κατηγορία εμπίπτουν οι περιγραφές μικρού αριθμού ($5,4 \pm 3,6$)% μαθητών που απέδωσαν το μεταφορικό νόημα της εικόνας, είτε περιγράφοντας συγκεκριμένα την αναλογία, π.χ. «όπως στοιβάζονται οι πέτρες για να χτιστεί ένας τοίχος, έτσι στοιβάζονται και τα κύτταρα για να δομηθεί ο οργανισμός», είτε αποδίδοντας προσωπικό νόημα, π.χ. «η σωστή δομή απαραίτητη για μια καλύτερη ζωή». Ένας αρκετά σημαντικός αριθμός ($21,4 \pm 5,9$)%, δεν απάντησαν ή δήλωσαν ότι δεν αναγνωρίζουν τι απεικονίζει η συγκεκριμένη ΟΑ.

Συσχέτιση ΟΑ με δομή της ύλης

Το δεύτερο ερώτημα ζητούσε από τους μαθητές την συσχέτιση της κάθε ΟΑ με τη δομή της ύλης και την αιτιολόγηση της άποψής τους. Τα ποσοστά των μαθητών που συσχέτισαν κάθε ΟΑ με τη δομή της ύλης παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Παρατηρούμε ότι περίπου το ένα τέταρτο των μαθητών δεν απαντούν ή δεν γνωρίζουν αναφορικά με τη συσχέτιση στις τρεις ΟΑ. Το ποσοστό αυτό είναι αρκετά μικρότερο για την ΟΑ του DNA, για την οποία φαίνεται η αναγνώριση της συσχέτισης με τη δομή της ύλης να γίνεται από το μεγαλύτερο ποσοστό

(76,8±6,0)% των μαθητών Η μικρότερη συσχέτιση φαίνεται να δηλώνεται για την ΟΑ4 με ποσοστό (26,8±6,3)%, ενώ το (42,9±7,0)% των μαθητών για την ΟΑ1 και (53,6±7,0)% για την ΟΑ2, τις συσχετίζουν με τη δομή της ύλης.

Πίνακας 3: Ποσοστά % μαθητών που συσχέτισαν τις ΟΑ με τη δομή της ύλης

Συσχέτιση	ΟΑ	ΟΑ1 (%)	ΟΑ2 (%)	ΟΑ3 (%)	ΟΑ4 (%)
Συσχετίζεται		42,9(±7,0)	53,6(±7,0)	76,8(±6,0)	26,8(±6,2)
Δεν συσχετίζεται		30,4(±6,5)	19,6(±5,7)	10,7(±4,6)	48,2(±7,0)
Δεν γνωρίζω		26,8(±6,3)	26,8(±6,3)	12,5(±4,9)	25,0(±6,2)

Ελάχιστοι μαθητές έδωσαν αιτιολογήσεις των απόψεών τους και πολλοί από αυτούς που έδωσαν, το έκαναν αποσπασματικά, ενώ μερικές δεν έχουν κάποιο ουσιαστικό νόημα. Για παράδειγμα, μαθητής που στην ΟΑ1 είχε ως λεζάντα ‘βλέπουμε κάποια λευκά αιμοσφαίρια’ αιτιολόγησε «σχετίζονται με τη δομή της ύλης γιατί τα λευκά αιμοσφαίρια υπάρχουν στο αίμα μας». Κάποιος άλλος που για την ΟΑ2 έδωσε λεζάντα ‘πυρήνας φύλλου’ αιτιολόγησε τη συσχέτιση «γιατί μας δείχνει πως τα μόρια είναι διατεταγμένα». Παράδειγμα μαθητή που αιτιολόγησε και τις τρεις ΟΑ έδωσε τις ακόλουθες εξηγήσεις: για την ΟΑ1 που είχε λεζάντα ‘τα λευκά αιμοσφαίρια που βοηθούν τον οργανισμό σε περίπτωση ασθένειας’ αιτιολόγησε τη συσχέτιση «γιατί αποτελεί δομικό στοιχείο του οργανισμού», για την ΟΑ2 που είχε λεζάντα ‘φυτικό κύτταρο’ αιτιολόγησε «γιατί δείχνει τη δομή του κυττάρου», ενώ για την ΟΑ3 που είχε λεζάντα ‘DNA’ αιτιολόγησε «γιατί το DNA είναι η δομή των κυττάρων του οργανισμού».

