



**Πανεπιστήμιο  
Κύπρου**

**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ**

**ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ:  
ΠΡΟΣ ΜΙΑ ΝΕΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ  
ΥΠΟ ΤΟ ΠΡΙΣΜΑ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ**

**ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΧΡΙΣΤΙΑΝΑ Μ. ΧΡΙΣΤΟΥ**

**2015**

**ISBN 978-9963-700-88-2**



**Πανεπιστήμιο  
Κύπρου**

**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ**

**ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ:  
ΠΡΟΣ ΜΙΑ ΝΕΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ  
ΥΠΟ ΤΟ ΠΡΙΣΜΑ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΤΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ**

**ΧΡΙΣΤΙΑΝΑ Μ. ΧΡΙΣΤΟΥ**

**Διατριβή η οποία υποβλήθηκε προς απόκτηση διδακτορικού τίτλου  
σπουδών στο Πανεπιστήμιο Κύπρου**

**ΙΟΥΝΙΟΣ 2015**

© ΧΡΙΣΤΙΑΝΑ Μ. ΧΡΙΣΤΟΥ  
2015

## ΣΕΛΙΔΑ ΕΓΚΥΡΟΤΗΤΑΣ

**Υποψήφιος Διδάκτορας: Χριστιάνα Μ. Χρίστου**

**Τίτλος Διατριβής: «Κυκλοφορικό Σύστημα: Προς Μια Νέα Διδακτική Προσέγγιση υπό το Πρίσμα της Θεωρίας της Δραστηριότητας»**

*Η παρούσα Διδακτορική Διατριβή εκπονήθηκε στο πλαίσιο των σπουδών για απόκτηση Διδακτορικού Διπλώματος στο Τμήμα Επιστημών της Αγωγής και εγκρίθηκε στις 27 Μαρτίου 2015 από τα μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής*

### **Εξεταστική Επιτροπή:**

Μαίρη Ιωαννίδου – Κουτσελίνη (Πρόεδρος)  
Καθηγήτρια, Πανεπιστήμιο Κύπρου

Κωνσταντίνος Χρίστου (Μέλος)  
Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

Διομήδης Μαρκουλής (Μέλος),  
Καθηγητής, Πανεπιστήμιο ΝΕΑΠΟΛΙΣ

Σοφία- Ελευθερία Γωνίδα (Μέλος),  
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη

Χαρούλα Αγγελή-Βαλανίδη (Ερευνητικός Σύμβουλος)  
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Πανεπιστήμιο Κύπρου

Νίκος Βαλανίδης (Ερευνητικός Σύμβουλος)  
Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Frederick



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα έρευνα εξέτασε τη συγκριτική αποτελεσματικότητα μιας εναλλακτικής διδακτικής προσέγγισης για την ενότητα «Κυκλοφορικό Σύστημα» σε σχέση με την παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση, όπως προτείνεται στα διδακτικά εγχειρίδια της Στ τάξης δημοτικού. Η εναλλακτική διδακτική προσέγγιση αξιοποίησε δυνατότητες ΤΠΕ, αφού ενσωματώθηκαν προσομοιώσεις που οπτικοποιούσαν τη δομή και τη λειτουργία της καρδιάς ή/και τη δομή και τη λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος και τις αλληλεπιδράσεις του με άλλα συστήματα (πεπτικό, αναπνευστικό κ.ά.). Στην έρευνα, συμμετείχαν 2 άθικτα τμήματα Στ τάξης, από κάθε ένα από τρία μεγάλα δημοτικά σχολεία ενός αστικού κέντρου, μιας πόλης της Κύπρου. Ένα τμήμα από κάθε σχολείο εντάχθηκε με τυχαίο τρόπο στην ομάδα ελέγχου (ΟΕ), ενώ τα άλλα τρία τμήματα στην πειραματική ομάδα (ΠΟ). Οι δύο ομάδες μαθητών διδάχθηκαν με την παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση και την εναλλακτική διδακτική προσέγγιση, αντίστοιχα. Σε όλους τους μαθητές, χορηγήθηκαν αρχικά σε ηλεκτρονική μορφή οι Σταθερές Προοδευτικές Μήτρες του Raven (ΣΠΜΡ) και η επίδοσή των μαθητών σε αυτές θεωρήθηκε ότι αντιπροσώπευε το επίπεδο γενικής γνωστικής ικανότητάς τους. Μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας της ενότητας, χορηγήθηκε ένα κοινό δοκίμιο αξιολόγησης της ενότητας (ΔΑΕ), ειδικά διαμορφωμένο για τους σκοπούς της έρευνας. Οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του ΔΑΕ σχετίζονταν με τη συμπλήρωση διαγραμμάτων του κυκλοφορικού συστήματος και της καρδιάς, και τη λεκτική επεξήγησή τους, ενώ σε άλλες περιπτώσεις οι απαντήσεις των μαθητών ήταν μόνο λεκτικές ή απαιτούσαν την εφαρμογή αναλογικής σκέψης. Τα διαγράμματα και οι λεκτικές απαντήσεις των μαθητών αναλύθηκαν με τη σταθερή συγκριτική μέθοδο ανάλυσης, δημιουργώντας ρήτρες αξιολόγησης για τη δομή της καρδιάς (ΔΚ), τη δομή κυκλοφορικού συστήματος (ΔΚΣ), τη λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος (ΛΚΣ), την αναλογική σκέψη (ΑΣ) και για το ρόλο και τη σύσταση του αίματος (ΑΡΣ). Με βάση τις ρήτρες αξιολόγησης, έγινε ποσοτικοποίηση των επιδόσεων των μαθητών για κάθε μια από τις επιμέρους μεταβλητές, ενώ ως συνολική επίδοση θεωρήθηκε το άθροισμά τους. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά, πραγματοποιήθηκαν στατιστικές αναλύσεις, ενώ πραγματοποιήθηκαν και συμπληρωματικές ποιοτικές αναλύσεις και συγκρίσεις των απαντήσεων των μαθητών από τις δύο ομάδες.

Οι αναλύσεις διακύμανσης έδειξαν ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών και μεταξύ των μαθητών των δύο ομάδων στις επιδόσεις τους στις ΣΠΜΡ, παρόλο που επιλέγησαν άθικτα τμήματα για το τυχαίο σχηματισμό των δύο ομάδων, που διδάχτηκαν με διαφορετική διδακτική προσέγγιση. Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) 2 (φύλο) X 2 (ομάδα), με εξαρτημένη μεταβλητή τη συνολική επίδοση των μαθητών στο ΔΑΕ, έδειξε μόνο στατιστικά υψηλότερη επίδοση για τους μαθητές της ΠΟ, ενώ το μέγεθος του αποτελέσματος για τη στατιστικά σημαντική διαφορά υπέρ των μαθητών της ΠΟ ήταν .73. Δεν εντοπίστηκαν άλλες στατιστικά σημαντικές διαφορές ή στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση φύλου και ομάδας ως προς τη συνολική επίδοση στο ΔΑΕ. Μετά από πολλαπλή ανάλυση διακυμάνσεων (MANOVA) 2 (φύλο) X 2 (ομάδα), με εξαρτημένες μεταβλητές τις επιμέρους επιδόσεις των μαθητών, εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων (ΠΟ και ΟΕ) σε δύο μόνο επιμέρους επιδόσεις (ΔΚ και ΔΚΣ) όπου οι μαθητές της πειραματικής

ομάδας είχαν στατιστικά υψηλότερες επιδόσεις από τους μαθητές της ομάδας ελέγχου ( $p=.001$  και  $p=.000$ , αντίστοιχα), ενώ δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών ή στατιστικά σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ φύλου και ομάδας, ως προς κάθε μία από τις επιμέρους επιδόσεις. Συνακόλουθες αναλύσεις πολλαπλής παλινδρόμησης, με εξαρτημένη μεταβλητή τη συνολική επίδοση των μαθητών των δύο ομάδων ή τη συνολική επίδοση των μαθητών της κάθε ομάδας, έδειξαν ότι η συνολική επίδοση των μαθητών στο ΔΑΕ μπορούσε να προβλεφθεί, εκτός από τη διδακτική προσέγγιση, και από τη σχολική επίδοση ή τη γενική γνωστική ικανότητα των μαθητών, μεταξύ των οποίων υπήρχε και στατιστικά σημαντική συσχέτιση ( $r=.518$ ,  $p<.01$ ). Οι συμπληρωματικές ποιοτικές αναλύσεις που ακολούθησαν επιβεβαίωσαν την υπεροχή των μαθητών της ΠΟ και τις αναβαθμισμένες και ποιοτικά ορθότερες απαντήσεις τους όχι μόνο για τις μεταβλητές που εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές (ΔΚ και ΔΚΣ), αλλά και για άλλες μεταβλητές (ΛΚΣ και ΑΣ), ενώ οι μαθητές και των δύο ομάδων είχαν πολύ χαμηλές επιδόσεις στη μεταβλητή ΑΡΣ.

Η κριτική θεώρηση της όλης προσπάθειας υπό το πρίσμα της θεωρίας της δραστηριότητας (Engeström, 1988) ανέδειξε επίσης τις εντάσεις και αντιφάσεις που προέκυψαν στο εκπαιδευτικό σύστημα δραστηριότητας, όπου έγινε η εισαγωγή της εναλλακτικής διδασκαλίας. Τα συμπεράσματα, σε σχέση με την εισαγωγή και την αποτελεσματική ενσωμάτωση των ΤΠΕ στα δημόσια σχολεία, αλλά και το ρόλο των εκπαιδευτικών ως μέρους του συστήματος, επιβάλλουν συστηματικότερες προσπάθειες αξιοποίησης των δυνατοτήτων της τεχνολογίας στη μαθησιακή διαδικασία.

Τα συνολικά όμως αποτελέσματα της ενσωμάτωσης των προσομοιώσεων στη διδασκαλία επιβεβαιώνουν την υπεροχή της εναλλακτικής διδακτικής προσέγγισης και υπογραμμίζουν την ανάγκη για εντατικοποίηση των προσπαθειών αξιοποίησης των δυνατοτήτων των τεχνολογικών εργαλείων με περισσότερο οργανωμένες και συστηματικές προσπάθειες για αξιοποίηση της προστιθέμενης αξίας τους και ανάπτυξη της τεχνολογικής παιδαγωγικής γνώσης περιεχομένου των εκπαιδευτικών. Προτείνονται θεωρητικές και πρακτικές εφαρμογές των πορισμάτων της έρευνας, ενώ γίνεται εισήγηση για διδακτικές παρεμβάσεις μεγαλύτερης διάρκειας και με καλύτερη αξιοποίηση των δυνατοτήτων της τεχνολογίας ή και άλλους πειραματικούς σχεδιασμούς που θα αναιρούν τους περιορισμούς της παρούσας έρευνας για επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων και έλεγχο των προτάσεων της παρούσας έρευνας.

## ABSTRACT

The study investigated the comparative effectiveness of an alternative teaching approach for the circulatory system in comparison with the traditional teaching approach that is described in the twelfth-grade textbook. The alternative teaching approach invested on the affordances of technology and integrated simulations of the structure and function of both the heart and the circulatory system and its connections to other systems, such as the digestive or the respiratory system. The sample of the study consisted of two intact classes from each of three elementary schools from the center of a city in Cyprus. One intact class from each of the three schools was randomly assigned to the experimental group (EG), while the other three intact classes constituted the control group (CG). The three classes of the control group were taught the circulatory system by each class teacher following the traditional teaching and the students in the experimental group were separately taught by the researcher who employed the alternative teaching approach. All the students were administered an electronic version of Raven's Progressive Matrices (RPM) and students' performance on them was considered as a measure of their general cognitive ability (GCA). A specifically designed test was administered to all students after completing the teaching in the six classes. Students' answers to the questions of the test included both diagrams and explanations of diagrams of the heart and the circulatory system or in other cases students' answers included only textual answers or demanded the use of analogical reasoning. Students' diagrams and textual answers were systematically analysed using the constant comparative analysis method. Thus, different rubrics were developed evaluating students' performance concerning the structure of the heart (HS), the structure of the circulatory system (SCS), the function of the heart (HF) and the function of the circulatory (FCS), the blood and its constitution and function (BFC) and analogical reasoning (AR). The rubrics were also used for scoring students' qualitative answers, while the sum of the five variables was considered as students' total performance on the test. Based on these scores, several statistical analyses were performed, while additional qualitative analyses were used for comparing students' replies from the two groups.

Analysis of variance indicated that there were no statistically significant differences between boys and girls or between students of the two groups in terms of their GCA, although the two groups were formed by randomly assigning intact classes to them. A 2 (gender) x 2 (groups) ANOVA, with dependent variable students' performance on the final test, indicated that students in the EG performed statistically better than students in the CG. The effect size of this difference, using the standard deviation of students' performance in the CG, was .73. There were no other significant differences, or statistically significant interaction effects, in terms of students' total performance on the final test. A 2 (gender) x 2 (groups) MANOVA, using students' performance on each of the five partial variables, identified significant differences between the students of the two groups for only two variables, that is, the HS and the SCS,  $p = .001$  and  $p = .000$ , respectively. There were no statistically significant differences between boys and girls or statistically significant interactions between gender and group in terms of any of the five variables. Regression analyses, with dependent variable students' total performance on the final test, or students' performance on the final test from each group, indicated that only

school performance or students' GCA (beyond the teaching approach) was the only predictor of students' total performance on the final test, while school performance and students' GCA were however significantly correlated ( $r=.518, p<.01$ ). Additional qualitative analyses confirmed that the students of the EG had in all cases more complete and qualitatively better answers in comparison with the students' answers from the CG, while this was true for all the variables and not just for HS and SCS, where significant differences were identified. It was also clear that students from both groups had very low performance on BCF.

Critical examination of the effectiveness of the alternative teaching approach, using activity theory (Engeström, 1988) as a lens of examination, identified a number of tensions and inconsistencies among the constituent parts of the activity stemming from the whole educational system or each school's separate activity system. The attempt to introduce an alternative teaching approach identified tensions and inconsistencies indicating the role of the teachers and other parts of the activity system, which clearly point out the need for systematic and coordinated efforts to integrate technology in the teaching/learning process, taking full advantage of the affordances of technology and investing on their added value.

Nevertheless, the total evidence from the present study confirms the superiority of the alternative teaching approach and underline the urgent need to intensify research attempts to optimally integrate ICT and its affordances in the teaching/learning environment, taking full advantage of its added value. This points to the direction to encourage teachers to develop their familiarity and competencies in terms of their pedagogical content knowledge as an important way of transforming the learning environment, so that it caters for the needs of the individual learners, their learning difficulties and/or their alternative conceptions. Several theoretical and practical suggestions are put forward, while the urgent need for designing interventions of longer duration, for employing more interactive simulations and different research design, as a way of overcoming the limitations of the present study and confirming its conclusions are also discussed.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής αποτελεί το επιστέγασμα της εργασίας των τελευταίων οκτώ ετών. Μιας περιόδου που σημάδεψε τη ζωή μου ποικιλοτρόπως. Μιας περιόδου, που οι συγκυρίες επανειλημμένα οδήγησαν την ερευνητική μου εργασία σε διακοπές και παύσεις... Αρωγός και συμπαραστάτης, πάντοτε στο πλευρό μου, με θετική ενέργεια και πάντα μια καλή κουβέντα, ο επιστημονικός μου σύμβουλος και πολύτιμος καθοδηγητής Δρ. Νίκος Βαλανίδης. Η διακριτική του παρουσία, η συνεχής ενθάρρυνση στις δύσκολες περιόδους και κυρίως η εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου, υπήρξαν καταλύτης για την αίσια έκβαση της συνεργασίας μας. Δεν μπορώ, παρά να τον ευχαριστήσω θερμά για όλα. Και δεν είναι λίγα...

Ευχαριστώ επίσης τους Δρα. Μαίρη Κουτσελίνη, Δρα. Ελευθερία-Σοφία Γωνίδα, Δρα. Χαρούλα Αγγελή, Δρ. Κωνσταντίνο Χρίστου και Δρ. Διομήδη Μαρκουλή για την καθοδήγηση και τη σημαντική ανατροφοδότηση που μου προσέφεραν, με τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή. Τα σχόλια και οι εισηγήσεις τους συνέβαλαν ουσιαστικά στη βελτίωση και την τελική διαμόρφωση της παρούσας διατριβής. Ιδιαίτερες ευχαριστίες στο Δρ. Διομήδη Μαρκουλή, για το χρόνο που διέθεσε και τις εποικοδομητικές του εισηγήσεις για γλωσσικές και εκφραστικές βελτιώσεις του κειμένου.

Θερμές ευχαριστίες στις διευθύντριες, στο διδακτικό προσωπικό, αλλά και στους μαθητές των σχολείων που συμμετείχαν στην έρευνα, για τη συνεργασία και την προθυμία που επέδειξαν κατά τη διαδικασία διεξαγωγής της έρευνας και τη συλλογή δεδομένων.

Τέλος, ευχαριστώ τους πιστούς συμπαραστάτες μου, τους γονείς μου, Μιχάλη και Ανθή που πίστεψαν σε μένα και μου δίδαξαν από νωρίς την αξία της μόρφωσης. Το σύζυγό μου Μαρίνο, για την υπομονή που έδειξε όλα αυτά τα χρόνια και τη συμπαράστασή του. Το μεγαλύτερο κίνητρο για την ολοκλήρωση της εργασίας μου, όμως, το οφείλω στο μικρό μου Μιχαήλ Άγγελο. Τον ευχαριστώ, αφού η παρουσία του φώτισε αλλιώςτικα τη ζωή μου και ενεργοποίησε ξανά τη «μηχανή», παρέχοντας την απαιτούμενη ώθηση προς την τελική ευθεία...

ΧΡΙΣΤΙΑΝΑ Μ. ΧΡΙΣΤΟΥ

**Μιχαήλ Άγγελος**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ .....	xiv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	xv
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ .....	xvii
ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ .....	xviii
ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι – ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	1
Το πρόβλημα.....	1
Σκοπός της Έρευνας.....	5
Σημασία της Έρευνας.....	6
Πρωτοτυπία της Έρευνας .....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ.....	9
Εισαγωγή .....	9
Η Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Ο Ρόλος του Εκπαιδευτικού... ..	10
Εισαγωγή Τεχνολογιών (προσομοιώσεων) στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών .....	13
Εμπόδια στην Αποτελεσματική Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών... ..	24
Στάσεις των Εκπαιδευτικών για την Ενσωμάτωση της Τεχνολογίας.....	24
Στάσεις των Εκπαιδευτικών για τη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.....	25
Η Χρήση της Γλώσσας στο Πλαίσιο της Διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών.....	28
Αλληλεπίδραση Μαθητή – Εκπαιδευτικού: Τα Αποτελέσματα... ..	30
Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και Αναλογική Σκέψη.....	31
Οι Ιδέες των Παιδιών στο Πεδίο των Φυσικών Επιστημών και η Διδακτική Προσέγγιση.....	38
Εναλλακτικές Ιδέες στο Πεδίο της Βιολογίας.....	42
Ο Ρόλος των Διαγραμμάτων στο Πεδίο των Φυσικών Επιστημών ως Μέσο Επικοινωνίας και Συλλογής Δεδομένων.....	46
Η Κατανόηση του Κυκλοφορικού Συστήματος: Ιστορική Εξέλιξη και η Σημερινή Εικόνα.....	48
Η Επιστημονική Θεώρηση του Κυκλοφορικού Συστήματος .....	55
Οι Ιδέες των Παιδιών για το Κυκλοφορικό Σύστημα.....	59
Κυκλοφορικό Σύστημα και Διδασκαλία.....	64
Η Θεωρία της Δραστηριότητας (Activity Theory) .....	66

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	74
Εισαγωγή .....	74
Δείγμα – Πληθυσμός.....	74
Διαδικασία της Έρευνας.....	75
Τα Εργαλεία της Έρευνας .....	77
Πιλοτική Εφαρμογή.....	82
Αξιολόγηση Δεδομένων – Μεταβλητές .....	83
Ερευνητικά Ερωτήματα .....	84
Τρόπος Απάντησης των Ερωτημάτων.....	85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙV – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	86
Εισαγωγή .....	86
Πιλοτική Φάση της Έρευνας.....	86
Χορήγηση των Σταθερών Προοδευτικών Μητρών του Raven (Raven’s Standard Progressive Matrices).....	89
Αποτελέσματα στο Δοκίμιο Αξιολόγησης της Ενότητας (ΔΑΕ).....	91
Ρήτρες Αξιολόγησης: Σταθερή Συγκριτική Μέθοδος Ανάλυσης... ..	91
Επιδόσεις Μαθητών στο ΔΑΕ.....	101
Πολλαπλή Ανάλυση Παλινδρόμησης Βήμα προς Βήμα .....	108
Ποιοτική Ανάλυση των Δεδομένων.....	112
Σχεδιαγράμματα της Δομής του Κυκλοφορικού Συστήματος (ΔΚΣ).....	112
Σχεδιαγράμματα Κυκλοφορικού Συστήματος και Περιγραφή της Λειτουργίας του .....	119
Σχεδιαγράμματα και Περιγραφή της Δομής της Καρδίας.....	129
Αναλογική Σκέψη.....	138
Αίμα, Ρόλος και Σύσταση .....	146
Το Κυκλοφορικό Σύστημα και η Σχέση του με Άλλα Συστήματα .....	148
Υγεία της Καρδίας και Άσκηση.....	152
Αντιφάσεις στο υπό Εξέταση Σύστημα, Υπό το Πρίσμα της Θεωρίας της Δραστηριότητας.....	154
Φάση Ι: Εισαγωγή της Καινοτομίας- Εναλλακτική Διδακτική Παρέμβαση.....	155
Φάση ΙΙ: Συλλογή Ερευνητικών Δεδομένων .....	156
Συνοπτική Παρουσίαση Αποτελεσμάτων σε Σχέση με τα Ερευνητικά Ερωτήματα .....	159
ΚΕΦΑΛΑΙΟ V – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	161
Εισαγωγή .....	161
Συμπεράσματα από την Ποσοτική Ανάλυση.....	162
Συμπεράσματα από την Ποιοτική Ανάλυση .....	165
Συμπεράσματα Σχετικά με την Αναλογική Σκέψη .....	168
Εναλλακτικές Ιδέες.....	169



Αντιφάσεις στο Εκπαιδευτικό Σύστημα Δραστηριότητας.....	171
Αντιφάσεις μεταξύ Κανόνων και Εργαλείων .....	173
Αντιφάσεις μεταξύ Κανόνων και Καταμερισμού Εργασίας.....	174
Αντιφάσεις μεταξύ Κανόνων, Κοινότητας και Υποκειμένων.....	175
Αντιφάσεις μεταξύ Υποκειμένων, Αντικειμένου-Στόχου και Κοινότητας .....	181
Εκπαιδευτικές Προεκτάσεις της Έρευνας.....	182
Περιορισμοί της Έρευνας.....	190
Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα .....	191
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	194
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	215
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β .....	217

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

	Σελ.
Σχήμα 1. Σχηματική Αναπαράσταση της Θεωρίας της Διπλής Κωδικοποίησης του Ραϊνίο .....	16
Σχήμα 2. Η Γνωστική Θεωρία της Πολυμεσικής Μάθησης.....	19
Σχήμα 3. Τριαδικό Μοντέλο της Θεωρίας της Δραστηριότητας, 1 <sup>ης</sup> γενεάς.....	68
Σχήμα 4. Μοντέλο Θεωρίας της Δραστηριότητας 2 <sup>ης</sup> γενεάς.....	70
Σχήμα 5. Στάδια Μεθοδολογίας της Διευρυμένης Μάθησης.....	73
Σχήμα 6. Παράδειγμα από τις ΣΠΜΡ (Σταθερές Προοδευτικές Μήτρες του Raven).....	80
Σχήμα 7. Μέγεθος του Αποτελέσματος για τις Διαφορές των Ομάδων στις ΣΕ.....	104
Σχήμα 8. Μέγεθος του Αποτελέσματος για τις Διαφορές των Ομάδων στην Επίδοσή τους στη Μεταβλητή ΔΚ... ..	107
Σχήμα 9. Μέγεθος του Αποτελέσματος για τις Διαφορές των Ομάδων στην Επίδοσή τους στη Μεταβλητή ΔΚΣ.....	107
Σχήμα 10. Απεικόνιση της Δομής του Κυκλοφορικού Συστήματος από Μαθητές της ΟΕ.....	120
Σχήμα 11. Απεικόνιση της Δομής του Κυκλοφορικού Συστήματος από Μαθητές της ΠΟ.....	121
Σχήμα 12. Δομή Κυκλοφορικού Συστήματος από Μαθητές της ΠΟ, στα Οποία Απεικονίζονται και οι Πνεύμονες.....	123
Σχήμα 13. Εσωτερική Δομή της Καρδίας από Μαθητές της ΟΕ... ..	133
Σχήμα 14. Εσωτερική Δομή της Καρδίας από Μαθητές της ΠΟ... ..	135
Σχήμα 15. Το υπό εξέταση Σύστημα Δραστηριότητας .....	155

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

		Σελ.
Πίνακας 1.	Αναλυτική Περιγραφή του Δείγματος.....	75
Πίνακας 2.	Σύγκριση των Διδακτικών Προσεγγίσεων που Ακολουθήθηκαν .....	77
Πίνακας 3.	Περιγραφικά Στατιστικά Στοιχεία των Επιδόσεων των Μαθητών στις ΣΠΜΡ, ανά Ομάδα και Φύλο .....	90
Πίνακας 4.	Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) 2 (Ομάδα) X 2 (Φύλο) της Επίδοσης στις ΣΠΜΡ .....	90
Πίνακας 5.	Ρήτρα Αξιολόγησης των Απαντήσεων των Μαθητών για τη Μεταβλητή Δομή της Καρδιάς (ΔΚ) .....	93
Πίνακας 6.	Ρήτρα Αξιολόγησης των Απαντήσεων των Μαθητών για τη Μεταβλητή Δομή του Κυκλοφορικού Συστήματος (ΔΚΣ) .....	94
Πίνακας 7.	Ρήτρα Αξιολόγησης των Απαντήσεων των Μαθητών για τη Μεταβλητή Λειτουργία του Κυκλοφορικού Συστήματος (ΛΚΣ).....	96
Πίνακας 8.	Ρήτρα Αξιολόγησης των Απαντήσεων των Μαθητών για τη Μεταβλητή Αίμα: Ρόλος και Σύσταση (ΑΡΣ) .....	98
Πίνακας 9.	Ρήτρα Αξιολόγησης των Απαντήσεων των Μαθητών για τη Μεταβλητή Αναλογική Σκέψη (ΑΣ) .....	99
Πίνακας 10.	Επιμέρους και Συνολική Μεταβλητή των Επιδόσεων των Μαθητών στα Ερωτήματα της Έρευνας.....	100
Πίνακας 11.	Περιγραφικά Στατιστικά Στοιχεία των Επιμέρους Επιδόσεων και της Συνολικής Επίδοσης των Μαθητών στο Ερευνητικό Δοκίμιο, ανά Ομάδα και Φύλο.....	101
Πίνακας 12.	Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) 2 (Ομάδα) x 2 (Φύλο) με Εξαρτημένη Μεταβλητή τη Συνολική Επίδοση στο ΔΑΕ	103
Πίνακας 13.	Πολλαπλή Ανάλυση Διασποράς (MANOVA) 2 (Φύλο) x 2 (Ομάδα) για τις Πέντε Επιμέρους Επιδόσεις	105

Πίνακας 14.	Πολλαπλή Παλινδρόμηση με Εξαρτημένη Μεταβλητή τη Συνολική Επίδοση στο ΔΑΕ, και Ανεξάρτητες Μεταβλητές το Φύλο, την Πειραματική Ομάδα, τη Μόρφωση Πατέρα και Μητέρας, το Επάγγελμα Πατέρα και Μητέρας, τη Σχολική Επίδοση και την Επίδοση στις ΣΠΜΡ.....	109
Πίνακας 15.	Συντελεστές Συσχέτισης Μεταξύ των Μεταβλητών.....	110
Πίνακας 16.	Παρουσία Οργάνων στο Σχεδιάγραμμα του Κυκλοφορικού Συστήματος.....	113
Πίνακας 17.	Χαρακτηριστικά της Καρδίας: Σχεδιάγραμμα του Κυκλοφορικού Συστήματος.....	114
Πίνακας 18.	Χαρακτηριστικά Πνευμόνων και Αιμοφόρων Αγγείων, όπως προκύπτουν από το σχεδιάγραμμα για το κυκλοφορικό σύστημα.....	117
Πίνακας 19.	Εσωτερική Δομή της Καρδίας από τα Σχεδιαγράμματα των Μαθητών.....	131
Πίνακας 20.	Αναλογική Σκέψη: Αντιστοιχίες Ροής Ποταμού με το Κυκλοφορικό Σύστημα.....	140
Πίνακας 21.	Αναλογική Σκέψη: Αντιστοιχίες Κεντρικής Θέρμανσης με το Κυκλοφορικό Σύστημα.....	144

## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΑΡΣ: Αίμα, Ρόλος και Σύσταση

ΑΣ: Αναλογική Σκέψη

ΓΓΙ: Γενική Γνωστική Ικανότητα

ΔΑΕ: Δοκίμιο Αξιολόγησης Ενότητας

ΔΚ: Δομή Καρδίας

ΔΚΣ: Δομή Κυκλοφορικού Συστήματος

ΗΥ: Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές

ΛΚΣ: Λειτουργία Κυκλοφορικού Συστήματος

ΝΑΠ: Νέα Αναλυτικά Προγράμματα

ΟΕ: Ομάδα Ελέγχου

ΠΟ: Πειραματική Ομάδα

ΣΠΜΡ: Σταθερές Προοδευτικές Μήτρες Raven

ΤΠΕ: Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας

ΤΠΓΠ: Τεχνολογική Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου

ΥΠΠ: Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού

## ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ

Activity Systems: Συστήματα δραστηριότητας

Activity Theory: Θεωρία της Δραστηριότητας

Animations: Κινούμενες εικόνες

Cognitive Load Theory: Θεωρία Γνωστικού Φορτίου

Cognitive Theory of Multimedia Learning: Γνωστική Θεωρία της Πολυμεσικής Μάθησης

Conceptual change: Εννοιολογική αλλαγή

Conjoint Processing Theory: Θεωρία συνδυασμένης επεξεργασίας πληροφοριών

Constant comparative analysis method: Μέθοδος σταθερής συγκριτικής ανάλυσης

Cues: Λεκτικές επεξηγήσεις

Digital immigrants: Ψηφιακοί μετανάστες

Digital natives: Ψηφιακοί αυτόχθονες

Effect size: Μέγεθος του αποτελέσματος

Expansive learning: Διευρυμένη μάθηση

Extraneous cognitive load: Εξωγενές γνωστικό φορτίο

Germane cognitive load: Εγγενές γνωστικό φορτίο

Health literacy: Γραμματισμός της υγείας

Hypermedia Informational Material: Υπερμεσικό Πληροφοριακό Υλικό

Imagens: Εικονικές αναπαραστάσεις

Intrinsic cognitive load: Ενδογενές γνωστικό φορτίο

Logogens: Λεκτικές αναπαραστάσεις

Raven's Standard Progressive Matrices: Σταθερές Προοδευτικές Μήτρες του Raven

Rubrics: Ρήτρες

Scaffolding: Καθοδήγηση

Socio-cognitive conflict: κοινωνικο-γνωστική σύγκρουση

Split Attention Effect: Αποτέλεσμα διχασμού/διάσπασης προσοχής

Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK): Τεχνολογική Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου

Visual presentation: Οπτική αναπαράσταση

Visuals: Εικονικές αναπαραστάσεις

Visualizations: Νοερές εικόνες

Zone of proximal development: Ζώνη επικείμενης ανάπτυξης

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### Το Πρόβλημα

Καθημερινά τα μέσα μαζικής ενημέρωσης βομβαρδίζουν το κοινό, δια στόματος ειδικών, διατροφολόγων, παιδιάτρων, σχολιάτρων, καρδιολόγων, καρδιοχειρουργών, διαβητολόγων, στατιστικολόγων, ακόμα και υπουργών της υγείας, για την επιτακτική ανάγκη πρόληψης των «ασθενειών της αφθονίας,» όπως χαρακτηριστικά αποκαλούνται οι παθήσεις του καρδιοαναπνευστικού συστήματος, η παχυσαρκία, η υπερλιπιδαιμία και ο διαβήτης. Πολλές από αυτές τις ασθένειες έχουν τη ρίζα τους στο σύγχρονο τρόπο ζωής, την υπερκατανάλωση ανθυγιεινών τροφών και την καθιστική ζωή. Οι «ασθένειες της αφθονίας» αποτελούν για την Κύπρο, όπως και για τις άλλες χώρες της Ευρώπης και τις ΗΠΑ, τις κυριότερες αιτίες νοσηρότητας και θνησιμότητας (Κασινίδου, 2008).

Η αφθονία αγαθών, ο υπερκαταναλωτισμός και κυρίως η καθιστική ζωή, σε συνδυασμό με το άγχος και τις διευκολύνσεις διαβίωσης που προσφέρει η τεχνολογία, αυξάνουν τον αριθμό των παχύσαρκων παιδιών και κατ' επέκταση των παχύσαρκων ενηλίκων (Αδάμου, 2007). Η έρευνα των Κουρίδη, Τορναρίτη, Σάββα, Χατζηγεωργίου και Σιαμούνκη (2000) εντόπισε τα αυξημένα ποσοστά παιδικής παχυσαρκίας που παρατηρούνται σε ανεπτυγμένες χώρες, μεταξύ αυτών και η Κύπρος, τα οποία συνδέονται με μια σειρά σοβαρών, χρόνιων ασθενειών, όπως η υπέρταση, ο διαβήτης, η δυσλιπιδαιμία, οι καρδιακές παθήσεις κ.ά.

Ο τρόπος ζωής του ατόμου θα πρέπει να αλλάξει και το άτομο οφείλει να καταβάλλει κάθε δυνατή προσπάθεια, για να προφυλάσσεται από τους παράγοντες κινδύνου που προκαλούν τις καρδιοπάθειες και τις άλλες νόσους. Για να γίνουν αυτά, χρειάζεται μία μικρή επανάσταση σε οικογενειακό και κοινωνικό επίπεδο (Toepperwein, Pruski, Blalock, Lemelle, & Lichtenstein, 2008). Η προτροπή «αλλάξτε τρόπο ζωής» δεν απευθύνεται μόνο στον κάθε πολίτη. Απευθύνεται σε όλες τις κυβερνήσεις, που θα πρέπει με κάθε μέσο να οδηγούν τον πολίτη προς αυτή την κατεύθυνση.



Οι Bundy και Guyatt (1996) εισηγήθηκαν την ανάπτυξη προγραμμάτων για έλεγχο της υγείας των παιδιών, με παράλληλη εφαρμογή διαφόρων μεθόδων για βελτίωση της υγείας με χαμηλό κόστος. Μακροπρόθεσμα, θα πρέπει επίσης να υποστηριχθεί η ευχέρεια κάθε χώρας να εκτιμά και να παρεμβαίνει σε τυχόν προβλήματα υγείας των παιδιών, ώστε να προλαμβάνονται οι συνεπακόλουθες νοσηρές καταστάσεις των ενηλίκων. Πρόσφατα, οι Savva, Tornaritis, Kolokotroni, Chadji Georgiou, Kourides, Karpathios και Yiallourous, (2014β) τόνισαν πως, ιδιαίτερα στις χώρες της Μεσογείου, όπως είναι και η Κύπρος, καθίσταται απαραίτητη η εφαρμογή προληπτικών σχεδίων δράσης για αύξηση της καρδιοαναπνευστικής ικανότητας – άρα της φυσικής δραστηριότητας – με απώτερο στόχο την πρόληψη, από τη μια, περιστατικών παχυσαρκίας στην παιδική και εφηβική ηλικία, και τη μείωση, από την άλλη, της εμφάνισης καρδιαγγειακών νοσημάτων σε μεγαλύτερες ηλικίες.

Η εισαγωγή ενός συγκεκριμένου στόχου στα πλαίσια της εκπαίδευσης, ώστε να γίνει βίωμα στα παιδιά σχολικής ηλικίας, η σημασία της υγιεινής διατροφής και της φυσικής άσκησης, για τη διατήρηση της καλής υγείας του καρδιαγγειακού τους συστήματος, θα μπορούσε να συμβάλει σημαντικά στην πρόληψη και την καταπολέμηση αυτού του επικίνδυνου φαινομένου (Αδάμου, 2007). Ο γραμματισμός της υγείας (health literacy), όπως ορίζεται από τους Toerperwein κ.ά., (2008), αποτελεί πλέον το θεμέλιο για την πρόληψη των ασθενειών, αφού το άτομο θα πρέπει να διαθέτει τις απαραίτητες γνώσεις και δεξιότητες, που προϋποθέτουν την κριτική θεώρηση, το φιλτράρισμα και την κατανόηση της τεράστιας μάζας πληροφοριών, η οποία αντλείται καθημερινά από το διαδίκτυο, τα ραδιοτηλεοπτικά και τα έντυπα μέσα μαζικής ενημέρωσης.

Για δεκαετίες, ο ρόλος και η αποδοτικότητα της εκπαίδευσης εστιαζόταν στις άμεσες κυρίως οικονομικές της επιδράσεις, δηλαδή στο πόσο μεγάλα εισοδήματα εξασφάλιζε στο κάθε μορφωμένο άτομο. Η εκπαίδευση, όμως, παρέχει, εκτός από τα οικονομικά και πολλά κοινωνικά οφέλη, τόσο για το άτομο, όσο και την ευρύτερη κοινωνία, συμπεριλαμβανομένων του τρόπου αυτοπροστασίας του ατόμου και, κατ' επέκταση, της δημιουργίας ενός καλύτερου κοινωνικού περιβάλλοντος, μέσα στο οποίο αξίζει να διαβιώνει ο άνθρωπος (Jere & Nevzer, 1997). Σχετίζεται έντονα με τον επιστημονικό γραμματισμό, που περιλαμβάνει και το γραμματισμό της υγείας, άρα και τα θετικά αποτελέσματα της καλής υγείας (Toerperwein, κ.ά, 2008).

Συνεπώς, τα σημερινά παιδιά, ως οι αυριανοί πολίτες, θα πρέπει να εκπαιδευτούν να παίρνουν τις σωστές αποφάσεις, όχι μόνο για την επαγγελματική και οικογενειακή τους αποκατάσταση, αλλά και για τη διατήρηση της άριστης φυσικής τους κατάστασης και υγείας. Οι αυριανοί πολίτες πρέπει, για παράδειγμα, να γνωρίζουν τις επιπτώσεις του καπνίσματος, του αλκοολισμού και των άλλων εξαρτησιογόνων ουσιών και της παχυσαρκίας στην υγεία τους. Πρέπει οι αυριανοί πολίτες να είναι σε θέση να διεκδικούν το δικαίωμά τους για υγιεινή διαβίωση στον τόπο τους, ώστε να αισθάνονται καλά, για να προσφέρουν τα μέγιστα στην κοινωνία και στον τόπο τους (Αδάμου, 2007). Η πολιτεία χρειάζεται πολίτες υγιείς, που με ευχέρεια θα ενισχύουν το εργατικό δυναμικό της και θα προσφέρουν στην οικονομική ευημερία της. Πολίτες με βεβαρημένο ιατρικό ιστορικό, και μάλιστα ιστορικό που αφορά «ασθένειες της αφθονίας,» αποτελούν πρόβλημα και για το κοινωνικό σύνολο, όχι μόνο για το οικογενειακό τους περιβάλλον (Κασινίδου, 2008). Σύμφωνα μάλιστα με μελέτες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εκτιμάται ότι τα νοσήματα που συνδέονται με τέσσερις κοινούς παράγοντες κινδύνου – κάπνισμα, υπερβολική κατανάλωση αλκοόλ, κακή διατροφή και έλλειψη σωματικής άσκησης - θα κοστίσουν 22,5 τρισεκατομμύρια ευρώ στην παγκόσμια οικονομία, τη χρονική περίοδο 2012-2030, και μπορούν κάλλιστα να μειωθούν με προσεκτικά στοχευμένες πολιτικές. Η δε παχυσαρκία αντιπροσωπεύει πάνω από το 8% του κόστους της υγειονομικής περίθαλψης στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2013).

Κρίνεται, κατά συνέπεια, αναγκαίος ο στρατηγικός σχεδιασμός πρόληψης και διατήρησης της υγείας των πολιτών. Τι πρέπει να γνωρίζει ο κάθε πολίτης όσον αφορά την υγεία του, το σώμα του, τον εαυτό του; Πότε πρέπει να αρχίζει η εκπαίδευση του ανθρώπου με τέτοιας φύσης θέματα; Μήπως πράγματι το σχολικό περιβάλλον είναι το κατάλληλο μέρος για την έναρξη της εφαρμογής ενός τέτοιου σχεδιασμού, όπως προβλέπεται και στους στρατηγικούς σχεδιασμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης; (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2013). Τι γνωρίζουν τα παιδιά σχολικής ηλικίας για το σώμα τους, την καρδιά, τις λειτουργίες της και τη σπουδαιότητά της; Τι γνωρίζουν για τις επιπτώσεις των εξαρτησιογόνων ουσιών και του ανθυγιεινού τρόπου ζωής στην υγεία τους και την κοινωνία; Σε ποιο βαθμό αντιλαμβάνονται το κοινωνικό κόστος που συνεπάγεται η αύξηση των χρόνιων ασθενειών και, κατ' επέκταση, πώς επιβαρύνονται τα ίδια τα παιδιά από αυτό; Πόσο έτοιμα είναι τα παιδιά να κατανοούν την αξία της πρόληψης για τη διατήρηση της υγείας τους;

Ο Αδάμου (2007) θεωρεί πως η λύση στο πρόβλημα της παιδικής παχυσαρκίας δεν είναι οι εξαντλητικές δίαιτες, αλλά η αλλαγή στις διατροφικές συνήθειες των παιδιών και η αύξηση της σωματικής τους άσκησης. Εισηγείται όπως το σχολείο και η οικογένεια προβούν σε συντονισμένες ενέργειες, ώστε να αυξηθεί η άθληση και να μειωθούν οι ώρες μπροστά στην τηλεόραση, και να δοθεί μεγαλύτερη σημασία στη σχέση μεταξύ του σχολείου και του τρόπου υγιούς διαβίωσης, ώστε να αποφεύγονται μελλοντικές παθήσεις. Ολοκληρωμένα προγράμματα είναι απαραίτητα για να εκπαιδευθεί σωστά η νέα γενιά, αλλά και οι γονείς, ώστε να αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά τα προβλήματα αυτά (Το Βήμα, 2014).

Η προσπάθεια του όποιου ελέγχου της πανδημίας των καρδιαγγειακών παθήσεων απαιτεί την ανάπτυξη νέων και αποτελεσματικών μεθόδων έγκαιρης πρόληψης. Τα εκπαιδευτικά προγράμματα που απευθύνονταν μόνο σε ενήλικες έχουν αποδειχθεί μετριώς επιτυχή (White, Albanese, Anderson, & Carlan, 1977). Η παιδική ηλικία καθορίζει τις συμπεριφορές και τις συνήθειες που θα αποτρέπουν ή θα οδηγούν σε τέτοιες παθήσεις. Συνεπώς, εντατικές προσπάθειες θα πρέπει να κατευθύνονται προς την εκπαίδευση και παράλληλα να καθορίζονται οι ελάχιστες βασικές γνώσεις που το άτομο πρέπει να κατέχει, για να θεωρείται επιστημονικά εγγράμματο και ικανό να παίρνει σωστές αποφάσεις, σχετικά με θέματα που αφορούν την υγεία του (White κ.ά., 1977). Οι Toerperwein κ.ά. (2008) θεωρούν τα σχολεία ως τις αρένες μέσα στις οποίες θα διεξάγεται ο σημαντικός αγώνας του γραμματισμού για την υγεία, με την προϋπόθεση ότι οι εκπαιδευτικοί δε θα προσπαθούν από μόνοι τους για αυτό, αλλά θα έχουν τη στήριξη των επαγγελματιών της υγείας, όπως είναι οι επισκέπτες υγείας, οι νοσηλευτές, ακόμα και οι γιατροί, οι οποίοι στοχευμένα και διαχρονικά θα πρέπει να εμπλέκονται στη διαδικασία σχεδιασμού μιας ανάλογης εκπαιδευτικής πολιτικής.

Στα πλαίσια της εκπαιδευτικής μεταρρύθμισης και του σχεδιασμού των Νέων Αναλυτικών Προγραμμάτων της χώρας μας, φαίνεται πως η επιτροπή διαμόρφωσης αναλυτικών προγραμμάτων έχει λάβει σοβαρά υπόψη τις ανάγκες και τις προσταγές της σύγχρονης κοινωνίας, αφού στο πρόγραμμα σπουδών του μαθήματος «Αγωγή Υγείας» καταγράφεται ότι:

*σκοπός είναι η προαγωγή της ψυχικής, σωματικής και κοινωνικής ευεξίας των μαθητών ως εφόδιο ζωής, αφενός, με την ανάπτυξη προσωπικών και κοινωνικών ικανοτήτων και, αφετέρου, με τη συλλογική δράση ως προς την αναβάθμιση του κοινωνικού και φυσικού περιβάλλοντός τους. [...]. Η υγεία στο Πρόγραμμα Σπουδών δεν αντιμετωπίζεται απλά και μόνο ως η έλλειψη κάποιας ασθένειας,*

αλλά ως ένα κοινωνικό και προσωπικό εφόδιο για «καλή ζωή» (ΥΠΠ, 2010, σ. 414).

Με βάση το περιεχόμενο και τον ειδικότερο στόχο του συγκεκριμένου προγράμματος σπουδών, ο σύγχρονος εκπαιδευτικός καλείται μεταξύ άλλων να:

*βοηθήσει το άτομο να διαμορφώσει στάσεις και να αποκτήσει γνώσεις και δεξιότητες, ώστε να κάνει επιλογές και να προβαίνει σε δράσεις που βελτιώνουν την υγεία, προάγουν την ευεξία και προλαμβάνουν τις ασθένειες και τα προβλήματα υγείας (ΥΠΠ, 2010, σ. 415).*

Πιο συγκεκριμένα, στους ειδικούς στόχους του προγράμματος σπουδών για το μάθημα των Φυσικών Επιστημών, αναφέρεται πως οι μαθητές αναμένεται να:

*εξηγούν τη διαδρομή και το μετασχηματισμό της τροφής μέσα στο πεπτικό σύστημα και τη μετάβασή της στο αίμα, να εντοπίζουν τις αλλαγές που συντελούνται στα συστήματα του σώματος (π.χ., στο κυκλοφορικό, στο αναπνευστικό σύστημα) ως αποτέλεσμα της φυσικής δραστηριότητας, να θέτουν και να απαντούν ερωτήματα του τύπου: «τι προκαλεί ένα καρδιακό επεισόδιο;» να επιλέγουν τα κατάλληλα υλικά, προκειμένου να κατασκευάσουν ένα μοντέλο καρδιάς ή ένα μοντέλο των αναπνευστικών κινήσεων, να εξηγούν το ρόλο του αίματος στη «θρέψη» των οργάνων του σώματος, χρησιμοποιώντας το κατάλληλο λεξιλόγιο, να καταγράφουν και να αξιολογούν την επίδραση περιβαλλοντικών παραγόντων και συνηθειών στην καλή λειτουργία του αναπνευστικού συστήματος (ΥΠΠ, 2010, σ. 174).*

Εγείρονται όμως ερωτήματα για το βαθμό εφαρμογής και επιτυχίας αυτής της επίσημα διακηρυγμένης εκπαιδευτικής πολιτικής. Αναλυτικότερα, προκύπτει το ερώτημα: σε ποιο βαθμό οι μαθητές του δημοτικού σχολείου κατανοούν σήμερα βασικές έννοιες για το κυκλοφορικό σύστημα και πόσο αποτελεσματική είναι η διδασκαλία που ακολουθείται; Είναι σε θέση να προφυλάσσουν τον εαυτό τους από μελλοντικά προβλήματα υγείας, να εφαρμόζουν σωστές και υγιεινές συνήθειες στη ζωή τους και να κατανοούν, γιατί πρέπει να γίνεται αυτό;

### **Σκοπός της Έρευνας**

Υπό το φώς των προβληματισμών αυτών και με βάση τις ανάγκες της σύγχρονης κοινωνίας για υγιείς πολίτες, με επαρκή επιστημονικό γραμματισμό και γραμματισμό υγείας, η παρούσα έρευνα αποσκοπούσε να εξετάσει την αποτελεσματικότητα μιας εναλλακτικής διδακτικής προσέγγισης, για το θέμα «κυκλοφορικό σύστημα,» ως προς το βαθμό κατανόησης από

μέρους των μαθητών βασικών εννοιών που αφορούν τη δομή και τη λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος, χρησιμοποιώντας κατάλληλο λεξιλόγιο, αλλά και τη σπουδαιότητα του κυκλοφορικού συστήματος για τη διατήρηση της υγείας του ατόμου, σε σύγκριση με την ακολουθούμενη, παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση στο δημοτικό σχολείο.

Στη νέα διδακτική προσέγγιση ενσωματώθηκαν δυνατότητες των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) και έτσι η όλη ερευνητική προσπάθεια, εντάχθηκε και αναλύθηκε στο σύνολό της υπό το ευρύ φάσμα της θεωρίας της δραστηριότητας (Vygotsky, 1978· Leont'ev, 1978· Engeström, 1987). Έγινε προσπάθεια να εντοπιστούν τα στοιχεία που διευκόλυναν ή παρεμπόδιζαν την παρέμβαση και γενικότερα την καινοτομία, όπως εφαρμόστηκε, αφού, σύμφωνα με τη θεωρία, η κάθε δραστηριότητα συμβαίνει σε ένα κοινωνικο-ιστορικό και κοινωνικο-πολιτιστικό πλαίσιο και διαφοροποιείται ως αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεων του ανθρώπου με το περιεχόμενό της και τη συνειδητή αντίδραση του ιδίου, σε σχέση με τις δράσεις που αυτή περιλαμβάνει. Μέσω της έρευνας, έγιναν προσπάθειες, για να προσδιοριστούν και να καταγραφούν οι εντάσεις και οι αντιφάσεις που προκλήθηκαν στο όλο σύστημα της εκπαιδευτικής δραστηριότητας, λόγω της εφαρμογής της εναλλακτικής διδακτικής πρότασης.

### **Σημασία της Έρευνας**

Η σημασία της έρευνας έγκειται στο ότι τα αποτελέσματά της μπορούν να αποκαλύψουν άγνωστες πτυχές της διαδικασίας της μάθησης στις φυσικές επιστήμες στο δημοτικό σχολείο και ειδικότερα στο πεδίο της βιολογίας-ανθρωπολογίας, πέρα από τα γραπτά κείμενα και τους επίσημους στόχους που θέτει η επιτροπή διαμόρφωσης των επίσημων Νέων Αναλυτικών Προγραμμάτων. Η διερεύνηση του βαθμού κατανόησης μαθητών δημοτικού για θέματα φυσικών επιστημών που έχουν διδαχθεί, ο εντοπισμός των αδυναμιών ή των εναλλακτικών ιδεών που τυχόν φέρουν, μπορούν να αξιοποιηθούν στο σχεδιασμό νέων και πρωτοποριακών μεθόδων διδασκαλίας, στο επίπεδο των αναγκών των μαθητών του δημοτικού σχολείου. Ο εντοπισμός και η καταγραφή των γνωστικών εμποδίων που παρουσιάζονται και δρουν ως φραγμοί στη μαθησιακή διαδικασία ή δυσχεραίνουν την ενασχόληση των παιδιών επιπέδου πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης με θεματολογίες που άπτονται της φυσιολογίας του ανθρώπου και της βιολογίας, μπορούν να εμπλουτίσουν το φάσμα γνώσεων, το οποίο οι ειδικοί σε θέματα σχεδιασμού εκπαιδευτικής πολιτικής πρέπει να λαμβάνουν υπόψη.

Τα αποτελέσματα της έρευνας θα κρίνουν επίσης την αποτελεσματικότητα της νέας διδακτικής προσέγγισης και της καινοτομίας που προτείνεται, με την ενσωμάτωση ΤΠΕ, όσον αφορά τα μαθησιακά αποτελέσματα, και θα παρέχουν πληροφόρηση για τυχόν αλλαγές ή τροποποιήσεις που θα πρέπει να γίνουν στη συγκεκριμένη διδακτική προσέγγιση. Θα εντοπιστούν ελλείψεις ή αδυναμίες της και θα φανούν οι δυνατότητές της όσον αφορά το βαθμό επίτευξης των διδακτικών επιδιώξεων, ώστε η διδακτική προσέγγιση να τύχει βελτιώσεων ή τροποποιήσεων για ευρύτερη εφαρμογή και μελλοντική εισαγωγή της στο εκπαιδευτικό σύστημα.

Επιπρόσθετα, τα αποτελέσματα θα μπορούν να αξιοποιηθούν από διάφορους φορείς και να συμβάλουν στη διαμόρφωση των προγραμμάτων σπουδών σε τμήματα Επιστημών της Αγωγής των Πανεπιστημίων, όσο και σε προγράμματα προ-υπηρεσιακής ή ενδο-υπηρεσιακής επιμόρφωσης εκπαιδευτικών που οργανώνονται και προσφέρονται από φορείς εκπαιδευτικής πολιτικής (π.χ., από το Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού ή από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο). Θα μπορούσαν επίσης να αξιοποιηθούν ως μια μορφή διαμορφωτικής αξιολόγησης των Νέων Αναλυτικών Προγραμμάτων από την αρμόδια επιτροπή, αφού η φιλοσοφία στην οποία βασίστηκε ο σχεδιασμός της εναλλακτικής διδακτικής προσέγγισης και οι μαθησιακές επιδιώξεις συνάδουν με τις αρχές που διέπουν το Νέο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών για το γνωστικό αντικείμενο «Φυσικές Επιστήμες.»

Σε ένα ευρύτερο πλαίσιο, τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν επίσης, για το σχεδιασμό πολιτικής για την υγεία, όπως ορίζεται και απαιτείται από τα Ευρωπαϊκά συλλογικά όργανα. Τα Υπουργεία Υγείας και Παιδείας και Πολιτισμού, σε μια από κοινού προσπάθεια, θα πρέπει να επιδιώξουν την προώθηση των «εξωτερικών εκπαιδευτικών ωφελημάτων» (Grossman & Kaestner, 1997), μέσω της παροχής συγκεκριμένων εκπαιδευτικών προγραμμάτων σε παιδιά σχολικής ηλικίας, ώστε να επιτυγχάνεται ένα μεγάλο κοινωνικό όφελος: η πρόληψη των καρδιαγγειακών νοσημάτων, της παχυσαρκίας και η μείωση, μακροπρόθεσμα, των δαπανηρών περιστατικών νοσηλείας, αφού οι βασικές γνώσεις για τη σπουδαιότητα του κυκλοφορικού συστήματος, από μαθητές μικρής ηλικίας, συμβάλλουν στη διατήρηση της καλής υγείας του ατόμου. Επομένως, τα οφέλη ξεφεύγουν από τα πλαίσια της εκπαίδευσης και της διδασκαλίας. Τόσο βραχυπρόθεσμα, όσο και μακροπρόθεσμα, η ερευνητική αυτή προσπάθεια φιλοδοξεί να προσφέρει οικονομικό και

κοινωνικό όφελος, αφού τα αποτελέσματά της μπορούν να στηρίζουν τους ευρύτερους πολιτειακούς, εκπαιδευτικούς σχεδιασμούς, ώστε να απομακρύνεται το ενδεχόμενο μιας αποτυχημένης εκπαιδευτικής πολιτικής, που να χρειάζεται επανειλημμένες αναθεωρήσεις και ερασιτεχνικούς επανασχεδιασμούς.

Η θεώρηση της όλης προσπάθειας υπό το πρίσμα της θεωρίας της δραστηριότητας μπορεί επίσης να εντοπίσει όλα εκείνα τα στοιχεία που συμβάλλουν στην επιτυχία ή την αποτυχία της προσπάθειας για εισαγωγή μιας καινοτομίας στο εκπαιδευτικό σύστημα, να διερευνήσει πόσο ευέλικτο είναι το κυπριακό εκπαιδευτικό σύστημα δραστηριότητας και να εντοπίσει τις αντιφάσεις που προκύπτουν μεταξύ των φορέων που το καθορίζουν, π.χ., ανθρώπινο δυναμικό (εκπαιδευτικοί, μαθητές, γονείς), υλικό δυναμικό (υλικοτεχνική υποδομή, εξοπλισμός, μέσα) και στάσεις και συμπεριφορές. Τα αποτελέσματα μπορούν επίσης να επηρεάσουν ή και να καθορίσουν το σχεδιασμό μελλοντικών ερευνητικών προσπαθειών.

### **Πρωτοτυπία της Έρευνας**

Στη διεθνή βιβλιογραφία και την αντίστοιχη ερευνητική δραστηριότητα εντοπίζονται ελλείψεις σε θέματα που άπτονται της διδακτικής σε θέματα βιολογίας, ανθρωπολογίας και άλλων συναφών θεμάτων, σε ηλικίες παιδιών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η παρούσα ερευνητική εργασία θα συμβάλει στον εμπλουτισμό της βιβλιογραφίας, στην ανάδειξη των μαθησιακών χαρακτηριστικών των μαθητών της Κύπρου και τις εναλλακτικές τους ιδέες για το κυκλοφορικό σύστημα, σε συνάρτηση με τα μέχρι τώρα διεθνή ευρήματα, και παράλληλα να διακρίνει και να εντοπίσει τη συμβολή των ΤΠΕ στη διδακτική διαδικασία των βιολογικών επιστημών. Επιπρόσθετα, θα ενισχύσει ερευνητικά τις προτάσεις των ΝΑΠ και θα δώσει κατευθυντήριες γραμμές για τυχόν τροποποιήσεις ή νέους σχεδιασμούς.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

#### Εισαγωγή

Ο επιστημονικός και τεχνολογικός αλφαριθμητισμός επιβάλλεται, στην εποχή μας, λόγω της ραγδαίας εξέλιξης που παρατηρείται στον τομέα της επιστήμης τις τελευταίες δεκαετίες. Όπως αναφέρουν οι Glynn, Yeany και Britton (1991), τα παιδιά, από νωρίς, πρέπει να μαθαίνουν τις επιστημονικές έννοιες, όχι ως τυχαία και ασύνδετα μεταξύ τους γεγονότα, αλλά ως οργανωμένα δίκτυα αλληλένδετων πληροφοριών, ή ως καλά δομημένα γνωστικά σχήματα, όπως υποστηρίζει και η γνωστική ψυχολογία (Smith, 1991), για να είναι σε θέση να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της σύγχρονης, τεχνολογικά, κοινωνίας στην οποία θα μεγαλώσουν και θα λειτουργήσουν.

Η μαθησιακή διαδικασία στον τομέα των Φυσικών Επιστημών, αλλά και ευρύτερα, ως μια πολυπαραγοντική διεργασία, καθορίζεται από το επιστημολογικό υπόβαθρο του εκπαιδευτικού (Tsai, 2007), που διαμορφώνει τις στάσεις του για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Καθορίζεται επίσης και από την ικανότητά του να ενσωματώνει αποτελεσματικά τις ΤΠΕ στη διδακτική πράξη, ώστε να επιτυγχάνει το προσδοκώμενο αποτέλεσμα: τη βαθύτερη κατανόηση των βασικών εννοιών και την ορθή οικοδόμηση νοητικών σχημάτων, βάσει των σχετικών γνωστικών θεωριών, όπως είναι η θεωρία της διπλής κωδικοποίησης (Paivio, 1986), η θεωρία του γνωστικού φορτίου (Chandler & Sweller, 1991) και η θεωρία της πολυμεσικής μάθησης (Mayer, 2001).

Η ικανότητα από μέρους του εκπαιδευτικού, να εντοπίζει, να αναδεικνύει και να αξιοποιεί τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών, η ορθή χρήση της γλώσσας, η επάρκεια γνώσης περιεχομένου, ειδικά σε ζητήματα που άπτονται του πεδίου της βιολογίας, αποτελούν επίσης σημαντικούς παράγοντες για την επίτευξη των εκπαιδευτικών στόχων.



Η προσπάθεια για εισαγωγή μιας καινοτόμου διδακτικής προσέγγισης στο υφιστάμενο εκπαιδευτικό σύστημα, το οποίο ορίζεται από ένα γερό ιστορικό υπόβαθρο, αναπόφευκτα επιφέρει εντάσεις και αντιφάσεις στο σύστημα και τα μέρη που το συναποτελούν. Αυτές θα κρίνουν την τελική αποδοχή και αφομοίωση της αλλαγής ή την απόρριψή της (Engeström, 1987).

### **Η Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Ο Ρόλος του Εκπαιδευτικού**

Η μάθηση, η διαδικασία απόκτησης και οικοδόμησης νέων γνώσεων, θεωρείται ως ενεργή και σύνθετη διαδικασία (Glynn κ. ά., 1991· Reeve & Bell, 2009· Wittrock, 1989). Είναι το αποτέλεσμα της ενεργού αλληλεπίδρασης σημαντικών γνωστικών διεργασιών, όπως της μνήμης, της αντίληψης, της φαντασίας, της οργάνωσης και της επεξεργασίας πληροφοριών. Αυτές οι διεργασίες διευκολύνουν την οικοδόμηση και τη σταδιακή αναδόμηση των νοητικών σχημάτων. Συνεπώς, οι εκπαιδευτικοί που διδάσκουν φυσικές επιστήμες θα πρέπει να ενισχύουν τα παιδιά σε κάθε προσπάθειά τους να οργανώνουν τις νέες πληροφορίες, δίνοντάς τους το χρόνο και παρέχοντάς τους τις απαραίτητες εμπειρίες, μέσω της ενεργού εμπλοκής σε πειραματικές διαδικασίες στο εργαστήριο, προάγοντας το διάλογο και την επιχειρηματολογία (Lazarowitz & Tamir, 1993), ή ακόμα ενσωματώνοντας αποτελεσματικά την τεχνολογία και τα δυναμικά περιβάλλοντα μάθησης, όπου αυτό είναι εφικτό (Hegarty, 2004· Mayer, 2001, 2005). Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να αντιμετωπίζουν τα παιδιά ως ενεργούς και εκλεκτικούς καταναλωτές της γνώσης όσον αφορά την αντίληψή τους, αφού οι ατομικές τους διαφορές καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβάνονται, επεξεργάζονται και εν τέλει κατανοούν μια νέα έννοια και όχι ως ανθρώπινες μηχανές οπτικογράφησης και ηχογράφησης πληροφοριών, που παθητικά και αυτόματα αποθηκεύουν στη μνήμη τους μερικές, ή όλες, τις πληροφορίες ενός μαθήματος ή ενός βιβλίου (Glynn κ. ά., 1991).

Ο diSessa (1988, 2002) αντιλαμβάνεται την εννοιολογική αλλαγή, ως την αναδόμηση των νοητικών σχημάτων, και της προσδίδει το χαρακτηρισμό «σύνθετα γνωστικά συστήματα» ή «γνωστική οικολογία,» θεωρώντας πως η γνώση αποτελείται από πολλά τεμάχια πληροφοριών (knowledge in pieces), το καθένα διαφορετικού τύπου και διαφορετικής κλίμακας. Τα παιδιά, αφού δεν έχουν ολοκληρωμένες και συναφείς γνώσεις, συνδυάζουν αυτά τα τεμάχια σε ένα συγκεκριμένο, αλλά χαλαρό δίκτυο, το οποίο αποτελεί τη δική τους

«γνώση.» Η εννοιολογική αλλαγή προκύπτει μόνο όταν τροποποιούνται και σταθεροποιούνται οι διασυνδέσεις μεταξύ αυτών των τεμαχισμένων γνώσεων. Η θεώρηση του diSessa (1988) βρίσκει εφαρμογή, σύμφωνα με τους Reeve και Bell (2009), και στο γνωστικό πεδίο της φυσικής, αφού ενισχύει το γεγονός πως μαθητές, οι οποίοι έρχονται σε επαφή για πρώτη φορά με ένα φυσικό φαινόμενο, το κατανοούν με διαφορετικό τρόπο ο καθένας και χρησιμοποιούν διαφορετικά παραδείγματα της καθημερινότητας, για να στηρίζουν τις ιδέες τους. Το ίδιο ισχύει και με τον τρόπο σκέψης των μαθητών και σε άλλα πεδία. Τα σύνθετα γνωστικά συστήματα στηρίζονται σε συγκεκριμένες δραστηριότητες και περιεχόμενο και δείχνουν πως η κατανόηση, από μέρους των μικρών μαθητών, μπορεί να είναι πολύπλευρη και να συνδέεται με σημαντικές προσωπικές τους ιδέες.

Η οικοδόμηση μιας νέας γνώσης επηρεάζει άμεσα και την καθημερινότητα των ανθρώπων. Οι πολίτες, σήμερα, εκτίθενται σε πολλαπλές, και πολλές φορές αντικρουόμενες, απόψεις για θέματα που άπτονται των φυσικών επιστημών και επηρεάζουν τη ζωή τους, όπως είναι η υγεία. Τα Μέσα Μαζικής Επικοινωνίας σχεδόν καθημερινά αναφέρονται σε ιατρικές ανακαλύψεις σχετικά με τη διατροφή και τον τρόπο ζωής, σε ασθένειες που προκύπτουν οπουδήποτε στον κόσμο και άλλα θέματα που αφορούν την υγεία (Michael, Wenderoth, Modell, Cliff, Horwitz, McHale, Richardson, Silverthorn, Williams, & Whitescarver, 2002). Το πεδίο της υγείας έχει άμεση κοινωνική και οικονομική σημασία σε ένα κράτος, αφού οι προδιαγραφές του - ούτω καλουμένου - τρόπου ζωής οδηγούν σε περιστατικά παχυσαρκίας και διαβήτη τύπου II, τα οποία αυξάνουν κατακόρυφα τα έξοδα για τις αντίστοιχες θεραπείες (Reeve & Bell, 2009· Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2013). Στις ίδιες πληροφορίες εκτίθενται και τα παιδιά, σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό. Οφείλουν, επομένως, οι ερευνητές να κατανοούν τον τρόπο σκέψης των πολιτών και των παιδιών, γύρω από τόσο σημαντικά θέματα, όπως είναι η υγεία τους, αλλά και τις στάσεις που επιλέγουν να τηρούν έναντι αυτών των θεμάτων.

Επιπρόσθετα, το ίδιο το ανθρώπινο σώμα και η φυσιολογία του αποτελεί από μόνο του ένα πολύπλοκο και δύσκολο σύμπλεγμα αλληλεπιδρώντων συστημάτων, που, ακόμα και μετά από προσεκτική μελέτη, είναι δύσκολο να γίνει πλήρως κατανοητή η δομή και η λειτουργία του. Η λήψη μιας απόφασης σχετικά με την προσωπική υγεία του ατόμου απαιτεί την αλληλεπίδραση με ένα άλλο, σύνθετο δίκτυο κοινωνικών φορέων, όπως είναι οι φίλοι και η οικογένεια, οι ασφαλιστικές εταιρίες και άλλοι παροχείς ιατρικών υπηρεσιών και

υποστήριξης. Όλα αυτά καθιστούν το πεδίο της ανθρώπινης υγείας ως ένα καλό υποψήφιο για εφαρμογή της θεωρίας της εννοιολογικής οικολογίας του diSessa (1988). Τα παιδιά φαίνεται ότι κατέχουν ένα ευρύ φάσμα ορισμών για την υγεία, που συμπεριλαμβάνει τις διατροφικές συνήθειες και τη σημασία της αύξησης του βάρους, τον κίνδυνο από την παρουσία μικροβίων και την καθαριότητα, μέχρι και την ανάπτυξη των φυτών. Με βάση τη θεωρία του diSessa (1988), τα παιδιά χειρίζονται την έννοια «υγεία» ως ένα πολυδιάστατο δίκτυο ιδεών, που το αποτελούν πολλαπλά και σχετικά μεταξύ τους, αλλά αρχικά ανεξάρτητα και μη συνδεδεμένα τεμάχια γνώσης (Reeve & Bell, 2009).

Η έννοια, συνεπώς, της υγείας περικλείει τη λειτουργία των συστημάτων και των οργάνων του σώματος, αλλά και μια δεύτερη, πιο υποκειμενική, διάσταση, που καλύπτει την ικανότητα επίτευξης κάποιων στόχων και η οποία εξαρτάται από κοινωνικές και πολιτιστικές νόρμες (Nordenfelt, 2007· Schramme, 2007). Όλα αυτά, μετατρέπουν τη διδασκαλία στο πεδίο των βιολογικών επιστημών και της ανθρώπινης φυσιολογίας, σε ένα σύνθετο και πολυδιάστατο οικοδόμημα εννοιών, γνώσεων, αλλά και δεξιοτήτων, που χρήζει προσεκτικού και λεπτομερούς σχεδιασμού.

Παρ' όλες τις προσπάθειες που καταβάλλουν οι εκπαιδευτικοί των φυσικών επιστημών, να προσφέρουν υψηλής ποιότητας μαθήματα και παρουσιάσεις σε μαθητές, ενσωματώνοντας τεχνολογίες και εργαστηριακές ασκήσεις, μόνο ένα μικρό ποσοστό της διδασκόμενης ύλης οικοδομείται αποτελεσματικά και η απόδοση των μαθητών δεν ταυτίζεται τελικά με τις υψηλές προσδοκίες των εκπαιδευτικών (Carvalho, 2009). Το γεγονός αυτό αντικατοπτρίζει την αναποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών προσεγγίσεων, αφού στόχος τους φαίνεται να είναι μόνο η προετοιμασία των μαθητών για εξετάσεις, ενώ η βαθύτερη κατανόηση των φαινομένων παραμένει στο περιθώριο. Η διδασκαλία επικεντρώνεται στην εκμάθηση γεγονότων, αντί στην κατανόηση εννοιών, και οι εκπαιδευτικοί θεωρούν σωστό να εκθέτουν τους μαθητές σε μια πληθώρα πληροφοριών, ενώ τείνουν να μην εξετάζουν κατά πόσο οι μαθητές τις κατανοούν ή είναι σε θέση να τις χρησιμοποιούν (Carvalho, 2009). Φοιτητές, που παρακολούθησαν μαθήματα βιολογίας, και θεωρούνταν πιο «έμπειροι,» έφεραν ακριβώς τα ίδια αποτελέσματα σε θέματα που αφορούσαν έννοιες της βιολογίας, με φοιτητές που δεν παρακολούθησαν αντίστοιχα μαθήματα, διότι η διδακτική μέθοδος βασιζόταν στην παθητική παροχή πληροφοριών (Richardson, 2000).

Περισσότερο αποτελεσματικά θα μπορούσαν να είναι μαθήματα υπό μορφή εργαστηρίου, που διεξάγονται συμπληρωματικά με τις διαλέξεις, αρκεί να μη γίνονται υπό μορφή συνταγολογίου, όπου οι μαθητές εκτελούν προκαθορισμένη σειρά διαδικασιών. Τα εργαστήρια θα πρέπει να είναι χώροι ενεργητικής και δημιουργικής μάθησης, όπου οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να συζητούν, να διατυπώνουν υποθέσεις και να προβλέπουν αποτελέσματα, ενώ με την ολοκλήρωση των εργαστηριακών εργασιών πρέπει να καθοδηγούνται σε αναστοχασμό, σε σχέση με τις αρχικές τους προβλέψεις και υποθέσεις. Το αποτέλεσμα μιας τέτοιας διεργασίας δεν μπορεί, παρά να είναι η βαθύτερη κατανόηση των εννοιών, των φαινομένων ή της φυσιολογίας και η εξάλειψη τυχόν παρανοήσεων (Modell, Michael, Adamson, Goldberg, Horwitz, Bruce, Hudson, Whitescarver, & Williams, 2000).

Η τεχνολογία μπορεί επίσης να αποδειχθεί ωφέλιμη στη μαθησιακή διαδικασία, υπό κάποιες προϋποθέσεις, σύμφωνα με τη Bayraktar (2001). Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, ή άλλο μέσο τεχνολογίας, σε μια τάξη φυσικών επιστημών, καθίστανται πιο αποτελεσματικοί, όταν χρησιμοποιούνται σε φροντιστηριακά προγράμματα και εφαρμόζονται προσομοιώσεις, ώστε να προάγεται η ενεργός εμπλοκή των μαθητών και η ουσιαστική μάθηση. Θεωρείται επίσης σημαντικό, ο κάθε μαθητής να έχει την ευκαιρία να χρησιμοποιεί και ατομικά έναν υπολογιστή ή άλλο μέσο ΤΠΕ και όχι μόνο ομαδικά. Το σημαντικότερο βέβαια, που η έρευνα έχει δείξει μέχρι σήμερα, είναι ότι η όποια τεχνολογία δεν υποκαθιστά τη διδασκαλία, αλλά την ενισχύει. Έτσι, ένας προσεκτικός συνδυασμός τεχνολογικών μέσων με άλλες διδακτικές στρατηγικές αποτελεί σαφώς μια ιδανική λύση (Bayraktar, 2001· Windschitl, & Andre, 1998).

### **Εισαγωγή Τεχνολογιών (Προσομοιώσεων) στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών**

Η εισαγωγή τεχνολογιών στην εκπαίδευση και τη διδασκαλία ανοίγει ένα νέο πεδίο έρευνας, που αφορά στην ικανότητα των μαθητών να επεξεργάζονται τις οπτικοποιημένες πληροφορίες που εισέρχονται στο γνωστικό τους μηχανισμό. Η εκπαιδευτική έρευνα έχει εστιάσει ιστορικά στη λεκτική μάθηση, ενώ η οπτική μάθηση είχε παραμεριστεί (Ferk, Vrtacnik, Blejec, & Gril, 2003). Καθώς οι οπτικές πληροφορίες πολλαπλασιάζονται στη σύγχρονη κοινωνία, η ικανότητα κατανόησης, αξιολόγησης και παραγωγής εικονικών αναπαραστάσεων έχει αποκτήσει πλέον ιδιαίτερη σημασία, ειδικότερα στην εκπαίδευση. Οι εικονικές

αναπαραστάσεις ελκύουν την προσοχή και διατηρούν το κίνητρο, παρέχουν μια επιπρόσθετη μορφή παρουσίασης πληροφοριών και βοηθούν τους μαθητές που δυσκολεύονται να μαθαίνουν μόνο από ένα γραπτό κείμενο, να μεγιστοποιούν τις γνώσεις τους, αφού ενδυναμώνουν την αποκωδικοποίηση πληροφοριών από ένα κείμενο, βελτιώνουν την επίλυση προβλημάτων και διευκολύνουν την ενσωμάτωση νέων γνώσεων στις ήδη υπάρχουσες (Ferk, κ.ά., 2003· Mayer, Bove, Bryman, Mars, & Tarangco, 1996· Peeck, 1993· Roth, Bowen, & McGinn, 1999).

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, με τη χρήση μοντέλων ή προσομοιώσεων, είναι μια εκπαιδευτική τάση που αναπτύσσεται έντονα τα τελευταία χρόνια. Η χρήση επίσης των κινούμενων εικόνων και προσομοιώσεων ενισχύει το εκπαιδευτικό έργο και τη διαδικασία διδασκαλίας και μάθησης (Lowe, 2003). Οι κινούμενες αναπαραστάσεις είναι ουσιαστικά πολλαπλές εικόνες που παρουσιάζονται η μία μετά την άλλη και επιτρέπουν στο θεατή να αντιληφθεί δυναμικά φυσικά φαινόμενα, όπως εάν αυτά συνέβαιναν στον πραγματικό κόσμο. Οι εικονικές αναπαραστάσεις, σύμφωνα με το Mathewson (1999), θεωρούνται πλέον απαραίτητες στο πεδίο της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών. Αποτελούν ένα μέσο για την οπτικοποίηση φαινομένων που δύσκολα γίνονται αντιληπτά με γυμνό μάτι, είτε διότι συμβαίνουν στον μικρόκοσμο, είτε είναι πολύ μεγάλα, είτε συμβαίνουν σε πολύ αργούς ή σε πολύ γρήγορους ρυθμούς. Παράλληλα, απεικονίζουν αόρατα ή αφηρημένα φαινόμενα που δύσκολα διαπιστώνονται ή παρατηρούνται (Buckley, 2000). Σύμφωνα με τους Ainsworth και VanLebeke (2004), οι κινούμενες αναπαραστάσεις ή προσομοιώσεις είναι αποτελεσματικές σε φαινόμενα, όπου η χρονική διάρκεια είναι κρίσιμο στοιχείο στην εξέλιξη και κατανόηση ενός φαινομένου.

Η χρήση κινούμενων αναπαραστάσεων ή προσομοιώσεων, συνήθως περιλαμβάνει τρεις κύριους τύπους διαφοροποιήσεων από την πραγματικότητα, στη γραφική τους ολότητα: διαφοροποιήσεις σε σχέση με ιδιότητες της οντότητας (π.χ., στο σχήμα, στο χρώμα, το μέγεθος ή την υφή), διαφοροποιήσεις στη θέση μιας οντότητας, σε σχέση με το πλαίσιο της εικόνας που παρουσιάζεται και διαφοροποιήσεις σχετικά με το περιβάλλον της οντότητας, δηλαδή τη μερική ή ολική εμφάνιση ή εξαφάνιση άλλων οντοτήτων, κατά τη διάρκεια της παρουσίασης. Μια τέτοια προσπάθεια ενσωμάτωσης ΤΠΕ κρίνεται ως επιτυχής, εάν οι μαθητές καθοδηγούνται να εντοπίζουν και να επεξεργάζονται αποτελεσματικά πληροφορίες

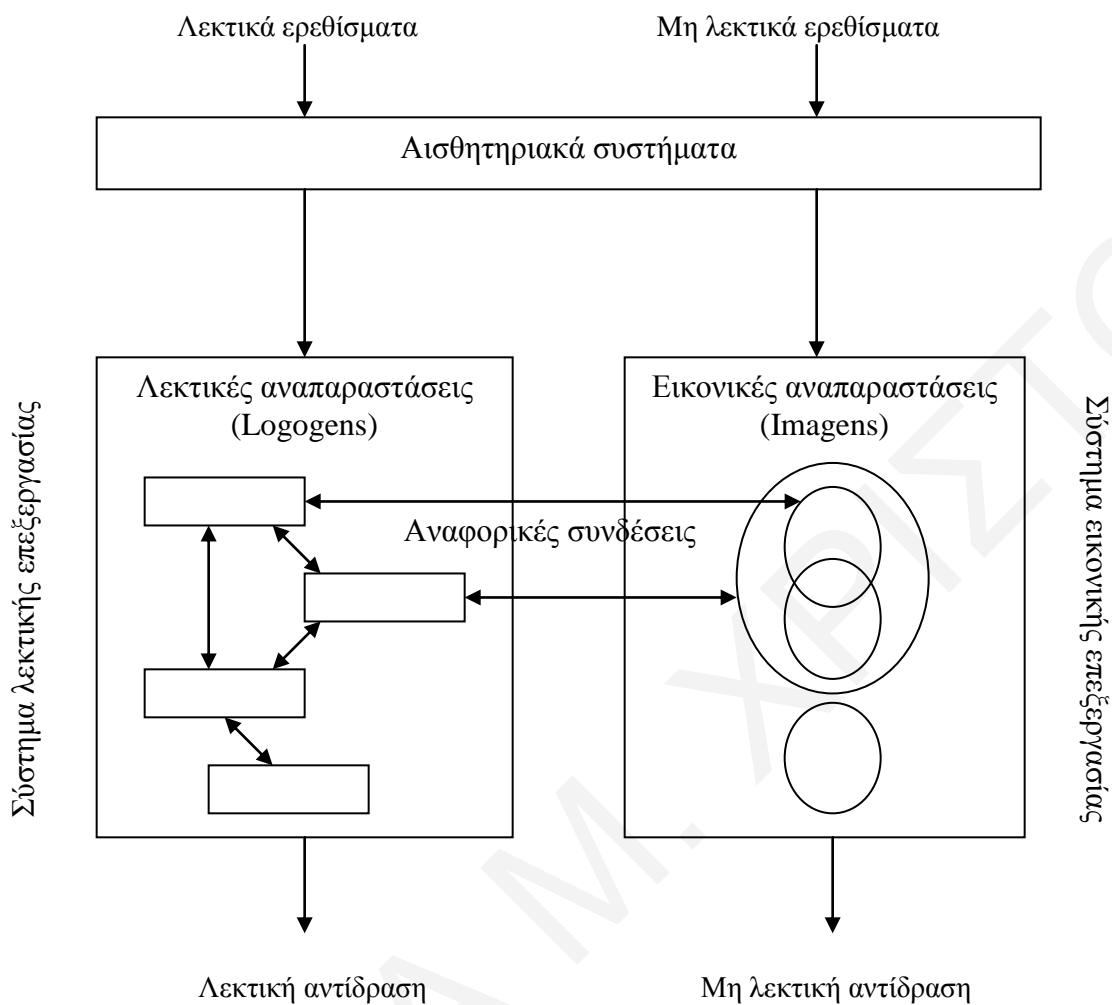
και να τις ενσωματώνουν σωστά στο γνωστικό τους σύστημα, ώστε να δομούν τελικά ολοκληρωμένα νοητικά μοντέλα για ένα φαινόμενο (Lowe, 2003).

Το ενδιαφέρον εστιάζεται συνήθως στον επιτυχή συντονισμό εικονικής και λεκτικής πληροφορίας, ώστε η παρουσίαση των δύο να διευκολύνει και όχι να αποτρέπει την αποτελεσματική τους κατανόηση από τους μαθητές. Το γραφικό μέρος διευκολύνει την κατανόηση του κειμένου, σύμφωνα με τη θεωρία της διπλής κωδικοποίησης του Ραϊνίο (1986), η οποία υποστηρίζει πως στο γνωστικό μηχανισμό ενός ατόμου υπάρχουν λεκτικά και μη λεκτικά συστήματα, που αποτελούν διαφορετικούς τρόπους αναπαράστασης μιας έννοιας. Οι σχέσεις των δύο αυτών συστημάτων φαίνονται στο Σχήμα 1.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1, οι προσλαμβανόμενες πληροφορίες μπορεί να είναι είτε λεκτικής μορφής, είτε μη λεκτικής μορφής. Εφόσον τα αισθητηριακά συστήματα προσλάβουν τις πληροφορίες, αυτές μπορούν να αναπαρασταθούν είτε λεκτικά, είτε μη λεκτικά. Με την ενεργοποίηση του συστήματος λεκτικής επεξεργασίας, δημιουργούνται λεκτικές αναπαραστάσεις (logogens), ενώ με την ενεργοποίηση του συστήματος εικονικής επεξεργασίας, δημιουργούνται νοητικές εικόνες ή εικονικές αναπαραστάσεις (imagens). Τα δύο συστήματα αναπαραστάσεων αλληλοσυνδέονται με τις αναφορικές συνδέσεις. Έτσι, η λεκτική περιγραφή ενός αντικειμένου, μπορεί να αναδείξει τη νοητική εικόνα του αντικειμένου. Μια νοητική εικόνα μπορεί επίσης να αναδείξει μια λεκτική περιγραφή ενός αντικειμένου. (Piaivio, 1986· Clark & Paivio, 1991).

Μια έννοια, που εύκολα παραπέμπει σε μια νοητική εικόνα, τείνει να χαρακτηρίζεται ως συγκεκριμένη, π.χ., η έννοια «τραπέζι,» ενώ εκείνη που δεν μπορεί να δημιουργήσει εύκολα μια νοητική εικόνα, χαρακτηρίζεται ως αφηρημένη, π.χ., η έννοια «σκοπός.»

Η οπτική και λεκτική πληροφορία επεξεργάζονται σε ανεξάρτητα υποσυστήματα της εργαζόμενης μνήμης. Η οπτικο-χωρική μνήμη λαμβάνει το οπτικό ερέθισμα και δημιουργεί ένα οπτικό νοητικό μοντέλο. Η φωνολογική μνήμη λαμβάνει το λεκτικό ερέθισμα και δημιουργεί το λεκτικό νοητικό μοντέλο ή αντιπαραβάλλονται.



Σχήμα 1. Σχηματική Αναπαράσταση της Θεωρίας της Διπλής Κωδικοποίησης του Paivio (Benjafield, 1993)

Τα δύο διαφορετικά είδη μοντέλων, τελικά, χαρτογραφούνται το ένα πάνω στο άλλο. Ενεργοποιώντας, άρα, και τα δύο συστήματα μνήμης σε ένα μαθησιακό περιβάλλον, είναι δυνατή η επεξεργασία περισσότερων πληροφοριών και έτσι η μάθηση εμπλουτίζεται και ενισχύεται (Mayer & Moreno, 2003). Η ολοκλήρωση της επεξεργασίας της πληροφορίας συνήθως ξεκινά με την αποθήκευση μέρους της λεκτικής πληροφορίας στην εργαζόμενη μνήμη, μέχρι να ερευνηθεί και το γραφικό τμήμα, για να εντοπιστεί το αντίστοιχο τεμάχιο πληροφορίας. Εάν το γραφικό δεν ενισχύει το συντονισμό οπτικού και λεκτικού υλικού, η ολοκλήρωση της επεξεργασίας μπορεί να αποβεί δύσκολη για το μαθητή, αφού η προσοχή του διχάζεται μεταξύ των δύο πηγών πληροφόρησης (Patrick Cook, 2006). Σε σχέση με τη μονή κωδικοποίηση, η διπλή κωδικοποίηση διευκολύνει την αποθήκευση και ανάκληση

πληροφοριών (Kalyuga, Chandler, & Sweller, 1999· Mason, Pluchino, Tornatora, & Ariasi, 2013).

Η θεωρία της διπλής κωδικοποίησης του Paivio (1986) παρέχει σημαντική πληροφόρηση για τη μαθησιακή και την εκπαιδευτική διαδικασία, αφού υποστηρίζει ότι, κυρίως οι αφηρημένες έννοιες, δεν πρέπει να παρουσιάζονται στους μαθητές μόνο με μια μορφή. Η παρουσίαση νέων εννοιών με πολλαπλούς τρόπους (π.χ., λεκτικούς και εικονικούς) προσφέρει τη δυνατότητα σε όλους τους γνωστικούς τύπους μαθητών (π.χ., οπτικοί τύποι, ακουστικοί τύποι) να τις προσλαμβάνουν, χωρίς να δημιουργείται πρόβλημα στην κατανόηση. Ταυτόχρονα, η προσέγγιση αυτή βοηθά όλους τους μαθητές, αφού η πληροφόρηση που τους δίνεται είναι πολύ πιο πλούσια από την απλή περιγραφική παρουσίαση μιας έννοιας (Ρήγας, 2007).