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Ας προσπαθήσουμε να συνοψίσουμε τα ευρήματά μας. Υιοθετώντας μια φαινομενογραφική προσέγγιση (Marton & Booth, 1997) ενδιαφερόμαστε να διερευνήσουμε τους τρόπους που οι μαθητές αποκτούν εμπειρίες του κόσμου γύρω τους. Πιο συγκεκριμένα θέλαμε να διερευνήσουμε τι βλέπουν οι μαθητές σε τέσσερες οπτικές αναπαραστάσεις, οι οποίες δεν συνοδεύονται από κανενός είδους διευκρινιστικό ή επεξηγηματικό κείμενο; Τι εμπειρίες δημιουργούνται από το οπτικό ερέθισμα αυτών των αναπαραστάσεων και μόνο; σε ποιο βαθμό αναγνωρίζονται από τους μαθητές διδακτικά υλικά μετά από ένα χρονικό διάστημα από τη διδασκαλία τους; Να υπενθυμίσουμε ότι όλοι οι μαθητές είχαν έρθει κάποια στιγμή στο παρελθόν σε επαφή με αυτά τα διδακτικά υλικά, δηλαδή τις εικόνες και τις σχετικές ενότητες.

Τα ευρήματα δεν είναι ενθαρρυντικά. Αρκετοί μαθητές αδυνατούν να περιγράψουν με οποιοδήποτε τρόπο το περιεχόμενο των οπτικών αναπαραστάσεων, ενώ ικανοποιητικές λεζάντες δίνονται από ένα μικρό αριθμό μαθητών, ιδιαίτερα για τις οπτικές αναπαραστάσεις του λευκού αιμοσφαιρίου με τα βακτήρια και της τομής του φύλλου. Η μεταφορική σημασία της οπτικής αναπαράστασης του τμήματος τοίχου δεν αναγνωρίζεται από τη συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών, αν και δεν παρουσιάστηκε μόνη της, αλλά μαζί με τις υπόλοιπες ΟΑ οι οποίες δημιουργούσαν ένα πλαίσιο ‘μικρόκοσμου’. Οι κατηγορίες που προέκυψαν δείχνουν ότι οι μαθητές δεν μπορούν να βιώσουν ένα οπτικό ερέθισμα στην ολότητά του. Διαπιστώνουμε κρίσιμες διαφοροποιήσεις στον τρόπο που οι μαθητές αποκτούν εμπειρίες από τις ΟΑ. Οι Marton & Booth (1997) ισχυρίζονται ότι αποκτούμε εμπειρία κάποιου πράγματος ως κάτι (something as something), χάρις σε δυο ικανότητες με τις οποίες ως άνθρωποι είμαστε εφοδιασμένοι και τους περιορισμούς που περιορίζουν αυτές τις ικανότητες: α) ότι μπορούμε να



διαχωρίζουμε οντότητες και όψεις και β) μπορούμε εστιασμένα να συνειδητοποιούμε λίγες οντότητες ή όψεις ταυτόχρονα. Το να μάθουμε να αποκτούμε εμπειρίες των ποικίλων φαινομένων, που κατά τη γνώμη τους είναι η πιο σημαντική μορφή μάθησης, σημαίνει να γίνεσαι ικανός να διακρίνεις συγκεκριμένες οντότητες ή όψεις και να έχεις την ικανότητα να είσαι ταυτόχρονα και εστιασμένα συνειδητός αυτών των συγκεκριμένων οντοτήτων και όψεων. Αν αναλογισθούμε το τι απεικονίζεται σε μια οπτική αναπαράσταση, μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι, όπως οι Marton & Booth (1997) ισχυρίζονται, κάποια στοιχεία της αποτελούν τον πυρήνα της αναπαράστασης, ενώ άλλα ανήκουν σε πεδία περιβάλλοντα τον πυρήνα, και άλλα στο περιθώριό της. Από την ανάλυση των δεδομένων μας φαίνεται ότι οι εμπειρίες των μαθητών πράγματι ακολουθούν εξελικτικά πεδία αναγνώρισης και συνειδητοποίησης του περιεχομένου των ΟΑ. Στο πρώτο επίπεδο αναγνωρίζονται και διαχωρίζονται στοιχεία που βρίσκονται στο περιθώριο του εικονιζόμενου περιεχομένου, στο δεύτερο στοιχεία που ανήκουν σε περιβάλλοντα πεδία του πυρήνα της αναπαράστασης, ενώ στο τρίτο επίπεδο συναντούμε διάκριση του σημασιολογικού πυρήνα της. Σε ένα τέταρτο επίπεδο θα μπορούσαμε να αναφερθούμε στις περιπτώσεις όπου διακρίνονται στοιχεία τα οποία αναγνωρίζει ότι υπάρχουν από προηγούμενες εμπειρίες, χωρίς όμως να απεικονίζονται φανερά, ή να είναι ορατά (appresentation) στην οπτική αναπαράσταση. Πώς λοιπόν μπορούμε να ασκήσουμε τους μαθητές μας να διακρίνουν όσο δυνατόν περισσότερες οντότητες και όψεις ταυτόχρονα και εστιασμένα;

Όταν συζητούμε για τις σχολικές τάξεις πάντα ισχυριζόμαστε την ανάγκη να αναζητούμε νέα διδακτικά υλικά και αποτελεσματικότερους τρόπους διδασκαλίας. Πόσο εξοικειωμένοι είμαστε όμως με τα διδακτικά υλικά που έχουμε και πως τα αξιοποιούμε; Αν ανατρέξουμε στα κείμενα των βιβλίων, μέσα στα οποία οι ΟΑ λειτουργούν και αποκτούν νόημα, θα εντοπίσουμε αρκετές ατέλειες και αδυναμίες. Ας εξετάσουμε το παράδειγμα της πρώτης ΟΑ που φαίνεται να δυσκόλεψε περισσότερο τους μαθητές, αν και είναι το καλύτερα πλαισιωμένο με την ενότητα στην οποία εντάσσεται. Οι δυο πρώτες, λοιπόν, ΟΑ περιλαμβάνονται στην ενότητα 'Κύτταρο', η πρώτη κάτω από την παράγραφο 'ζωικό κύτταρο' και η δεύτερη κάτω από την παράγραφο 'φυτικό κύτταρο'. Πιο συγκεκριμένα για την πρώτη ΟΑ, σε τίτλο πάνω από το κείμενο, επεξηγείται «λευκό αιμοσφαίριο σε ώρα δράσης», ενώ στο κείμενο υπάρχει αναφορά στο ρόλο των λευκών αιμοσφαιρίων να μας προστατεύουν από παθογόνους μικροοργανισμούς, όπου αναφέρεται ότι «επιτρέπει να 'περικυκλώνουν' και να αδρανοποιούν τον εχθρό». Υπάρχουν επίσης βέλη συνδεδεμένα με επεξηγηματικούς δείκτες, εκτός εικόνας, τα οποία δείχνουν το σχεδόν καλυμμένο λευκό αιμοσφαίριο και τα τρία βακτήρια που βρίσκονται στο κάτω μέρος της εικόνας. Από τις τέσσερες ΟΑ, που χρησιμοποιούνται στην παρούσα μελέτη, αυτή είναι η καλύτερα συνδεδεμένη με το κείμενο με το οποίο σχετίζεται. Η ΟΑ, όμως, αυτή περιέχει μια 'ιστορία' που ενώ είναι πολύ σημαντική και ενδιαφέρουσα, αλλά αρκετά πολύπλοκη και μια αναπαράσταση από μόνη της δεν μπορεί να την απεικονίσει. Η ύπαρξη μιας τουλάχιστον ακόμη ΟΑ προηγούμενης φάσης, όπου θα απεικονίζονταν το λευκό αιμοσφαίριο και τα βακτήρια πιο καθαρά πριν την 'περικύκλωση', θα απέδιδε τον δυναμικό χαρακτήρα αυτής της διαδικασίας. Στην παρούσα ΟΑ η περικύκλωση, επίσης, φαίνεται να αναφέρεται στο λευκό αιμοσφαίριο και σαν να γίνεται από τα βακτήρια. Μια ικανοποιητική λειτουργία αυτής της ΟΑ στην ενότητα ζωικά κύτταρα, θα περιλάμβανε, επίσης, την αναφορά στο διαφορετικό μέγεθος, σχήμα, φύση και λειτουργία των δυο διαφορετικών τύπων ζωικών κυττάρων. Δυο συνέπειες φαίνεται να έχουν τέτοιου είδους παρατηρήσεις. Η μια αναφέρεται στους συγγραφείς των σχολικών βιβλίων και στη σημασία που χρειάζεται να αποδίδεται στον τόσο σημαντικό παράγοντα για τη μάθηση, ιδιαίτερα στη σημερινή εποχή της εικόνας, των οπτικών αναπαραστάσεων και η άλλη στους εκπαιδευτικούς και η μελέτη τέτοιου είδους προβλημάτων έχει τραβήξει τελευταία το