Η θεωρία της συνδυασμένης επεξεργασίας πληροφοριών (conjoint processing theory) (Kulhavy, Stock, & Kealy, 1993) υποστηρίζει επίσης ότι η ταυτόχρονη παρουσίαση λεκτικών και εικονικών πληροφοριών στην εργαζόμενη μνήμη διευκολύνει τη δημιουργία συνδέσεων μεταξύ του κειμένου και της εικόνας και έτσι, υποβοηθείται η καλύτερη ανάκληση των πληροφοριών, όταν αυτές αποθηκεύονται στη μακρόχρονη μνήμη. Οι εικονικές αναπαραστάσεις μπορούν να συνεισφέρουν στη μάθηση για δύο λόγους, σύμφωνα με τους Angeli και Valanides (2004). Αρχικά, η αποθήκευση πληροφοριών με διπλή κωδικοποίηση (λεκτική και εικονική) μπορεί να διευκολύνει την ανάκλησή τους, αφού προσφέρει στο άτομο δύο μονοπάτια πρόσβασης στις πληροφορίες, οι οποίες είναι καταχωρημένες στη μακρόχρονη μνήμη, ενώ οι εικονικές αναπαραστάσεις μπορούν να προσεγγιστούν και να επεξεργαστούν ως μία οντότητα (chunk). Αντίθετα, οι λεκτικές αναπαραστάσεις είναι οργανωμένες ιεραρχικά και γίνονται αντικείμενο επεξεργασίας μόνο με συγκεκριμένη ακολουθία.

Λαμβάνοντας υπόψη και τη θεωρία του αποτελέσματος λόγω διάσπασης της προσοχής (Split Attention Effect), η προσοχή σε ένα μόνο τύπο παρουσίασης πληροφοριών μπορεί να οδηγήσει στην απώλεια πληροφοριών, από ένα άλλο, διαφορετικού τύπου, πληροφοριακό στοιχείο (Mayer & Moreno, 1998). Αυτό μπορεί να αποφευχθεί εάν το γραφικό μέρος τοποθετείται σε χρονική και χωρική συνέχεια με το λεκτικό μέρος, ώστε να γίνονται



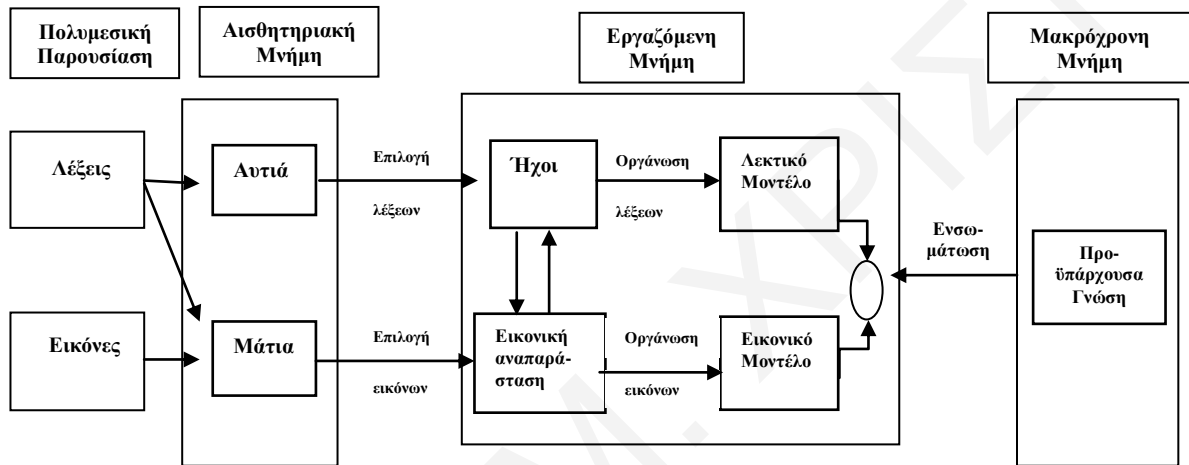
ευκολότερα οι διασυνδέσεις μεταξύ τους (Mason κ.ά., 2013· Wu & Shah, 2004) και να ελαχιστοποιούνται οι αχρείαστες επιδράσεις στις γνωστικές διεργασίες.

Η ευελιξία μετάβασης από το λεκτικό στο εικονικό επίπεδο, και αντίστροφα, είναι μια δεξιότητα που μπορεί να αναπτυχθεί, όχι μόνο διαβάζοντας κείμενα και διαγράμματα, αλλά μεταβαίνοντας από δυναμικά περιβάλλοντα οπτικοποιήσεων (visuals), όπως οι οπτικογραφήσεις, σε γραπτές ή προφορικές περιγραφές, και αντίστροφα. Μοντέλα, υπερμεσικό πληροφοριακό υλικό (hypermedia informational material), τρισδιάστατες οπτικοποιήσεις και προσομοιώσεις μπορούν επίσης να ενεργοποιούν πολλαπλούς τρόπους αναπαράστασης ενός φαινομένου (Mathai & Ramadas, 2009). Ο όρος «εικονικές αναπαραστάσεις» (visuals) χρησιμοποιείται κυρίως για εξωτερικές (φυσικές) αναπαραστάσεις, ενώ ο όρος «νοερές εικόνες» (visualizations) για εσωτερικές (νοητικές) αναπαραστάσεις. Σκοπός των εικονικών αναπαραστάσεων στις φυσικές και βιολογικές επιστήμες είναι να αποκαλύπτουν ένα συγκεκριμένο νόημα, ευδιάκριτο στο καλά εκπαιδευμένο μυαλό, μέσα σε ένα δεδομένο κοινωνικό-πολιτιστικό και ιστορικό πλαίσιο (Mathai & Ramadas, 2009).

Πολλές θεωρίες αναπτύχθηκαν για το ζήτημα της μάθησης από λεκτικές και οπτικές απεικονίσεις και παρείχαν κατευθυντήριες γραμμές για το μαθησιακό σχεδιασμό. Η Γνωστική Θεωρία της Πολυμεσικής Μάθησης (Cognitive Theory of Multimedia Learning) του Mayer (2001, 2005), κρίνεται ως η πληρέστερη στο πεδίο της μάθησης με πολυμέσα (Wouters, Paas, & Van Merriënboer, 2008), αφού αποτελεί προέκταση της θεωρίας διπλής κωδικοποίησης. Θεωρεί το μαθητή υπεύθυνο για τη δόμηση της δικής του γνώσης, αφού ο ίδιος επιλέγει ενεργά, οργανώνει και ενσωματώνει όλες τις σχετικές οπτικές και λεκτικές πληροφορίες που του προσφέρονται. Η θεωρία βασίζεται σε τρεις προϋποθέσεις: το διπλό κανάλι επεξεργασίας πληροφοριών – οπτικό και λεκτικό – σύμφωνα με τη θεωρία διπλής κωδικοποίησης του Paivio (1986), την ενεργό επεξεργασία πληροφοριών για τη δημιουργία συνεκτικών νοητικών αναπαραστάσεων και την αποτελεσματική ενσωμάτωσή τους σε νοητικά δίκτυα (Wittrock, 1989), και την ευκολότερη ανάκλησή τους από τη μνήμη (Wouters, κ.ά., 2008), η οποία γίνεται και στα δύο κανάλια επεξεργασίας παράλληλα, και την περιορισμένη χωρητικότητα της βραχύχρονης ή εργαζόμενης μνήμης, σύμφωνα με τη θεωρία του γνωστικού φορτίου (Chandler & Sweller, 1991). Περιορισμένη χωρητικότητα θεωρείται ότι έχει τόσο η

εργαζόμενη μνήμη στο οπτικό/εικονικό κανάλι επεξεργασίας πληροφοριών, όσο και η εργαζόμενη μνήμη στο λεκτικό/ακουστικό κανάλι.

Η Γνωστική Θεωρία της Πολυμεσικής Μάθησης παρουσιάζεται στο Σχήμα 2. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2, η πρώτη πάνω σειρά αντιπροσωπεύει το ακουστικό/λεκτικό κανάλι, ενώ η δεύτερη κάτω σειρά το οπτικό/εικονικό κανάλι.



Σχήμα 2. Η Γνωστική Θεωρία της Πολυμεσικής Μάθησης (Mayer, 2001)

Η πρώτη στήλη αναπαριστά το περιεχόμενο μιας πολυμεσικής παρουσίασης, την οποία τυπικά αποτελούν εικόνες ή/και λέξεις, και η δεύτερη στήλη την αισθητηριακή μνήμη του μαθητή, δηλαδή την ικανότητα πρόσληψης ερεθισμάτων από τα μάτια και τα αυτιά. Η τρίτη και τέταρτη στήλη αναπαριστούν την επεξεργασία στην εργαζόμενη μνήμη: αρχικά γίνεται η νοητική αναπαράσταση ήχων και εικόνων και αργότερα η νοητική αναπαράσταση λεκτικών και εικονικών μοντέλων. Η πέμπτη στήλη αντιπροσωπεύει την αποθήκευση των προηγούμενων γνώσεων του μαθητή στη μακρόχρονη μνήμη.

Τα ηχητικά ερεθίσματα, όπως φαίνεται στην πρώτη σειρά του Σχήματος 2, οι λέξεις ή άλλοι ήχοι που περιλαμβάνονται σε μια πολυμεσική παρουσίαση, προσλαμβάνονται από τα αυτιά και ανάλογα με το ποια από αυτά ο μαθητής θα θεωρήσει ως σημαντικά, εισέρχονται στην εργαζόμενη μνήμη και δημιουργούν τις λεκτικές αναπαραστάσεις. Στη δεύτερη σειρά, τα οπτικά ερεθίσματα, είτε είναι λέξεις σε έντυπη μορφή, είτε άλλης μορφής οπτικό υλικό, προσλαμβάνεται από τα όργανα της όρασης, τα μάτια, εισέρχονται όσα θεωρηθούν σημαντικά

στην αντίστοιχη εργαζόμενη μνήμη και δημιουργούν την εικονική αναπαράσταση. Τέλος, οι εικονικές και λεκτικές αναπαραστάσεις ενσωματώνεται στις προϋπάρχουσες γνώσεις και αποθηκεύονται, ως συνεκτικό νοητικό μοντέλο, στη μακρόχρονη μνήμη.

Η μακρόχρονη μνήμη θεωρείται ως η κεντρική δομή της ανθρώπινης νόησης. Περιέχει τεράστιες ποσότητες γνώσης που οργανώνονται ιεραρχικά σε σχήματα, τα οποία επιτρέπουν την κατηγοριοποίηση διαφόρων προβληματικών καταστάσεων και τη λήψη απόφασης για την πιο κατάλληλη λύση. Η μακρόχρονη μνήμη, σύμφωνα με την ανθρώπινη γνωστική αρχιτεκτονική, χαρακτηρίζεται από απεριόριστη χωρητικότητα και αλληλεπιδρά με την εργαζόμενη ή βραχύχρονη μνήμη, η οποία, όπως προαναφέρθηκε, διαθέτει περιορισμένη χωρητικότητα και διάρκεια. Η μακρόχρονη μνήμη αποθηκεύει όλες τις προϋπάρχουσες γνώσεις και πληροφορίες που έχουν αποκτηθεί, ενώ η εργαζόμενη μνήμη έχει την ικανότητα να επεξεργάζεται την πληροφορία, είτε πριν αποθηκευτεί στη μακρόχρονη μνήμη ή αφού έχει ήδη αποθηκευτεί. Το εύρος γνώσης που υπάρχει στη μακρόχρονη μνήμη καθορίζει το επίπεδο απόδοσης ενός ατόμου σε ένα δεδομένο πλαίσιο (Paas, van Gog, & Sweller, 2010).

Η ανάκληση των πληροφοριών από τη μακρόχρονη μνήμη, αποτελεί το κεντρικό ενδιαφέρον της θεωρίας του γνωστικού φορτίου (Paas, κ.ά., 2010), αφού η δόμηση και η επακόλουθη αυτοματοποίηση των νοητικών σχημάτων, είναι ο κύριος στόχος της μάθησης (van Merriënboer & Sweller, 2005). Η θεωρία του γνωστικού φορτίου (Cognitive Load Theory) ασχολείται με τη μάθηση σύνθετων γνωστικών αντικειμένων, στα οποία οι μαθητές έχουν να χειριστούν και να εξεργαστούν ταυτόχρονα ένα αριθμό νέων πληροφοριακών στοιχείων, προτού καταλήξουν στην κατανόηση. Η θεωρία επικεντρώνεται στον τρόπο με το οποίο ελέγχεται διδακτικά το πρόσθετο γνωστικό φορτίο, που επιβάλλεται από σύνθετα έργα (Paas, κ.ά., 2010).

Σύμφωνα με τη θεωρία του γνωστικού φορτίου, η νέα γνώση δεν είναι απαραίτητο να επέλθει μέσω εμπειρικής διαδικασίας, αλλά η προέλευσή της μπορεί να είναι κοινωνικής φύσεως, π.χ., από άλλα άτομα, όπως, για παράδειγμα, τους εκπαιδευτικούς. Είναι ιδιαίτερα σημαντικός ο τρόπος με τον οποίο παρουσιάζεται αυτή η γνώση στους μαθητές, καθώς και το είδος των δραστηριοτήτων που επιλέγεται για να παρουσιαστεί, που θα πρέπει να παρέχουν την ευκαιρία ενεργού εμπλοκής των μαθητών, για να μπορούν να επεξεργάζονται τη νέα

πληροφορία. Λόγω του ότι η εργαζόμενη μνήμη ασχολείται πρώτη με τη νέα πληροφορία, η δομή της πληροφορίας πρέπει να τύχει ιδιαίτερης προσοχής (Paas, κ.ά., 2010), δεδομένης της περιορισμένης χωρητικότητας και διάρκειας που χαρακτηρίζει την εργαζόμενη μνήμη (Baddeley, 1992). Όποια νέα πληροφορία εισέρχεται στην εργαζόμενη μνήμη, χωρίς να χρησιμοποιείται, χάνεται σε διάστημα 30 δευτερολέπτων, ενώ η χωρητικότητά της περιορίζεται σε μόνο  $4\pm 1$  στοιχεία (Cowan, 2001).

Οι περιορισμοί αφορούν μόνο τις νεοεισερχόμενες πληροφορίες, που ακόμα δεν έχουν οικοδομηθεί ως γνώση. Κατά την επίλυση ενός προβλήματος με πολλά νέα στοιχεία, για τα οποία δεν είναι διαθέσιμες πλήρεις γνώσεις, η μόνη εναλλακτική λύση για το μαθητή είναι η διαδικασία της τυχαίας δημιουργίας ενός δικτύου, το οποίο να συνδυάζει τα διάφορα στοιχεία. Στην περίπτωση όπου τα στοιχεία είναι πολλά, για να τα διαχειριστεί η εργαζόμενη μνήμη, προκύπτει μια μορφή συνδυαστικής έκρηξης που παρεμποδίζει την επαρκή επεξεργασία (Sweller & Sweller, 2006).

Αντίθετα, οι γνώσεις που έχουν ήδη οργανωθεί και αποθηκευτεί στη μακρόχρονη μνήμη δεν είναι επιρρεπείς σε περιέργες συνδυαστικές εκρήξεις. Σε αυτές καλείται να στηριχθεί η εργαζόμενη μνήμη, σε συνθήκες επίλυσης προβλήματος. Αφού μεγάλα ποσά πληροφοριών ανακαλούνται από τη μακρόχρονη στην εργαζόμενη μνήμη, για απεριόριστο χρονικό διάστημα, η χωρητικότητα και οι χρονικοί περιορισμοί της εργαζόμενης μνήμης δεν σχετίζονται με γνώσεις που έχουν ήδη οικοδομηθεί (Paas, κ.ά., 2010).

Η διδακτική διαδικασία έχει όμως άμεση σχέση με την παρουσίαση νέων πληροφοριών ή γνώσεων στους μαθητές, οπότε ισχύουν και οι περιορισμοί της εργαζόμενης μνήμης. Η θεωρία του γνωστικού φορτίου εστιάζει στα εμπόδια που αντιμετωπίζει το άτομο, όταν έρχεται για πρώτη φορά σε επαφή με ένα θέμα. Δίνει, ως εκ τούτου, έμφαση στην περιορισμένη χωρητικότητα της εργαζόμενης μνήμης και τονίζει πως τα διδακτικά μέσα, που χρησιμοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς, πρέπει να είναι σχεδιασμένα, έτσι ώστε να ελαχιστοποιούν το εξωγενές γνωστικό φορτίο (Purnell, Solman, & Sweller, 1991) για να βελτιστοποιούν και να μην επιβαρύνουν τη χρήση της περιορισμένης σε χωρητικότητα εργαζόμενης μνήμης (DeJong, 2010) και συνεπώς να μην περιλαμβάνουν άσχετες πληροφορίες (Mason, κ.ά., 2013). Ο DeJong (2010) σημειώνει επίσης πως η εργαζόμενη

μνήμη κάθε ατόμου σχετίζεται με τις γνωστικές του δυνατότητες και κατ' επέκταση με την ακαδημαϊκή του επίδοση.

Σύμφωνα με τη θεωρία του γνωστικού φορτίου, το γνωστικό φορτίο διακρίνεται σε τρία είδη:

(α) το εξωγενές φορτίο (extraneous), επιβάλλεται από το διδακτικό υλικό ή προκαλείται από ελλιπείς διδακτικές προσεγγίσεις που δεν προωθούν και δεν προάγουν την ανάκληση προηγούμενων αποθηκευμένων νοητικών σχημάτων, ενώ δεν εξαρτάται από την προηγούμενη εμπειρία του μαθητή. Όταν το διδακτικό υλικό δεν είναι σωστά δομημένο, αυξάνεται το εξωγενές φορτίο, και αφού ο μαθητής δεν έχει άμεση πρόσβαση στα δικά του νοητικά σχήματα, αναγκάζεται να χρησιμοποιεί πολύτιμο χώρο της βραχύχρονης μνήμης στην προσπάθειά του να κατανοήσει τη νέα πληροφορία. Το διδακτικό υλικό καθίσταται πιο αποτελεσματικό, εάν παρουσιάζεται ως συνδυασμός οπτικής και ακουστικής μορφής (Sweller, Van Merriënboer, & Paas, 1998).

(β) το ενδογενές φορτίο (intrinsic), το οποίο προκαλείται από την πολυπλοκότητα του νέου υλικού και των σχημάτων που πρέπει να ανακληθούν. Εξαρτάται από την αλληλεπίδραση και τον αριθμό των στοιχείων που πρέπει να τύχουν ταυτόχρονης επεξεργασίας από το μαθητή (Chandler & Sweller, 1994, 1996). Αν η αλληλεπίδραση αυτών των στοιχείων είναι υψηλή, η εργαζόμενη μνήμη είναι πλήρης και δύσκολα επιτυγχάνεται η μάθηση, ενώ, εάν η αλληλεπίδραση των στοιχείων είναι χαμηλή, η μάθηση είναι πιο εύκολη και η εργαζόμενη μνήμη επεξεργάζεται πιο αποτελεσματικά την πληροφορία.

(γ) το εγγενές φορτίο (germane), το οποίο αφορά κυρίως την προσπάθεια που γίνεται από το μαθητή, μέσω της εργαζόμενης μνήμης να επεξεργαστεί τις νέες πληροφορίες και να τις ενσωματώσει στα νοητικά του σχήματα ή να τα αναδομήσει ανάλογα με τις νέες πληροφορίες (Paas, Tuovinen, Tabbers, & Van Gerven, 2003β· Sweller, κ.ά., 1998· Chandler & Sweller, 1991). Η δόμηση νοητικών σχημάτων περιλαμβάνει σειρά νοητικών διεργασιών, όπως η ερμηνεία, η διευκρίνιση, η ταξινόμηση, η επαγωγική σκέψη, η διαφοροποίηση, η οργάνωση (Mayer, 2005).

Το διδακτικό υλικό, που χρησιμοποιείται για ένα μάθημα (π.χ., κινούμενη ή στατική εικόνα), μπορεί να επηρεάσει την ικανότητα μάθησης και έτσι, εάν περιορίζεται το εξωγενές φορτίο, τότε οι γνωστικές δυνατότητες αξιοποιούνται για την ενεργό εμπλοκή και προσπάθεια που

καταβάλλει ο μαθητής για μάθηση (εγγενές γνωστικό φορτίο), δηλαδή, αυξάνεται και η πιθανότητα για πιο αποτελεσματική μάθηση (Hoffler & Leutner, 2007). Αντίθετα, εάν το μαθησιακό περιβάλλον και ο τρόπος παρουσίασης των πληροφοριών έχουν αυξημένες απαιτήσεις, τότε το εξωγενές γνωστικό φορτίο απαιτεί μεγάλο μέρος της εργαζόμενης μνήμης και περιορίζεται η αξιοποίηση γνωστικών πόρων για μάθηση (εγγενές γνωστικό φορτίο) και η μάθηση επηρεάζεται αρνητικά (DeJong, 2010).

Αυτό συμβαίνει λόγω της αθροιστικής ιδιότητας του ενδογενούς και εξωγενούς γνωστικού φορτίου. Μια αύξηση στο εξωγενές φορτίο μειώνει τα αποθέματα της εργαζόμενης μνήμης, η οποία επρόκειτο να ασχοληθεί με το ενδογενές φορτίο και, ακολούθως, μειώνεται και το εγγενές γνωστικό φορτίο. Μείωση όμως του εξωγενούς φορτίου απελευθερώνει γνωστικούς πόρους, για να επεξεργαστούν το ενδογενές φορτίο, και άρα να αυξηθεί το εγγενές φορτίο (Paas, κ.ά., 2010), γεγονός που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό μιας εκπαιδευτικής διαδικασίας (Paas, κ.ά., 2003α,β). Η απουσία πίεσης χρόνου συμβάλλει επίσης σημαντικά στη μείωση του εξωγενούς γνωστικού φορτίου, σύμφωνα με τους Wouters, κ.ά. (2008).

Όσον αφορά τη διαχείριση του ενδογενούς φορτίου, ειδικότερα όταν το διδακτικό υλικό συμπεριλαμβάνει δυνατότητες ΤΠΕ, αυτή μπορεί να γίνει με την παρουσίαση αρχικά λιγότερων πληροφοριακών μονάδων και των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων, ώστε το γνωστικό έργο να απλοποιείται, ειδικότερα για αρχάριους μαθητές. Η προσθήκη νέων πληροφοριακών στοιχείων και νέων αλληλεπιδράσεων να γίνεται σταδιακά, ώστε να διευκολύνονται οι μαθητές στην οικοδόμηση των νοητικών σχημάτων και την αυτοματοποίησή τους και παράλληλα να τους παρέχεται η απαραίτητη στήριξη και ευκαιρίες για σταδιακή εξάσκηση στη χρήση και αποκωδικοποίηση των ΤΠΕ (π.χ., προσομοιώσεις) (Van Merriënboer, Kester, & Paas, 2006· van Merriënboer & Sweller, 2005).

## Εμπόδια στην Αποτελεσματική Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

### Στάσεις των Εκπαιδευτικών για την Ενσωμάτωση της Τεχνολογίας

Οι στάσεις των εκπαιδευτικών έναντι στην εισαγωγή της τεχνολογίας αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι για την επιτυχία ή όχι μιας τέτοιας προσπάθειας. Οι εκπαιδευτικοί, σύμφωνα με τους Russel, Bebell, O'Dwyer και O'Connor (2003), χρησιμοποιούν την τεχνολογία κυρίως για μη διδακτικούς σκοπούς, όπως για να επικοινωνούν με τους γονείς ή τους συναδέλφους ή για να προετοιμάζουν διδακτικό υλικό. Αυτό φυσικά, προκαλεί μεγάλο προβληματισμό, για τις τεράστιες δαπάνες που γίνονται, ώστε τα σχολεία να είναι τεχνολογικά εξοπλισμένα.

Οι έρευνες έδειξαν ότι οι εκπαιδευτικοί παραδέχονται πως συχνά αντιμετωπίζουν ένα φάσμα εμποδίων στην προσπάθειά τους για ενσωμάτωση των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) στη διδασκαλία τους. Τα εμπόδια έχουν κατηγοριοποιηθεί ως ακολούθως:

- (α) Πρόσβαση: οι εκπαιδευτικοί αισθάνονται πως δεν έχουν επαρκή πρόσβαση στις ΤΠΕ, έστω και αν αυτές είναι φυσικά διαθέσιμες, λόγω διαφόρων προβλημάτων στη λειτουργία τους (Lim & Khine, 2006).
- (β) Όραμα: οι εκπαιδευτικοί με έντονο το όραμα για τη χρήση των ΤΠΕ δύσκολα εγκαταλείπουν την προσπάθεια ενσωμάτωσης, έστω κι αν συναντούν εμπόδια (Park & Ertmer, 2008).
- (γ) Απόψεις: Η προσωπική άποψη του εκπαιδευτικού για τη χρησιμότητα των ΤΠΕ και τις δυσκολίες, που εξυπακούεται ότι προκύπτουν από την ενσωμάτωση των ΤΠΕ στη διδασκαλία, επηρεάζει άμεσα τη χρήση τους (Inan & Lowther, 2010).
- (δ) Χρόνος: οι εκπαιδευτικοί θεωρούν πως, όταν χρησιμοποιούν ΤΠΕ κατά τη διάρκεια ενός μαθήματος, χρειάζεται να αφιερώνουν περισσότερο χρόνο, για να επαναφέρουν τους μαθητές σε τάξη (Lim & Khine, 2006).
- (ε) Επαγγελματική Ανάπτυξη: εάν η επιμόρφωση που προσφέρεται στους εκπαιδευτικούς σε θέματα ΤΠΕ απλά εστιάζει σε τεχνικές γνώσεις και δε γίνεται σε άμεση διασύνδεση με την καθημερινή πρακτική στην τάξη, μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο για την ενσωμάτωση των ΤΠΕ (Wells, 2007).

Οι Jimoyiannis και Komis (2007) κατέταξαν τους εκπαιδευτικούς σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, όσον αφορά στις στάσεις τους για τις ΤΠΕ:

- (α) την ομάδα των δειλών εκπαιδευτικών, οι οποίοι θεωρούν την τεχνολογία ως απειλή και την αμφισβητούν, ενώ απορρίπτουν την ενσωμάτωσή της στα μαθήματά τους και παραμένουν σταθεροί στην παραδοσιακή αξία του διδακτικού εγχειριδίου,
- (β) την ομάδα των αναποφάσιστων εκπαιδευτικών, οι οποίοι αντιλαμβάνονται την αξία που αποκτά το μάθημα με την ενσωμάτωση της τεχνολογίας, αλλά ταυτόχρονα αγωνιούν για την επίδραση που θα έχουν τέτοιες αλλαγές στη μάθηση, και
- (γ) την ομάδα των αισιόδοξων εκπαιδευτικών, οι οποίοι πιστεύουν πως η τεχνολογία μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τη μαθησιακή διαδικασία και είναι πρόθυμοι να τη χρησιμοποιούν και να την αξιοποιούν.

Οι γνώσεις και δεξιότητες των εκπαιδευτικών στα θέματα ΤΠΕ είναι επομένως εξαιρετικής σημασίας για την πρόθεσή τους, την προθυμία και το κίνητρό τους να χρησιμοποιούν την τεχνολογία στην καθημερινή τους πρακτική (Kumar & Kumar, 2003). Είναι απαραίτητη η παροχή συνεχούς επιμόρφωσης στους εκπαιδευτικούς σε θέματα ΤΠΕ, για να ενδυναμωθούν οι θετικές τους στάσεις και να πιστέψουν στην προστιθέμενη αξία τους στη μαθησιακή διαδικασία, αφού οι ίδιοι αναγνωρίζουν τις ραγδαίες αλλαγές που επιφέρει στην εκπαίδευση η τεχνολογία (Jimoyiannis & Komis, 2007). Ο Korcha (2010, 2012) θεωρεί πολύ σημαντική την κατάλληλη κατάρτιση των εκπαιδευτικών και την ενίσχυσή τους, για να αναπτύσσουν τις αναγκαίες θετικές στάσεις, ώστε να υπερβαίνουν τα όποια εμπόδια και φραγμούς, και να κάνουν ένα σημαντικό βήμα προς την αξιοποίηση των ΤΠΕ στη διαδικασία της μάθησης.

### **Στάσεις των Εκπαιδευτικών για τη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών**

Σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες (Appleton & Kindt, 2002· Lovcks-Horsley, 1998· Wenner, 1993), το ενδιαφέρον των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης να διδάσκουν τις φυσικές επιστήμες και οι στάσεις τους απέναντι στο μάθημα αυτό, εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη δική τους προετοιμασία και την εμπιστοσύνη που έχουν στον εαυτό τους, όσον αφορά την επιστήμη. Ο Courran-Everett (1995) τόλμησε να εισαγάγει παιδιά προσχολικής ηλικίας στις βασικές έννοιες της καρδιοαναπνευστικής φυσιολογίας με



θεατρικότητα και χιούμορ, αλλά και με τη χρήση πραγματικών οργάνων από ζώα: καρδιά και πνεύμονες από γουρούνι και την καρδιά και τους πνεύμονες ενός κουνελιού, ώστε να εξασφαλίσει τη θετική ανταπόκριση και την προσοχή των παιδιών! Τα παιδιά φόρεσαν γάντια, ένιωσαν «γιατροί» και επεξεργάστηκαν από κοντά τα όργανα, εξερεύνησαν την εσωτερική δομή της καρδιάς του γουρουνιού, ανακάλυψαν τα αιμοφόρα αγγεία της και τους θαλάμους της, είδαν τη λειτουργία των πνευμόνων και με τη βοήθεια αναλογιών, από πλευράς του διδάσκοντος, κατάλαβαν πώς το οξυγόνο εισάγεται στο σώμα και πώς το αίμα φτάνει σε όλα τα μέρη του σώματος. Η «από πρώτο χέρι» ανακάλυψη στα πρώτα χρόνια του δημοτικού παρέχει το πλαίσιο για την έγκυρη κατανόηση επιστημονικών εννοιών σε μεταγενέστερα στάδια της εκπαίδευσης (Novak & Musonda, 1991).

Άλλοι παράγοντες, όπως η ύπαρξη των απαιτούμενων πόρων και η διαχείριση και οργάνωση της τάξης, καθορίζουν την απόφαση και την επιθυμία των εκπαιδευτικών να διδάξουν το μάθημα των φυσικών επιστημών. Σύμφωνα με το Tsai (2007), οι επιστημολογικές απόψεις των εκπαιδευτικών διαμορφώνουν ουσιαστικά το πλαίσιο των διδακτικών τους πιστεύω, ενώ η διδακτική τους προσέγγιση εξαρτάται άμεσα από αυτές. Οι εκπαιδευτικοί, με επιστημολογικές απόψεις οικοδομιστικού προσανατολισμού, που είχαν δηλαδή ως προτεραιότητα την εις βάθος κατανόηση των νέων εννοιών και ήταν σε θέση να ενασχολούνται και να εκτιμούν τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών τους, εστίαζαν στην εννοιολογική κατανόηση και την εφαρμογή επιστημονικών εννοιών, και αφιέρωναν χρόνο σε διαδραστικές συζητήσεις και δραστηριότητες ενεργού εμπλοκής των μαθητών. Αντίθετα, οι εκπαιδευτικοί με επιστημολογικές απόψεις θετικιστικού προσανατολισμού, που είχαν ως προτεραιότητα την επιτυχία των μαθητών τους σε σταθμισμένα δοκίμια αξιολόγησης, εστίαζαν κυρίως στην επίδοση των μαθητών τους σε εξεταστικά δοκίμια, αφιέρωναν περισσότερο χρόνο σε διαλέξεις, σε επίλυση προβλημάτων και εξεταστικών δοκιμίων, αφήνοντας τους μαθητές σε πιο παθητικό ρόλο όσον αφορά τη μάθηση (Hashweh, 1996 · Tsai, 2007).

Οι εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης είναι, κατά κάποιο τρόπο, δεσμευμένοι και αναγκασμένοι να ανταπεξέλθουν στις υποχρεώσεις τους, διδάσκοντας μεταξύ άλλων και το μάθημα των φυσικών επιστημών, έστω και αν, λόγω ίσως ανεπαρκούς κατάρτισης, διακατέχονται από χαμηλά επίπεδα αυτοπεποίθησης. Για τους λόγους αυτούς, οι

εκπαιδευτικοί ανέπτυξαν, σύμφωνα με τις Harlen και Holroyd (1997), κάποιες στρατηγικές, για να υπερβαίνουν αυτό το εμπόδιο, με αποτέλεσμα:

- (α) να διδάσκουν όσο πιο λίγο γίνεται το αντικείμενο των φυσικών επιστημών. Έστω και αν αναγράφεται στο εβδομαδιαίο πρόγραμμα, οι εκπαιδευτικοί πολύ εύκολα το αντικαθιστούν με κάτι πιο «επείγον»,»
- (β) να αντισταθμίζουν το περιεχόμενο του μαθήματος, διδάσκοντας πιο εύκολα θέματα που αφορούν, π.χ., το περιβάλλον ή θέματα βιολογίας, αντί πιο απαιτητικών θεμάτων, π.χ. φυσικής,
- (γ) να εναποθέτουν τις δυνάμεις τους σε διάφορα άλλα εκπαιδευτικά εργαλεία, κείμενα ή και φύλλα εργασίας, με τα οποία ο μαθητής, ακολουθώντας συνταγογραφημένες διαδικασίες, απολαμβάνει τη δραστηριότητα, ενώ οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί απλά διοικούν την τάξη, χωρίς να επεμβαίνουν ιδιαίτερα στο γνωστικό μέρος του μαθήματος,
- (δ) να επιδίδονται σε δασκαλοκεντρική διδασκαλία στην προσπάθειά τους να αποφύγουν την πιθανότητα υποβολής «δύσκολων» ερωτήσεων από τους μαθητές. Άλλωστε, η ενεργός εμπλοκή των μαθητών πιθανό να διεγείρει τέτοιας μορφής ερωτήματα, που ίσως φέρουν τους εκπαιδευτικούς στη δύσκολη θέση να μην ξέρουν τι να απαντήσουν,
- (ε) να αποφεύγουν τη χρήση των πλείστων εργαστηριακών μέσων και υλικών σε μια πειραματική διάταξη, εκτός αυτών που θα έχουν σίγουρο αποτέλεσμα,
- (στ) να αποζητούν τη βοήθεια συναδέλφων ή εξωτερικών ειδικών, όπου είναι δυνατό.

Συνεπώς, φαίνεται ότι το μάθημα των φυσικών επιστημών δεν τυγχάνει της απαιτούμενης προσοχής και σημασίας από τους εκπαιδευτικούς, εάν αυτοί ανήκουν στην κατηγορία των εκπαιδευτικών με χαμηλή αυτοπεποίθηση.

Το ιδανικό θα ήταν οι εκπαιδευτικοί να προσφέρουν στα παιδιά την ευκαιρία να οικοδομούν την επιστημονική άποψη του επίσημου αναλυτικού προγράμματος. Αυτό όμως δε συμβαίνει πάντοτε, αφού και οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί είναι «φορείς» ποικίλων εναλλακτικών ιδεών, που αφορούν την επιστήμη και τις επιστημονικές έννοιες (Gilbert, Osborne, & Fensham, 1982 · Sanders, 1993). Κατά τη διδασκαλία ενός μαθήματος φυσικών επιστημών είναι πιθανό να προκύπτουν διάφοροι τύποι παρανοήσεων από μέρους των εκπαιδευτικών, αφού, όπως

αναφέρουν οι Harlen και Holroyd (1997), μπορεί να χρησιμοποιούν λανθασμένο τύπο αναλογίας (π.χ., το μάτι λειτουργεί όπως μια κάμερα) ή να υπεραπλουστεύουν ένα σύνθετο φαινόμενο με τη χρήση μιας διαισθητικής αναλογίας (Fyrenius, Silén, & Wirrel, 2007). Επιπλέον, μπορεί να αποδίδουν ιδιότητες σε μέσα ή υλικά που δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα (π.χ., το γυαλί ελκύει τη θερμότητα), να προτείνουν ένα μηχανισμό για τον οποίο δεν υπάρχει απόδειξη (π.χ., υπάρχει μια ενδιάμεση μορφή μεταξύ της υγρής και της αέριας μορφής του νερού) και φυσικά να συνταυτίζουν την καθημερινή γλώσσα με την επιστημονική γλώσσα, απλά και μόνο για να γίνουν πιο κατανοητοί στα παιδιά (Harlen & Holroyd, 1997). Οι διαφορές μεταξύ της επιστημονικής και της καθημερινής γλώσσας είναι πιθανό να καθορίζουν τις εναλλακτικές ιδέες, οι οποίες εμφανίζονται τόσο στους εκπαιδευτικούς, όσο και στα παιδιά (Köse, 2008).

Το εύρος των ιδεών που φέρουν οι εκπαιδευτικοί πλησιάζει, πολλές φορές, στο ένα άκρο τις ιδέες των παιδιών και στο άλλο την επιστημονική άποψη, αλλά συχνά διαφορετική από αυτή. Οι ιδέες των εκπαιδευτικών για ένα φαινόμενο αλληλεπιδρούν με το αναλυτικό πρόγραμμα και το διδακτικό τους προγραμματισμό. Το αποτέλεσμα είναι αυτό που παρουσιάζεται στα ίδια τα παιδιά, αφού οι εναλλακτικές ιδέες των εκπαιδευτικών μεταφέρονται μετασηματισμένες στις επόμενες γενεές (Bahar, 2003· Köse, 2008· Tunnicliffe & Reiss, 1999). Άρα το προϊόν της μάθησης αποτελεί μια δεύτερου επιπέδου αλληλεπίδραση των ιδεών των παιδιών και των ιδεών του εκπαιδευτικού, κάτι το οποίο τις πλείστες φορές απέχει από το επιστημονικά αποδεχτό πλαίσιο.

### **Η Χρήση της Γλώσσας στο Πλαίσιο της Διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών**

Οι εκπαιδευτικοί έχουν ένα αντιφατικό και δύσκολο έργο: από τη μια, να χρησιμοποιούν λεξιλόγιο κατανοητό στα παιδιά και, από την άλλη, να βεβαιώνονται πως αυτή η φυσική γλώσσα δεν περιλαμβάνει τις ιδέες που οι ίδιοι προσπαθούν να αποσταθεροποιήσουν στο πλαίσιο του μαθήματος. Πρέπει να κατανοούν πως οι πιθανές αντιφάσεις στην ερμηνεία τέτοιων λέξεων ή εκφράσεων από τα παιδιά, επιβραδύνουν τη μαθησιακή διαδικασία (Hewson, 1983 · Louisa, Veiga, Costa Pereira & Maskill, 1989). Όταν, για παράδειγμα, χρησιμοποιούν τη φράση «αν κλείσει η πόρτα, η θερμότητα μένει μέσα», η θερμιδική έννοια της θερμότητας ενισχύεται στο εννοιολογικό πλαίσιο των μαθητών (Hewson, 1983). Ο

Λαβουαζιέ, το 18<sup>ο</sup> αι. μ.Χ. είχε εισηγηθεί τη θεωρία του *θερμιδικού*, ενός αβαρούς και άφθαρτου ρευστού που τείνει να καλύπτει όλον τον διαθέσιμο σε αυτόν χώρο, για να ερμηνεύσει τα φαινόμενα της φύσης που σχετίζονται γενικά με τη θερμότητα. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, όσο μεγαλύτερη ποσότητα θερμιδικού περιέχει ένα σώμα, τόσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του. Με βάση αυτή τη θεωρία ερμηνεύτηκαν εκείνη την περίοδο διάφορα θερμικά φαινόμενα, όπως η διαστολή των σωμάτων. Η προσθήκη θερμιδικού σε ένα σώμα προκαλεί τη διαστολή του, λόγω της τάσης επέκτασης του θερμιδικού. Όσον αφορά τη διάδοση της θερμότητας, αυτή ερμηνεύτηκε ως το θερμιδικό που «ξεχειλίζει» από ένα θερμό σώμα, στο οποίο η πυκνότητα αυτού του ρευστού είναι μεγάλη, και «ρέει» προς ένα ψυχρό, όπου η πυκνότητά του ρευστού είναι μικρή (Morris, 1972).

Η σημασία των λέξεων που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο των φυσικών επιστημών, διασυνδέεται αυτόματα από τους μαθητές με όλες τις άλλες περιπτώσεις της καθημερινότητας, που έχουν ξαναχρησιμοποιήσει την ίδια λέξη, για αυτό και οι περισσότερες λέξεις έχουν πολύπλευρα νοήματα. Η λέξη *θερμοκρασία* έχει συγκεκριμένο νόημα εντός του πλαισίου της φυσικής, αλλά διαφέρει σημαντικά από το πώς χρησιμοποιείται στην καθημερινότητα και εκτός του πλαισίου των κανόνων που ορίζει η φυσική (Schultz & Luckmann, 1973). Παρόμοια θέματα εντοπίζονται στην ταύτιση της λέξης «*αναπνοή*,» για τις έννοιες ανάσα (breathing) και εισπνοή/εκπνοή (respiration). Οι δύο λέξεις χρησιμοποιούνται με τον ίδιο τρόπο, για να αποδώσουν τη διαδικασία πρόσληψης οξυγόνου και αποβολής διοξειδίου του άνθρακα. Εντούτοις, τα δύο φαινόμενα είναι πολύ διαφορετικά, αφού η ανάσα (breathing) αφορά ένα φυσικό φαινόμενο, ενώ η εισπνοή/εκπνοή (respiration) ένα χημικό φαινόμενο (Köse, 2008).

Παρόμοιας φύσεως ζητήματα προκύπτουν και από την απλοποιημένη γλώσσα που χρησιμοποιείται σε διάφορα διδακτικά εγχειρίδια και τα οποία οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί τα αναπαράγουν, ώστε να παρουσιάζουν μια σύνθετη ιδέα ή ένα πολύπλοκο νόημα πιο απλά, θεωρώντας πως έτσι προσαρμόζεται στο επίπεδο των μαθητών. Ως εκ τούτου, όροι και δηλώσεις που χρησιμοποιούνται επιδέχονται διάφορες ερμηνείες ή είναι ασαφείς και ωθούν στην ανάπτυξη εννοιολογικών λαθών. Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να εκπαιδευτούν στο να αντιμετωπίζουν κριτικά και επιλεκτικά τα εγχειρίδια και να είναι σε θέση να εντοπίζουν

ανακρίβειες σε αυτά, προτού τα χρησιμοποιήσουν, δεδομένου φυσικά ότι οι ίδιοι κατέχουν την απαραίτητη γνώση περιεχομένου (Yip, 1998).

### **Αλληλεπίδραση Μαθητή – Εκπαιδευτικού: Τα Αποτελέσματα**

Οι Gilbert, Osborne και Fensham (1982) καθόρισαν πέντε διαφορετικούς τύπους μαθησιακού προϊόντος, ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης εκπαιδευτικού και μαθητή:

1. Το «ανενόχλητο» (undisturbed outcome) μαθησιακό προϊόν, κατά το οποίο οι ιδέες των μαθητών εξακολουθούν να παραμένουν ανεπηρέαστες και αναλλοίωτες, ανεξάρτητα από την επίσημη διδασκαλία που δέχθηκαν.
2. Το προϊόν «δύο προοπτικών» (two perspectives outcome), κατά το οποίο οι μαθητές απορρίπτουν ουσιαστικά την ιδέα που τους παρουσιάζει ο εκπαιδευτικός, θεωρώντας την απλά ως κάτι που πρέπει να μάθουν προσωρινά και να τη χρησιμοποιούν μόνο για σκοπούς εξετάσεων.
3. Το «ενισχυμένο» προϊόν (reinforced outcome), κατά το οποίο οι αρχικές ιδέες των παιδιών ενισχύονται από τη διδασκαλία, την οποία χρησιμοποιούν πλέον με λανθασμένο τρόπο, για να στηρίζουν τις ιδέες τους.
4. Το «μικτό» προϊόν (mixed outcome), κατά το οποίο οι ιδέες των παιδιών και οι ιδέες που παρουσιάστηκαν από τον εκπαιδευτικό συνυπάρχουν και άρα δημιουργούνται τα συνθετικά μοντέλα.
5. Το «ενοποιημένο» προϊόν (unified outcome), κατά το οποίο η διδασκαλία βοηθά τα παιδιά να οικοδομούν την επιστημονική άποψη, ώστε να τη συσχετίζουν αποτελεσματικά με το περιβάλλον στο οποίο ζουν και εργάζονται. Είναι ουσιαστικά το μαθησιακό προϊόν, το οποίο όλοι οι εκπαιδευτικοί εύχονται να έχουν οι μαθητές τους.

Με δεδομένο ότι οι εκπαιδευτικοί καθορίζουν σημαντικά το αποτέλεσμα της μαθησιακής διαδικασίας, οφείλουν να είναι προσεκτικοί και ευσυνείδητοι στο έργο τους. Οι εκπαιδευτικοί τείνουν να διδάσκουν, όπως αυτοί διδάχτηκαν όταν ήταν μαθητές (Weld & Funk, 2005) και θα πρέπει ίσως οι ίδιοι να αναστοχάζονται και να αξιολογούν τις δικές τους γνώσεις περιεχομένου, πριν προβούν στη διδασκαλία ενός φαινομένου (Patrick & Tunnicliffe, 2010). Οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί αφιερώνουν ένα μεγάλο μέρος της εκπαίδευσής τους,

παρακολουθώντας άλλους να διδάσκουν, οπότε διαμορφώνουν κάποιες απόψεις για τη διδακτική μεθοδολογία, βασισμένοι στον τρόπο διδασκαλίας τρίτων και προσπαθούν να τις θέτουν σε εφαρμογή, όταν αρχίσει η ενεργός δράση τους στο σχολικό περιβάλλον (Watters & Ginns, 2000).

Οι Appleton και Kindt (2002) υποστήριξαν επίσης πως η διδασκαλία των φυσικών επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση παραμένει σε χαμηλά επίπεδα προτεραιότητας, εδώ και πολλά χρόνια, τόσο στις ΗΠΑ, όσο και σε άλλες χώρες. Σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα και τις προσδοκίες της κοινωνίας από την εκπαίδευση, οι εκπαιδευτικοί οφείλουν να κατέχουν εις βάθος γνώσεις περιεχομένου, ώστε να είναι σε θέση να βοηθούν τους μαθητές να δομούν νοητικούς χάρτες και να συσχετίζουν ορθά τα νοήματα, καθώς και να περιορίζουν τις εναλλακτικές ιδέες. Άλλωστε, αυτό είναι το θεμέλιο της γνώσης παιδαγωγικού περιεχομένου, το οποίο καθιστά ικανό τον εκπαιδευτικό να μετασχηματίζει τη γνώση και να την κάνει προσβάσιμη σε άλλους (Shulman, 1987· Yip, 1998α).

Τα προγράμματα σπουδών σε σχολές επιστημών της αγωγής, σύμφωνα με το Yip (1998α), θα πρέπει να προσφέρουν στους υποψήφιους εκπαιδευτικούς τις απαιτούμενες γνώσεις και δεξιότητες, ώστε να γνωρίζουν για τις εναλλακτικές ιδέες που φέρνουν τα παιδιά στην τάξη, να είναι σε θέση να τις εντοπίζουν πριν και μετά τη διδασκαλία, ώστε να παίρνουν και οι ίδιοι ανατροφοδότηση για το διδακτικό τους έργο, να σχεδιάζουν και να εφαρμόζουν κατάλληλες διδακτικές στρατηγικές που προάγουν την εννοιολογική αναδόμηση - όπως παραδείγματα και συνθήκες γνωστικής σύγκρουσης, αναλογίες, νοητικούς χάρτες, επιδείξεις κ.ά. (Hashweh, 1996). Οι εκπαιδευτικοί πρέπει να είναι σε θέση να ανατρέχουν στην επιστημονική θεωρία, για να αντιμετωπίζουν τις δικές τους εναλλακτικές ιδέες ή δυσκολίες σε θέματα που αφορούν το περιεχόμενο.

### **Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και Αναλογική Σκέψη**

Σύμφωνα με το Lawson (1993), υπάρχουν δύο είδη επιστημονικών εννοιών: οι περιγραφικές έννοιες, όπως οι έννοιες που αναφέρονται στις φάσεις της ύλης και οι οποίες εύκολα εντοπίζονται και παρατηρούνται στο σχολικό και ευρύτερο περιβάλλον, και οι αφηρημένες έννοιες, όπως η έννοια του ατόμου ή του γονιδίου, οι οποίες δεν εντοπίζονται στο μαθησιακό ή ευρύτερο περιβάλλον. Οι αφηρημένες έννοιες αποτελούν «δημιουργήματα» των

επιστημόνων, που μπορεί να υπάρχουν ή να μην υπάρχουν, και ανήκουν σε επεξηγηματικά γνωστικά συστήματα, όπως είναι οι θεωρίες. Εύλογο είναι το ερώτημα κατά πόσο οι μαθητές σε ένα μαθησιακό περιβάλλον μπορούν να βοηθηθούν αποτελεσματικά να κατανοήσουν αυτές τις αφηρημένες έννοιες.

Είναι γνωστό ότι η διασύνδεση των πληροφοριών είναι ζωτικής σημασίας, για την αποθήκευση και ανάκληση τους. Οι αναλογίες στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών είναι αποτελεσματικές, αφού επιτρέπουν στο μαθητή να συνδέσει τη νέα πληροφορία με την προϋπάρχουσα γνώση και να οργανώσει τις πληροφορίες γύρω από ένα δίκτυο συσχετίσεων (Rule & Furletti, 2004). Αναλογία είναι ουσιαστικά η διαδικασία εντοπισμού ομοιοτήτων ή αντιστοιχιών μεταξύ δύο εννοιών. Η γνωστή έννοια καλείται «ανάλογο» (analog) και η νέα, άγνωστη έννοια καλείται «στόχος» (target) (Glynn, 1991· Glynn & Takahashi, 1998). Η χρήση αναλογιών έχει αναγνωριστεί ως ένα σημαντικό γνωστικό εργαλείο, που χρησιμοποιείται τόσο σε επιστημονικές διερευνήσεις, όσο και στη μαθησιακή διαδικασία, ώστε οι μαθητές να κατανοήσουν πολύπλοκα φαινόμενα (Mason, 2004).

Ο Piaget, με τη διεξαγωγή κλινικών συνεντεύξεων σε μικρά παιδιά (Inhelder & Piaget, 1958) διαμόρφωσε τη θεωρία γνωστικής ανάπτυξης, σύμφωνα με την οποία τα παιδιά αναπτύσσονται γνωστικά, περνώντας σταδιακά και διαδοχικά από τέσσερα στάδια νοητικής ανάπτυξης. Ο Piaget είχε επίσης διασυνδέσει την αναλογική σκέψη με την εξελικτική νοητική ανάπτυξη του ατόμου (Goswami, 1996). Το άτομο παρουσιάζει ένα συγκεκριμένο τρόπο σκέψης και συμπεριφοράς σε κάθε στάδιο νοητικής ανάπτυξης, ενώ, όταν περάσει στο επόμενο στάδιο, δεν επιστρέφει πίσω. Όλα τα άτομα περνούν από τα ίδια στάδια σε συγκεκριμένες ηλικίες και κανένα στάδιο δεν μπορεί να παραλειφθεί (Furth, 1997).

Το πρώτο στάδιο είναι το αισθησιοκινητικό (από τη γέννηση μέχρι την ηλικία των 2 ετών), κατά το οποίο το άτομο σκέφτεται εντελώς εγωκεντρικά και αρχίζει να αναγνωρίζει και να αντιλαμβάνεται τη μονιμότητα των αντικειμένων. Το δεύτερο στάδιο είναι το προ-λογικό (από την ηλικία των 2 μέχρι την ηλικία των 7 ετών), κατά το οποίο το άτομο αρχίζει να σκέφτεται με σύμβολα, να αναπτύσσει γλωσσικό κώδικα επικοινωνίας και να ενεργεί περισσότερο με τη διαίσθηση παρά με τη λογική, ενώ η σκέψη του εξακολουθεί να είναι εγωκεντρική. Τα παιδιά δεν είναι σε θέση να προβούν σε συσχετίσεις οποιουδήποτε επιπέδου

λόγω του εγωκεντρισμού, ενώ εάν κάποια παιδιά εντοπίσουν συσχετίσεις δε σχηματίζουν αναλογίες, άρα η ανάπτυξη της αναλογικής σκέψης δεν έχει ακόμη ξεκινήσει. Το τρίτο στάδιο είναι το στάδιο της συγκεκριμένης λογικής σκέψης (από την ηλικία των 7 μέχρι την ηλικία των 11 ετών), κατά το οποίο το άτομο, για να επιλύσει ένα πρόβλημα, βασίζεται πλέον σε πραγματικά και συγκεκριμένα πράγματα, αρχίζει να εγκαταλείπεται ο εγωκεντρισμός και συνειδητοποιεί ότι, εκτός από τη δική του θεώρηση των πραγμάτων, υπάρχει και η άποψη των άλλων, ενώ αναπτύσσει και την αντιστρεψιμότητα της σκέψης. Στο στάδιο αυτό, το άτομο μπορεί ακόμη να λύσει προβλήματα που αφορούν τη διατήρηση ποσοτήτων ή την ταξινόμηση εννοιών. Τα παιδιά μπορούν κάποτε να σχηματίσουν ανωτέρου επιπέδου συσχετίσεις με τη διαδικασία της «δοκιμής και πλάνης,» αλλά δεν μπορούν να αποκλείσουν λανθασμένα αντιπαράδειγματα και δεν έχουν συνέπεια στις απαντήσεις τους. Όταν το άτομο εισέρχεται στο τέταρτο στάδιο, της τυπικής λογικής σκέψης (11 ετών και άνω), μπορεί να σκέφτεται λογικά και αφηρημένα, αναπτύσσει την επιστημονική σκέψη και μπορεί να αξιολογήσει τον τρόπο σκέψης του, άρα να ασκήσει και μεταγνωστική ικανότητα. Μόνο με την ολοκλήρωση του σταδίου αυτού, τα παιδιά παρουσιάζουν πλήρως ανεπτυγμένη την αναλογική ικανότητα, αφού μπορούν πλέον να εντοπίζουν και να χρησιμοποιούν και να φαντάζονται ανώτερου επιπέδου συσχετίσεις χωρίς δυσκολία. Αντιλαμβάνονται επίσης ότι οι αναλογίες μπορούν να εκφραστούν και με μαθηματικές σχέσεις (Inhelder & Piaget, 1958· Goswami, 1998).

Η ανάπτυξη της αναλογικής σκέψης, σύμφωνα με τον Piaget, αναπτύσσεται αποκλειστικά στο στάδιο της τυπικής λογικής σκέψης, αφού θεωρήθηκε ως μια ικανότητα, που δεν μπορεί να υπάρχει σε κατώτερα στάδια. Για να μπορέσει ένα παιδί να αναπτύξει την αναλογική σκέψη, πρέπει πρώτα να ολοκληρώσει τα προηγούμενα στάδια και να εισέλθει στο στάδιο της συγκεκριμένης λογικής σκέψης, όπου θα εκτεθεί επανειλημμένα σε αφηρημένα ερεθίσματα, που θα προάγουν την καλλιέργεια της αναλογικής σκέψης (Goswami, 1998).

Η θέση αυτή όμως αμφισβητήθηκε από νεότερους ερευνητές (Goswami & Brown, 1989), οι οποίοι, έδειξαν μέσα από δικές τους πειραματικές δοκιμές, ότι και παιδιά ηλικίας τριών χρονών μπορούσαν να χρησιμοποιούν την αναλογική σκέψη, για να λύνουν ένα πρόβλημα, αν το πρόβλημα περιείχε οικεία προς τα παιδιά δεδομένα. Συνεπώς, στα έργα του Piaget, όπως αναφέρουν οι Richland, Morrison και Holyoak (2006) ή στις αφηρημένες συσχετίσεις που χρησιμοποίησαν αργότερα οι Sternberg και Nigro (1980), μικρότερα παιδιά υστερούσαν στη



χρήση της αναλογικής σκέψης, λόγω του ότι δε γνώριζαν τις σχέσεις μεταξύ των εννοιών (το περιεχόμενο στο οποίο παρουσιάστηκαν οι έννοιες ήταν δύσκολο) και όχι επειδή δεν ήταν ικανά να εφαρμόζουν αναλογική σκέψη. Η διχογνωμία αυτή εξακολουθεί να υπάρχει μέχρι και τώρα, αφού τα ερευνητικά δεδομένα δε συγκλίνουν.

Στα πλαίσια της μαθησιακής διαδικασίας, διαμορφώνονται αναλογίες μεταξύ δύο εννοιών, όταν οι δομικές σχέσεις που είναι παρούσες στις έννοιες είναι εύκολο να συσχετιστούν (Clement & Gentner, 1991· Goswami, 1996). Οι δομικές σχέσεις μεταξύ των στοιχείων είναι απαραίτητο να είναι οι ίδιες και στους δύο τομείς, ανεξαρτήτως αν τα στοιχεία των δύο εννοιών είναι πολύ διαφορετικά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αναλογία που παρουσιάζει ο Hewitt (1987) για τη διδασκαλία της ροής του ηλεκτρικού ρεύματος, η οποία συσχετίζει τη ροή του νερού μέσα σε ένα σωλήνα, με τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα καλώδιο. Τα επιμέρους στοιχεία, ο σωλήνας και το καλώδιο, είναι εντελώς διαφορετικά, αλλά οι δομικές σχέσεις των δύο εννοιών είναι κοινές και εξυπηρετούν την κατανόηση της ροής του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα στα καλώδια.

Η χρήση ανάλογων συνδέσεων στην τάξη αποτελεί κίνητρο για μάθηση, αφού οι συνδέσεις γίνονται με γνωστές έννοιες, που είναι οικείες ακόμη και για αδύνατους μαθητές, ενώ από την άλλη είναι απόλυτα συνδεδεμένες με τη μνήμη και μπορούν εύκολα να καταχωρηθούν στη μακρόχρονη μνήμη και να ανακληθούν για την επεξεργασία συγγενικών εννοιών (Ρήγας, 2007). Για παράδειγμα, στην περίπτωση με την αναλογία που προτείνει ο Hewitt (1987), οι μαθητές μελλοντικά θα είναι σε θέση να ανακαλούν τις απαραίτητες πληροφορίες για τη λειτουργία του ηλεκτρικού κυκλώματος και να μπορούν να κάνουν υποθέσεις ή να εξάγουν ένα συμπέρασμα για το τι αναμένεται να γίνει αν, π.χ., η αντίσταση σε ένα κύκλωμα αυξηθεί. Όταν οι μαθητές έχουν να αντιμετωπίσουν πολύπλοκα και αφηρημένα συστήματα εννοιών, είναι χρήσιμη η χρήση αναλογιών, διότι μπορούν να προσφέρουν στους μαθητές όχι μόνο μία, αλλά πολλές διαφορετικές επεξηγήσεις για τη δομή και τη λειτουργία τους (Paris & Glynn, 2004).

Η αποτελεσματικότητα των αναλογιών εξαρτάται άμεσα από την καταλληλότητά τους, και συνεπώς πρέπει οι αναλογίες που χρησιμοποιούνται σε ένα μαθησιακό περιβάλλον να είναι προσεκτικά επιλεγμένες. Οι Glynn και Takahashi (1998) τόνισαν ότι πολλές από τις αναλογίες

που παρουσιάζονται στα βιβλία των Φυσικών Επιστημών είναι αναποτελεσματικές, οδηγώντας τους μαθητές σε σύγχυση παρά σε εννοιολογική κατανόηση.

Με βάση τη θεωρία της Gentner (1983), οι English και Halford (1995) καθόρισαν τρία κριτήρια για την αξιοποίηση αναλογιών κατά τη διδασκαλία νέων εννοιών στα μαθηματικά, τα οποία θεωρήθηκαν από την Iding (1997) ως απαραίτητα και για την αξιοποίηση αναλογιών για τη διδασκαλία εννοιών στις φυσικές επιστήμες. Αυτά είναι τα ακόλουθα:

- (α) Το ανάλογο (η ήδη γνωστή έννοια) πρέπει να είναι απόλυτα κατανοητή, ώστε να μη δημιουργηθούν νέες παρανοήσεις ή ελλειπείς αναπαραστάσεις στο μυαλό των μαθητών για τη νέα έννοια (στόχο).
- (β) Κατά τη χαρτογράφηση και αντιστοίχιση των εννοιών, ο μαθητής θα πρέπει να εντοπίζει με ευκολία τα στοιχεία που μπορούν να χαρτογραφηθούν από το ανάλογο, στη νέα έννοια (στόχο) και να απουσιάζουν τυχόν διαφορούμενες καταστάσεις. Αν η αναλογία αναπαρασταθεί διαγραμματικά, ο μαθητής διευκολύνεται να εντοπίσει τις απαραίτητες συνδέσεις.
- (γ) Οι σχέσεις, που αντιστοιχούνται από το ανάλογο στη νέα έννοια (στόχο), πρέπει να σχηματίζουν μια συνεκτική γνωστική δομή, δηλαδή μια ανωτέρου επιπέδου δομή. Μόνο οι σχέσεις που αντιστοιχούν σε αυτή την ανωτέρου επιπέδου δομή πρέπει να χαρτογραφούνται.

Η διδασκαλία με τη χρήση αναλογιών, σύμφωνα με τους Spiro, Feltovich, Coulson και Anderson (1989), γίνεται πιο αποδοτική, όταν οι μαθητές έρθουν σε επαφή με περισσότερες από μία αναλογίες για τη νέα έννοια. Με αυτό τον τρόπο, αποφεύγονται προβλήματα που αναφέρονται στην καταλληλότητα μιας και μόνο αναλογίας, ενώ ταυτόχρονα δίνονται περισσότερα εφόδια στους μαθητές να αντιμετωπίζουν μια νέα και ίσως δύσκολη προβληματική κατάσταση. Από την άλλη, μειώνονται οι πιθανότητες δημιουργίας παρανοήσεων, αφού οι μαθητές μπορούν να αντιπαραβάλουν τις πληροφορίες μιας αναλογίας, με εκείνες των άλλων αναλογιών που προτείνονται (Ρήγας, 2007).

Έχει επίσης διαπιστωθεί ότι οι εκπαιδευτικοί τείνουν να χρησιμοποιούν αυθόρμητες αναλογίες, οι οποίες συχνά πηγάζουν από προσωπικές εμπειρίες τους ή από δική τους μελέτη του θέματος (Thiele & Treagust, 1994). Στις περιπτώσεις αυτές, οι εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι

οι μαθητές γνωρίζουν την έννοια, αντιλαμβάνονται την αναλογία και εντοπίζουν τις σχέσεις και τις αντιστοιχίες. Αυτό όμως δε συμβαίνει πάντοτε (Rule & Furletti, 2004). Σύμφωνα με τους Treagust και Harrison (1993), ένας ικανός εκπαιδευτικός μπορεί να ενσωματώνει αυτή τη διδακτική προσέγγιση στη μαθησιακή διαδικασία, δημιουργώντας ο ίδιος αναλογίες με βάση τα κριτήρια που περιγράφονται πιο πάνω, προσφέροντας εναλλακτικούς τρόπους κατανόησης των επιστημονικών εννοιών.

Όπως κάθε μέθοδος διδασκαλίας έχει τους περιορισμούς της, το ίδιο συμβαίνει και με τη χρήση των αναλογιών, αφού η σωστή επιλογή των αναλογιών δεν επιβεβαιώνει τον προσανατολισμό των υποκειμένων στην επιθυμητή επιστημονική κατανόηση (Ρήγας, 2007). Υπάρχουν αναποτελεσματικές αναλογίες που αποτυγχάνουν να οδηγήσουν τους μαθητές στην καλύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών, ενώ δεν ενισχύουν ούτε την ικανότητα των μαθητών να ανακαλούν πληροφορίες από ένα κείμενο. Αν μια αναλογία δεν επιτυγχάνει το στόχο της, αυτό σημαίνει ότι δεν ακολουθήθηκαν οι κατάλληλες προδιαγραφές κατά τη δημιουργία της και προκαλούν περαιτέρω σύγχυση στους μαθητές (Thiele & Treagust, 1994).

Επιπρόσθετα, κάποια χαρακτηριστικά στο ανάλογο που δεν σχετίζονται με το στόχο, μπορεί να προκαλέσουν παρανοήσεις, εάν γίνουν λανθασμένες συσχετίσεις. Συνεπώς, η χρήση αναλογιών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών δεν επιτυγχάνει πάντα το προσδοκώμενο αποτέλεσμα, ειδικά όταν οι μαθητές υπερβούν τα όρια του αναλόγου και προβούν σε άσχετες με τη διδασκόμενη έννοια-στόχο αντιστοιχίες. Η προσπάθεια εντοπισμού σχέσεων που δεν υπάρχουν, μεταξύ αναλόγου και στόχου, κατά τη διαδικασία χαρτογράφησης, μπορεί να οδηγήσει σε παρανοήσεις. Κανένα ανάλογο δεν είναι πλήρως συμβατό με το στόχο. Για παράδειγμα, στην αναλογία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα, που ρέει στα καλώδια, αντιστοιχείται με το νερό που ρέει σε υδροσωλήνες, κάποιοι μαθητές θα θεωρήσουν ότι το ηλεκτρικό ρεύμα θα διαρρέει από ένα ανοικτό ρευματοδότη που δεν έχει πάνω ρευματολήπτη, όπως το νερό διαρρέει από μια ανοικτή βρύση. Παρόλο που οι αναλογίες μπορεί να είναι πιο αποτελεσματικές σε μαθητές που ακόμα βρίσκονται στο συγκεκριμένο στάδιο σκέψης, εάν αυτοί έχουν μειωμένο εύρος οπτικής φαντασίας, περιορίζεται και η αναλογική σκέψη. Κάποιοι μαθητές θα θυμούνται μόνο την αναλογία και όχι τη νέα έννοια, ενώ άλλοι θα εστιάζουν σε συγκεκριμένες πτυχές της και θα εξάγουν δικά τους αυθαίρετα συμπεράσματα για την έννοια-στόχο (Treagust, Harrison, & Venville, 1998).

Η απουσία μιας οπτικής αναπαράστασης της αναλογίας μπορεί να είναι ένας ακόμη λόγος για την αναποτελεσματικότητα ενός κειμένου με αναλογίες (Paris & Glynn, 2004). Στα αρχικά στάδια της διδασκαλίας μιας έννοιας, οι μαθητές έχουν ανάγκη τη βοήθεια τόσο του δασκάλου, όσο και των μέσων που χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία. Όταν ο μαθητής καθοδηγηθεί σωστά μπορεί να προχωρήσει μαθησιακά και να κατακτήσει έννοιες που προηγουμένως θεωρούσε πολύ δύσκολες. Μπορεί δηλαδή να προχωρήσει στην επόμενη ζώνη εγγύτερης ανάπτυξής του (Benjafield, 1993), κάτι που δε θα μπορούσε να το κάνει από μόνος του.

Η αποτελεσματική μάθηση δύσκολων εννοιών μπορεί ακόμη να ενισχυθεί και με τις διπλές αναλογίες (λεκτικές και εικονικές), σύμφωνα με τους Glynn και Takahashi (1998), αφού αυτές ενεργοποιούν τόσο τις λεκτικές, όσο και τις εικονικές, νοητικές διεργασίες ενός ατόμου. Με την ενεργοποίησή τους, οι δύο αυτές νοητικές διεργασίες υποστηρίζουν η μια την άλλη και έτσι προσφέρεται στο μαθητή ένα πλούσιο περιεχόμενο για μάθηση, άποψη που ενισχύεται και από τη θεωρία της διπλής κωδικοποίησης του Paivio (1986). Οι Glynn και Takahashi (1998) χρησιμοποίησαν μια διπλή αναλογία, κειμένου και εικόνας, η οποία αντιστοιχούσε τα κύρια χαρακτηριστικά ενός εργοστασίου με εκείνα μιας νέας έννοιας, του ζωικού κυττάρου, σε παιδιά γυμνασίου και φάνηκε ότι είχαν καλύτερα αποτελέσματα στην κατανόηση της λειτουργίας των οργανιδίων του κυττάρου, ενώ, μετά από την πάροδο δύο εβδομάδων, ήταν σε θέση να συγκρατήσουν όσα έμαθαν για το κύτταρο, σε σύγκριση με παιδιά της ίδιας ηλικίας, που εργάστηκαν όμως με κείμενα χωρίς αναλογίες.

Πρέπει επίσης να γίνει κατανοητό ότι μια επιφανειακή αναγνώριση συσχετίσεων βοηθά απλά στην ανάκληση γνώσεων και όχι στη βαθύτερη κατανόηση (Zook, 1991). Μια πραγματικά επαγωγική αναλογία διαθέτει και επιφανειακές, αλλά και υψηλότερου επιπέδου αιτιώδεις συσχετίσεις (Gentner, 1983). Η συστηματική χαρτογράφηση των πραγματικά επαγωγικών αντιστοιχιών προωθεί τη βαθύτερη κατανόηση, αποτελεί όμως δύσκολο εγχείρημα για τους μη κατάλληλα εκπαιδευμένους μαθητές. Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να εφαρμόζουν συστηματική διδασκαλία με αναλογίες, ώστε οι μαθητές να μπορούν εύκολα να αναγνωρίζουν τη συσχετιστική και επεξηγηματική δυναμική μιας αναλογίας (Treagust, κ.ά., 1998).

Οι έρευνες στο πεδίο της χρήσης των αναλογιών στην εκπαίδευση υποστηρίζουν τη σημαντικότητά τους στην αποτελεσματικότητα της μάθησης. Όταν μια επιστημονική έννοια παρουσιαστεί με κατάλληλες αναλογίες, δηλαδή αναλογίες που ανταποκρίνονται στο νοητικό επίπεδο των μαθητών, τότε μπορεί πολύ εύκολα να γίνει κατανοητή, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να εξαλείψει τις οποιεσδήποτε παρανοήσεις που μπορεί να είχαν οι μαθητές. Οι αναλογίες ενισχύουν τους μαθητές να καταχωρούν πιο εύκολα τις έννοιες αυτές στη μακρόχρονη μνήμη τους (κάνουν συνδέσεις με τις προσωπικές τους εμπειρίες), ενώ ταυτόχρονα μπορούν να τους οδηγούν σε συμπερασματικό συλλογισμό, ο οποίος είναι πολύτιμος για την καλλιέργεια της κριτικής σκέψης τους (Ρήγας, 2007).

### **Οι Ιδέες των Παιδιών στο Πεδίο των Φυσικών Επιστημών και η Διδακτική Προσέγγιση**

Από τη δεκαετία του 1980, αριθμός ερευνών επιβεβαίωσε πως οι προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών μπορούν να ενεργούν ως σοβαρό εμπόδιο στη μάθηση, όταν αυτές έρχονται σε αντίθεση με την επιστημονική θεώρηση των φαινομένων, όπως διδάσκονται στην τάξη (Chi, Slotta, & deLeeuw, 1994· Michael, 1998). Τέτοιες ιδέες, αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως παρανοήσεις (Fisher, 1985· Huddle, White & Rogers, 2000), προϋπάρχουσες ιδέες, ατελείς ιδέες, λανθασμένα νοητικά μοντέλα (Driver, Guensne, & Tiberghien, 1985), παιδική επιστήμη (Gilbert κ. ά., 1982) ή εναλλακτικές ιδέες (Arnaudin & Mintzes, 1985). Ορίζονται ως οι ασαφείς, ατελείς ή λανθασμένες κατανοήσεις ενός φαινομένου, οι οποίες εντοπίζονται ευρέως στους μαθητές, δύσκολα μπορούν να διορθωθούν μέσα από τη διδασκαλία και έχουν μεγάλες διαφορές με την επιστημονική γνώση (Wandersee, Mintzes, & Novak, 1994). Στην παρούσα εργασία, θα χρησιμοποιηθεί ο όρος «εναλλακτικές ιδέες,» για την αναφορά στις αντιλήψεις των παιδιών που διαφέρουν από τις επιστημονικά αποδεκτές, αφού δεν πρόκειται απλά για λανθασμένες ιδέες, από τη στιγμή που αυτές έχουν νόημα και συνοχή για τα παιδιά και τις χρησιμοποιούν, για να ερμηνεύουν φαινόμενα, τα οποία παρατηρούν στην καθημερινότητά τους (Driver, 1989· Driver, κ.ά., 1985).

Τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες αριθμός ερευνητών ασχολήθηκε με την ανάγκη να λαμβάνονται υπόψη οι πρωταρχικές αντιλήψεις των παιδιών στη διαδικασία σχεδιασμού και εφαρμογής διδακτικών προσεγγίσεων, αφού προκύπτει ότι είναι καθοριστικός παράγοντας για τη διαδικασία της μάθησης (Driver, κ.ά., 1985· Vosniadou, 1994· Johnson & Lawson, 1998·

Valanides, 2000α, 2000β· Reeve & Bell, 2009). Τόσο εκπαιδευτικοί, όσο και συγγραφείς αναλυτικών προγραμμάτων, πρέπει να λαμβάνουν πρώτιστα υπόψη τις αντιλήψεις των παιδιών για διάφορα φαινόμενα, κατά τη διαδικασία τόσο της ανάπτυξης αναλυτικών προγραμμάτων, όσο και της προετοιμασίας ενός ημερήσιου μαθήματος, ώστε να οδηγούν σε σταδιακή προσαρμογή στην αποδεκτή επιστημονική γνώση, με αλληπάλλληλες προσπάθειες εννοιολογικής αναδόμησης, που αποτελεί μια μακροχρόνια διαδικασία, πολύ σύνθετη και όχι ένα στιγμιαίο γεγονός. Δύσκολα μπορεί κανείς να αξιολογήσει σε σύντομο χρονικό διάστημα το πόσο αποτελεσματική είναι η διδασκαλία όσον αφορά στην εννοιολογική αλλαγή, σύμφωνα με τις Driver, Guesne και Tiberghien (1985), αφού οι μαθητές δεν υιοθετούν νέες ιδέες, ούτε αλλάζουν ριζικά τις ιδέες τους στη διαθέσιμη χρονική περίοδο ενός προσχεδιασμένου μαθήματος ή μιας σειράς μαθημάτων.

Τα παιδιά έρχονται στο σχολείο με προϋπάρχουσες γνώσεις ή ιδέες για ένα φυσικό φαινόμενο. Πολλές από τις μελέτες, που ασχολήθηκαν με τη διερεύνηση των ιδεών των παιδιών για την επιστήμη, χρησιμοποίησαν τη συνέντευξη ως εργαλείο συλλογής δεδομένων. Τα παιδιά κατά τη διάρκεια της συνέντευξης εκφράζουν τις απόψεις, τις ιδέες ή τα επιχειρήματά τους, βάσει συγκεκριμένων έργων που τους ανατίθενται από τους ερευνητές, που σκοπό έχουν να τους παρακινούν να εξωτερικεύουν τις ιδέες που έχουν για τον κόσμο και τα φαινόμενα που συμβαίνουν γύρω τους (Gilbert, Osborne, & Fensham, 1982). Μέσα από αυτή τη διαδικασία, αποκαλύφθηκαν αντιλήψεις που εξέπληξαν ακόμα και τους ειδήμονες των φυσικών επιστημών. Αντιλήψεις που αφορούν μεταξύ άλλων τον κόσμο των ζωντανών οργανισμών (Carey, 1985· Braund, 1991), τον αέρα (Brook & Driver, 1989), την κίνηση της γης στο διάστημα (Vosniadou, 1991· Vosniadou & Brewer, 1992), τις δυνάμεις (Kuiper, 1994), την εναλλαγή ημέρας και νύχτας (Diakidou, Vosniadou & Hawks, 1997· Valanides, 2000β), τη φύση του φωτός (Guesne, 1984), τη σχέση μεταξύ θερμότητας και θερμοκρασίας, τις φάσεις της ύλης, τις χημικές αντιδράσεις (Driver, κ. ά, 1985· Tanner & Allen, 2005· Valanides, 2000α, 2000γ· Valanides, Nicolaidou, & Eilks, 2003).

Οι ιδέες των παιδιών, ανεξαρτήτως ηλικίας, εθνικότητας ή κοινωνικοοικονομικού υπόβαθρου, έχουν κοινά χαρακτηριστικά: είναι πολύ σταθερές, έχουν νόημα και συνοχή για τα παιδιά, αφού προέρχονται κυρίως μέσα από τις προσωπικές τους εμπειρίες και παρατηρήσεις, και επηρεάζονται άμεσα από την κουλτούρα τους και τη γλώσσα που χρησιμοποιούν, ενώ

συνήθως παραμένουν αναλλοίωτες ή μεταβάλλονται με απροσδόκητους τρόπους μετά από μια συμβατική, μη στοχευμένη διδασκαλία (Black & Harlen, 1993· Chi, κ.ά., 1994· Driver, κ.ά., 1985· Fisher, 1985· Wandersee, κ. ά., 1994). Ελάχιστος είναι όμως ο χρόνος που αφιερώνεται από τους εκπαιδευτικούς, για να εντοπίζουν τι ήδη γνωρίζουν οι μαθητές τους, τι δε γνωρίζουν, σε ποιο βαθμό είναι μπερδεμένοι και πώς αυτές οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις τους ταυτίζονται ή όχι με τις νέες γνώσεις που πρόκειται να διδαχτούν (Tanner & Allen, 2005). Μια διδακτική παρέμβαση που σκοπό έχει την κατανόηση, τη λειτουργική και όχι τη δηλωτική γνώση, προϋποθέτει ότι ο εκπαιδευτικός θα λαμβάνει υπόψη του τις ιδέες που φέρουν μαζί τους τα παιδιά και θα στηρίζει την προσπάθειά τους για οικοδόμηση των αποδεχτών νοητικών σχημάτων.

Για να είναι εφικτή μια στοχευμένη διδακτική προσέγγιση, πρέπει να είναι επαρκώς καταρτισμένοι οι εκπαιδευτικοί, όχι μόνο σε θέματα διδακτικής μεθοδολογίας, αλλά και σε θέματα περιεχομένου. Η γνώση παιδαγωγικού περιεχομένου, όπως την όρισε ο Shulman (1986), αναφέρεται στη γνώση που οι εκπαιδευτικοί πρέπει να κατέχουν, ώστε να είναι σε θέση να παρουσιάζουν ένα θέμα με κατανοητό τρόπο στους μαθητές, αλλά και να αναγνωρίζουν τις εναλλακτικές ιδέες που οι μαθητές φέρνουν μαζί τους και να είναι σε θέση με διάφορες διδακτικές στρατηγικές να τις αντιμετωπίζουν. Οι τυχόν εναλλακτικές ιδέες που διακατέχουν τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς για ένα θέμα δε συμπεριλαμβάνονται σε αυτό (Patrick & Tunnicliffe, 2010· Richardson, 2000). Εάν ο εκπαιδευτικός δεν κατέχει επακριβώς το θέμα που πρόκειται να διδάξει, η όποια διδακτική μέθοδος δεν μπορεί να εγγυηθεί αποτελεσματικότητα (Ma, 1999).

Ο Novak (1991) υπήρξε από τους πρώτους που υποστήριξαν πως τα παιδιά πρέπει να δομούν νέα νοήματα, βάσει των γνώσεων που ήδη κατέχουν. Η έρευνα στη μάθηση των φυσικών επιστημών έδειξε πως, για να μάθει ο μαθητής, πρέπει ενεργά να οικοδομεί τη νέα γνώση, βάσει της προϋπάρχουσας. Αυτή η άποψη ορίστηκε ως θεωρία της οικοδόμησης της γνώσης (Novak & Marrs, 2004). Η θεωρία του οικοδομισμού, όπως αρχικά αναπτύχθηκε από τον Piaget, και υποστηρίχθηκε μετέπειτα από άλλους ερευνητές, τονίζει πως οι νέες έννοιες δεν μπορούν να γίνουν κατανοητές, εφόσον υπάρχουν εναλλακτικές ιδέες και μοντέλα στο μυαλό του μαθητή. Υποστηρίζει επίσης πως οι νέες έννοιες κατανοούνται καλύτερα, εφόσον οι εκπαιδευτικοί εντοπίζουν και ασχολούνται με τις προϋπάρχουσες γνώσεις και εναλλακτικές

ιδέες των μαθητών (Marrs & Novak, 2004). Η θεωρία της εννοιολογικής αλλαγής υποστηρίζει ότι μια αντίληψη ή ιδέα για το πώς συμβαίνει κάτι στον κόσμο, τροποποιείται ή ανοικοδομείται, συνήθως όχι ως εναλλακτική ιδέα ή παρανόηση, αλλά προσαρμόζεται (accommodate) με την αντίληψη που κυριαρχεί στο αντίστοιχο επιστημονικό πεδίο (Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982· Tanner & Allen, 2005). Οι εκπαιδευτικοί, επομένως, δε θα πρέπει να αγνοούν τις προϋπάρχουσες γνώσεις των παιδιών και τις εναλλακτικές τους ιδέες, δεδομένης της πιθανότητας αυτές, να αποτελούν ένα τεράστιο γνωστικό εμπόδιο στην όλη μαθησιακή διαδικασία.

Οι συνθήκες που πρέπει να πληρούνται, ώστε να επιτυγχάνεται αποτελεσματικά η εννοιολογική αλλαγή περιγράφονται ως ακολούθως:

(α) ο μαθητής πρέπει να αισθανθεί έντονα ότι δεν τον ικανοποιεί η υπάρχουσα ιδέα του και ότι πρέπει να έρθει αντιμέτωπος με μια διαταραχή στη γνωστική του ισορροπία. Δηλαδή οι προϋπάρχουσες ιδέες του, να αντικρούονται από τις νέες ιδέες. Αν δε συμβεί αυτό, τότε απλά θα αφομοιώνει τις αντικρουόμενες πληροφορίες σε ένα ευρύτερο φάσμα παρανοήσεων, αντί να προχωρεί σε εννοιολογική αλλαγή (Anderson & Smith, 1987· Perkins & Simmons, 1988)

(β) η νέα έννοια πρέπει να είναι κατανοητή. Αν δεν είναι κατανοητή, ο μαθητής δεν έχει άλλη επιλογή από το να εσωτερικεύσει την έννοια απομνημονεύοντάς την, χωρίς να σχηματίζει συνδέσεις και χωρίς να την ενσωματώνει σε ένα υπάρχον νοητικό σχήμα.

(γ) η νέα έννοια πρέπει να είναι λογική και να συγκλίνει με το αποδεκτό επίπεδο γνώσης. Οι μαθητές τείνουν όμως να θεωρούν τους εκπαιδευτικούς ή τους συγγραφείς ενός εγχειριδίου ως αυθεντίες, ότι είναι πάντα σωστοί και αλάνθαστοι, με αποτέλεσμα οι έννοιες που αυτοί υιοθετούν, να θεωρούνται εξ αρχής ως οι πιο σωστές. Για να ξεφύγουν από το στενό αυτό πλαίσιο, οι μαθητές θα πρέπει να εμπλακούν ενεργά σε ποικιλία δραστηριοτήτων, οπότε, σύμφωνα με τις Tanner και Allen (2005), οι «λάθος απαντήσεις» των μαθητών μπορεί να αποτελέσουν το καλύτερο εργαλείο για το σχεδιασμό διδακτικών εμπειριών, που θα οδηγήσουν στις «σωστές απαντήσεις», ή τουλάχιστον σε αυτές που θα πλησιάζουν τις επιστημονικά αποδεκτές (Alkhaldeh, 2007).



(δ) η νέα έννοια πρέπει να είναι χρήσιμη και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επίλυση προβλημάτων ή για την πρόβλεψη ενός φαινομένου, πιο αποτελεσματικά από αυτή που πρόκειται να αντικαταστήσει (Hewson & Hewson, 1983· Hewson & Thorley, 1989· Posner κ.ά., 1982).

Οι διδακτικές προσεγγίσεις οικοδομιστικού χαρακτήρα συνδέουν το μαθητή με τις προϋπάρχουσες του αντιλήψεις και τον προκαλούν να εμπλακεί σε διαδικασίες διερεύνησης και αναζήτησης αποδείξεων, για να στηρίξει ή να απορρίψει τις ιδέες του, χρησιμοποιώντας πολλαπλές πηγές, σχεδιάζοντας και διεξάγοντας πειράματα και εφαρμόζοντας δεξιότητες και διδαχθείσες έννοιες σε νέες καταστάσεις. Ο εκπαιδευτικός, γνωρίζοντας εκ των προτέρων το πεδίο των εναλλακτικών ιδεών, σχεδιάζει το μάθημα έτσι ώστε να παρέχει ποικιλία δραστηριοτήτων για παρουσίαση του αποτελέσματος, π.χ., διαλογική συζήτηση, γραπτή αναφορά ή κατασκευή αφίσας (Smith, Blakessie, & Anderson, 1993).

Σύμφωνα πάντα με τη θεωρία του οικοδομισμού, η εννοιολογική κατανόηση βελτιώνεται, μόνο όταν ο μαθητής είναι ενεργά αναμεμιγμένος στη μαθησιακή διαδικασία. Συνήθως, όταν γίνεται προσπάθεια εισαγωγής πιο ενεργητικών διδακτικών προσεγγίσεων στην τάξη, τόσο οι μαθητές, όσο και οι εκπαιδευτικοί, τείνουν να αντιστέκονται σε αυτή, αφού είναι συνηθισμένοι σε πιο παραδοσιακές, παθητικές μεθόδους (Carvalho, 2009). Ένα τέτοιο φαινόμενο δεν είναι πρωτοφανές, αφού η εισαγωγή μιας καινοτομίας ή ενός νέου μέσου σε ένα σύστημα, όπως είναι το εκπαιδευτικό σύστημα, επιφέρει, σύμφωνα με τη θεωρία της δραστηριότητας (Engeström, 2000), σοβαρές διαφοροποιήσεις και αναταράξεις στην εσωτερική δομή του συστήματος. Ως επακόλουθο αυτής της διαταραχής, προκύπτει μια αλυσίδα αντιδράσεων από όλα τα εμπλεκόμενα στη δραστηριότητα μέρη, που, σε τελικό στάδιο, θα οδηγήσει το σύστημα σε μια επιτυχημένη μετακίνηση προς την καινοτομία ή θα προβάλλει εμπόδια και αντιστάσεις στην όλη προσπάθεια.

### **Εναλλακτικές Ιδέες στο Πεδίο της Βιολογίας**

Ο Rowland (2007) υποστήριξε πως το αναλυτικό πρόγραμμα, στο γνωστικό αντικείμενο της βιολογίας, θα πρέπει να προκαλεί το ενδιαφέρον των μαθητών, να τους βοηθά να κατανοούν πρώτα τον εαυτό τους και το πώς εργάζεται το σώμα τους και να τους καθοδηγεί στο να

λαμβάνουν ηθικά σωστές αποφάσεις ζωής. Οι βασικές γνώσεις για τη δομή και τη λειτουργία του ανθρώπινου σώματος κρίνονται απαραίτητες για την καθημερινή ζωή και υγεία του ατόμου. Είναι εξίσου σημαντικές όμως και για τους εκπαιδευτικούς, οι οποίοι θα πρέπει να τις διδάσκουν σωστά και οι οποίοι έχουν την ευθύνη της ευημερίας και της ασφάλειας των μαθητών τους, τόσο στο παρόν, όσο και στη μελλοντική τους ζωή (Bajd & Krnel, 2010).