ενδιαφέρον των ερευνητών (Harrison, 2001). Η εξοικείωση με το διδακτικό υλικό, που σε μεγάλο βαθμό εξακολουθεί να είναι το βιβλίο και με τα χαρακτηριστικά του μπορεί να είναι σημαντική για την επιλογή απλών, αλλά κρίσιμων διδακτικών ενεργειών. Έτσι, στο παράδειγμα που παρουσιάστηκε πιο πάνω οι αδυναμίες που επισημάνθηκαν μπορούν να γίνουν σημεία διδακτικής αναφοράς. Οι μαθητές θα μπορούσαν να σχεδιάσουν εικόνες με το πριν και το μετά της ΟΑ του βιβλίου τους, να παρατηρήσουν τις διαφορές στα ζωικά κύτταρα, να συζητήσουν την ΟΑ και σε σύγκριση με κάποια άλλη που ο εκπαιδευτικός θα μπορούσε να αναζητήσει και να προσφέρει στους μαθητές του. Μπορεί μια εικόνα να αξίζει χίλιες λέξεις, αλλά για να καταστεί αυτό δυνατό χρειάζεται συνεχής μελέτη και αναζήτηση.

Βιβλιογραφία

Αμαριωτάκης, Β. (2006). *Οπτικές αναπαραστάσεις στα βιβλία Χημείας και Βιολογίας Γυμνασίου: Ανάγνωση αναπαραστάσεων μικρόκοσμου από μαθητές*. Αδημοσίευτη Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Πατρών.

Αμαριωτάκης, Β., Σπηλιωτοπούλου, Β. & Ιωαννίδης, Γ. (2007). *Οπτικές αναπαραστάσεις στα σχολικά βιβλία Χημείας και Βιολογίας Γυμνασίου*. Πρακτικά CD-ROM. 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΔΦΕ & ΝΤΕ, Ιωάννινα, Απρίλιος.

Γεωργιάδου, Τ., Καφετζόπουλος, Κ., Πρόβης, Ν., Σπυρέλλης, Ν., & Χηνιάδης, Δ. (1997). *Χημεία Β' Γυμνασίου*. Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.

Καστορίνης, Α., Κατσώρχης, Θ., Μουτζούρη-Μανούσου, Ε., Παυλίδης, Γ., Περάκη, Β. & Σαπναδέλη-Κολόκα, Αικ. (2005). *Βιολογία Α' Γυμνασίου*. Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.

AAAS (American Association for the Advancement of Science), Project 2061. (2001a). *Atlas of Science Literacy*. American Association for the Advancement of Science, Washington, DC.

AAAS (American Association for the Advancement of Science), Project 2061. (2001b). *Designs for Science Literacy*. Oxford, New York.

Amariotakis, V., Spiliotopoulou, V. & Ioannidis, G. (2007). Visual Representations of the microcosm in Science textbooks: Secondary school students' readings. Paper presented at 6th Conference of ESERA, August 21st-25th at Malmö University, Malmö Sweden.

Gilbert, J.K. (2007). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In J.K. Gilbert (Ed.) *Visualization in Science Education* (pp.9-28). Springer, Dordrecht.

Giordano, G. (2003). *Twentieth-Century Textbook Wars: A History of Advocacy and Opposition*. History of Schools and Schooling, vol. 17. Peter Lang, New York.

Harrison, A.G. (2001). How do Teachers and Textbook Writers Model Scientific Ideas for Students? *Research in Science Education*, 31, 401-435.

Koppal, M. & Caldwell, A. (2004). Meeting the Challenge of Science Literacy: Project 2061 Efforts To Improve Science Education. *Cell Biology Education*, 3, 028-030.

Mayring, Ph. (2000, June). Qualitative Content Analysis [28 paragraphs]. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research [On-line Journal]*, 1(2). Available at: <http://www.qualitative-research.net/fqs-texte/2-00/2-00mayring-e.htm> [Date of Access: April 25, 2007].

Marton, F. & Booth, S. (1997). *Learning & Awareness*. LEA Publishers, Mahwah, New Jersey.

Pozzer, L.L. & Roth, W.M. (2003). Prevalence, function and structure of photographs in high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 1089-1114.



Pozzer-Ardenghi, L., & Roth, W.M. (2004). Students' interpretation of photographs in high school biology textbooks. Paper presented at the annual meeting of the *National Association for Research in Science Teaching*, Vancouver, BC (April 1-4). Available at: <http://www.educ.uvic.ca/faculty/mroth/conferences/CONF2004/Photographs110.pdf> [Date of access: 16/3/2009]

Schnotz, W., Picard, E. & Hron, A. (1993). How do successful and unsuccessful learners use texts and graphics? *Learning and Instruction*, 3, 181-199.

Wu, H.-K., Krajcik, J.S., & Soloway, E. (2001). Promoting Understanding of Chemical Representations: Students' Use of a Visualization Tool in the Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 821-842.