Όλα τα παιδιά ξεκινούν τη σχολική τους ζωή με πρώιμες αντιλήψεις στο πεδίο της βιολογίας, οι οποίες οικοδομούνται διαισθητικά από τον κόσμο και τους ανθρώπους που τους περιβάλλουν (Hatano & Inagaki, 1987· Inagaki & Hatano, 2002· Tunnicliffe & Reiss, 1999, 2000). Αυτό παρέχει στους εκπαιδευτικούς το κίνητρο, για να βοηθούν τους μαθητές να μαθαίνουν περισσότερο για ένα θέμα του οποίου και οι ίδιοι αποτελούν μέρος του. Η διδασκαλία της βιολογίας θα πρέπει μακροπρόθεσμα να στηρίζει την καθημερινή ζωή και τις ανθρώπινες δραστηριότητες που βασίζονται σε αυτή (π.χ., η ιατροδικαστική ή η εξέταση DNA), ώστε οι μαθητές να αποκτούν τις απαιτούμενες γνώσεις, για να γίνουν τελικά ενημερωμένοι και σωστοί πολίτες (Tunnicliffe & Ueckert, 2007).

Το πεδίο της βιολογίας φαίνεται να ελκύει ιδιαίτερα το ενδιαφέρον των κοριτσιών, σύμφωνα με έρευνες των Stark και Gray (1999), οι οποίοι διαπίστωσαν πως το ενδιαφέρον για θέματα βιολογικών επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση είναι μεγαλύτερο στα κορίτσια, από ότι στα αγόρια. Προκύπτει επίσης ότι τα αγόρια, σε σχέση με τα κορίτσια, επιλέγουν σε μεγαλύτερο βαθμό θέματα φυσικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.. Κάτι αντίστοιχο είχε διαπιστώσει ο Whitelegg (1996), αφού σε ηλικίες 12 ετών, τα αγόρια έτειναν να επιλέγουν θέματα φυσικών επιστημών, κυρίως φυσικής, ενώ τα κορίτσια προτιμούσαν θέματα άσχετα με τις φυσικές επιστήμες, ενώ, εάν τελικά τις προτιμούσαν, επέλεγαν τη βιολογία. Η υπάρχουσα, όμως, ερευνητική δραστηριότητα δε διαφωτίζει ιδιαίτερα τις διαφορές των παιδιών στις επιδόσεις τους σε θέματα βιολογίας, ανάλογα με το φύλο.

Παρόλο που πολλές έρευνες έφεραν στο φως πλειάδα εναλλακτικών ιδεών των παιδιών σε σχέση με φυσικά φαινόμενα, εντούτοις πολύ λίγα έχουν γίνει στον τομέα της βιολογίας. Σύμφωνα με τις Tanner και Allen (2005), μελέτες έγιναν για θέματα που σχετίζονται με την έννοια της ζωής, τα ζώα και τα φυτά, το ανθρώπινο σώμα και τη συνέχεια της ζωής – αναπαραγωγή, γενετική και εξέλιξη. Οι έρευνες με μικρούς σε ηλικία μαθητές

επικεντρώθηκαν σε θέματα, όπως τα ζώα και τα φυτά, ενώ τα τελευταία χρόνια οι ερευνητές άρχισαν να εστιάζουν την προσοχή τους στις εναλλακτικές ιδέες μεγαλύτερων μαθητών ή ακόμη και φοιτητών, σε θέματα που απαιτούν υψηλότερα γνωστικά επίπεδα, όπως η βιοχημεία, η κυτταρική αναπνοή, η φωτοσύνθεση, η κυτταρική διαίρεση κ.ά. Οι εναλλακτικές ιδέες που έχουν ήδη εντοπιστεί σε διάφορα θέματα, όπως, για παράδειγμα, η φωτοσύνθεση, δεν έχουν τύχει ακόμη της απαιτούμενης επεξεργασίας, ώστε να κατανοηθεί πλήρως η φύση και η προέλευσή τους, για να είναι εφικτή μια διδακτική παρέμβαση που θα βοηθά στην αναδόμηση των νοητικών σχημάτων (Tanner & Allen, 2005).

Η έρευνα έδειξε ότι τα μικρά παιδιά, πριν την ηλικία των 5 ετών, δε φαίνεται να κατέχουν πολλές ειδικές γνώσεις βιολογίας (Carey, 1985· Solomon & Johnson, 2000). Μπορούν όμως να δικαιολογούν τον κόσμο των ζωντανών οργανισμών ανθρωποκεντρικά, μεταφέροντας τις γνώσεις τους για τις συμπεριφορές του ανθρώπου και σε άλλα ζωντανά. Με την πάροδο του χρόνου, τα παιδιά μαθαίνουν για τις βιολογικές λειτουργίες, τόσο σε επίσημο (π.χ., σχολείο), όσο και ανεπίσημο επίπεδο (π.χ. φίλοι, οικογένεια), και αρχίζουν να οργανώνουν τις γνώσεις τους για τους ζωντανούς οργανισμούς σε ένα ειδικό, συνεκτικό βιολογικό δίκτυο, και όχι πλέον γύρω από την ανθρώπινη συμπεριφορά (Carey, 1985 · Solomon & Johnson, 2000).

Οι λειτουργίες του ανθρώπινου σώματος απασχολούν σε μεγάλο βαθμό τα παιδιά από μικρή ηλικία, λόγω και των άμεσων εμπειριών που βιώνουν: το αίσθημα της πείνας και του κορεσμού και άλλων πεπτικών, κυρίως, διαταραχών. Πιθανότατα τα παιδιά να έχουν σχηματίσει τις δικές τους αυθόρμητες ερμηνείες ή ιδέες για τη λειτουργία του πεπτικού συστήματος, αλλά και του υπόλοιπου σώματος (Ramadas & Nair, 1996). Με αναφορά στο πεπτικό σύστημα, ο Nagy (1953) διέκρινε πως μαθητές ηλικίας από 4 μέχρι και 12 ετών, διατηρούσαν μια στατική αντίληψη για το σώμα, αφού ένα μόνο όργανο αντιστοιχούσαν για κάθε σύστημα, με συγκεκριμένο μάλιστα ρόλο (π.χ., το στομάχι είναι για το φαγητό), με αποτέλεσμα η διαδικασία της πέψης, ως χημικός μετασχηματισμός της τροφής, να μην γίνεται κατανοητή, γεγονός που επιβεβαιώθηκε αργότερα από το Gellert (1962). Μαθητές ηλικίας 11 ετών είχαν την αμυδρή εντύπωση ότι το φαγητό που τρώνε μετασχηματίζεται με κάποιο τρόπο, αλλά δεν κατανοούσαν πώς αυτό επηρεάζει τη λειτουργία του σώματος (Contento, 1981). Οι πρωταρχικές θεωρίες της ανθρώπινης ανατομίας και φυσιολογίας φάνηκε πως εξελίσσονται ραγδαία κατά τα σχολικά χρόνια, σύμφωνα με τον Mintzes (1984). Οι

αντιλήψεις των παιδιών για το σώμα προκύπτουν από μια διαισθητική ψυχολογία, η οποία εξελίσσεται μέχρι την ηλικία των 10. Οι Wellman και Gelman (1992), διενεργώντας βιβλιογραφική επισκόπηση σε πρώιμες βιολογικές θεωρίες, κατέληξαν στο συμπέρασμα πως, παρόλο που τα παιδιά μπορεί να μην έχουν πολύ καλά ανεπτυγμένες βιολογικές θεωρίες, αναπτύσσουν και αιτιώδεις πεποιθήσεις για βιολογικά φαινόμενα. Ο τρόπος σκέψης των παιδιών αναπτύσσεται, σύμφωνα με τον Bloom (1990), βάσει των εμπειριών, των πιστεύω, των συναισθημάτων και των αξιών τους.

Οι Hatano και Inagaki (1997) κατέληξαν στο συμπέρασμα πως οι έννοιες της βιολογίας οικοδομούνται σταδιακά, μέσω των καθημερινών εμπειριών των πρώτων χρόνων, και υπέδειξαν πως το κοινωνικό-πολιτισμικό πλαίσιο στο οποίο τα παιδιά μεγαλώνουν κατέχει σημαντικό ρόλο στην απόκτηση και τη διαμόρφωση ενός ανώτερου συστήματος βιολογικών γνώσεων (Teixeira, 2000). Αναφερόμενοι στον ισχυρισμό της Carey (1985) ότι τα παιδιά δεν έχουν κάποια βιολογική γνώση και άρα θα πρέπει η βιολογία να αντιμετωπίζεται ως ένα εντελώς άγνωστο θέμα στη διαδικασία διδασκαλίας-μάθησης, οι Hatano and Inagaki (1997) υποστήριξαν πως τα παιδιά προσχολικής ηλικίας έχουν ήδη αποκτήσει μια αυτόνομη βιολογική γνώση και έκριναν ως απαραίτητη την έναρξη της διδασκαλίας βιολογικών θεμάτων από το νηπιαγωγείο!

Για το σχεδιασμό ενός αποτελεσματικού μαθήματος στο πεδίο της βιολογίας είναι επίσης απαραίτητο να γίνει αντιληπτό, πως ο κάθε μαθητής έχει την προσωπική του θεώρηση για το εσωτερικό του ανθρώπινου σώματος, έστω και αν οι μαθητές εκφράζονται με τον ίδιο ή παρόμοιο τρόπο. Ακόμα και αν οι μαθητές απεικονίζουν με παρόμοιο τρόπο ένα σύστημα, δε σημαίνει ότι κατανοούν και με τον ίδιο τρόπο τη λειτουργία του. Οι εκπαιδευτικοί οφείλουν να διερευνούν τις «θεωρίες» των παιδιών, πέραν των λεκτικών όρων που χρησιμοποιούν τα ίδια για να εκφραστούν. Τα σχεδιαγράμματα και η περιγραφή τους αποδεικνύεται χρήσιμη τεχνική για την ανάδειξη αυτών των «θεωριών» (Teixeira, 2000).

Στο πεδίο της βιολογίας, οι έννοιες της δομής και της λειτουργίας ενός συστήματος συσχετίζονται με πολύπλοκο και όχι πάντα εμφανή τρόπο. Σε σχολικό επίπεδο, ενώ η δομή του πεπτικού συστήματος, για παράδειγμα, γίνεται κατανοητή στο ευρύ και μακροσκοπικό επίπεδο, συγκεκριμένες πτυχές της λειτουργίας του, που περιλαμβάνουν τις χημικές

διεργασίες και τις αντιδράσεις σε μοριακό επίπεδο, δεν είναι πάντοτε προσβάσιμες και κατανοητές στους μαθητές. Για να αξιολογηθεί και να χαρακτηριστεί η γνώση των μαθητών για ένα ανθρώπινο σύστημα, θα πρέπει διερευνηθεί η γνώση για ολόκληρο το φάσμα των λειτουργιών, από το μακροσκοπικό επίπεδο μέχρι και το μικροσκοπικό επίπεδο, ακόμα και των χημικών διεργασιών, ανάλογα πάντοτε με το ηλικιακό επίπεδο των μαθητών. Η κατανόηση των συστημάτων του ανθρώπινου σώματος απαιτεί το συσχετισμό μεταξύ της ανατομίας και της φυσιολογίας, της δομής και της λειτουργίας. Η γλώσσα μπορεί με την ορολογία της να μεταφέρει τις δομικές έννοιες της βιολογίας, αλλά οι λεπτομέρειες στην ανατομία χρειάζεται συνήθως να οπτικοποιηθούν και να μεταφερθούν μέσω εικόνων. Η λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού, από την άλλη, εκφράζεται καλύτερα κυρίως μέσα από κείμενα και κάποτε μέσα από διαγράμματα, κινούμενες εικόνες (animations) ή προσομοιώσεις. Τα απεικονιστικά λειτουργικά διαγράμματα μπορεί να συνδυάζουν καλύτερα τις δομικές και τις λειτουργικές πληροφορίες (Mathai & Ramadas, 2009).

### **Ο Ρόλος των Διαγραμμάτων στο Πεδίο των Φυσικών Επιστημών ως Μέσου Επικοινωνίας και Συλλογής Δεδομένων**

Υπάρχουν πολλοί τρόποι συλλογής πληροφοριών σχετικά με τις ιδέες των μαθητών για επιστημονικά φαινόμενα. Οι περισσότεροι ερευνητές στηρίχτηκαν στην ικανότητα των παιδιών να εκφράζονται προφορικά (π.χ., μέσω συνέντευξης) ή γραπτά, ή ακόμα να κατασκευάζουν νοητικούς χάρτες (Tunnicliffe & Reiss, 1999). Οι μέθοδοι φαινομενολογικής προσέγγισης παρουσιάζουν στους μαθητές γεγονότα ή συστήματα και τους ζητούν να κάνουν προβλέψεις ή να επεξηγούν πώς συμβαίνουν τα φαινόμενα. Αναπόφευκτα, οι μαθητές θα χρησιμοποιούν τη γλώσσα που ήδη χρησιμοποιήθηκε για να εκφραστούν. Οι μέθοδοι εννοιολογικής προσέγγισης παρουσιάζουν στους μαθητές λέξεις, αντί γεγονότα και ακολούθως τους ζητούν να κάνουν συγκεκριμένες εργασίες με αυτές, αλλά εμπερικλείουν τον κίνδυνο οι μαθητές να μην είναι σε θέση να θυμούνται ένα συγκεκριμένο όρο ή έννοια (Driver & Erickson, 1983).

Μια από τις ερευνητικές μεθόδους που χρησιμοποιήθηκε ευρέως, για να διαπιστωθούν οι πεποιθήσεις και οι γνώσεις των παιδιών για το ανθρώπινο σώμα, είναι η συμπλήρωση, η κατασκευή και η ερμηνεία σχεδιαγραμμάτων (Ramadas & Nair, 1996· Reiss & Tunnicliffe,

2001· Reiss, Tunnicliffe, Andersen, Bartoszeck, Carvalho, Chen, Jarman, Jónsson, Manokore, Marchenko, Mulemwa, Novikova, Otuka, Teppa, & Rooy, 2002· Prokop & Fancovicová, 2006). Πρώτος ο Γαληνός, το 120-200 μ.Χ., είχε χρησιμοποιήσει εκτενώς τα διαγράμματα κατά τη μελέτη της ανθρώπινης ανατομίας και φυσιολογίας. Σύγχρονοι του Ινδοί μελετητές κατέληξαν σε αντίστοιχα διαγράμματα βασισμένοι κυρίως στην προφορική τοπική παράδοση (Sharma, 1992). Ο Vesalius στην Ιταλία, το 1543, κυκλοφόρησε τη μνημειώδη δουλειά με τίτλο «Η υφή (fabric) του Ανθρώπινου Σώματος» και η οποία για αιώνες θεωρήθηκε ως η καλύτερη εικονογραφημένη απεικόνιση του ανθρώπινου σώματος (Ronan, 1983).

Τα σχεδιαγράμματα θεωρούνται ως ένα απλό ερευνητικό εργαλείο που διευκολύνει τις συγκρίσεις, ακόμη και σε διεθνές επίπεδο (Bahar, Ozel, Prokop, & Usak, 2008). Πολλά παιδιά δεν αρέσκονται να απαντούν σε ερωτήσεις, ενώ τα σχεδιαγράμματα μπορούν να συμπληρωθούν γρήγορα, εύκολα και πιο ευχάριστα. Παρέχουν το «παράθυρο» προς τις σκέψεις και τα συναισθήματά τους, αφού αντικατοπτρίζουν την εικόνα που έχουν στο μυαλό τους (Pridmore & Bendelow, 1995). Είναι επίσης μια πιο εύκολη, εναλλακτική, μορφή έκφρασης για τα παιδιά που δυσκολεύονται στο λόγο (Rennie & Jarvis, 1995). Κάποιες έννοιες που σχετίζονται, π.χ., με το περιβάλλον ή με την ανθρώπινη φιγούρα, μπορούν πιο εύκολα να αποδοθούν μέσω σχεδιαγράμματος, αντί με γραπτή περιγραφή (Dove, Everett, & Preece, 1999). Τα σχεδιαγράμματα παρέχουν επίσης πολύτιμη πληροφόρηση για τη διαδικασία διδασκαλίας-μάθησης, για τον καθορισμό των εναλλακτικών ιδεών και παράλληλα αποτελούν μια πιο δημιουργική μορφή έκφρασης, που δύσκολα επιτυγχάνεται με άλλα μέσα αξιολόγησης (Köse, 2008).

Ωστόσο, η χρήση σχεδιαγραμμάτων, όπως παρατηρεί ο Strommen (1995), δεν εξασφαλίζει το εύρος πληροφοριών που παρέχει η συνέντευξη, ενώ, παράλληλα, το τελικό προϊόν εξαρτάται από τις σχεδιαστικές ικανότητες του παιδιού – μπορεί να μη σχεδιάζουν κάτι, για τον απλό λόγο ότι δεν ξέρουν πώς να το σχεδιάζουν (Dove, κ.ά, 1999). Η κατασκευή σχεδιαγράμματος είναι μια ανοικτού τύπου ερώτηση και, συνεπώς, δύσκολα μπορεί να αξιολογηθεί αξιόπιστα. Επιπρόσθετα, τα σχέδια των μαθητών μπορεί να ερμηνεύονται λανθασμένα από τους ερευνητές, εάν δεν χρησιμοποιείται και μια άλλη μέθοδος συλλογής δεδομένων. Παρόλο που οι μαθητές μπορεί να κατανοούν μια έννοια, αυτό δε σημαίνει κατ' ανάγκη ότι είναι ικανοί να την απεικονίζουν με ακρίβεια. Ακόμη και ο χώρος του χαρτιού που θα επιλέξουν να

ξεκινήσουν να σχεδιάζουν, μπορεί να επηρεάσει το πώς θα χρησιμοποιήσουν συνολικά το διαθέσιμο χώρο και άρα την τελική έκβαση του έργου που τους ζητείται να επιτελέσουν (Bahar, κ.ά., 2008).

### **Η Κατανόηση του Κυκλοφορικού Συστήματος: Ιστορική Εξέλιξη και η Σημερινή Εικόνα**

Η μελέτη του κυκλοφορικού συστήματος ξεκίνησε το 1500 π.Χ. από τους αρχαίους Αιγύπτιους, αφού σε πάπυρους ιατρικού περιεχομένου εντοπίστηκαν πληροφορίες σχετικά με τη σημασία της αρτηριακής πίεσης. Ο Ιπποκράτης περιέγραψε τον 4<sup>ο</sup> π.Χ. αιώνα τα αιμοφόρα αγγεία και διέκρινε τη διαφορά αρτηριών και φλεβών, ενώ ο Αριστοτέλης, λίγο αργότερα, ανέφερε ότι η καρδιά έχει κεντρική θέση, παρουσιάζει κάποια κινητικότητα και είναι πλήρως εφοδιασμένη με δομές που της επιτρέπουν να επικοινωνεί με το υπόλοιπο σώμα. Ο Ερασίστρατος (2<sup>ο</sup> αιώνας π.Χ.) αναφέρει ότι ο αέρας, που «ελκύεται» από τους πνεύμονες για να εισέλθει σε αυτούς, περνά μέσω των πνευμονικών φλεβών στην αριστερή κοιλία και από εκεί στις αρτηρίες και μεταφέρεται σε όλο το σώμα (Patwardhan, 2012).

Το αίμα, για τον Κλαύδιο Γαληνό (129-201 μ.Χ.), ήταν μια σύνθεση των φαγητών που περνούσαν από το πεπτικό σωλήνα. Τα χρήσιμα μέρη της τροφής μεταφέρονταν από τα έντερα, στο ήπαρ ως χυλός, μέσω μιας φλέβας. Εκεί, το ήπαρ μετασχημάτιζε το χυλό σε σκούρο φλεβικό αίμα, το οποίο αναμιγνυόταν με ιδιότητες που προσέδιδαν ζωή, τα «ζωτικά πνεύματα.» Ο Γαληνός είχε ερευνήσει μόνο νεκρούς ιστούς και, έτσι, μόνο στις φλέβες είχε εντοπίσει αίμα. Συνεπώς, συμπέρανε πως μόνο οι φλέβες μεταφέρουν αίμα στο κυκλοφορικό σύστημα, ενώ οι αρτηρίες μετέφεραν τον αέρα, που δίνει τη ζωή. Αφού δεν είχε εντοπίσει καμία άμεση σύνδεση μεταξύ των δυο μερών της καρδιάς, ο Γαληνός θεώρησε πως οι κοιλίες της καρδιάς συνδέονταν μεταξύ τους με άορατους πόρους, των οποίων ο σκοπός ήταν να επιτρέπουν στο αίμα να κινείται ελεύθερα μεταξύ των δύο μερών. Το αρτηριακό αίμα, προερχόταν από το φλεβικό αίμα, περνούσε από τη αριστερή κοιλία μέσω των «πόρων» στη δεξιά κοιλία και γινόταν η κυκλοφορία του αίματος (Androutsos, Karamanou, & Stefanadis, 2012).

Πολύ αργότερα, ο Άραβας Ibn al-Nafis, το 13<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ., σημείωσε πως το μεσοκοιλιακό διάφραγμα της καρδιάς δεν είναι πορώδες και πρότεινε την ύπαρξη της πνευμονικής κυκλοφορίας, αλλά η θεωρία του δεν έφτασε στις δυτικές κοινωνίες, παρά μόνο μέχρι το 1900 (Androutsos, κ.ά., 2012). Με πειράματα, ο Λεονάρντο ντα Βίντσι, το 15<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ., έδειξε πως ο αέρας δεν μπαίνει στην καρδιά μέσω των πνευμόνων και, επαγωγικά, κατέληξε στο συμπέρασμα πως οι βαλβίδες επιτρέπουν τη μονόδρομη πορεία του αίματος και αποτρέπουν την παλινδρόμηση. Οι 16<sup>ο</sup>ς και 17<sup>ο</sup>ς αιώνας μ.Χ. υπήρξαν εξαιρετικά παραγωγικοί στην εξέλιξη των αποκαλύψεων σε σχέση με το κυκλοφορικό σύστημα. Ο Andreas Vesalius παρατήρησε πως το μεσοκοιλιακό διάφραγμα δεν είναι διάτρητο, οι Michael Servetus και Realdus Columbus περιέγραψαν, ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο, την πνευμονική κυκλοφορία, ο Andreas Caesalpinus διέκρινε την πορεία του αίματος από τη «δεξιά καρδιά» στους πνεύμονες και από εκεί στην «αριστερή καρδιά,» ο Hieronymus Fabricius ανακάλυψε τις φλεβικές βαλβίδες και το ότι οι φλέβες δεν μεταφέρουν το αίμα από την καρδιά στο σώμα (Patwardhan, 2012).

Ο William Harvey ήταν όμως αυτός που εξήγησε πλήρως την κυκλοφορία του αίματος, αφού το 1628 στο βιβλίο του «Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus» (Μια ανατομική άσκηση για την κίνηση της καρδιάς και του αίματος στους ζώντες οργανισμούς) ανακοίνωσε την ανακάλυψή του και μάλιστα ανέφερε ότι η καρδιά είναι μια αντλία που σπρώχνει το αίμα να κυκλοφορεί κυκλικά μέσα στο σώμα. Εντόπισε ότι οι βαλβίδες της καρδιάς και των φλεβών συμβάλλουν στη μονόδρομη πορεία του αίματος, ενώ ο παλμός, που γίνεται αισθητός στα άκρα, οφείλεται στη συστολή των κοιλιών, οι οποίες προκαλούν τη διαστολή των αρτηριών. Τα πειράματά του έδειξαν ότι το αίμα που βρίσκεται στις φλέβες κατευθύνεται προς την καρδιά, και καθόρισε επίσης την δεξιά κοιλία της καρδιάς ως υπεύθυνη για την πνευμονική κυκλοφορία. Ο Harvey είχε μάλιστα καθορίσει τους πνεύμονες ως το όργανο στο οποίο το φλεβικό αίμα γίνεται αρτηριακό, παρέχοντας και ανάλογα επιχειρήματα ως προς τη δομή και την κίνηση των πνευμόνων. Σε μια προσπάθειά του να περιγράψει το κυκλοφορικό σύστημα, ο Harvey το όρισε ως μια κυκλική διεργασία, κατά την οποία το αίμα φεύγει από την καρδιά, ζεστό και σε ατμώδη κατάσταση και επιστρέφει σε αυτή, αφού έχει κρυώσει και συμπυκνωθεί (Androutsos, κ.ά., 2012).

Λίγο αργότερα, ο Marcello Malpighi, με τη βοήθεια του μικροσκοπίου, εντόπισε την ύπαρξη των τριχοειδών αγγείων και εξήγησε ότι αυτά αποτελούν τη διασύνδεση μεταξύ αρτηριών και



φλεβών και επιτρέπουν στο αίμα να επιστρέφει στην καρδιά, συμπληρώνοντας έτσι το κενό στις γνώσεις για το κυκλοφορικό σύστημα (Patwardhan, 2012).

Συνοπτικά, πριν ο Harvey καταλήξει στην πλήρη περιγραφή της κυκλοφορίας του αίματος, παρατηρήθηκαν πολλά λάθη στην κατανόηση των γεγονότων. Τα σημαντικότερα αφορούσαν (α) το περιεχόμενο των αρτηριών, αφού θεωρούσαν ότι οι αρτηρίες περιείχαν τον αέρα που εισερχόταν στο σώμα μέσω της αναπνοής, (β) το μεσοκοιλιακό διάφραγμα ήταν πορώδες και διευκόλυε την κίνηση του περιεχομένου μεταξύ δεξιάς και αριστερής κοιλίας, και (γ) ότι οι φλέβες μετέφεραν το αίμα σε όλα τα μέρη του σώματος (Patwardhan, 2012).

Το ανθρώπινο κυκλοφορικό σύστημα παραμένει και σήμερα, ακόμα, ένα από τα πιο σημαντικά και δύσκολα θέματα ενός αναλυτικού προγράμματος φυσικών/βιολογικών επιστημών. Βασικές έννοιες που οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν, όπως φαίνεται από την έρευνα (Arnaudin & Mintzes, 1985· Sungur & Tekkaya, 2003· Windschitl, 2001· Yip, 1998a), περιλαμβάνουν τη δομή και λειτουργία του καρδιαγγειακού συστήματος, το μηχανισμό άντλησης του αίματος, τη συσχέτιση κυκλοφορίας και αναπνοής, τη συστηματική και πνευμονική κυκλοφορία, την κλειστή κυκλοφορία, τα είδη των αιμοφόρων αγγείων, το ρυθμό ροής του αίματος (Sadi & Cakiroglu, 2010).

Οι Arnaudin και Mintzes (1985), βασισμένοι στη διατριβή της Catherall - η οποία ασχολήθηκε με τις ιδέες των παιδιών ηλικίας 7-14 χρόνων σχετικά με τη λειτουργία της καρδιάς και την κυκλοφορία και το ρόλο του αίματος – διεύρυναν το δικό τους ερευνητικό πλαίσιο και διερεύνησαν τις ιδέες μαθητών διαφόρων ηλικιών, σε μεγαλύτερο αριθμό εννοιών σχετικά με το κυκλοφορικό σύστημα, και κατάφεραν να ορίσουν τη συχνότητα εμφάνισης των ιδεών σε κάθε εκπαιδευτική βαθμίδα: επίπεδο δημοτικού, γυμνασίου, λυκείου και κολεγίου. Σύμφωνα με τους ερευνητές, τα αποτελέσματα της έρευνας επιβεβαίωσαν τη θεωρία του Ausubel (1968) ότι οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις των παιδιών είναι εκπληκτικά σταθερές και αντιστέκονται στην τροποποίηση, αφού αριθμός εναλλακτικών ιδεών των παιδιών του δημοτικού, σχετικά με τη δομή και τη λειτουργία του αίματος, τη σχέση της αναπνοής με την καρδιακή κυκλοφορία και την κλειστή κυκλοφορία, παρατηρήθηκε ότι παραμένει σταθερός τόσο στη δευτεροβάθμια, όσο και στην τριτοβάθμια εκπαίδευση. Οι Arnaudin και Mintzes (1985) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι αυτές οι αντιλήψεις απειλούν τη μαθησιακή και διδακτική διαδικασία και ότι οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να στηρίζονται σε

αυτές, για να επιτυγχάνουν την αποτελεσματική εννοιολογική αλλαγή στο συγκεκριμένο πεδίο, με νέες διδακτικές στρατηγικές και μεθόδους.

Σε ανάλογα συμπεράσματα κατέληξε και ο Yip (1998β), ο οποίος διαπίστωσε πως ακόμη και οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί δεν είναι σε θέση να συσχετίζουν τη ροή του αίματος, την πίεση του αίματος και τη διάμετρο των αιμοφόρων αγγείων, γεγονός που δείχνει ότι η κατανόηση βασικών εννοιών και αρχών της βιολογίας, η οποία στηρίζεται στην κατανόηση βασικών εννοιών και αρχών χημείας και φυσικής, ίσως να μην κατέχουν επαρκώς οι εκπαιδευτικοί.

Οι Pelaez, Boyd, Rojas και Hoover (2005) διερεύνησαν πιο συγκεκριμένα τις εναλλακτικές ιδέες φοιτητών - μελλοντικών εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, σχετικά με το κυκλοφορικό σύστημα, καθώς και τις επεξηγήσεις τους για την κυκλοφορία του αίματος και τη λειτουργία των πνευμόνων, μετά την ολοκλήρωση ενός σχετικού μαθήματος βιολογίας πτυχιακού επιπέδου. Φάνηκε πως, ακόμη και με το πέρας της διδασκαλίας, οι φοιτητές εξακολουθούσαν να έχουν λανθασμένες ιδέες για τη διπλή κυκλοφορία του αίματος, για τα αιμοφόρα αγγεία, αλλά και την ανταλλαγή, χρήση και μεταφορά αερίων και το ρόλο των πνευμόνων.

Οι Pelaez κ.ά. (2005) κατηγοριοποίησαν σε πέντε ομάδες τις εναλλακτικές - λανθασμένες ιδέες που προκύπτουν ερευνητικά, σε σχέση με το κυκλοφορικό σύστημα, δίνοντας ταυτόχρονα και τις αντίστοιχες, επιστημονικά αποδεκτές απαντήσεις, ως ακολούθως:

(α) Η πορεία του αίματος είναι διπλή, αφού διακρίνεται σε μικρή και μεγάλη κυκλοφορία. Συνήθως, οι απαντήσεις εστιάζονται μόνο στη μεγάλη κυκλοφορία, τη «συστημική.»

(β) Τα αιμοφόρα αγγεία διακρίνονται σε φλέβες και αρτηρίες. Οι φλέβες μεταφέρουν το αίμα στην καρδιά και οι αρτηρίες μεταφέρουν το αίμα από την καρδιά στο σώμα. Στις απαντήσεις δεν είναι σαφής ο διαχωρισμός αυτός.

(γ) Κατά την ανταλλαγή αερίων στα κύτταρα, η αιτία που ωθεί ένα αέριο να διαπερνάει τις κυτταρικές μεμβράνες είναι η διαφορά στη συγκέντρωση των αερίων. Το φαινόμενο αυτό, που ανήκει στη σφαίρα της φυσικής, δεν είναι αντιληπτό και προκαλεί παρανοήσεις.

- (δ) Η μεταφορά οξυγόνου από το αίμα στα κύτταρα και η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα από τα κύτταρα, ως προϊόν της χημικής διεργασίας της καύσης, για να μεταφερθεί ακολούθως στους πνεύμονες, δεν είναι σαφής στις απαντήσεις.
- (ε) Η λειτουργία και ο ρόλος των πνευμόνων στη διαδικασία της ανταλλαγής αερίων, δεν αποσαφηνίζεται. Συνήθως ο ρόλος των πνευμόνων αποδίδεται σε άλλα όργανα.

Η πιο επίμονη και σταθερή εναλλακτική ιδέα που φαίνεται να έχουν οι φοιτητές, αφορά στη διπλή κυκλοφορία του αίματος. Τείνουν να πιστεύουν πως, αφού το αίμα φύγει από την καρδιά, ακολουθεί μια συνεχή κυκλική πορεία σε όλο το σώμα, προτού επιστρέψει πίσω σε αυτή. Αφήνουν εντελώς εκτός της πορείας του αίματος τους πνεύμονες, για τους οποίους πιστεύουν πως ο ρόλος τους είναι να παρέχουν στο αίμα θρεπτικά συστατικά, να αντλούν και να θερμαίνουν το αίμα, να δημιουργούν αίμα, να παράγουν οξυγόνο, ενώ η ανταλλαγή αερίων θεωρούν πως γίνεται στην καρδιά ή στα νεφρά. Παράλληλα, φάνηκε πως το μάθημα βιολογίας, που παρακολούθησαν, έκανε πιο περίπλοκες τις ιδέες που είχαν αρχικά, σχετικά με την ανταλλαγή αερίων, αφού ενσωμάτωσαν τις δικές τους ιδέες στα όσα διδάχθηκαν. Κάποιοι φοιτητές, για παράδειγμα, συσχέτισαν την ατμοσφαιρική ρύπανση και το κάπνισμα, με το διοξείδιο του άνθρακα κατά την ανταλλαγή αερίων στο ανθρώπινο σώμα, αφού θεωρούσαν πως οι πνεύμονες μαυρίζουν, λόγω του «άχρηστου» διοξειδίου του άνθρακα και πως το διοξείδιο του άνθρακα, που παράγεται στο σώμα, είναι από μόνο του δηλητηριώδες (Pelaez, κ.ά., 2005).

Σύμφωνα με τους Sungur κ.ά. (2001), οι εκπαιδευτικοί έχουν επίσης σημαντικές εναλλακτικές ιδέες σχετικά με το μηχανισμό της ανταλλαγής αερίων και άλλων ουσιών στα κύτταρα, και ειδικότερα όσον αφορά το ρόλο των τριχοειδών αγγείων, ενώ στους μαθητές οι επικρατούσες εναλλακτικές ιδέες σχετίζονται με τη δομή και τη λειτουργία της καρδιάς και του αίματος. Θεωρούν το αίμα ως κύτταρα σε ένα κόκκινο υγρό, ενώ δεν αντιλαμβάνονται την καρδιά ως μια διπλή αντλία.

Τα προγράμματα σπουδών των πανεπιστημιακών ιδρυμάτων για εκπαιδευτικούς εστιάζονται σε διδακτικές αρχές και πρακτικές, αλλά δεν παρέχουν επαρκείς και σε βάθος γνώσεις περιεχομένου φυσικών επιστημών (Yip, 1998α, 1998β), και, για αυτό το λόγο, οι εναλλακτικές ιδέες για την κυκλοφορία του αίματος εντείνονται και μεταφέρονται, όταν οι

ίδιοι εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας ή δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης εξακολουθούν να διατηρούν τις δικές τους. Ο Yip (1998β) κατέληξε στο ότι υπήρχαν ελάχιστες διαφορές στις ερμηνείες που δόθηκαν μεταξύ των πιο έμπειρων και λιγότερο έμπειρων εκπαιδευτικών, όσον αφορά τη συσχέτιση της πίεσης και της διαμέτρου των αιμοφόρων αγγείων.

Οι Patrick και Tunnicliffe (2010) εξέτασαν το βαθμό κατανόησης της εσωτερικής δομής του ανθρωπίνου σώματος από τους εκπαιδευτικούς και κατά πόσο έχουν παρόμοιες αντιλήψεις με τους μαθητές. Φάνηκε πως εκπαιδευτικοί με περιορισμένη διδακτική πείρα, που δεν είχαν παρακολουθήσει εξειδικευμένα μαθήματα βιολογίας-ανατομίας, παρουσίαζαν παρόμοιες ιδέες με τους μαθητές τους, αφού απεικόνιζαν τα όργανα ανεξάρτητα το ένα από το άλλο και όχι ως μέρος ενός συστήματος. Αναγνώριζαν την ύπαρξη των οργάνων, αλλά δε συνειδητοποιούσαν τις αλληλεπιδράσεις τους. Τα όργανα του κυκλοφορικού και του πεπτικού συστήματος ήταν αυτά που εμφανίζονταν συχνότερα στις απεικονίσεις των εκπαιδευτικών, αφού είναι πιο γνωστά και στην καθημερινότητα. *«Ίσως οι άνθρωποι γενικότερα να μη θεωρούν τα οστά, τους μύες και τα μέρη του νευρικού συστήματος ως όργανα ή συστήματα οργάνων»* (Patrick & Tunnicliffe, 2010, σελ. 86).

Στο πεδίο της βιολογίας, τα προβλήματα κατανόησης προκύπτουν λόγω της πολυπλοκότητας των φαινομένων, όπως είναι η φωτοσύνθεση, το κυκλοφορικό σύστημα και η κυτταρική αναπνοή (Chi, Chiu, & de Leeuw, 1991). Για να είναι αποτελεσματική η μάθηση, θα πρέπει να εισαχθεί η έννοια του «συστήματος,» της «συσχέτισης» ή «μιας οργανωμένης συνεργατικής αλληλεπίδρασης.» Ο αιτιώδης συλλογισμός αποτελεί μια ακόμη αναγκαία δεξιότητα σκέψης που θα οδηγήσει το μαθητή στην επιτυχή εννοιολογική ερμηνεία τέτοιων σύνθετων φαινομένων. Οι Chi κ.ά. (1991) υποστήριζαν πως, για να γίνει κατανοητό το πώς λειτουργεί το κυκλοφορικό σύστημα, απαιτείται η «συστημική» επεξήγηση, ώστε να γίνουν αντιληπτές οι «οργανωμένες αλληλεπιδράσεις» που επισυμβαίνουν μέσα στο σύστημα. Αυτό μπορεί να γίνει, εάν αποδομηθεί το σύστημα στα διακριτά του μέρη και μελετηθεί το κάθε μέρος ξεχωριστά για τη δομή, τη λειτουργία και τη συμπεριφορά του. Για παράδειγμα, η καρδιά είναι ένας μυς που αποτελείται από τέσσερις θαλάμους (δομή), αντλεί αίμα (λειτουργία), διαστέλλεται και συστέλλεται (συμπεριφορά). Το επόμενο βήμα, σύμφωνα πάντα με τους Chi κ.ά. (1991) είναι να εντοπιστούν οι αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ των τριών: δομή-λειτουργία-συμπεριφορά, οι οποίες συνήθως δεν αναφέρονται στα διδακτικά εγχειρίδια

και παραβλέπονται από τους εκπαιδευτικούς. Τέλος, για να γίνει κατανοητό συνολικά το σύστημα, θα πρέπει να εντοπιστούν οι αντίστοιχες δομικές, λειτουργικές και συμπεριφορικές σχέσεις όλων των μερών που αποτελούν το ανθρώπινο σύστημα.

Όταν οι βιολόγοι αναλύουν το ανθρώπινο σώμα, αναπαριστούν τη λειτουργία του ως μια σειρά ιεραρχημένων δομών που αλληλεπιδρούν, ώστε να δημιουργούν μια αλυσίδα γεγονότων, για να λειτουργεί τελικά το όλο σύστημα (Goldstone & Wilensky, 2008). Οι μαθητές δεν αναπτύσσουν τέτοιο τρόπο συστημικής σκέψης, αφού η μάθηση εστιάζεται στα επιμέρους δομικά στοιχεία του συστήματος, αντί σε μια ολοκληρωμένη διεργασία που οικοδομεί το σύστημα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το σύνθετο σύστημα του ανθρώπινου σώματος. Ένα βιολογικό σύστημα, όπως είναι το ανθρώπινο σώμα, χαρακτηρίζεται από εξαιρετική οργάνωση, αλληλεπιδράσεις, πολλά μη εμφανή δομικά στοιχεία και δυναμικές διεργασίες, και όλα αυτά επισυμβαίνουν σε διάφορα επίπεδα, τόσο μακροσκοπικά, όσο κυρίως μικροσκοπικά (Ben-Zvi Assaraf, Dodick, & Tripto, 2011).

Το μοντέλο διδασκαλίας «Δομή-Συμπεριφορά-Λειτουργία» που προωθεί τη συστημική σκέψη, όπως προτάθηκε από τους Liu και Hmelo-Silver (2009) και Goel, Rugaber και Vattam (2009), θεωρεί πως αν ο μαθητής κατανοήσει τις συμπεριφορές και τις δομές ενός συστήματος, αυτό και μόνο υποδεικνύει ότι έχει δομήσει ένα πιο επεξεργασμένο δίκτυο ιδεών, που αναπαριστούν τα βασικά φαινόμενα και τις αλληλεπιδράσεις τους και, άρα, δείχνει τη βαθύτερη κατανόηση ενός σύνθετου συστήματος.

Η Δομή αναφέρεται στο «Τι» του συστήματος, δηλαδή στα δομικά στοιχεία του και τις μεταξύ τους διασυνδέσεις. Η Συμπεριφορά καθορίζει το «Πώς,» τις αιτιώδεις διεργασίες που συμβαίνουν στο σύστημα, ενώ η Λειτουργία καθορίζει το «Γιατί» του συστήματος, μια τελεολογική περιγραφή των στοιχείων και των διεργασιών του συστήματος. Όμως, ένα δομικό στοιχείο ενός συστήματος μπορεί από μόνο του να αποτελεί σύστημα και να χρειάζεται τη δική του επιμέρους ανάλυση. Για παράδειγμα, η κατανόηση της διαδικασίας της αναπνοής εμπεριέχει λιγότερο εμφανή φαινόμενα, όπως τη δράση του κεντρικού νευρικού συστήματος και άλλα φαινόμενα σε κυτταρικό επίπεδο (Ben-Zvi Assaraf, κ. ά. , 2011).

Σύμφωνα με τους Liu, κ.ά., (2009) και Goel, κ.ά., (2009), θα ήταν ίσως καλύτερα εάν η διδασκαλία των μαθητών ακολουθούσε ένα μοντέλο συναρμολόγησης: να άρχιζε από τα όργανα, το καθένα ξεχωριστά και ακολούθως να βοηθούνται οι μαθητές να καταλαβαίνουν πως αυτά τα ξεχωριστά όργανα συνεργάζονται και συναποτελούν λειτουργικά συστήματα. Αντίθετη άποψη εκφράζει ο Ozseveg (2007), σύμφωνα με τον οποίο, όντως οι εκπαιδευτικοί διδάσκουν ξεχωριστά τη λειτουργία του κάθε οργάνου, ενώ θα έπρεπε να διδάσκουν πρώτα τη λειτουργία του συστήματος και μετά του κάθε οργάνου ξεχωριστά, σύμφωνα με το μοντέλο αποσυναρμολόγησης του Gellert (1962) (Reiss κ.ά., 2002; Tunnicliffe & Ueckert, 2007). Οι εκπαιδευτικοί τείνουν να διδάσκουν συνήθως το ανθρώπινο σώμα με τον ίδιο τρόπο που οι ίδιοι το διδάχτηκαν: πρώτα τα όργανα, μετά τα συστήματα. Ίσως, τελικά, να χρειάζεται ο αναστοχασμός και η αξιολόγηση από μέρους των εκπαιδευτικών των δικών τους γνώσεων περιεχομένου, πριν προχωρήσουν στη διδασκαλία (Patrick & Tunnicliffe, 2010).

Ως αποτέλεσμα της διδακτικής μεθοδολογίας και πορείας που ακολουθούν οι εκπαιδευτικοί και παρά τα μαθήματα βιολογίας που διδάσκονται στο σχολείο, οι περισσότεροι μαθητές αποτυγχάνουν στο να κατανοήσουν τα συστήματα οργάνων. Μπορεί να γνωρίζουν ότι έχουν οστά και να τα σχεδιάζουν, αλλά δε δείχνουν το σκελετικό σύστημα (κρανίο, σπονδυλική στήλη, πλευρές και άκρα). Μπορεί να γνωρίζουν ότι το σώμα τους έχει νεύρα, αλλά δε δείχνουν το νευρικό σύστημα σε ένα σχέδιό τους (εγκέφαλος, σπονδυλική στήλη και περιφερικά νεύρα). Με άλλα λόγια, οι μαθητές δε βλέπουν το εσωτερικό του σώματος τους ως ένα λειτουργικό όλον. Αντίθετα, απεικονίζουν το εσωτερικό του σώματος τους να αποτελείται από σκόρπιες μονάδες απομονωμένων οργάνων και ατελή οργανικά συστήματα. Το ιδανικό θα ήταν οι μαθητές να έχουν όχι μόνο καλές γνώσεις για τα διάφορα όργανα, αλλά να αναγνωρίζουν και τις διασυνδέσεις και τις αλληλεπιδράσεις των διαφόρων αυτών οργάνων. Το σκελετικό σύστημα χρειάζεται τους μύες, το μυϊκό σύστημα χρειάζεται τα νεύρα κ. ο. κ. (Reiss & Tunnicliffe, 2001).

### **Η Επιστημονική Θεώρηση του Κυκλοφορικού Συστήματος**

Για να είναι εφικτή η αποτελεσματικότητα μιας οποιασδήποτε διδακτικής προσέγγισης για την ενότητα που αφορά το ανθρώπινο κυκλοφορικό σύστημα, κρίνεται απαραίτητη η σχετική γνώση περιεχομένου, όπως επιστημονικά έχει καθοριστεί στα διδακτικά εγχειρίδια.

Συγκεκριμένα, οι Αργύρης, Κοτσιφάκη, Μάργαρης, Μάρκου, Παπαδόπουλος, Παπαφίλης, Παταργιάς και Σέκερης (1998) περιέγραψαν αναλυτικά το κυκλοφορικό σύστημα, τη δομή και τις λειτουργίες του, παρέχοντας ένα ξεκάθαρο γνωσιολογικό υπόβαθρο στον εκπαιδευτικό, στη βάση του οποίου, καθορίζεται από το Αναλυτικό Πρόγραμμα, το περιεχόμενο των σχετικών ενοτήτων, που θα διδαχθούν οι μαθητές.

Το κυκλοφορικό σύστημα, ανάλογα με το υγρό που κυκλοφορεί σε αυτό, διακρίνεται σε λεμφικό και αιμοφόρο. Η παρούσα εργασία θα ασχοληθεί μόνο με το αιμοφόρο, αφού σε αυτό εστιάζονται τα αναλυτικά προγράμματα της πρωτοβάθμιας/δημοτικής εκπαίδευσης.

Το αιμοφόρο σύστημα αποτελείται από την καρδιά και τα αιμοφόρα αγγεία. Η καρδιά είναι ένα κοίλο, μυώδες όργανο, σχήματος αντεστραμμένου κώνου. Έχει μέγεθος ίσο περίπου με τη γροθιά του ατόμου στο οποίο ανήκει και βρίσκεται μέσα στο κάτω μπροστινό μέρος του θώρακα, μεταξύ των δύο πνευμόνων, πίσω από το στέρνο και περισσότερο προς τα αριστερά. Σχηματίζεται από ένα ειδικό τύπο μυϊκού ιστού, το μυοκάρδιο. Το εσωτερικό της καρδιάς χωρίζεται σε τέσσερις κοιλότητες ή θαλάμους, με δύο κάθετα μεταξύ τους ινομυώδη διαφράγματα. Οι δυο μικρότερες και με λεπτότερα τοιχώματα κοιλότητες βρίσκονται προς τα πάνω και λέγονται κόλποι, και οι δύο μεγαλύτερες και με παχύτερα τοιχώματα κοιλότητες βρίσκονται προς τα κάτω και λέγονται κοιλίες. Οι δύο κόλποι χωρίζονται μεταξύ τους με το μεσοκολπικό διάφραγμα και οι κοιλίες με το μεσοκοιλιακό διάφραγμα. Έτσι οι δεξιές κοιλότητες δεν επικοινωνούν με τις αριστερές κοιλότητες και το αίμα τους δεν αναμιγνύεται.

Κάθε κόλπος επικοινωνεί με τη σύστοιχη κοιλία μέσω του κολποκοιλιακού στομίου, που φράσσεται από μια βαλβίδα, η οποία επιτρέπει τη ροή του αίματος μόνο από τον κόλπο προς την κοιλία. Στο δεξιό κόλπο χύνεται όλο το φλεβικό αίμα του ανθρώπινου σώματος, που φτάνει σε αυτόν με την άνω κοίλη και την κάτω κοίλη φλέβα, αλλά και το φλεβικό αίμα της ίδιας της καρδιάς, μέσω μιας ξεχωριστής φλέβας, το στεφανιαίο κόλπο. Το αίμα του δεξιού κόλπου προχωρεί μέσω του δεξιού κολποκοιλιακού στομίου – της τριγλώχινας βαλβίδας – στη δεξιά κοιλία. Στη βάση της δεξιάς κοιλίας υπάρχει το στόμιο της πνευμονικής αρτηρίας που το φράσσουν τρεις βαλβίδες. Αυτές, επιτρέπουν τη ροή του αίματος από τη δεξιά κοιλία προς την πνευμονική αρτηρία και όχι αντίθετα. Η πνευμονική αρτηρία είναι η μοναδική αρτηρία που περιέχει φλεβικό αίμα, πλούσιο, δηλαδή, σε διοξείδιο του άνθρακα.

Στον αριστερό κόλπο χύνεται το οξυγονωμένο αίμα που προέρχεται από τους πνεύμονες και φτάνει στον αριστερό κόλπο, με τις δύο δεξιές και τις δύο αριστερές πνευμονικές φλέβες. Αυτές οι φλέβες αποτελούν εξαίρεση από τις άλλες φλέβες, διότι είναι οι μοναδικές που περιέχουν οξυγονωμένο αίμα. Το αίμα από τον αριστερό κόλπο χύνεται μέσω του αριστερού κολλοκοιλιακού στομίου – της διγλώχινας βαλβίδας – στην αριστερή κοιλία. Στη βάση της αριστερής κοιλίας υπάρχει το στόμιο της αορτής, που φράσσεται κι αυτό με τρεις βαλβίδες, που επιτρέπουν τη ροή του αίματος από την αριστερή κοιλία προς την αορτή και όχι αντίθετα.

Η λειτουργία της καρδιάς χαρακτηρίζεται από την περιοδικότητα του καρδιακού παλμού, ο οποίος αποτελεί την προωθητική δύναμη στη ροή του αίματος. Χρονικά, ο καρδιακός παλμός είναι η περίοδος από το τέλος μιας καρδιακής συστολής, μέχρι το τέλος μιας άλλης. Περιλαμβάνει την περίοδο διέγερσης και συστολής των κόλπων (0,1''), τη διέγερση και συστολή των κοιλιών (0,3'') και την καρδιακή παύλα ή χαλάρωση του καρδιακού μυ (0,4''). Ολόκληρος ο καρδιακός παλμός σε φυσιολογικό ρυθμό 75 συστολών ανά λεπτό, διαρκεί 0,8'', ενώ στις περιπτώσεις ταχυκαρδίας μειώνεται ο χρόνος της καρδιακής παύλας.

Κατά τη συστολή των κόλπων μικραίνουν οι κολπικές κοιλότητες και το αίμα προωθείται μέσω των βαλβίδων στις σύστοιχες κοιλίες. Οι κοιλίες περιέχουν ήδη αρκετή ποσότητα αίματος και η συστολή των κόλπων απλώς υποβοηθά στην πλήρωση των κοιλιών με αίμα. Με την έναρξη της συστολής των κοιλιών, κλείνουν όλες οι βαλβίδες και προς στιγμή οι κοιλίες παραμένουν κλειστές προς κάθε κατεύθυνση. Έτσι αναπτύσσονται ενδοκοιλιακές πιέσεις οι οποίες θα ξεπεράσουν τις αντίστοιχες πιέσεις στην αορτή και την πνευμονική αρτηρία. Ως αποτέλεσμα, ανοίγει τόσο το στόμιο της αορτής, όσο και το στόμιο της πνευμονικής αρτηρίας και αρχίζει η διοχέτευση αίματος προς τη σωματική και την πνευμονική κυκλοφορία. Μετά τη συστολή των κοιλιών, ακολουθεί χαλάρωση ολόκληρου του καρδιακού μυ – η καρδιακή παύλα. Όταν το αρτηριακό στόμιο κλείσει, η ενδοαορτική πίεση που είχε φτάσει στα 120 mm Hg αρχίζει να ελαττώνεται και να φτάνει σε μια ελάχιστη των 75 mm Hg. Έτσι, σε κάθε καρδιακό παλμό η πίεση στην αορτή και τις κυριότερες αρτηρίες του σώματος κυμαίνεται μεταξύ των δυο τιμών, και αποτελεί την αρτηριακή πίεση. Η αύξηση της πίεσης μεταδίδεται ταχύτατα κατά μήκος του τοιχώματος όλων των αρτηριών και προκαλεί το σφυγμό, ο οποίος γίνεται αισθητός με ψηλάφηση επιφανειακών αρτηριών.



Οι αρτηρίες είναι ελαστικοί σωλήνες, που συνεχώς διαιρούνται σε κλάδους μικρότερης διαμέτρου μέχρι τα τριχοειδή αγγεία. Το αίμα προωθείται με την πίεση που δημιουργείται από τη συστολή της καρδιάς. Το αρτηριακό σύστημα του ανθρώπου αποτελείται από την κύρια αρτηρία την αορτή, από την οποία εκφύονται όλες οι αρτηρίες. Η αορτή ξεκινά από την αριστερή κοιλία της καρδιάς και προχωρεί προς τα πάνω, από όπου εκφύονται οι δύο στεφανιαίες αρτηρίες που αιματώνουν την ίδια την καρδιά. Μετά, φέρεται προς τα αριστερά και πίσω και σχηματίζει το αορτικό τόξο. Από εδώ ξεκινούν οι αρτηρίες που αιματώνουν το κεφάλι. Η αορτή στη συνέχεια στρέφεται προς τα κάτω και προχωρά κατά μήκος της σπονδυλικής στήλης μέχρι να φτάσει στο ύψος του 4<sup>ου</sup> οσφυϊκού σπονδύλου, για να χωριστεί στις δύο λαγόνιες αρτηρίες, οι οποίες προχωρούν και αιματώνουν με πολλές διακλαδώσεις τα κάτω άκρα.

Οι φλέβες αρχίζουν από τα τριχοειδή και, διαρκώς συνενωμένες σε μεγαλύτερα στελέχη, επαναφέρουν το αίμα στην καρδιά. Έχουν λεπτότερο τοίχωμα από τις αρτηρίες, παρουσιάζουν πολλές συνενώσεις με διπλανές φλέβες, είναι περισσότερες από τις αρτηρίες και στο εσωτερικό τους παρουσιάζουν βαλβίδες με τις οποίες εμποδίζεται η παλινδρόμηση του αίματος. Δε δέχονται πίεση και έτσι η ροή του αίματος γίνεται λόγω της διαφοράς πίεσης, με συσπάσεις παρακειμένων μυών και τη βοήθεια των βαλβίδων. Η χωρητικότητα τους είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των αρτηριών. Ανάλογα με τη θέση τους, οι φλέβες διακρίνονται σε επιφανειακές και σε βαθιές. Οι επιφανειακές σχηματίζουν ένα πλούσιο φλεβικό δίκτυο που ξεχωρίζει κάτω από το δέρμα. Σε κάποιο όμως σημείο αυτές εκβάλλουν στις βαθιές φλέβες, οι οποίες ακολουθούν την πορεία των αρτηριών. Στην άνω κοίλη φλέβα, συγκεντρώνεται όλο το αίμα από τις φλέβες της κεφαλής και των άνω άκρων, ενώ στην κάτω κοίλη φλέβα συγκεντρώνεται όλο το αίμα από τις φλέβες των κάτω άκρων και της κοιλιακής χώρας. Το φλεβικό αίμα καταλήγει στο δεξιό κόλπο της καρδιάς, όπου εκβάλλει και ο στεφανιαίος κόλπος – το φλεβικό αίμα της καρδιάς.

Κατά τη μικρή ή πνευμονική κυκλοφορία το φλεβικό αίμα από το δεξιό κόλπο της καρδιάς έρχεται στη δεξιά κοιλία μετά τη συστολή των κόλπων. Με τη συστολή των κοιλιών εισέρχεται στην πνευμονική αρτηρία, η οποία το οδηγεί με τους κλάδους της και τα τριχοειδή γύρω από τις πνευμονικές κυψελίδες, όπου και οξυγονώνεται. Μετά, μέσω των πνευμονικών

φλεβών, έρχεται στον αριστερό κόλπο της καρδιάς, έτοιμο να εισέλθει στη μεγάλη κυκλοφορία. Το οξυγονωμένο αίμα μετά τη συστολή των κόλπων εισέρχεται στην αριστερή κοιλία και εκεί, μετά τη συστολή των κοιλιών, εισέρχεται στην αορτή, η οποία με όλους τους κλάδους της το οδηγεί σε όλα τα όργανα του σώματος. Από τα τριχοειδή αγγεία των διαφόρων οργάνων, με τους κλάδους του φλεβικού συστήματος και τις μεγάλες φλέβες, το αίμα επαναφέρεται στο δεξιό κόλπο της καρδιάς.

Τα αιμοφόρα τριχοειδή αγγεία αποτελούν το σημαντικότερο τμήμα του κυκλοφορικού συστήματος. Εκεί γίνεται η ανταλλαγή της ύλης μεταξύ πλάσματος και υγρού των ιστών, η οποία θα εφοδιάσει τα κύτταρα με τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά και το οξυγόνο και θα τα απαλλάξει από τα άχρηστα προϊόντα του μεταβολισμού. Τα τριχοειδή είναι σωληνίσκοι ελάχιστης διαμέτρου, που σχηματίζουν πυκνά δίκτυα μέσα στους ιστούς. Μέσα από το τοίχωμα τους γίνεται με παθητική διάχυση η ανταλλαγή ουσιών στα κύτταρα.

Το αίμα είναι ένας υγρός ιστός σε συνεχή κίνηση. Αποτελείται από το πλάσμα – το υγρό περιβάλλον μέσα στο οποίο κινούνται τα ερυθροκύτταρα, τα λευκοκύτταρα και τα αιμοπετάλια. Μέσα στο πλάσμα περιέχονται διαλυμένα και θρεπτικά στοιχεία, όπως είναι η γλυκόζη και τα αμινοξέα, που μεταφέρονται στους ιστούς. Τα ερυθροκύτταρα παράγονται στο μυελό των οστών και μεταφέρουν το οξυγόνο, από τους πνεύμονες, στους ιστούς. Τα λευκοκύτταρα παράγονται στο μυελό των οστών, στους λεμφαδένες και στο σπλήνα και είναι ο αμυντικός μηχανισμός του σώματος. Τα αιμοπετάλια τέλος παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαδικασία πήξης του αίματος (Αργύρης, κ.ά., 1998).

### **Οι Ιδέες των Παιδιών για το Κυκλοφορικό Σύστημα**

Η ερευνητική εργασία των Arnaudin και Mintzes (1985) έφερε στην επιφάνεια ενδιαφέροντα στοιχεία αναφορικά με τις ιδέες των παιδιών, για έννοιες που σχετίζονται με το κυκλοφορικό σύστημα. Οι ερευνητές εστίασαν σε επτά βασικές έννοιες, ως ακολούθως:

- τη σύσταση του αίματος,
- τη λειτουργία του αίματος,
- τη δομή της καρδιάς,
- τη λειτουργία της καρδιάς,

- τη ροή του αίματος,
- τη συσχέτιση μεταξύ κυκλοφορικού και αναπνευστικού συστήματος,
- την κλειστή κυκλοφορία.

Οι περισσότεροι μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (δημοτικού) απάντησαν απλά ότι το αίμα είναι ένα κόκκινο υγρό, χωρίς καμία αναφορά στα κύτταρα που το αποτελούν ή στο πλάσμα. Η συχνότητα αυτής της απάντησης μειώνεται όσο αυξάνεται η ηλικία των μαθητών, παραμένοντας όμως ασαφής η έννοια και ο ρόλος του πλάσματος. Όσον αφορά το ρόλο του αίματος, η πλειοψηφία των μαθητών δημοτικού έδωσαν μια «ζωτικού τύπου» (vitalistic response) απάντηση, όπως: «*Μας κρατά ζωντανούς*» (Arnaudin & Mintzes, 1985, σ. 725). Οι «ζωτικές» όμως απαντήσεις ήταν κοινές και ανάμεσα σε μεγαλύτερους μαθητές, κυρίως μέσης εκπαίδευσης, ενώ παρατηρήθηκε πτώση στη συχνότητά τους ανάμεσα σε φοιτητές κολεγίου. Οι απαντήσεις μεγαλύτερων σε ηλικία μαθητών πλησίασαν το επιστημονικά αποδεκτό πρότυπο, αφού αναφέρθηκαν στο ρόλο του αίματος για τη μεταφορά οξυγόνου και θρεπτικών ουσιών.

Η δομή και η κατασκευή της καρδιάς για τους μαθητές δημοτικού προσομοιάζει με αυτή των αμφιβίων, μια καρδιά δηλαδή με μόνο τρεις κοιλότητες. Όταν ερωτήθηκαν για το σχήμα της, τα παιδιά αυτής της ηλικίας σχεδίασαν τη γνωστή καρδιά τύπου «βαλεντίνου.» Παρόμοια αποτελέσματα εντόπισε παλαιότερα ο Gellert (1962), αλλά και οι Reiss και Tunnicliffe (2001), οι οποίοι τόνισαν ότι:

*δεν είναι ξεκάθαρο κατά πόσο οι μαθητές πιστεύουν ότι πράγματι η καρδιά έχει αυτό το σχήμα ή είναι επηρεασμένοι από τους συμβολισμούς της καρδιάς στα χαρτιά, στα κινούμενα σχέδια ή στις διαφημίσεις (σελ.396).*

Οι μεγαλύτεροι μαθητές επέλεξαν είτε τριθάλαμη, είτε τετραθάλαμη καρδιά, σε ίδια ποσοστά, αλλά είχαν την πεποίθηση ότι η καρδιά είναι ένα συμπαγές όργανο, με απλά ένα ή δυο σωλήνες. Λίγοι από αυτούς που επέλεξαν τους τέσσερις θαλάμους ήταν σε θέση να εξηγήσουν και τη λειτουργία των θαλάμων, γεγονός που φανερώνει πως η γνώση ανατομίας μπορεί να έχει ελάχιστη σχέση με την ευρύτερη εννοιολογική κατανόηση της λειτουργίας του κυκλοφορικού συστήματος (Mintzes, Trowbridge, Arnaudin, & Wandersee, 1991). Το 65-80% όλων των μαθητών απάντησε ότι ο ρόλος της καρδιάς είναι να «αποστέλλει αίμα» στο σώμα. Μικρός αριθμός μαθητών αναφέρθηκε και σε άλλες λειτουργίες, όπως το

φιλτράρισμα, τον καθαρισμό, την κατασκευή και την αποθήκευση του αίματος (Arnaudin & Mintzes, 1985). Οι μαθητές δεν κατανοούσαν επίσης το γεγονός ότι το δεξί μέρος της καρδιάς σπρώχνει (αντλεί) μη οξυγονωμένο αίμα και δεν αντιλαμβάνονταν την καρδιά ως μια διπλή αντλία (Mintzes, κ.ά., 1991).

Σχετικά με την πορεία του αίματος, η επιλογή μαθητών μικρότερης ηλικίας ήταν το μοτίβο κίνησης «καρδιά-άκρα-καρδιά», γεγονός που ανέδειξε τη γνώση τους για αποκλειστικά συστημική κυκλοφορία. Πολύ λίγοι μαθητές αναφέρθηκαν στη διπλή κυκλοφορία, την πνευμονική και τη συστημική. Θεωρούσαν την καρδιά ως απλή αντλία, η οποία αντλεί είτε οξυγονωμένο, είτε μη οξυγονωμένο αίμα μόνο, αλλά όχι και τα δύο. Κανένας μαθητής δεν μπόρεσε να δώσει εξήγηση, όταν ρωτήθηκε, γιατί η καρδιά είναι χωρισμένη κάθετα σε δύο μέρη. Μεγάλο μέρος των μαθητών κάθε ηλικίας αναφέρθηκε σε «αεραγωγούς» που συνδέουν τους πνεύμονες και την καρδιά, για να εξηγήσουν τη διαδρομή του αέρα, αφού αυτός εισέλθει στο σώμα, ενώ ένα άλλο ποσοστό δε συσχέτισε καθόλου τα δύο συστήματα, το κυκλοφορικό και το αναπνευστικό, αφού, όπως ανέφεραν, ο αέρας εισπνέεται στους πνεύμονες και μετά εκπνέεται και φεύγει (Mintzes, κ.ά., 1991).

Πολλές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με τις γνώσεις και ιδέες των μαθητών για το εσωτερικό του ανθρώπινου σώματος (Tunnicliffe & Reiss, 1999· Cuthbert, 2000· Reiss & Tunnicliffe, 2001· Reiss κ. ά., 2002). Χρησιμοποιήθηκε κυρίως η μέθοδος της απεικόνισης του εσωτερικού του σώματος, ενώ τα αποτελέσματα ήταν παρόμοια: οι μαθητές είχαν μια πολύ γενική εικόνα του εσωτερικού του ανθρώπινου σώματος και ελάχιστες γνώσεις για τα όργανα κάθε συστήματος. Ο Ozsevec (2007) συμφώνησε πως οι μαθητές απλά απομνημονεύουν τα ονόματα των οργάνων και δεν κατανοούν τη συστημική τους σχέση.

Τα σχεδιαγράμματα παρέχουν μεγάλες ευκολίες στη συλλογή δεδομένων, αφού, σύμφωνα με τους Reiss και Tunnicliffe (2001), δεν εξαρτώνται από την ικανότητα λεκτικής έκφρασης και παράλληλα οι μαθητές, ιδιαίτερα μικρότερων ηλικιών, απολαμβάνουν να σχεδιάζουν και μάλιστα το κάνουν με πολλή προσοχή και προθυμία. Οι μεγαλύτεροι όμως σε ηλικία μαθητές μπορεί να ανησυχούν για τις ικανότητές τους στη ζωγραφική και να χρειάζονται επιβεβαίωση από τους ερευνητές ότι δεν ενδιαφέρει η καλλιτεχνική τους ικανότητα, αλλά το τι θα δείξουν με το όποιο σχέδιό τους.

Όταν ζητήθηκε από μαθητές να σχεδιάσουν τα συστήματα οργάνων του ανθρώπινου σώματος, τα όργανα του πεπτικού συστήματος και τα όργανα που εμπλέκονται στη διαδικασία ανταλλαγής αερίων, οι πνεύμονες δηλαδή, βρέθηκαν να ανήκουν στα συστήματα με συχνότερη απεικόνιση, ενώ το κυκλοφορικό σύστημα βρέθηκε στο ακριβώς αντίθετο άκρο, της σχεδόν καθόλου απεικόνισης – με εξαίρεση την καρδιά (Reiss & Tunnicliffe, 2001).

Η έννοια της κλειστής κυκλοφορίας φάνηκε να είναι και η πιο δύσκολη, αφού μεγάλος αριθμός μαθητών δήλωσε πως δε γνώριζε την απάντηση. Από τις απαντήσεις που συγκεντρώθηκαν φάνηκε πως οι ιδέες των μαθητών συγκλίνουν στη «μερικώς κλειστή κυκλοφορία», κατά την οποία λίγο αίμα παραμένει στα αγγεία, ενώ άλλο φεύγει για να θρέψει τα κύτταρα (Arnaudin & Mintzes, 1985).

Απαραίτητη για την κατανόηση επιστημονικών εννοιών και φαινομένων είναι η ακριβής και ορθή χρήση της γλώσσας (Michael, κ.ά., 1999). Οι Pelaez κ.ά. (2005) υποστήριξαν πως πολλές εναλλακτικές ιδέες φοιτητών προέρχονται από τη λανθασμένη χρήση διαφόρων εννοιών. Οι φοιτητές αναφέρονταν σε όλα τα αιμοφόρα αγγεία με τον όρο «φλέβες,» χωρίς να κάνουν κάποια άλλη διάκριση, μεταξύ π.χ., αρτηριών ή τριχοειδών αγγείων. Επίσης, αναφέρονταν στην κίνηση του αίματος σε ένα κύκλο, αφού δεν αντιλαμβάνονταν ότι η έννοια «κυκλοφορία του αίματος» (circulation) σήμαινε την κίνηση του αίματος δια μέσου ενός δικτύου αιμοφόρων αγγείων. Άλλη μια ενδιαφέρουσα, αλλά λανθασμένη χρήση της γλώσσας, εντοπίστηκε στον όρο «ανταλλαγή αερίων,» όπου, βασισμένοι οι φοιτητές στην καθημερινότητα, θεωρούσαν πως ένα μόριο οξυγόνου ανταλλάσσεται με ένα μόριο διοξειδίου του άνθρακα στους πνεύμονες (Pelaez κ.ά., 2005).

Παρόμοια ευρήματα εντόπισαν οι Lopez-Manjon και Angon (2009), οι οποίες κατέληξαν σε δυο μοτίβα για την κυκλοφορία του αίματος, βασισμένες στα σχεδιαγράμματα της πορείας μιας σταγόνας αίματος σε ανθρώπινη φιγούρα, που συνέλεξαν από άτομα χωρίς υπόβαθρο σε θέματα βιολογίας. Το κεντρικό μοτίβο ταυτιζόταν με την επιστημονική θεώρηση, όπου το αίμα, μέσω μιας αρτηρίας που φεύγει από την καρδιά, διακλαδώνεται σε άλλες αρτηρίες, φτάνει στα τριχοειδή και τελικά σε ένα όργανο-στόχο, και, ακολούθως, επιστρέφει μέσω των φλεβών στην καρδιά. Στο κυκλικό μοτίβο, το αίμα δεν ακολουθεί μια άμεση πορεία από την

καρδιά στο όργανο-στόχο, αλλά κατά την πορεία του περνά κυκλικά και από άλλα μέρη του σώματος. Οι περισσότερες απεικονίσεις δεν συμπεριλάμβαναν τους πνεύμονες, με τη δικαιολογία ότι οι πνεύμονες δεν ήταν μύες, για να ωθούν το αίμα, μόνο η καρδιά μπορεί να το κάνει αυτό. Ενώ μάλιστα γνώριζαν πως η λειτουργία της καρδιάς είναι να ‘αντλεί’ αίμα, εντούτοις δεν αντιλαμβάνονταν το ρόλο της ως διπλής αντλίας, κάτι που προϋποθέτει γνώσεις από το πεδίο της φυσικής για τα φαινόμενα πίεσης και δύναμης (Lopez-Manjon & Angon, 2009).

Όσον αφορά στις εναλλακτικές ιδέες των παιδιών στο πεδίο της φυσιολογίας-βιολογίας, αυτές έχουν συσχετιστεί με τον τρόπο που ο εκπαιδευτικός και το διδακτικό εγχειρίδιο παρουσιάζουν τις πληροφορίες, καθώς και με τη λανθασμένη χρήση της γλώσσας εντός της τάξης (Michael, Richardson, Rovick, Modell, Bruce, Horwitz, Hudson, Silverthorn, Whitescarver, & Williams, 1999; Seymour & Longden, 1991). Σύμφωνα με το Buckley (2000), οι εναλλακτικές αντιλήψεις των παιδιών, στις εξηγήσεις τους για την κυκλοφορία του αίματος, συχνά μοιάζουν με αυτές που δείχνουν οι εικόνες των διδακτικών εγχειριδίων.

Οι μαθητές απομνημονεύουν γεγονότα και δεν αναπτύσσουν μια βαθύτερη κατανόηση για το πώς συμβαίνουν τα φυσιολογικά φαινόμενα (Michael κ.ά., 1999), αφού όταν ζητήθηκε να εξηγήσουν τι θα συμβεί στον καρδιακό παλμό μετά από έντονη άσκηση, οι περισσότεροι απάντησαν πως ο παλμός θα αυξηθεί, αλλά ελάχιστοι το δικαιολόγησαν με αναφορά στη δράση του νευρικού συστήματος (Carvalho, 2009).

Σαφείς και ξεκάθαρες ερωτήσεις παίζουν καθοριστικό ρόλο στο να βοηθούν τους μαθητές να διαχωρίζουν μεταξύ αιτιώδους και τελεολογικής επεξήγησης. Η χρήση φράσεων του τύπου «εξήγησε πώς...», «δικαιολόγησε...» συνήθως ζητούν αιτιώδεις απαντήσεις, ενώ οι ερωτήσεις που ρωτούν για τη σημασία ή το ρόλο μιας βιολογικής διεργασίας, οδηγούν σε τελεολογικές απαντήσεις (Yip, 2009). Σύμφωνα με τον Tamir (1985), στη βιολογία χρησιμοποιούνται ευρέως και είναι αποδεκτές κυρίως οι τελεολογικές απαντήσεις, λόγω της πολυπλοκότητας που χαρακτηρίζει τους μηχανισμούς της ζωής.

Η τελεολογία αναφέρεται σε περιπτώσεις όπου το «τέλος» - ο σκοπός - χρησιμοποιείται σε επεξηγήσεις για τη μορφολογία μιας δομής (π.χ., το έντερο στα φυτοφάγα ζώα είναι

μακρύτερο από αυτό των σαρκοφάγων, για να μπορούν τα φυτοφάγα ζώα να χωνεύουν μεγαλύτερες ποσότητες τροφής που χρειάζονται για να ζήσουν) ή για την επεξήγηση μιας λειτουργίας (π.χ., τα φυτά εσωτερικού χώρου στρέφονται προς το παράθυρο για να παίρνουν περισσότερο φως και να αυξάνουν τη φωτοσύνθεση). Έτσι παρέχεται μια ικανοποιητική ερμηνεία χωρίς περαιτέρω ανάγκες για διερεύνηση. Η αποδοχή μιας τέτοιας επεξήγησης υπονοεί την απόδοση συνείδησης σε μη ανθρώπινα όντα, ή σε διάφορα όργανα, και είναι παραπλανητική (Tamir & Zohar, 1991). Μια τελεολογικού τύπου επεξήγηση βοηθά περισσότερο την κατανόηση, ειδικά σε ομάδες μαθητών μικρής ηλικίας, αφού σύμφωνα με τους Wiggins και McTighe (2005), παρέχει τη διασύνδεση μεταξύ δομής και λειτουργίας ενός μηχανισμού. Ο Tamir (1985) εξήγησε πως αυτού του τύπου η επεξήγηση οδηγεί στη δημιουργία ενός νοητικού σχήματος, που με τη σειρά του βοηθά το μαθητή να οργανώνει και να κατανοεί μια σειρά διακριτών γεγονότων και λεπτομερειών που πρέπει να μάθει. Φαίνεται πως η κατανόηση τελεολογικού τύπου επεξηγήσεων στη βιολογία ενισχύει το ενδιαφέρον για την εύρεση των αιτιωδών επεξηγήσεων για πολύπλοκες διεργασίες, που τόσο συντονισμένα πραγματοποιούνται στους ζωντανούς οργανισμούς (Yip, 2009).

Σε ερώτημα του τύπου «Εξήγησε την αύξηση στο ρυθμό αναπνοής κατά τη διάρκεια της άσκησης,» μια αιτιώδης επεξήγηση, άρα και πιο επιστημονική, θα έπρεπε να περιλαμβάνει την περιγραφή της αναγνώρισης από τον εγκέφαλο του ερεθίσματος για αυξημένη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα και την άμεση ενεργοποίηση του διαφράγματος και των γύρω μυών να αυξήσουν το ρυθμό συστολής και διαστολής των πνευμόνων. Οι μαθητές, αντίθετα, τείνουν να δίνουν τελεολογικού τύπου επεξηγήσεις, εξηγώντας πως αυτό συμβαίνει, για να αποβάλλεται με πιο γρήγορο ρυθμό το διοξείδιο του άνθρακα από το σώμα και να προσλαμβάνεται πιο γρήγορα το οξυγόνο (Yip, 2009).

### **Κυκλοφορικό Σύστημα και Διδασκαλία**

Στο αναλυτικό πρόγραμμα της Στ' δημοτικού του κυπριακού εκπαιδευτικού συστήματος, υπήρχε μέχρι τη σχολική χρονιά 2013-14, στο μάθημα της επιστήμης, η ενότητα με τίτλο «Το κυκλοφορικό σύστημα.» Σκοπός της ενότητας ήταν να γνωρίζουν οι μαθητές τη λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος, να κατανοούν τη σημασία της καρδιάς, των αγγείων και το ρόλο του αίματος και παράλληλα να αποκτούν υγιεινές συνήθειες για την καλύτερη

λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος (ΥΠΠ, 1997α). Ανάμεσα στις βασικές έννοιες της ενότητας, όπως ορίζονταν στο βιβλίο «Πρώτα βήματα στην Επιστήμη Στ' Δημοτικού - βιβλίο για το δάσκαλο,» ήταν η μορφολογία της καρδιάς, ότι δηλαδή είναι ένας μυς που αποτελείται από τέσσερα βασικά μέρη (δύο κοιλίες και δύο κόλπους), η διάκριση των αγγείων σε φλέβες, αρτηρίες και τριχοειδή, και οι λειτουργίες του αίματος (μεταφορά θρεπτικών ουσιών και οξυγόνου στους ιστούς, αποβολή αχρήστων ουσιών και διοξειδίου του άνθρακα από τους ιστούς, καταπολέμηση μικροοργανισμών με τα λευκά αιμοσφαίρια, επούλωση πληγών). Επιπρόσθετα, ανάμεσα στις επιδιωκόμενες δεξιότητες της ενότητας ήταν οι μαθητές να επικοινωνούν αποτελεσματικά, ερμηνεύοντας σχεδιαγράμματα που αφορούν τη μικρή και μεγάλη κυκλοφορία του αίματος και τη μορφή της καρδιάς, να εντοπίζουν και να κάνουν μετρήσεις του σφυγμού τους (ΥΠΠ, 1997α).

Στα φύλλα εργασίας και τα σχέδια μαθήματος, που προτείνονταν από το αντίστοιχο βιβλίο για το μαθητή, περιλαμβάνονταν και οι έννοιες του σφυγμού, της μικρής και μεγάλης κυκλοφορίας του αίματος, των ερυθρών και λευκών αιμοσφαιρίων, των αιμοπεταλίων καθώς και της ανταλλαγής αερίων στους ιστούς μέσω των τριχοειδών αγγείων (ΥΠΠ, 1997β). Για όλα, το αναλυτικό πρόγραμμα προνοούσε ότι θα αφιερωθεί χρόνος δύο ογδοντάλεπων μαθημάτων.

Σύμφωνα με τα Νέα Αναλυτικά Προγράμματα για τις Φυσικές Επιστήμες στο δημοτικό σχολείο, τα οποία έχουν τεθεί σε εφαρμογή από τη σχολική χρονιά 2014-15, φαίνεται ότι η ενότητα, με τίτλο «Το σώμα και η υγεία μας,» προνοείται να διδαχτεί βαθμιαία, σε όλες τις τάξεις του δημοτικού. Φαίνεται να περιλαμβάνει όχι μόνο τη δομή και λειτουργία των συστημάτων του οργανισμού, αλλά και τις αναγκαίες συνθήκες και συνήθειες, που τα παιδιά θα πρέπει να αναπτύξουν, ώστε το σώμα τους να είναι υγιές και να είναι σε θέση να αντιστέκονται σε προκλήσεις που μπορεί να προκαλούν προβλήματα στην υγεία τους. Η ενασχόληση των παιδιών με το κυκλοφορικό σύστημα επικεντρώνεται στη Στ' τάξη, σε συνδυασμό μάλιστα με την πέψη και την αναπνοή, κάτω από τον υπότιτλο «Η λειτουργία της θρέψης: πέψη, αναπνοή, κυκλοφορία του αίματος» (ΥΠΠ, 2010). Δεν προκαθορίζεται όμως ο διδακτικός χρόνος που πρέπει να αφιερωθεί για τη διδασκαλία της ενότητας.



Ανάμεσα στους δείκτες επιτυχίας, όπως αυτοί ορίζονται από τα Νέα Αναλυτικά Προγράμματα, είναι η ανάπτυξη από μέρους των μαθητών της ικανότητας να επικοινωνούν, χρησιμοποιώντας το κατάλληλο λεξιλόγιο και γραφικές απεικονίσεις, και παράλληλα να είναι σε θέση να αξιολογούν ζητήματα της καθημερινότητας που σχετίζονται με τις φυσικές επιστήμες – και κατ' επέκταση με την υγεία του ανθρώπου – και να μπορούν να λαμβάνουν τις σωστές αποφάσεις ή να προτείνουν και να αναλαμβάνουν δράσεις. Διαφαίνεται μια μετακίνηση των επιδιώξεων του Νέου Αναλυτικού Προγράμματος, προς την ανάπτυξη δεξιοτήτων πέραν της εννοιολογικής κατανόησης, όπως είναι η ανάπτυξη στάσεων και δεξιοτήτων σκέψης, καθώς και επιστημολογικής ενημερότητας (ΥΠΠ, 2010).

### **Η Θεωρία της Δραστηριότητας (Activity Theory)**

Σύμφωνα με τη θεωρία μάθησης του κοινωνικού εποικοδομητισμού, η γνώση οικοδομείται μέσα στο κοινωνικό και πολιτισμικό πλαίσιο στο οποίο ζει το άτομο. Στο πλαίσιο αυτό, η ανάπτυξη της νόησης είναι διαδικασία κοινωνικής αλληλεπίδρασης στην οποία κυρίαρχο ρόλο παίζει η γλώσσα. Η κοινωνικοπολιτισμική θεώρηση της μάθησης βασίζεται στις απόψεις του Vygotsky (1978), και τονίζει τη σημασία της γλώσσας στην ανάπτυξη της νόησης και κατ' επέκταση της οικοδόμησης της γνώσης. Ο μαθητής, μέσα στη σχολική κοινότητα, πράττει και αλληλεπιδρά με άλλα υποκείμενα, τα οποία επικοινωνούν και συνεννοούνται μέσω μιας κοινής γλώσσας (Vygotsky, 1978). Η σκέψη, που είναι εσωτερικευμένη γλώσσα κατά τον Vygotsky, καθοδηγεί και δρα ως καταλύτης για τη νοητική ανάπτυξη του ανθρώπου, οδηγώντας τον στην απόκτηση γνώσεων, μέσω της αλληλεπίδρασής του με τα μέλη μιας κοινότητας, παρά μέσω μιας αυτόνομης δραστηριότητας. Σε μια κοινότητα της οποίας τα μέλη της αλληλοβοηθούνται και συνεργάζονται, τα άτομα πετυχαίνουν αυτό που δε θα μπορούσαν να κάνουν μόνα τους- ζώνη επικείμενης ανάπτυξης (Κόμης, 2004).

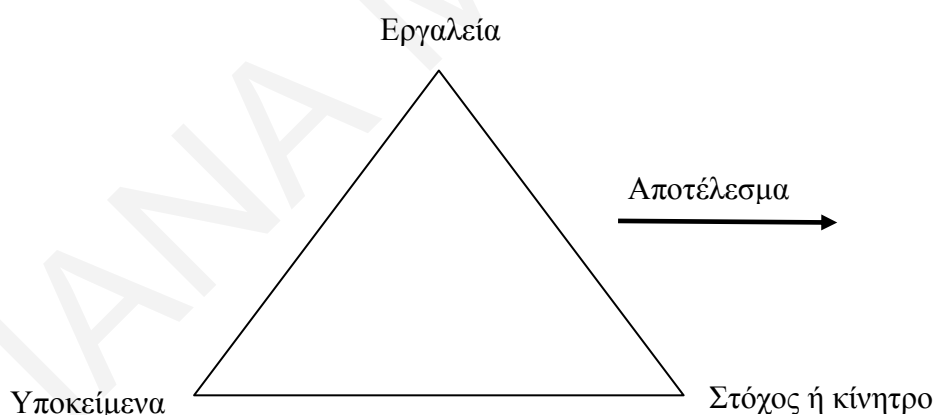
Η θεωρία της δραστηριότητας (activity theory) (Leont'ev, 1978· Engeström, 1987,1999, 2001) δίνει μία προσέγγιση, όπου οι δράσεις και οι συμπεριφορές του ατόμου εντάσσονται σε ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο πλαίσιο, το οποίο όμως μπορεί να μελετηθεί και αυτό είναι η δραστηριότητα. Δραστηριότητα ορίζεται ως οι πολλές ανθρώπινες πράξεις και σχέσεις αναπτυξιακών διαδικασιών, σε ένα φυσικό περιβάλλον, όπου τα άτομα επικοινωνούν,

συνεργάζονται και αναπτύσσονται με μία αλληλεπίδραση πολιτισμικά και κοινωνικά προσδιορισμένη. Η αλληλεπίδραση μεταξύ ατόμων, υλικών, εργαλείων, γλωσσικών συμβόλων και πολιτισμικών καταβολών, συμβάλλει στην εννοιολογική αλλαγή (conceptual change), περνώντας από την κοινωνικο-γνωστική σύγκρουση (socio-cognitive conflict) και τη γνωστική επανεξέταση μιας κατάστασης σε μια διαδικασία διδακτικού μετασχηματισμού. Ο μετασχηματισμός αυτός δημιουργεί, τέλος, ένα νέο σχολικό επιστημολογικό πλαίσιο, στο οποίο η επιστημονικού τύπου δραστηριότητα των μαθητών αποκτά βαρύνουσα σημασία (Σολομωνίδου, 2006). Συστηματική παρατήρηση, ακριβής περιγραφή, ταξινόμηση, χειρισμός μεταβλητών, διατύπωση υποθετικών συλλογισμών, πειραματικός και μαθηματικός έλεγχος των υποθέσεων, εξέταση ομοιοτήτων και διαφορών, αποτελούν συνιστώσες της δραστηριότητας αυτής (Κόμης, 2004).

Η επικοινωνία και η συνεργασία αποτελούν βασικά στοιχεία της θεωρίας της δραστηριότητας. Τα τελευταία χρόνια, η τεχνολογική εξέλιξη και η χρήση των ΗΥ και του διαδικτύου, ανάμεσα στα μέλη κοινοτήτων και των σχολικών κοινοτήτων, έφερε στο προσκήνιο τη θεωρία του Vygotsky και του κοινωνικού εποικοδομητισμού, αν και ο Vygotsky, όταν έλεγε επικοινωνία, εννοούσε τη γλώσσα κι όχι την τεχνολογία, και επηρέασε τις θεωρίες μάθησης με τη χρήση ή την υποστήριξη της σύγχρονης τεχνολογίας. Η θεωρία της δραστηριότητας χρησιμοποιείται ως πλαίσιο για το σχεδιασμό μαθησιακού περιβάλλοντος εμπλουτισμένου με τεχνολογικά μέσα ή για την κατανόηση των ποικίλων μορφών αποδοχής και υιοθέτησης εφαρμογής των δράσεων που χρησιμοποιούν ΤΠΕ. Έχει επίσης εφαρμοστεί στην ανάλυση της δραστηριότητας σε διάφορα άλλα εκπαιδευτικά συγκείμενα, π.χ., στη δημιουργία ενός οικοδομιστικού περιβάλλοντος μάθησης (Jonassen, & Rohrer-Murphy, 1999), στην αξιολόγηση συστήματος διαχείρισης πληροφοριών (Kim, Chaudhury, & Rao, 2002), αλλά και στη θεώρηση της εκπαίδευσης ενηλίκων στον Καναδά (Livingstone, 2001).

Αποτελεί το θεωρητικό πλαίσιο που διευκολύνει, σύμφωνα με τους Kaptelinin και Nardi (2006), τη γεφύρωση του χάσματος μεταξύ της παροχής κινήτρου και της δράσης, και παρέχει ταυτόχρονα ένα συνεκτικό σώμα για τις διαδικασίες που πρέπει να γίνουν σε διάφορα επίπεδα δράσης. Ο όρος δράση (activity) είναι ένα εξελισσόμενο σύνθετο σχήμα συλλογικής ανθρώπινης δραστηριότητας και όχι απλά ένα έργο με αρχή και τέλος (Roth & Lee, 2007).

Η θεωρία της δραστηριότητας βασίζεται στη Μαρξιστική φιλοσοφία. Η πολιτιστική - ιστορική θεωρία της δραστηριότητας ξεκίνησε από τους Ρώσους ψυχολόγους Vygotsky (1978) και Leont'ev (1978), και αποτελεί σήμερα μια παγκόσμια διεπιστημονική ερευνητική προσέγγιση που προσανατολίζεται στη μελέτη της εργασίας και των τεχνολογιών. Η πολιτιστική - ιστορική θεωρία δραστηριότητας του Vygotsky (1978) εστιάζει στη διαμεσολαβητική δράση, ενώ ο Leont'ev (1978) την επέκτεινε αργότερα στην ιεραρχική δομή της ανθρώπινης δραστηριότητας. Σύμφωνα με το Leont'ev (1978), οι δράσεις είναι συλλογικές και το κίνητρο τους εστιάζεται στην ανάγκη για αλλαγή ενός αντικειμένου (object) - ο στόχος της δραστηριότητας - το οποίο μπορεί να είναι υλικό ή ιδεατό (π.χ., ένα πρόβλημα ή μια ιδέα), ώστε να αποδώσει τα επιθυμητά αποτελέσματα. Αυτό το κίνητρο προσδίδει νόημα και καθοδηγεί δράσεις, ή αλυσίδες δράσεων, από τα υποκείμενα (subjects), ως άτομα ή ως ομάδες, προς τον επιθυμητό στόχο. Για τις δράσεις, οι οποίες είναι σκόπιμες και σχεδιασμένες και πραγματοποιούνται μέσω μιας ρουτίνας, μεσολαβούν τα εργαλεία (tools). Τα εργαλεία μπορεί να έχουν υλική μορφή, όπως είναι οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, τα βιβλία, οι μηχανές, ή νοητική μορφή, όπως είναι η γλώσσα ή τα μοντέλα, κ.ά. (Σχήμα 3)



Σχήμα 3. Τριαδικό Μοντέλο της Θεωρίας της Δραστηριότητας, 1<sup>ης</sup> γενεάς

Η θεωρία της δραστηριότητας τονίζει τους κοινωνικούς παράγοντες και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μερών και του περιβάλλοντος, και εξηγεί γιατί η αρχή της διαμεσολάβησης των εργαλείων κατέχει σημαντικό ρόλο σε αυτή την προσέγγιση. Τα εργαλεία, διαμορφώνουν τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι αλληλεπιδρούν με την πραγματικότητα και αντικατοπτρίζουν

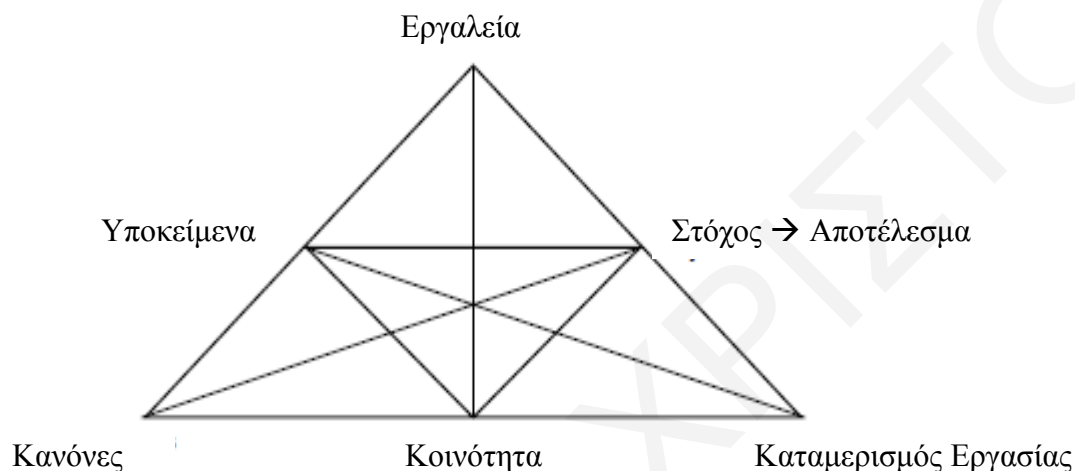
συνήθως την εμπειρία άλλων ανθρώπων, που προσπάθησαν να επιλύσουν παρόμοιας φύσεως προβλήματα σε προγενέστερο στάδιο και δημιούργησαν ή τροποποίησαν ένα εργαλείο για να το κάνουν πιο αποτελεσματικό. Τα εργαλεία δημιουργούνται ή μετασχηματίζονται κατά την ανάπτυξη και εξέλιξη μιας δραστηριότητας και μεταφέρουν μαζί τους μια συγκεκριμένη κουλτούρα: όλα τα ιστορικά απομεινάρια της εξέλιξης. Επηρεάζουν, συνεπώς, τη συμπεριφορά και τον τρόπο σκέψης και δράσης του ατόμου (Kartelini, Kuutti, & Bannon, 1995).

Σύμφωνα με τον Vygotsky (1978), διακρίνονται δύο είδη εργαλείων: τα τεχνολογικά και τα ψυχολογικά (νοητικά). Τα πρώτα χρησιμεύουν για το χειρισμό φυσικών αντικειμένων, όπως π.χ. ένα σφυρί, ενώ τα δεύτερα, χρησιμοποιούνται από τον άνθρωπο για να επηρεάζει τον εαυτό του ή άλλους ανθρώπους (π.χ., ο πίνακας πολλαπλασιασμού ή μια διαφήμιση). Τα εργαλεία, διευρύνουν τις πιθανότητες χειρισμού και μετασχηματισμού διαφόρων αντικειμένων, ή το ίδιο το αντικείμενο διαμορφώνεται και μετασχηματίζεται σύμφωνα με τις αρχές και τα όρια ενός εργαλείου. Έτσι, τα διαμεσολαβητικά εργαλεία, έχουν διπλή λειτουργία: ενεργοποίησης, αλλά και περιορισμού μιας δράσης, ενώ δεν χρησιμοποιούνται ποτέ στο κενό, αφού έχουν διαμορφωθεί από το κοινωνικο-πολιτισμικό πλαίσιο στο οποίο τυγχάνουν εφαρμογής (Kartelini, κ.ά., 1995).

Η θεωρία του Engeström (1987) για τα συστήματα δραστηριότητας αποτελεί προέκταση του τριαδικού μοντέλου του Leont'ev και εμπερικλείει επιπλέον την κοινότητα (community), δηλαδή όσους μοιράζονται το ίδιο κίνητρο, ή στόχο, και στην οποία ανήκουν τα υποκείμενα, καθώς και οι κανόνες (rules), άτυποι ή επίσημοι, που καθορίζουν τη συμμετοχή των υποκειμένων στη δραστηριότητα, ώστε να υπάρχει αρμονία και έλεγχος της δραστηριότητας και ο καταμερισμός της εργασίας (division of labour) που καθορίζει τις υπευθυνότητες, δηλαδή τις ατομικές και συλλογικές προσπάθειες που γίνονται από τους συμμετέχοντες (Σχήμα 4). Τα συστήματα δραστηριότητας χαρακτηρίζονται από αντιφάσεις ή συστημικές εντάσεις, οι οποίες ενεργοποιούν καινοτομίες και αλλαγές, και αποτελούν την πηγή της ανάπτυξης (Barab, Barnett, & Squire, 2002 · Engeström, 1987, 2001 · Roth & Lee, 2007).

Κανένα από τα πιο πάνω στοιχεία δεν πρέπει να θεωρείται απομονωμένο από τα άλλα, ή ότι

παραμένει σταθερό με την πάροδο του χρόνου ή την αλλαγή τόπου. Το σύστημα δραστηριότητας είναι πάντα δυναμικό. Η δυναμική της ίδιας της θεωρίας βρίσκεται στο ότι ερευνά το πώς επηρεάζονται όλα τα μέρη του συστήματος, όταν το υποκείμενο τροποποιεί το στόχο και τη μορφή αυτών των αλλαγών ή αντιφάσεων που προκύπτουν (Engeström, 1987).



Σχήμα 4. Μοντέλο Θεωρίας της Δραστηριότητας 2<sup>ης</sup> γενεάς.

Η κάθε δραστηριότητα, σύμφωνα με τη θεωρία της δραστηριότητας, συνίσταται από το Υποκείμενο, το Αντικείμενο (στόχος δράσης), τις Πράξεις και τις Λειτουργίες, συστατικά μέρη τα οποία οργανώνονται σε συστήματα δραστηριότητας (activity systems) που μέσα σε μια κοινότητα μάθησης (community of learners) διαμορφώνουν (σημαντική επιρροή η ζώνη επικείμενης ανάπτυξης ατόμου και μελών κοινότητας) τους ρόλους, την επιμέρους εργασία, τους κανόνες, τη χρήση διαμεσολαβητικών εργαλείων και τη σχέση μεταξύ τους. Συμμετοχή σε μία δραστηριότητα σημαίνει πραγματοποίηση συγκεκριμένων πράξεων, σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο, για την επίτευξη ενός στόχου (goal), μέσω των διαμεσολαβητικών εργαλείων, μεθόδων, συμβόλων υλικών, διαδικασιών, κανόνων και ρόλων.

Η εκπαιδευτική έρευνα, σύμφωνα με τον Mortimore (2000), αποτελείται από τέσσερα έργα: την παρατήρηση και καταγραφή γεγονότων και διαδικασιών που σχετίζονται με τη μάθηση, την ανάλυση και τη δημοσίευσή τους με υπόβαθρο τις υπάρχουσες θεωρίες και την επέκταση της έρευνας, για να πραγματοποιηθούν βελτιώσεις στην εκπαίδευση. Κατά αντίστοιχο τρόπο, η εκπαιδευτική έρευνα μπορεί να θεωρηθεί και ως μια μορφή δραστηριότητας, όπως καθορίζεται από τον Engeström (2000), αφού ακολουθεί το ίδιο μοντέλο:

- (α) οι ερευνητικές δραστηριότητες σχεδιάζονται, ώστε να οδηγούν σε ένα αποτέλεσμα·
- (β) τα υποκείμενα ή οι ερευνητές διεξάγουν τις δραστηριότητες βάσει κάποιου στόχου·
- (γ) οι ερευνητικές δραστηριότητες διεξάγονται βάσει συγκεκριμένων κανόνων·
- (δ) η ερευνητική δραστηριότητα διεξάγεται σε μια κοινότητα με ξεχωριστό κοινωνικό και πολιτισμικό χαρακτήρα·
- (ε) σε μια ερευνητική κοινότητα παρατηρείται καταμερισμός εργασίας και
- (στ) διάφορα μέσα και εργαλεία μεσολαβούν για την επίτευξη των ερευνητικών δραστηριοτήτων.

Η θεωρία της δραστηριότητας χρησιμοποιεί τον όρο αντίφαση, για να αναδείξει μια αρνητική εφαρμογή εντός, ή μεταξύ, κάποιων στοιχείων, μεταξύ δράσεων ή μεταξύ διαφόρων αναπτυξιακών φάσεων μια συγκεκριμένης δραστηριότητας. Αυτό ερμηνεύεται ως πρόβλημα, ρήξη, κατάρρευση, σύγκρουση ή ως ένα εμπόδιο προς την ομαλή έκβαση της εργασίας (Helle, 2000). Υπάρχουν διαφόρων βαθμών αντιφάσεις μέσα σε ένα σύστημα δραστηριότητας. Μπορεί να είναι πρωτοβάθμιες αντιφάσεις, δηλαδή αντιφάσεις ανάμεσα στις ατομικές ενέργειες και στο όλο σύστημα της συλλογικής δραστηριότητας, ή μπορεί να είναι δευτεροβάθμιες αντιφάσεις, δηλαδή αντιφάσεις ανάμεσα στα στοιχεία του συστήματος (τις «γωνιές»). Τριτοβάθμιες αντιφάσεις εμφανίζονται όταν εκπρόσωποι της κουλτούρας εισάγουν πιο προχωρημένα κίνητρα και αντικείμενα σε μια υφιστάμενη δραστηριότητα, από ότι προϋποθέτει η κυρίαρχη δραστηριότητα (π.χ., όταν ο εκπαιδευτικός θέτει υψηλότερους στόχους για τους μαθητές μιας συγκεκριμένης ηλικίας, αγνοώντας τους περιορισμούς που τίθενται από την ίδια την ηλικία). Τέλος, αντιφάσεις τετάρτου βαθμού προκύπτουν μεταξύ μιας κεντρικής δραστηριότητας και γειτονικών συστημάτων δραστηριότητας, που σχετίζονται με αυτή, π.χ., ανάμεσα στο σύστημα εκπαίδευσης των υποκειμένων μιας δραστηριότητας και την ίδια την κεντρική δραστηριότητα (Engeström, 1987).

Στις μελέτες με βάση τη θεωρία της δραστηριότητας, οποιεσδήποτε αποκλίσεις από τον κανόνα καλούνται διαταραχές και δεικνύουν σημαντικές αναπτυξιακές αντιφάσεις και άρα δυνατότητες για αλλαγή εντός της δραστηριότητας. Ενώ το αντικείμενο και το κίνητρο παρέχουν σχετικές και συνεχείς δράσεις, είναι ταυτόχρονα αντιφατικές και προκαλούν μια συνεχή αστάθεια στο σύστημα της δραστηριότητας (Engeström, 2000). Συνεπώς, όταν η

εισαγωγή μιας καινοτομίας, ή ενός νέου μέσου στην εκπαίδευση, οδηγεί σε σοβαρές διαφοροποιήσεις στην εσωτερική δομή του τομέα της εκπαίδευσης, μπορεί κανείς να συμπεράνει πως το σύστημα της δραστηριότητας έχει διαταραχθεί. Εάν αυτή η διαταραχή οφείλεται στην εφαρμογή νέων αναλυτικών προγραμμάτων, στις διαδικασίες αξιολόγησης, σε διδακτικές μεθοδολογίες και σε διδακτικά εγχειρίδια, τότε, σύμφωνα και με τον Engeström (2000), η διαταραχή είναι εκτενής. Αν η εισαγωγή νέων τεχνολογιών, για παράδειγμα, δεν οδηγήσει σε εκτενή αναδιαμόρφωση των εσωτερικών δομών της διδακτικής δραστηριότητας, τότε το νέο στοιχείο οδηγείται στην απόρριψη και συνεπώς δεν έχει διαταραχθεί το ευρύ σύστημα. Έχει απλώς ενοχληθεί, ή στιγμιαία διακοπεί, και η διδακτική πράξη έχει μείνει ουσιαστικά αναλλοίωτη. Η θεωρία της δραστηριότητας επιτρέπει την ερμηνεία φαινομένων αντίστασης σε εκπαιδευτικές μεταρρυθμίσεις και την αναγνώριση φραγμών σε παιδαγωγικές αλλαγές που προκύπτουν από την εισαγωγή των ΤΠΕ (Blin & Munro, 2008).

Η αμφισβήτηση ενός υφιστάμενου συστήματος (π.χ., του εκπαιδευτικού συστήματος) και των υφιστάμενων πρακτικών από τους εμπλεκόμενους (π.χ., εκπαιδευτικοί), οδηγεί σε βαθύτερη ανάλυση των γεγονότων, πριν προκύψει η αλλαγή. Δράσεις αμφισβήτησης και ανάλυσης στοχεύουν στον εντοπισμό και τον ορισμό προβλημάτων και αντιφάσεων. Εάν σε μια τέτοια περίπτωση γίνει προσπάθεια να επιβληθεί εκ των άνω μια λύση (π.χ., από τις εκπαιδευτικές αρχές), τυπικά θα απορριφθεί (Engeström, 2000). Οι Nonaka και Takeuchi (1995), από την άλλη, θεωρούν πως, όταν ο στόχος δημιουργίας και εφαρμογής ορίζεται και επιβάλλεται από τους ανώτερους, γίνεται ευκολότερα αποδεκτός, αφού θα είναι ελάχιστες οι αντιδράσεις του κοινωνικού συνόλου, που θεωρούν πως δεν μπορούν να κάνουν κάτι για να το εμποδίσουν.

Είναι απαραίτητο να ακολουθηθεί μια διευρυμένη κυκλική πορεία εφαρμογής δράσεων, που εμπερικλείει τη στρατηγική του σχηματισμού και της εφαρμογής ενός μοντέλου για την επίλυση των προβλημάτων, την αξιολόγησή του και την τελική εδραίωσή του, ή όχι, όπως ο Engeström (2000) το παρουσιάζει στο Σχήμα 5.

Ο Engeström (2000) περιγράφει την πορεία της μεθόδου για αναπτυξιακή αλλαγή (expansive transition) ή διευρυμένης μάθησης (expansive learning), πορεία την οποία ονομάζει κύκλο αναπτυξιακής έρευνας (developmental research). Με τη μέθοδο αυτή μελετήθηκαν οι

διαδικασίες για την εισαγωγή μιας καινοτομίας σε ένα οργανισμό, πώς δηλαδή οι οργανισμοί παράγουν νέες λύσεις, διαδικασίες ή συστημικές αλλαγές στην όλη πρακτική τους.



Σχήμα 5. Στάδια Μεθοδολογίας της Διευρυμένης Μάθησης (Engeström, 2000)

Τα χαρακτηριστικά που καθιστούν το συγκεκριμένο θεωρητικό πλαίσιο κατάλληλο για την ανάλυση των καινοτομιών σε ένα οργανισμό, είναι ότι η θεωρία της δραστηριότητας προσανατολίζεται στην ιστορική κατανόηση των υφιστάμενων πρακτικών μέσα από την περιγραφή του συστήματος ως προς το υποκείμενο, αντικείμενο, εργαλεία, πρακτικές και κοινωνική οργάνωσή τους (Cole & Engeström, 1993) και, παράλληλα, στο ότι είναι μια αναπτυξιακή θεωρία που επιδιώκει να εξηγήσει και να επιδράσει στις αλλαγές των ανθρωπίνων πρακτικών δια μέσου των χρόνων (Engeström, 1995).

Με τη μέθοδο της διευρυμένης μάθησης, ανιχνεύεται το πώς αναπτύσσεται το αντικείμενο μιας δραστηριότητας, μέσα από εσωτερικές αντιφάσεις στο σύστημα δραστηριότητας. Εστιάζει στη δημιουργία και πρακτική εφαρμογή νέων αρχών και ιδεών και επικεντρώνεται στο ρόλο των αντιφάσεων που προκαλεί αυτή η αλλαγή. Η αρχική ιδέα μετασχηματίζεται σε ένα νέο αντικείμενο και νέο είδος πρακτικών (Engeström, 1999). Όλα τα στάδια που περιγράφονται αφορούν την κάθε διαδικασία, που πρέπει να ακολουθείται σε οποιαδήποτε προσπάθεια εφαρμογής ή εισαγωγής μια καινοτομίας στο σύστημα της εκπαίδευσης.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ

### ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

#### Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η μεθοδολογία της έρευνας. Δίνονται λεπτομέρειες σχετικά με το δείγμα και τον αντίστοιχο πληθυσμό, τα ερευνητικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διαδικασία συλλογής δεδομένων, καθώς και για τη διαδικασία διεξαγωγής της έρευνας. Διατυπώνονται επίσης τα ερευνητικά ερωτήματα και περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο έγινε η ανάλυση των δεδομένων, για να απαντηθούν τα συγκεκριμένα ερωτήματα.

#### Δείγμα – Πληθυσμός

Για τη διεξαγωγή της έρευνας, χρησιμοποιήθηκαν ως δείγμα ευκολίας οι μαθητές της Στ' τάξης από τρία μεγάλα δημοτικά σχολεία του κέντρου της Λευκωσίας. Με τυχαίο τρόπο επιλέγηκαν δύο τμήματα της Στ' τάξης από κάθε σχολείο, ένα σύνολο έξι τμημάτων, που αριθμούσαν 120 μαθητές. Η σύνθεση του δείγματος και για τις δύο ομάδες (ΠΟ και ΟΕ), ανά σχολείο, τμήμα και φύλο, παρουσιάζεται αναλυτικά στον Πίνακα 1, ενώ φαίνεται και ο αριθμός αγοριών ή κοριτσιών που απουσίαζαν από κάθε τμήμα, κατά τη διάρκεια μίας ή περισσότερων φάσεων της ερευνητικής διαδικασίας. Το αρχικό δείγμα ήταν 120 παιδιά, 61 αγόρια και 59 κορίτσια, ενώ για την ανάλυση των αποτελεσμάτων συμπεριλήφθηκαν στο δείγμα 103 παιδιά, 48 αγόρια και 55 κορίτσια.

Με αυτόν τον τρόπο, έγινε προσπάθεια να περιοριστούν στο ελάχιστο οι διαφορές στο κοινωνικοοικονομικό επίπεδο και το οικογενειακό υπόβαθρο των μαθητών, ώστε ευκολότερα να γίνει η γενίκευση των αποτελεσμάτων στον αντίστοιχο πληθυσμό των τριών σχολείων και, ευρύτερα, στον πληθυσμό των σχολείων με αντίστοιχα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά, όπως είναι τα μεγάλα σχολεία που εντοπίζονται στα αστικά κέντρα

Πίνακας 1  
Αναλυτική Περιγραφή του Δείγματος

	Αγόρια			Κορίτσια			Σύνολα
	Αρχικός Αριθμός	Αποχή	Τελικός Αριθμός	Αρχικός Αριθμός	Αποχή	Τελικός Αριθμός	
Ομάδα Ελέγχου (ΟΕ)							
Σχολείο Α	12	4	8	7	0	7	15
Σχολείο Β	13	1	12	9	0	9	21
Σχολείο Γ	9	3	6	12	2	10	16
Σύνολο	34	8	26	28	2	26	52
Πειραματική Ομάδα (ΠΟ)							
Σχολείο Α	4	0	4	12	1	11	15
Σχολείο Β	14	2	12	8	0	8	20
Σχολείο Γ	9	3	6	11	1	10	16
Σύνολο	27	5	22	31	2	29	51

### Διαδικασία της Έρευνας

Αρχικά, χορηγήθηκαν σε όλους τους μαθητές, οι Σταθερές Προοδευτικές Μήτρες του Raven (Raven's Standard Progressive Matrices) (Raven, 2000), τα αποτελέσματα των οποίων καθόρισαν το επίπεδο γενικής γνωστικής ικανότητάς τους. Ακολούθως, κάθε μαθητής συμπλήρωσε ένα δελτίο με τα προσωπικά, δημογραφικά του στοιχεία, ενώ ζητήθηκαν, παράλληλα, από τους εκπαιδευτικούς κάθε τάξης τα αρχεία με τις γενικές επιδόσεις των μαθητών στο σχολείο.

Επιλέγηκε με τυχαίο τρόπο ένα τμήμα από κάθε σχολείο και εντάχθηκε στην Πειραματική Ομάδα (ΠΟ), ενώ το δεύτερο τμήμα κάθε σχολείου εντάχθηκε στην Ομάδα Ελέγχου (ΟΕ). Οι δύο ομάδες διέφεραν ως προς τη διδακτική μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για τη διδασκαλία της ενότητας για το κυκλοφορικό σύστημα. Η διδασκαλία στην ΟΕ ακολούθησε την πορεία διδασκαλίας του διδακτικού εγχειριδίου «Πρώτα Βήματα στην Επιστήμη» (ΥΠΠ, 1997α, 1997β), ενώ η ΠΟ διδάχθηκε την ενότητα, ακολουθώντας μια αντίστοιχου περιεχομένου πορεία διδασκαλίας, η οποία ήταν όμως εμπλουτισμένη με προσομοιώσεις, που οπτικοποιούσαν λειτουργίες του κυκλοφορικού συστήματος, οι οποίες δε γίνονται αντιληπτές με γυμνό μάτι, όπως φαίνονται αναλυτικά στον Πίνακα 2.

Στην παραδοσιακή διδασκαλία, σύμφωνα με το διδακτικό εγχειρίδιο, οι βασικές έννοιες της ενότητας παρουσιάζονται στους μαθητές υπό μορφή στατικών διαγραμμάτων και εικόνων και λεκτικών περιγραφών. Η ενσωμάτωση δυνατοτήτων ΤΠΕ στην εναλλακτική διδακτική προσέγγιση συνέβαλε, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2, στην οπτικοποίηση των βασικών εννοιών της ενότητας, όπως είναι η δομή και η λειτουργία της καρδιάς και του κυκλοφορικού συστήματος, αφού τα παιδιά είχαν την ευκαιρία να παρακολουθούν τις κινήσεις της καρδιάς και τη ροή του αίματος διαμέσου των φλεβών και των αρτηριών και να «δουν» πώς μοιάζει το αίμα. Η διασύνδεση του κυκλοφορικού συστήματος με το πεπτικό και αναπνευστικό σύστημα παρουσιάζεται επίσης με τις αντίστοιχες προσομοιώσεις, κατά τις οποίες οπτικοποιείται η ανταλλαγή αερίων ( $\text{CO}_2$  και  $\text{O}_2$ ) στις κυψελίδες των πνευμόνων και η απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών που γίνεται στις λάχνες του λεπτού εντέρου. Οι προσομοιώσεις χρησιμοποιήθηκαν μόνο ως οπτικό υλικό, αφού το λεκτικό μέρος ήταν στην αγγλική γλώσσα, ή τοποθετήθηκαν ελληνικοί υπότιτλοι, εκεί που κρίθηκε αναγκαίο για τους σκοπούς της διδασκαλίας.

Η διδασκαλία στις ΟΕ πραγματοποιήθηκε από τον εκπαιδευτικό που δίδασκε το μάθημα των φυσικών επιστημών στην τάξη. Προηγήθηκε ο από κοινού συντονισμός των τριών εκπαιδευτικών και της ερευνήτριας, κατά τον οποίο αποσαφηνίστηκε ότι η πορεία διδασκαλίας που θα ακολουθούσαν θα ήταν απολύτως σύμφωνη με το διδακτικό εγχειρίδιο «Πρώτα Βήματα στην Επιστήμη.» Η διδακτική παρέμβαση στις ΠΟ έγινε από την ερευνήτρια, και χωριστά για κάθε τμήμα, ακολουθώντας τον εναλλακτικό διδακτικό σχεδιασμό, όπως έχει ήδη περιγραφεί. Για τις διδακτικές παρεμβάσεις αφιερώθηκε ο ίδιος χρόνος, είχαν τεθεί κοινές μαθησιακές επιδιώξεις και χρησιμοποιήθηκε το ίδιο περιεχόμενο.

Αφού ολοκληρώθηκε η διδακτική ενότητα για το κυκλοφορικό σύστημα και για τα 6 τμήματα, έγινε η τελική αξιολόγηση όλων των μαθητών, με τη χορήγηση του Δοκιμίου Αξιολόγησης της Ενότητας, ενός ειδικά σχεδιασμένου για τους σκοπούς της έρευνας δοκιμίου.

## Πίνακας 2

### Σύγκριση των Διδακτικών Προσεγγίσεων που Ακολουθήθηκαν

Περιεχόμενο Διδασκαλίας	Παραδοσιακή Διδακτική Προσέγγιση (διδακτικό εγχειρίδιο)	Εναλλακτική Διδακτική Προσέγγιση (ενσωμάτωση ΤΠΕ)
Δομή και Λειτουργία της Καρδιάς	Στατικά Διαγράμματα	Προσομοίωση: Εσωτερική δομή της καρδιάς και ταυτόχρονη κίνηση (συστολή/διαστολή κόλπων και κοιλιών) <sup>1</sup>
Δομή και Λειτουργία Κυκλοφορικού Συστήματος	Στατικό Διάγραμμα	Προσομοίωση: Ροή του αίματος δια μέσου των αγγείων (φλεβών και αρτηριών) σε όλο το σώμα
Σύσταση Αίματος	Εικόνες	Προσομοίωση: Οπτικοποίηση των συστατικών του αίματος (αιμοσφαίρια, αιμοπετάλια)
Ο ρόλος των πνευμόνων	Στατικό Διάγραμμα	Προσομοίωση: Ανταλλαγή αερίων στους πνεύμονες
Απορρόφηση Θρεπτικών Ουσιών	Λεκτική Αναφορά	Προσομοίωση: Διάσπαση θρεπτικών ουσιών, απορρόφηση από τις λάχνες του λεπτού εντέρου και μεταφορά τους μέσω των τριχοειδών αγγείων στα όργανα.
Στένωση των Αγγείων (καρδιαγγειακά νοσήματα)	Λεκτική Αναφορά	Προσομοίωση: Διαδικασία δημιουργίας της αθηρωματικής πλάκας (εναπόθεσης λίπους) που προκαλεί στενώσεις στα αιμοφόρα αγγεία <sup>2</sup>

### Τα Εργαλεία της Έρευνας

(α) Δημογραφικά στοιχεία: Δόθηκε ένα έντυπο (Παράρτημα Α) που αφορούσε ατομικές πληροφορίες για τον κάθε μαθητή. Οι μαθητές κατέγραφαν το ονοματεπώνυμό τους, την τάξη και το σχολείο στο οποίο φοιτούσαν και την ημερομηνία γέννησής τους. Το έντυπο ζητούσε

<sup>1</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=NF68qhyfcoM>

<sup>2</sup> <http://www.youtube.com/watch?v=mAqI-P6ig9Q> (τμήμα)

επίσης πληροφορίες για τους γονείς των μαθητών, όπως το επίπεδο μόρφωσης και το επάγγελμα του πατέρα και της μητέρας τους.

(β) Σταθερές Προοδευτικές Μήτρες του Raven: Για τον καθορισμό της γενικής γνωστικής ικανότητας των μαθητών χρησιμοποιήθηκαν οι Σταθερές Προοδευτικές Μήτρες του Raven (ΣΠΜΡ). Το δοκίμιο αυτό είναι σε θέση να μετρά άμεσα τα κύρια στοιχεία της γενικής γνωστικής ικανότητας (ΓΓΙ):

- i. την ικανότητα να βγάξει το άτομο νόημα από μια κατάσταση σύγχυσης, την ικανότητα να δημιουργεί υψηλού επιπέδου, και συχνά μη λεκτικά σχήματα, τα οποία διευκολύνουν τη διαχείριση μιας πολύπλοκης κατάστασης, και
- ii. την ικανότητα να λαμβάνει, να επαναφέρει και να αναπαράγει πληροφορίες, οι οποίες έχουν εξωτερικευτεί και μεταφερθεί από ένα πρόσωπο σε άλλο πρόσωπο, μέσω μιας επικοινωνιακής πράξης.

Το δοκίμιο των ΣΠΜΡ αποτελεί ένα καθαρό μέτρο της ικανότητας αναλυτικού συλλογισμού, αφού η συμπλήρωσή του δεν απαιτεί, ούτε εξαρτάται από οποιεσδήποτε συγκεκριμένες γνώσεις, όπως, για παράδειγμα, «*Ποια είναι η πρωτεύουσα της Γαλλίας;*» (Prabhakaran, Smith, Desmond, Glover, & Gabrieli, 1997). Το δοκίμιο μπορεί επίσης να απαντηθεί από άτομα όλων των ηλικιών, από άτομα που βρίσκονται στα πρώτα παιδικά χρόνια μέχρι και άτομα σε προχωρημένη ηλικία. Επιπρόσθετα, η έκταση του δοκιμίου επιτρέπει τη χορήγησή του σε σπίτια, σχολεία, χώρους εργασίας και εργαστήρια, ενώ είναι εξαιρετικά χρήσιμο για συγκριτικές μελέτες (Brouwers, Van de Vijver & Van Hemert, 2009; Weinstock, Neuman, & Glassner, 2006). Έχει όμως περιορισμένη ικανότητα να διακρίνει τα άτομα που βρίσκονται στα πολύ χαμηλά ή στα πολύ υψηλά επίπεδα ΓΓΙ, παρόλο που σειρά ερευνών επιβεβαίωσε την καταλληλότητα του δοκιμίου για τη μέτρηση της ΓΓΙ ενός ατόμου (Raven, 2000).

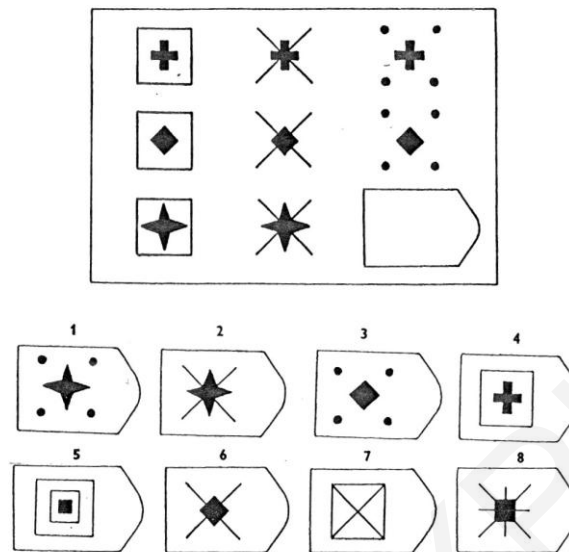
Για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας, χρησιμοποιήθηκε λογισμικό για ηλεκτρονικό υπολογιστή που περιελάμβανε τις ίδιες ασκήσεις με αυτές του αυθεντικού δοκιμίου του Raven. Το λογισμικό είχε κατασκευαστεί, αφού έγινε σάρωση των ασκήσεων και εισαγωγή τους στο υπό κατασκευή λογισμικό και, στη συνέχεια, έγινε η ενσωμάτωση του κώδικα του λογισμικού. Το λογισμικό ζητούσε αρχικά από το μαθητή να γράφει το όνομα και την τάξη

του και αμέσως μετά εμφάνιζε το πρώτο ερώτημα, ενώ ταυτόχρονα ξεκινούσε η αντίστροφη μέτρηση του διαθέσιμου χρόνου, που ήταν σαράντα λεπτά. Οι μαθητές ήταν σε θέση να ενημερώνονται συνεχώς για το υπόλοιπο του διαθέσιμου χρόνου. Το λογισμικό είχε τη δυνατότητα να αποθηκεύει τις απαντήσεις κάθε μαθητή και, στο τέλος, υπήρχε επίσης η επιλογή εκτύπωσης των αποτελεσμάτων με το όνομα του μαθητή, τις απαντήσεις του, την επίδοσή του και το χρόνο τον οποίο χρειάστηκε, για να συμπληρώσει το δοκίμιο των ΣΠΜΡ (Πιέρος, 2012).

Πριν από τη χορήγηση των ΣΠΜΡ στους μαθητές σε ηλεκτρονική μορφή, πραγματοποιήθηκε επίδειξη μικρότερου σε έκταση λογισμικού, με παρόμοιες ασκήσεις, οι οποίες αφορούσαν χρώματα και όχι σχήματα, ώστε οι μαθητές να ενημερωθούν και να κατανοήσουν τι αναμενόταν από αυτούς να κάνουν, αλλά και να εξοικειωθούν με το περιβάλλον και τον τρόπο λειτουργίας του λογισμικού, με το είδος των ασκήσεων που είχαν να λύσουν και με τον τρόπο που θα απαντούσαν (Πιέρος, 2012).

Οι ΣΠΜΡ ουσιαστικά αποτελούνται από πέντε μέρη, τα οποία χαρακτηρίζονται από κλιμακωτή δυσκολία (π.χ., το τρίτο μέρος είναι πιο δύσκολο από το δεύτερο, αλλά πιο εύκολο από το τέταρτο). Κάθε μέρος αποτελείται από δώδεκα ερωτήματα και ο κάθε μαθητής πρέπει να επιλέγει τη σωστή απάντηση από ένα αριθμό επιλογών. Στα πρώτα δύο μέρη, οι απαντήσεις που δίνονται ως επιλογή είναι έξι, ενώ στα τρία τελευταία οι απαντήσεις που δίνονται ως επιλογή είναι οκτώ. Σε κάθε ερώτημα παρουσιάζεται μια εικόνα από την οποία έχει αποκοπεί, ή δεν παρουσιάζεται, τμήμα της, και ο μαθητής καλείται να επιλέγει την ορθή απάντηση που συμπληρώνει την εικόνα ή που ολοκληρώνει ένα μοτίβο. Κάθε φορά, ο μαθητής πρέπει να λαμβάνει υπόψη του όλα τα στοιχεία του ερωτήματος, για να μπορεί να βρει την ορθή απάντηση. Τα ερωτήματα γίνονται κλιμακωτά πιο δύσκολα, ακόμη και μέσα σε κάθε μέρος (Brouwers, κ.ά., 2009). Ένα παράδειγμα από το συγκεκριμένο δοκίμιο φαίνεται στο Σχήμα 7, όπου απεικονίζεται το ερώτημα έξι από την τέταρτη ομάδα ερωτημάτων (D6).

Στο Σχήμα 7, ο μαθητής πρέπει να εντοπίσει τη σχέση που έχουν τα σχήματα σε κάθε σειρά. Στην πρώτη σειρά, υπάρχει ένας σταυρός που αρχικά βρίσκεται μέσα σε ένα πλαίσιο, στη συνέχεια διαγράφεται με δύο γραμμές, ενώ στο τέλος περιβάλλεται από τέσσερα στίγματα.



Σχήμα 6. Παράδειγμα από τις ΣΠΜΡ (Προοδευτικές Μήτρες του Raven)

Στη δεύτερη σειρά, υπάρχει ένας ρόμβος ο οποίο παρουσιάζεται με το ίδιο μοτίβο. Συνεπώς, το μοτίβο πρέπει να επαναλαμβάνεται και στην τρίτη σειρά. Άρα, εφόσον πρώτο είναι το αστεράκι μέσα στο πλαίσιο, δεύτερο είναι το αστεράκι που διαγράφεται με τις δύο γραμμές, τότε στην κενή θέση πρέπει να μπαίνει το αστεράκι που περιβάλλεται από τα τέσσερα στίγματα. Με αυτήν τη λογική, η ορθή απάντηση είναι η επιλογή 1 ανάμεσα στις επιλογές 1-8.

Το γεγονός ότι οι ΣΠΜΡ δεν περιλαμβάνουν λεκτικής φύσεως ερωτήματα, τις καθιστά ως ένα ελκυστικό ερευνητικό εργαλείο για έρευνες διαπολιτισμικού χαρακτήρα, αλλά και εύκολο, για να χρησιμοποιείται με άνεση από μικρής ηλικίας άτομα (Brouwers, κ.ά., 2009).

(γ) Δοκίμιο Αξιολόγησης της Ενότητας για το Κυκλοφορικό Σύστημα: Ήταν το εργαλείο συλλογής δεδομένων σε σχέση με το περιεχόμενο που διδάχτηκε σε όλους τους μαθητές και το οποίο καταρτίστηκε ειδικά για αυτό το σκοπό. Το Δοκίμιο Αξιολόγησης της Ενότητας είχε τρία μέρη. Το πρώτο και δεύτερο μέρος δόθηκαν ταυτόχρονα, ενώ το τρίτο μέρος χορηγήθηκε με απόσταση χρόνου, όχι μεγαλύτερη της μιας εβδομάδας.

Το πρώτο μέρος του Δοκιμίου Αξιολόγησης της Ενότητας (ΔΑΕ) εξέταζε κατά πόσο ο μαθητής γνώριζε τα μέρη του κυκλοφορικού συστήματος, τις συνδέσεις μεταξύ τους και τη δομή της καρδιάς. Αρχικά, ζητείται από το μαθητή να σχεδιάσει, σε περίγραμμα του ανθρώπινου σώματος, το κυκλοφορικό σύστημα, να τοποθετήσει όποιες πληροφορίες θέλει, να χρησιμοποιήσει, εάν επιθυμεί, χρώματα και ακολούθως να επεξηγήσει το σχεδιάγραμμα του σε συνεχή περιγραφικό λόγο. Στη συνέχεια, πρέπει να παρουσιάσει με ένα σχεδιάγραμμα το εσωτερικό μέρος της καρδιάς και να επεξηγήσει και πάλι λεκτικά το σχέδιό του, ώστε να επεξηγήσει τα διάφορα μέρη της καρδιάς και τον τρόπο με τον οποίο αυτά επικοινωνούν.

Το δεύτερο μέρος του ΔΑΕ εξετάζει κατά πόσο ο μαθητής είναι σε θέση να αξιολογεί δεξιότητες αναλογικής σκέψης για να εντοπίζει αντιστοιχίες και αναντιστοιχίες μεταξύ δεδομένων σχεδιαγραμμάτων, με έννοιες που σχετίζονται με τη δομή και τη λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος. Συγκεκριμένα, σε ένα σχεδιάγραμμα παρουσιάζεται ένα ποτάμι που ρέει και μεταφέρει μαζί διάφορα άλλα αντικείμενα, όπως κορμούς δέντρων, φύλλα, κ.τ.λ. Στο δεύτερο σχεδιάγραμμα, παρουσιάζεται η δομή του συστήματος κεντρικής θέρμανσης ενός σπιτιού, όπου διακρίνεται ο λέβητας, οι σωληνώσεις και τα θερμαντικά σώματα. Οι μαθητές πρέπει, για κάθε μια από τις περιπτώσεις των σχεδιαγραμμάτων, να απαντούν σε δύο ερωτήματα:

- i. να εντοπίζουν και να δικαιολογούν τυχόν αντιστοιχίες του σχεδιαγράμματος με το κυκλοφορικό σύστημα, και
- ii. να εντοπίζουν και να δικαιολογούν τυχόν αναντιστοιχίες του σχεδιαγράμματος με το κυκλοφορικό σύστημα

Στο τρίτο μέρος του Δοκιμίου Αξιολόγησης της Ενότητας, το οποίο για πρακτικούς λόγους χορηγήθηκε σε διαφορετική διδακτική περίοδο και σε χρονικό διάστημα όχι μεγαλύτερο της μιας εβδομάδας από τη χορήγηση του πρώτου και δεύτερου μέρους του ΔΑΕ, περιλαμβάνονται ανοικτού τύπου ερωτήματα που διερευνούν κατά πόσο οι μαθητές κατανοούν βασικές έννοιες που σχετίζονται με το κυκλοφορικό σύστημα και το αίμα, συσχετίζουν καθημερινές δραστηριότητες και συνήθειες με τη λειτουργία και την υγεία του κυκλοφορικού συστήματος και κατανοούν τις αλληλεπιδράσεις και την επικοινωνία του κυκλοφορικού συστήματος με το πεπτικό και το αναπνευστικό σύστημα, ή με άλλα όργανα του ανθρώπινου σώματος.



Πιο αναλυτικά, το τρίτο μέρος περιλαμβάνει: Ένα ερώτημα, με 5 υποερωτήματα, σχετικά με έννοιες που αφορούν το είδος και το ρόλο των αιμοφόρων αγγείων, 5 ερωτήματα τα οποία εξετάζουν το βαθμό κατανόησης των μαθητών για τη σύσταση και το ρόλο του αίματος, 1 ερώτημα σχετικά με τη διασύνδεση του κυκλοφορικού συστήματος με το πεπτικό σύστημα, 2 ερωτήματα σχετικά με τη διασύνδεση του κυκλοφορικού συστήματος με το αναπνευστικό σύστημα, το ρόλο των πνευμόνων και τη μικρή κυκλοφορία του αίματος, 2 ερωτήματα σχετικά με τον καρδιακό παλμό σε σχέση με τη σωματική δραστηριότητα και 1 ερώτημα σχετικά με τις επιπτώσεις της διατροφής στο κυκλοφορικό σύστημα. Η πλήρης μορφή του ΔΑΕ φαίνεται στο Παράρτημα Β.

### **Πιλοτική Εφαρμογή**

Στην πιλοτική εφαρμογή του εργαλείου, που χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή δεδομένων, συμμετείχαν μαθητές ενός τμήματος Στ' τάξης από ένα διαφορετικό δημοτικό σχολείο, που δεν ανήκε στο δείγμα της έρευνας, με αντίστοιχο όμως κοινωνικοοικονομικό επίπεδο με τον πληθυσμό. Το Δοκίμιο Αξιολόγησης της Ενότητας για το κυκλοφορικό σύστημα απαντήθηκε από μαθητές, που είχαν ήδη διδαχθεί την ενότητα, για αξιολόγηση και εντοπισμό τυχόν δυσκολιών στην κατανόησή του. Ζητήθηκε από τους μαθητές να σημειώνουν άγνωστες, ή δυσνόητες λέξεις και φράσεις, που, κατά τη γνώμη τους, αποτελούσαν εμπόδιο στην κατανόηση μιας ερώτησης ή οδηγίας. Οι επισημάνσεις των μαθητών χρησιμοποιήθηκαν για βελτίωση των οδηγιών, έτσι ώστε να γίνουν πιο εύκολες στην κατανόηση. Παράλληλα, δόθηκε η ευκαιρία, για εκτίμηση του χρόνου που απαιτείται για τη συμπλήρωση του δοκιμίου.

Τα αποτελέσματα της πιλοτικής έρευνας αξιολογήθηκαν ως πολύ χρήσιμα, διότι οι πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν βοήθησαν στην τελική διαμόρφωση του Δοκιμίου Αξιολόγησης της Ενότητας, ως ερευνητικού εργαλείου, αλλά και στον καθορισμό του απαιτούμενου χρόνου για συμπλήρωση του ΔΑΕ από τους μαθητές. Μέσω της πιλοτικής εφαρμογής, έγινε δυνατό να διακριβωθεί κατά πόσο οι μαθητές μπορούσαν με άνεση να απαντήσουν τις ερωτήσεις του δοκιμίου και κατά πόσον αντιμετώπιζαν προβλήματα στην κατανόηση των ερωτήσεων ή στον τρόπο συμπλήρωσής τους.

## Αξιολόγηση Δεδομένων - Μεταβλητές

Οι Σταθερές Προοδευτικές Μήτρες του Raven (ΣΠΜΡ) είχαν δοθεί σε ηλεκτρονική μορφή, ο κάθε μαθητής είχε πρόσβαση σε ατομικό ηλεκτρονικό υπολογιστή, η επίδοσή του στο δοκίμιο υπολογιζόταν άμεσα από το λογισμικό και εκτυπωνόταν σε ξεχωριστό φύλλο. Κάθε σωστή απάντηση έπαιρνε ένα βαθμό και το σύνολο των επιτυχημένων απαντήσεων αποτελούσε τη συνολική επίδοση του μαθητή σε αυτό το δοκίμιο. Το δυναμικό εύρος της βαθμολογίας στις ΣΠΜΡ ήταν από μηδέν (0) μέχρι εξήντα (60). Η επίδοση των μαθητών στις ΣΠΜΡ θεωρήθηκε ως αντιπροσωπευτική της γενικής γνωστικής ικανότητας του κάθε μαθητή.

Η αξιολόγηση του Δοκιμίου Αξιολόγησης της Ενότητας πραγματοποιήθηκε με τρόπο που συνυπολόγιζε τόσο την ορθότητα των απαντήσεων των μαθητών, όσο και την ορθότητα και πληρότητα των επεξηγήσεών τους. Με τη χρήση της σταθερής συγκριτικής μεθόδου ανάλυσης (constant comparative analysis method) (Glaser & Strauss, 1967· Strauss & Corbin, 1990· Valanides, 2010), αναπτύχθηκαν και καθορίστηκαν ρήτρες (rubrics) για ευκολότερη αξιολόγηση των επιδόσεων των μαθητών στο ΔΑΕ για το κυκλοφορικό σύστημα. Η σταθερή συγκριτική μέθοδος ανάλυσης αποβλέπει στην κατηγοριοποίηση όλων των απαντήσεων σε κατάλληλα επίπεδα. Αρχικά, η κάθε απάντηση, είτε περιγραφική, είτε σχεδιάγραμμα, κωδικοποιήθηκε σε όσο το δυνατόν περισσότερα επίπεδα ανάλυσης. Για κάθε απάντηση έγινε σύγκριση με όλες τις προηγούμενες απαντήσεις και έτσι, σταδιακά, αναδεικνύονταν τα επίπεδα της ρήτρας βαθμολόγησης.

Κάθε μαθητής έλαβε επιμέρους βαθμό για την επίδοσή του σε κάθε μια από τις ακόλουθες μεταβλητές, ξεχωριστά:

- A. επίδοση που σχετίζεται με την αναλογική σκέψη,
- B. επίδοση που σχετίζεται με τη δομή του κυκλοφορικού συστήματος,
- Γ. επίδοση που σχετίζεται με τη λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος
- Δ. επίδοση που σχετίζεται με τη δομή του καρδιακού μυ
- Ε. επίδοση που σχετίζεται με την κατανόηση εννοιών που αφορούν στη σύσταση, το ρόλο και λειτουργία του αίματος.

Η συνολική επίδοση κάθε μαθητή ορίστηκε ως το άθροισμα των πέντε επιμέρους επιδόσεων, όπως έχουν περιγραφεί.

## Ερευνητικά Ερωτήματα

Η έρευνα αποσκοπούσε να εξετάσει την αποτελεσματικότητα μιας εναλλακτικής διδακτικής προσέγγισης για το θέμα «κυκλοφορικό σύστημα», ως προς το βαθμό κατανόησης, από μέρους των μαθητών, βασικών εννοιών που αφορούν τη δομή και τη λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος. Με βάση το σκοπό της έρευνας, διατυπώθηκαν τα συγκεκριμένα ερευνητικά ερωτήματα, τα οποία ήταν τα ακόλουθα:

1. Υπάρχουν διαφορές στις επιδόσεις των μαθητών στις ΣΠΜΡ μεταξύ των μαθητών της Πειραματικής Ομάδας (ΠΟ) και της Ομάδας Ελέγχου (ΟΕ);
2. Υπάρχουν διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών στις επιδόσεις τους στις ΣΠΜΡ;
3. Υπάρχουν αλληλεπιδράσεις μεταξύ του φύλου και της ομάδας, ως προς τις επιδόσεις των μαθητών στις ΣΠΜΡ;
4. Υπάρχουν διαφορές στις επιδόσεις των μαθητών (συνολικής και επιμέρους) στο δοκίμιο αξιολόγησης της ενότητας (ΔΑΕ), μεταξύ των μαθητών της ΠΟ και των μαθητών της ΟΕ, συνυπολογίζοντας τις επιδόσεις τους στις ΣΠΜΡ;
5. Υπάρχουν διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών στις επιδόσεις τους (συνολικής και επιμέρους) στο δοκίμιο αξιολόγησης της ενότητας, συνυπολογίζοντας τις επιδόσεις τους στις ΣΠΜΡ;
6. Υπάρχουν αλληλεπιδράσεις μεταξύ του φύλου και της ομάδας, ως προς τις επιδόσεις των μαθητών (συνολικής και επιμέρους) στο δοκίμιο αξιολόγησης της ενότητας;
7. Σε ποιο βαθμό η συνολική επίδοση στο δοκίμιο αξιολόγησης της ενότητας των μαθητών της κάθε ομάδας μπορεί να προβλεφθεί από τις ακόλουθες ανεξάρτητες μεταβλητές: φύλο, επίπεδο μόρφωσης πατέρα, επίπεδο μόρφωσης μητέρας, επίδοση στις ΣΠΜΡ και τη σχολική τους επίδοση;
8. Ποιες είναι οι κύριες εναλλακτικές ιδέες που αφορούν το κυκλοφορικό σύστημα που φαίνεται να έχουν οι μαθητές, μετά τη διδασκαλία της αντίστοιχης ενότητας;
9. Υπό το πρίσμα της θεωρίας της δραστηριότητας, ποια εμπόδια και ποιες δυσκολίες προκύπτουν στο εκπαιδευτικό σύστημα δραστηριότητας κατά την εφαρμογή της καινοτομίας (διδασκαλίας με αξιοποίηση προσομοιώσεων); Ποιες αντιφάσεις εντοπίζονται, μεταξύ ποιων στοιχείων και σε ποιο βαθμό;

## Τρόπος Απάντησης των Ερωτημάτων

Για τα ερευνητικά ερωτήματα 1, 2 και 3 έγινε ανάλυση διασποράς (ANOVA), 2 (φύλο) x 2 (διδασκτική προσέγγιση), με εξαρτημένη μεταβλητή την επίδοση των μαθητών στις ΣΠΜΡ.

Για τα ερευνητικά ερωτήματα 4, 5 και 6 επίσης έγινε ανάλυση διασποράς (ANOVA) 2 (φύλο) x 2 (διδασκτική προσέγγιση), με εξαρτημένη μεταβλητή τη συνολική επίδοση των μαθητών στο δοκίμιο αξιολόγησης της ενότητας και συμμεταβλητή την επίδοση στις ΣΠΜΡ. Πραγματοποιήθηκε επίσης ανάλυση πολλαπλών διασπορών (MANOVA) 2 (φύλο) x 2 (διδασκτική προσέγγιση), με εξαρτημένες μεταβλητές τις επιμέρους επιδόσεις στο δοκίμιο αξιολόγησης της ενότητας.

Για το ερώτημα 7, έγιναν διαδοχικές αναλύσεις γραμμικής παλινδρόμησης, με εξαρτημένες μεταβλητές τη συνολική επίδοση του συνόλου των μαθητών ή τη συνολική επίδοση των μαθητών της κάθε ομάδας (ΟΕ και ΠΟ) χωριστά, στο Δοκίμιο Αξιολόγησης της Ενότητας και ανεξάρτητες μεταβλητές το φύλο, το επίπεδο μόρφωσης και το επάγγελμα πατέρα και μητέρας, την επίδοση στις ΣΠΜΡ και τη σχολική επίδοση.

Για να απαντηθεί το ερώτημα 8, έγινε ποιοτική ανάλυση των απαντήσεων και των σχεδιαγραμμάτων των μαθητών στο Δοκίμιο Αξιολόγησης της Ενότητας, εφαρμόζοντας τη σταθερή συγκριτική μέθοδο ανάλυσης.

Για να απαντηθεί το ερώτημα 9, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από προσωπικές σημειώσεις της ερευνήτριας και το αναστοχαστικό ημερολόγιο που τηρούσε κατά τη διάρκεια της ερευνητικής διαδικασίας, αλλά και δεδομένα από προσωπικές επαφές με τους εμπλεκόμενους εκπαιδευτικούς.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζονται αρχικά τα αποτελέσματα της πιλοτικής φάσης της έρευνας και, στη συνέχεια, οι στατιστικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, η ποιοτική ανάλυση των δεδομένων, καθώς και τα συνολικά αποτελέσματα της έρευνας.

#### Πιλοτική Φάση της Έρευνας

Η πιλοτική χορήγηση του ειδικά σχεδιασμένου για την έρευνα δοκιμίου, του Δοκιμίου Αξιολόγησης της Ενότητας (ΔΑΕ), σε μαθητές της Στ τάξης, έγινε σε δύο φάσεις. Το ΔΑΕ χωρίστηκε σε δύο μέρη, ως ακολούθως: Το πρώτο μέρος (Μέρος Α) περιλάμβανε δύο ερωτήματα, τα οποία ζητούσαν από τα παιδιά να απεικονίσουν και να περιγράψουν με λεπτομέρεια το κυκλοφορικό σύστημα και, ακολούθως, την εσωτερική δομή της καρδιάς. Το δεύτερο μέρος (Μέρος Β) περιλάμβανε δύο ερωτήματα αναλογικής σκέψης, στα οποία οι μαθητές έπρεπε να εντοπίσουν αντιστοιχίες και αναντιστοιχίες με το κυκλοφορικό σύστημα σε δεδομένα σχεδιαγράμματα. Ακολουθούσαν δεκατρία ανοικτού τύπου ερωτήματα, σχετικά με βασικές έννοιες του κυκλοφορικού συστήματος και του αίματος, τις σχέσεις του κυκλοφορικού συστήματος με άλλα συστήματα και τις καθημερινές συνήθειες που το επηρεάζουν.

Αρχικά, χορηγήθηκε το πρώτο μέρος (Μέρος Α) του δοκιμίου και, στη συνέχεια, περίπου μια εβδομάδα μετά, χορηγήθηκε το δεύτερο μέρος (Μέρος Β) του δοκιμίου. Κατά τη διαδικασία πιλοτικής χορήγησης, ζητήθηκε από τους μαθητές να εντοπίζουν τα σημεία στα οποία συναντούσαν δυσκολίες κατανόησης ή να βάζουν σε κύκλο λέξεις που τους ήταν άγνωστες ή προκαλούσαν δυσκολίες. Δόθηκε χρόνος 80 λεπτών για το κάθε μέρος του δοκιμίου, αλλά καταγράφηκε και ο ακριβής χρόνος που χρειάστηκαν οι μαθητές να το συμπληρώσουν.

Με βάση τα αποτελέσματα της πιλοτικής φάσης, εντοπίστηκε αριθμός διαδικαστικών δυσκολιών, αλλά και δυσκολιών σε σχέση με την κατανόηση των οδηγιών από μέρους των μαθητών. Συγκεκριμένα, στο ερώτημα που αφορούσε την αναλογική αντιστοίχιση του συστήματος κεντρικής θέρμανσης με το κυκλοφορικό σύστημα, χρειάστηκε, στην πιλοτική χορήγηση, να δοθούν διευκρινιστικές επεξηγήσεις για τους όρους «να διαχέεται» (η θερμότητα) και «λέβητας.» Έτσι, στην τελική μορφή του δοκιμίου, το συγκεκριμένο ερώτημα διαμορφώθηκε ανάλογα και έγινε *«η θερμότητα να διαχέεται, να διαδίδεται, δηλαδή, παντού.»* Για τη λέξη «λέβητας,» τοποθετήθηκε σε παρένθεση η πιο γνωστή στους μαθητές λέξη, που χρησιμοποιείται στην καθημερινότητα, «θερμαντήρας» (στην αγγλική «boiler»). Κατά αντίστοιχο τρόπο, στο ερώτημα για την υγιεινή διατροφή, η φράση, «Η Μαρία...ισχυρίζεται πώς...» άλλαξε, και το ρήμα «ισχυρίζεται» αντικαταστάθηκε. Η φράση απλοποιήθηκε και έγινε «Η Μαρία...λέει πως...». Στο ερώτημα, «Ποιούς άλλους ρόλους επιτελεί το αίμα;» το ρήμα «επιτελεί» ήταν άγνωστη λέξη για τους μαθητές και, στην τελική του μορφή, το ερώτημα διατυπώθηκε πιο απλά, ως εξής: «Το αίμα έχει και άλλους ρόλους; Ποιοι είναι αυτοί; Εξήγησε.» Απλοποιήθηκαν, δηλαδή, οι εκφράσεις ή αντικαταστάθηκαν οι λέξεις που εμπόδιζαν την κατανόηση των μαθητών.

Οι μαθητές έκαναν θετικά σχόλια για τη χρήση εικόνων σε κάποια από τα ερωτήματα του Μέρους Β, όπως στο ερώτημα που αφορούσε τις διαφορές που εντοπίζονται στην καρδιά δύο αντρών με διαφορετική φύση εργασίας. Δε ζητήθηκαν διευκρινίσεις για τη φράση «διαφορετική φύση εργασίας,» προφανώς λόγω των εικόνων. Ένας μαθητής (M12)\* σχολίασε ότι: *«με βοήθησαν πολύ οι εικόνες να καταλάβω το επάγγελμά τους, ότι ο ένας είναι κτίστης [οικοδόμος] και ο άλλος δουλεύει σε γραφείο.»* Παρόμοιο σχόλιο έγινε και από άλλο μαθητή (M18), για την εικόνα που συνόδευε το ερώτημα για τη συσχέτιση της έντονης αθλητικής δραστηριότητας με τους γρήγορους κτύπους της καρδιάς: *«η φωτογραφία με την αθλήτρια ήταν πολύ χρήσιμη, για να καταλάβω τι εννοεί, όταν λέει ότι θα πεταχτεί η καρδιά της έξω.»* Μια εικόνα που χρησιμοποιείται σε μια διδακτική περίπτωση, σύμφωνα με τους Hoffer και Leutner (2007), μπορεί να επηρεάσει την ικανότητα μάθησης, περιορίζοντας το εξωγενές γνωστικό φορτίο, στη συγκεκριμένη περίπτωση, την προσπάθεια του μαθητή να κατανοήσει τη λεκτική οδηγία.

---

\* Όπου Μ, ο Μαθητής και 12, ο αριθμός με τον οποίο κωδικοποιήθηκε για τις ανάγκες της έρευνας

Με τον τρόπο αυτό, μπορεί να επενδυθούν αυξημένοι γνωστικοί πόροι (εγγενές γνωστικό φορτίο) στην προσπάθεια που καταβάλλει ο μαθητής να απαντήσει στοχευμένα στο ερώτημα που έχει μπροστά του (Paas, κ.ά., 2003α,β). Στο ερώτημα του Μέρους Α, όπου τα παιδιά έπρεπε αρχικά να σχεδιάσουν και ακολούθως να περιγράψουν λεκτικά το κυκλοφορικό σύστημα, διαπιστώθηκε πως το φύλλο εργασίας, όπως ήταν διαμορφωμένο, δεν ήταν ιδιαίτερα βολικό, αφού στη μια πλευρά του φύλλου εργασίας υπήρχε το σχεδιάγραμμα, ενώ το ερώτημα έπρεπε να απαντηθεί στην πίσω πλευρά του ίδιου φύλλου. Σύμφωνα με τη θεωρία του αποτελέσματος λόγω διάσπασης της προσοχής (Split Attention Effect), όταν διαχωρίζονται χρονικά ή χωρικά οι πληροφορίες, οπτικές και λεκτικές, η προσοχή διασπάται (Mayer & Moreno, 1998), και παράλληλα αυξάνει το εξωγενές γνωστικό φορτίο που πρέπει να διαχειριστεί ο μαθητής, για να ολοκληρώσει ένα έργο. Οι Purnell, Solman και Sweller (1991) υποστήριξαν πως τα διδακτικά μέσα πρέπει να είναι με τέτοιο τρόπο σχεδιασμένα, ώστε να ελαχιστοποιούν το εξωγενές γνωστικό φορτίο. Συνεπώς, στην τελική μορφή του δοκιμίου, η σελίδα για το σχεδιάγραμμα τοποθετήθηκε ξεχωριστά και το ερώτημα για τη λεκτική περιγραφή του τοποθετήθηκε σε επόμενη σελίδα, για να έχουν τα παιδιά οπτική πρόσβαση στο σχέδιό τους, ενώ θα το περιγράφουν. Κρίθηκε επίσης σημαντικό να τονιστεί, στην οδηγία του συγκεκριμένου ερωτήματος, ότι υπάρχει διαθέσιμος χώρος για την περιγραφή, αφού από την πιλοτική χορήγηση φάνηκε ότι οι μαθητές δεν προχωρούσαν σε εκτενείς και λεπτομερείς απαντήσεις. Αντίστοιχες εμφάσεις δόθηκαν σε όλες τις οδηγίες των ερωτημάτων, είτε υπό μορφή τονισμού λέξεων με πλάγια γράμματα (π.χ., εντόπισε τις *αντιστοιχίες*) ή με έντονα γράμματα (π.χ., **Δικαιολόγησε**), είτε υπογραμμίζοντας σημαντικές φράσεις (π.χ., δώστε λεπτομερείς και σαφείς απαντήσεις).

Η δομή του δοκιμίου αξιολόγησης και ο διαχωρισμός του σε Μέρος Α και Μέρος Β, σε σχέση με το χρόνο που χρειάστηκαν οι μαθητές να τα ολοκληρώσουν, διαπιστώθηκε πως αποτελούσε εμπόδιο για την ομαλή διεξαγωγή της έρευνας, αφού ο χρόνος που χρειάστηκαν για το κάθε μέρος ήταν δυσανάλογος του διαθέσιμου χρόνου των 80 λεπτών. Συγκεκριμένα, για το Μέρος Α, χρειάστηκαν γύρω στα 60 λεπτά, λιγότερο δηλαδή από δύο διδακτικές περιόδους (80 λεπτά), ενώ για το Μέρος Β χρειάστηκαν πέραν των 80 λεπτών, περισσότερο από δύο διδακτικές περιόδους. Κρίθηκε επομένως αναγκαίο να γίνει ανακατανομή των ερωτημάτων και, τελικά, το Δοκίμιο Αξιολόγησης της Ενότητας (ΔΑΕ) να διαμορφωθεί σε τρία μέρη, ως ακολούθως: το Μέρος Ι περιλάμβανε τα ερωτήματα που ζητούσαν να

σχεδιαστεί και να περιγραφεί το κυκλοφορικό σύστημα και η εσωτερική δομή της καρδιάς και, το Μέρος II, τα ερωτήματα που αφορούσαν την αναλογική σκέψη. Στο Μέρος III του δοκιμίου εντάχθηκαν αποκλειστικά τα ανοικτού τύπου ερωτήματα, που διερευνούσαν τη βαθύτερη κατανόηση των μαθητών για βασικές έννοιες που σχετίζονται με το κυκλοφορικό σύστημα και το αίμα, τις αλληλεπιδράσεις του κυκλοφορικού συστήματος με άλλα συστήματα και τις καθημερινές συνήθειες που το επηρεάζουν. Αποφασίστηκε όπως δοθούν ταυτόχρονα τα Μέρη I και II, τα οποία παρουσιάστηκαν μαζί, και το Μέρος III να δοθεί σε μεταγενέστερο στάδιο, σε χρονική απόσταση το πολύ μιας εβδομάδας από την πρώτη χορήγηση, και να δοθεί χρόνος 80 λεπτών (δύο διδακτικών περιόδων) σε κάθε χορήγηση. Με αυτόν τον τρόπο, εξασφαλίστηκε ότι οι μαθητές θα είχαν αρκετό χρόνο στη διάθεσή τους, για να συμπληρώσουν όλα μέρη του δοκιμίου, με μέγιστη χρονική διάρκεια για κάθε μέρος τα ογδόντα λεπτά.

Τα αποτελέσματα της πιλοτικής έρευνας ήταν πολύ χρήσιμα, αφού η πληροφόρηση που έδωσαν συνέβαλε στον καθορισμό της τελικής δομής του ερευνητικού δοκιμίου, καθώς και του απαιτούμενου χρόνου χορήγησής του. Ακόμη, μέσα από την πιλοτική έρευνα, δοκιμάστηκε η καταλληλότητα των ερωτημάτων σε θέματα λεκτικής διατύπωσης, αλλά και κατανόησης από μέρους των μαθητών.

### **Χορήγηση των Σταθερών Προοδευτικών Μητρών του Raven (Raven's Standard Progressive Matrices)**

Αρχικά χορηγήθηκαν σε όλους τους μαθητές του δείγματος, τόσο της Πειραματικής Ομάδας, όσο και της Ομάδας Ελέγχου, οι Σταθερές Προοδευτικές Μήτρες του Raven (ΣΠΙΜΡ). Στον Πίνακα 3, παρουσιάζονται τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία της επίδοσης των μαθητών στις Σταθερές Προοδευτικές Μήτρες του Raven (ΣΠΙΜΡ), επίδοση η οποία χρησιμοποιήθηκε ως μέτρο για τον καθορισμό της γενικής γνωστικής ικανότητας (ΓΓΙ) των μαθητών.

Από τον Πίνακα 3, φαίνεται ότι υπήρχαν διαφορές μεταξύ αγοριών ( $MO=41,17$ ) και κοριτσιών ( $MO=39,29$ ) στην επίδοσή τους στις ΣΠΙΜΡ. Παράλληλα, φαίνεται ότι υπήρχαν διαφορές και στις επιδόσεις των αγοριών μεταξύ των δύο ομάδων, με τα αγόρια της



Πίνακας 3

Περιγραφικά Στατιστικά Στοιχεία των Επιδόσεων των Μαθητών  
στις ΣΠΜΡ, ανά Ομάδα και Φύλο

	Αγόρια			Κορίτσια			Σύνολο		
	n	ΜΟ	ΤΑ	n	ΜΟ	ΤΑ	n	ΜΟ	ΤΑ
Ομάδα Ελέγχου	26	39,46	8,83	26	46,08	8,94	52	39,77	8,80
Πειραματική Ομάδα	22	43,18	7,08	29	38,59	8,75	51	40,57	8,32
Σύνολο	48	41,17	8,21	55	39,29	8,79	103	40,17	8,54

Σημείωση: ΜΟ = Μέσος Όρος, ΤΑ = Τυπική Απόκλιση

Πειραματικής Ομάδας να έχουν καλύτερες επιδόσεις (ΜΟ=43,18) από τα αγόρια της Ομάδας Ελέγχου (ΜΟ=39,46). Κατά αντίστοιχο τρόπο, οι επιδόσεις των κοριτσιών μεταξύ των δύο ομάδων φαίνεται ότι είχαν διαφορές, αφού τα κορίτσια της Ομάδας Ελέγχου είχαν καλύτερες επιδόσεις (ΜΟ=46,08) από τα κορίτσια της Πειραματικής Ομάδας (ΜΟ=38,59).

Για να διακριβωθεί κατά πόσον οι διαφορές, που φαίνονται στον Πίνακα 3, ήταν στατιστικά σημαντικές, πραγματοποιήθηκε ανάλυση διασποράς (ANOVA) 2 (φύλο) x 2 (ομάδα). Τα αποτελέσματα της ανάλυσης διασποράς φαίνονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4

Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) 2 (Ομάδα) X 2 (Φύλο) της Επίδοσης στις ΣΠΜΡ

Πηγή	SS	df	MS	F	Επίπεδο σημαντικότητας
Διορθ. Μοντέλο	285,579	3	95,193	1,318	,273
Intercept	165.878,614	1	165.878,614	2.295,941	,000
Φύλο	100,996	1	100,996	1,398	,240
Ομάδα	31,690	1	31,690	,439	,509
Φύλο*Ομάδα	173,112	1	173,112	2,396	,125
Λάθος	7152,615	99	72,249		
Σύνολο	173601,000	103			
Διορθ. Σύνολο	7438,194	102			

Σημείωση: Ομάδα = Διδακτική Προσέγγιση

Από τον Πίνακα 4, προκύπτει ότι δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των μεταβλητών φύλου και ομάδας, όσον αφορά την επίδοση των μαθητών στις ΣΠΜΡ,  $F(1, 102)=2,39, p=0,125$ . Οι επιδόσεις των δύο ομάδων στις ΣΠΜΡ δεν ήταν επίσης στατιστικά διαφορετικές,  $F(1, 102)=0,439, p=0,509$ , και τα αγόρια δεν είχαν στατιστικά καλύτερες επιδόσεις από τις επιδόσεις των κοριτσιών,  $F(1, 102)=1,39, p=0,240$ . Με τα αποτελέσματα αυτά, διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο πειραματικών ομάδων και μεταξύ αγοριών και κοριτσιών, παρόλο που οι δύο ομάδες (ΠΟ και ΟΕ) συγκροτήθηκαν με επιλογή άθικτων τμημάτων της ίδιας τάξης, από διαφορετικά σχολεία.

### **Αποτελέσματα στο Δοκίμιο Αξιολόγησης της Ενότητας (ΔΑΕ)**

#### **Ρήτρες Αξιολόγησης: Σταθερή Συγκριτική Μέθοδος Ανάλυσης**

Οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές, στο Δοκίμιο Αξιολόγησης της Ενότητας (ΔΑΕ) για το κυκλοφορικό σύστημα, αξιολογήθηκαν, χρησιμοποιώντας προσεκτικά τη σταθερή συγκριτική μέθοδο ανάλυσης (Grove, 1988· Dye, Schatz, Rosenberg, & Coleman, 2000· Goetz & LeCompte, 1981· Valanides, 2010). Η ανάλυση οδήγησε στη διαμόρφωση ρητρών αξιολόγησης για τις ακόλουθες πέντε επιμέρους μεταβλητές της επίδοσης των μαθητών στο δοκίμιο αξιολόγησης: Δομή της Καρδίας (ΔΚ), Δομή του Κυκλοφορικού Συστήματος (ΔΚΣ), Λειτουργία του Κυκλοφορικού Συστήματος (ΛΚΣ), Αίμα- Ρόλος και Σύσταση (ΑΡΣ) και Αναλογική Σκέψη (ΑΣ).

Τα στοιχεία που αναδείχθηκαν και υπολογίστηκαν, για κάθε επιμέρους μεταβλητή, ήταν περιληπτικά τα ακόλουθα, ανά μεταβλητή:

1. Δομή της καρδίας: Τέσσερα διακριτά μέρη- θάλαμοι (δύο κόλποι, δύο κοιλίες) και η ορθή χωροθέτησή τους (κόλποι πάνω, κοιλίες κάτω), επαφή και επικοινωνία μεταξύ των αντίστοιχων κόλπων και κοιλιών με βαλβίδες, ορθά μεγέθη των θαλάμων (κοιλίες μεγαλύτερες από τους κόλπους).
2. Δομή Κυκλοφορικού Συστήματος: Παρουσία των σημαντικότερων οργάνων (καρδία, αιμοφόρα αγγεία, πνεύμονες) και η ορθή τοποθέτησή τους στην ανθρώπινη φιγούρα, σε ανάλογο ύψος και μέγεθος και σε ένα αποδεκτό σχήμα, καθώς και η χρήση χρώματος για διαφοροποίηση των φλεβών και των αρτηριών.

3. Λειτουργία Κυκλοφορικού Συστήματος: Η καρδιά λειτουργεί ως διπλή αντλία, η οποία σπρώχνει με το αριστερό της τμήμα το αίμα προς όλο το σώμα (μεγάλη-συστημική κυκλοφορία του αίματος) και παράλληλα, το δεξί της τμήμα σπρώχνει το αίμα προς τους πνεύμονες, για να γίνει η ανταλλαγή αερίων (μικρή-πνευμονική κυκλοφορία του αίματος), ο ρόλος των πνευμόνων, σύνδεση με το πεπτικό σύστημα για την απορρόφηση και μεταφορά των θρεπτικών ουσιών σε όλο το σώμα.
4. Αίμα - Ρόλος και Σύσταση: Από τι αποτελείται το αίμα (πλάσμα, ερυθρά και λευκά αιμοσφαίρια, αιμοπετάλια), ο ρόλος του αίματος για τη μεταφορά ουσιών και αερίων, η κίνηση και η φορά του αίματος, άλλες λειτουργίες (έλεγχος αιμορραγίας, έλεγχος της θερμοκρασίας του σώματος).
5. Αναλογική Σκέψη: Εντοπισμός των μερικών αντιστοιχιών και των αναντιστοιχιών της κυκλοφορίας του αίματος με τη ροή ενός ποταμού, και των μερικών αντιστοιχιών και των αναντιστοιχιών του κυκλοφορικού συστήματος με το σύστημα κεντρικής θέρμανσης ενός σπιτιού. Για παράδειγμα, η ροή του ποταμού αντιστοιχεί με τη ροή του αίματος, ενώ τα υλικά που μεταφέρονται μέσα στο νερό του ποταμού, όπως φύλλα, κλαδιά δέντρων κ.τ.λ., αντιστοιχούν με τα αιμοσφαίρια, αιμοπετάλια κ.ά., που μεταφέρει το αίμα. Αναντιστοιχίες θεωρούνται η μονόδρομη πορεία του νερού στο ποτάμι, η οποία εξαρτάται από την κλίση του εδάφους, σε αντίθεση με την κυκλική πορεία του αίματος, το γεγονός ότι το ανάλογο δεν ανταποκρίνεται στη μικρή και μεγάλη κυκλοφορία του αίματος και ότι δεν υπάρχει αντιστοιχία της καρδιάς και του ρόλου της. Όσον αφορά το κεντρικό σύστημα θέρμανσης, ο λέβητας αντιστοιχεί με την καρδιά και το ρόλο της ως αντλίας, οι σωλήνες μεταφοράς νερού αντιστοιχούν με το δίκτυο των αιμοφόρων αγγείων, τα θερμαντικά σώματα με τα όργανα του σώματος, κ.ο.κ. Ως αναντιστοιχίες θα μπορούσαν να θεωρηθούν η απουσία από το ανάλογο της μικρής και μεγάλης κυκλοφορίας και η απουσία των πνευμόνων και του ρόλου τους.

Με βάση τα στοιχεία που υπολογίστηκαν για κάθε μεταβλητή, διαμορφώθηκαν οι ρήτρες αξιολόγησής τους. Οι αξιολογήσεις που έγιναν λάμβαναν πλήρως υπόψη το περιεχόμενο του αναλυτικού προγράμματος και τη διδασκαλία. Έτσι, για τη μεταβλητή Δομή της Καρδιάς (ΔΚ) συνυπολογίστηκε ο βαθμός στον οποίο ο/η μαθητής/τρια στο σχεδιάγραμμά του και στην επεξήγηση που το συνόδευε: (α) απεικόνιζε και ονόμαζε τα τέσσερα μέρη που αποτελούν την καρδιά (δύο κόλποι και δύο κοιλίες), (β) τοποθετούσε σωστά τους κόλπους

(πάνω) και τις κοιλίες (κάτω), με τη δεξιά πλευρά (δεξιός κόλπος και δεξιά κοιλία) να εφάπτεται της αριστερής (αριστερός κόλπος και αριστερή κοιλία), (γ) έδειχνε πως οι κοιλίες είναι μεγαλύτερες από τους κόλπους, (δ) καθόριζε τις βαλβίδες ως το μέσο επικοινωνίας μεταξύ κόλπου και κοιλίας κάθε πλευράς, (ε) έδειχνε και ονόμαζε τα αγγεία εισόδου (πνευμονική φλέβα, φλέβες), τα αγγεία εξόδου (πνευμονική αρτηρία, αορτή) και τα στεφανιαία αγγεία που αιματώνουν τον καρδιακό μυ.

Η ρήτρα αξιολόγησης για τη μεταβλητή Δομή της Καρδίας, φαίνεται στον Πίνακα 3, όπως ακριβώς διαμορφώθηκε, ενώ εμφανίζεται και ο τρόπος αξιολόγησης της επίδοσης των μαθητών. Το εύρος των απαντήσεων για τη μεταβλητή ΔΚ κυμαινόταν από το 0, δηλαδή ο μαθητής δεν έδωσε καμία απάντηση που να πληροί τα κριτήρια της ρήτρας ή δεν απάντησε καθόλου, μέχρι το 16, απάντηση που θεωρήθηκε πλήρης, βάσει των κριτηρίων της ρήτρας που φαίνεται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5

Ρήτρα Αξιολόγησης των Απαντήσεων των Μαθητών για τη Μεταβλητή Δομή της Καρδίας (ΔΚ)

A/A	Κριτήριο	Βαθμολόγηση
1.	Διακρίνονται 4 θάλαμοι	1 βαθμός
2.	Ονομάζονται οι 2 κόλποι	1 βαθμός
3.	Ονομάζονται οι 2 κοιλίες	1 βαθμός
4.	Διακρίνονται οι βαλβίδες μεταξύ κόλπων και κοιλιών	1 βαθμός
5.	Ονομάζεται η τριγλώχινη βαλβίδα	1 βαθμός
6.	Ονομάζεται η μιτροειδής βαλβίδα	1 βαθμός
7.	Ορθή χωροθέτηση (κόλποι πάνω, κοιλίες κάτω)	1 βαθμός
8.	Ορθά μεγέθη (κόλποι μικρότεροι από κοιλίες)	1 βαθμός
9.	Τοιχώματα κοιλιών μεγαλύτερα	1 βαθμός
10.	Υπάρχει επαφή του δεξιού μέρους της καρδίας με το αριστερό	1 βαθμός
11.	Διακρίνονται τα στεφανιαία αγγεία	1 βαθμός
12.	Διακρίνονται τα αγγεία εισόδου ή εξόδου της καρδίας	1 βαθμός
13.	Διακρίνονται οι φλέβες που φτάνουν στην καρδιά	1 βαθμός
14.	Διακρίνεται η αορτή	1 βαθμός
15.	Διακρίνονται οι πνευμονικές φλέβες	1 βαθμός
16.	Διακρίνονται οι πνευμονικές αρτηρίες	1 βαθμός
<b>Συνολική Επίδοση στην Επιμέρους Μεταβλητή ΔΚ</b>		<b>16 βαθμοί</b>

Όσον αφορά τη μεταβλητή Δομή Κυκλοφορικού Συστήματος (ΔΚΣ), η ρήτρα αξιολόγησης αναπτύχθηκε με αντίστοιχο τρόπο, όπως φαίνεται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6

Ρήτρα Αξιολόγησης των Απαντήσεων των Μαθητών για τη Μεταβλητή Δομή του Κυκλοφορικού Συστήματος (ΔΚΣ)

A/A	Κριτήριο	Βαθμολόγηση
1.	Παρουσία οργάνων:	
	Καρδιά	1 βαθμός
	Αγγεία	1 βαθμός
	Φλέβες	1 βαθμός
	Αρτηρίες	1 βαθμός
	Τριχοειδή αγγεία	1 βαθμός
	2 πνεύμονες	1 βαθμός
2.	Χαρακτηριστικά Οργάνων:	
	Καρδιά	1 βαθμός
	Ύψος	1 βαθμός
	Θέση	1 βαθμός
	Μέγεθος	1 βαθμός
	Σχήμα	1 βαθμός
	Πνεύμονες	1 βαθμός
	Ύψος	1 βαθμός
	Θέση	1 βαθμός
	Μέγεθος	1 βαθμός
	Αγγεία	
	Καλύπτουν όλο το σώμα (1) μέχρι και τα άκρα (1)	2 βαθμοί
	Χρήση διαφορετικών χρωμάτων	1 βαθμός
	Κόκκινο (1) για αρτηρίες (1)	2 βαθμοί
	Μπλε (1) για φλέβες (1)	2 βαθμοί
	Διακρίνεται η κατεύθυνση/φορά του αίματος	1 βαθμός
	Φλέβες, προς την καρδιά	1 βαθμός
	Αρτηρίες, από την καρδιά προς το σώμα	1 βαθμός
	<b>Συνολική Επίδοση στην Επιμέρους Μεταβλητή ΔΚΣ</b>	<b>24 βαθμοί</b>

Για τη διαμόρφωσή της, συνυπολογίστηκε ο βαθμός στον οποίο ο/η μαθητής/τρια, τόσο στο σχεδιάγραμμα, όσο και στη λεκτική περιγραφή: (α) απεικόνιζε και ονόμαζε τα απαραίτητα για το κυκλοφορικό σύστημα όργανα: αιμοφόρα αγγεία (φλέβες, αρτηρίες, τριχοειδή αγγεία), καρδιά, δύο πνεύμονες, (β) τοποθετούσε στη σωστή θέση τα όργανα στη φιγούρα του ανθρώπινου σώματος με ανάλογο μέγεθος, ως εξής: η καρδιά στο κέντρο του θώρακα με ελαφριά κλίση στα αριστερά, οι πνεύμονες - μεγαλύτεροι σε μέγεθος από την καρδιά - δεξιά και αριστερά της καρδιάς στο ύψος του στήθους, τα αγγεία να καλύπτουν όλο το σώμα (κορμός, άκρα και κεφάλι), (γ) σχεδίαζε την καρδιά και τους πνεύμονες, όσο πιο κοντά στο

πραγματικό τους σχήμα και (δ) προσέδιδε διακριτό ρόλο στα αγγεία, χρησιμοποιώντας χρώμα (διαφορετικό χρώμα στις αρτηρίες και τις φλέβες) και έκανε ξεκάθαρο το διαφορετικό τους ρόλο και τον τρόπο επικοινωνίας μεταξύ τους, μέσω των τριχοειδών αγγείων.

Το εύρος των απαντήσεων για τη μεταβλητή ΔΚΣ κυμαινόταν από το 0, δηλαδή ο μαθητής δεν απάντησε στο ερώτημα ή η απάντησή του δεν περιείχε κανένα στοιχείο της ρήτηρας, μέχρι 24, απάντηση η οποία περιελάμβανε όλα τα κριτήρια της ρήτηρας που φαίνεται στον Πίνακα 6.

Πιο σύνθετη ήταν η μεταβλητή Λειτουργία Κυκλοφορικού Συστήματος (ΛΚΣ), αφού, για την αξιολόγησή της, συνυπολογίστηκε εάν ο/η μαθητής/τρια, τόσο διαγραμματικά, όσο και λεκτικά: (α) αναφερόταν στη μικρή κυκλοφορία του αίματος: το αίμα από την καρδιά προχωρεί μέσω των αγγείων προς του πνεύμονες, για να αποβάλει το διοξείδιο του άνθρακα και να εμπλουτιστεί με οξυγόνο, και επιστρέφει πάλι στην καρδιά, (β) αναφερόταν στη μεγάλη κυκλοφορία του αίματος: το αίμα που έχει εμπλουτιστεί με οξυγόνο μεταφέρεται μέσω των αρτηριών σε όλο το σώμα, γίνεται η ανταλλαγή αερίων και επιστρέφει πίσω στην καρδιά μέσω των φλεβών, (γ) αναγνώριζε το ρόλο της καρδιάς ως διπλής αντλίας, (δ) αναγνώριζε το ρόλο των πνευμόνων και της αναπνοής στην ανταλλαγή αερίων και (ε) αναγνώριζε την επίδραση του πεπτικού συστήματος και την επικοινωνία του με το κυκλοφορικό σύστημα, για την παροχή θρεπτικών ουσιών και τη μεταφορά τους, μέσω του αίματος, σε όλο το σώμα. Η ρήτρα αξιολόγησης για την επιμέρους μεταβλητή Λειτουργία του Κυκλοφορικού Συστήματος, όπως ακριβώς διαμορφώθηκε, φαίνεται στον Πίνακα 7, ενώ εμφανίζεται και ο τρόπος αξιολόγησης της επίδοσης των μαθητών. Τα σχεδιαγράμματα και οι λεκτικές περιγραφές των μαθητών αξιολογούνταν ανάλογα με τα κριτήρια που εμφανίζονται στον Πίνακα 7.

Για τη μεταβλητή ΛΚΣ, το εύρος των επιδόσεων των μαθητών μπορούσε να κυμαίνεται από το 0-65. Η επίδοση 0 αντιστοιχούσε στις περιπτώσεις που ένας μαθητής δεν πέτυχε σε κανένα από τα κριτήρια ή δεν απάντησε στα ερωτήματα, ενώ η επίδοση 65 αντιστοιχούσε σε πλήρεις απαντήσεις ενός μαθητή με βάση τα κριτήρια της ρήτηρας.

Πίνακας 7

Ρήτρα Αξιολόγησης των Απαντήσεων των Μαθητών για τη Μεταβλητή  
Λειτουργία του Κυκλοφορικού Συστήματος (ΛΚΣ)

A/A	Κριτήριο	Βαθμολόγηση
<b>ΜΕΡΟΣ Ι ΔΑΕ</b>		
1.	Η καρδιά ως αντλία	1 βαθμός
2.	Μικρή Κυκλοφορία (περιγραφή)	
	Το αίμα με CO <sub>2</sub> (1) φτάνει στην καρδιά (1) με τις φλέβες (1)	3 βαθμοί
	από την καρδιά πηγαίνει στους πνεύμονες (1)	1 βαθμός
	όπου γίνεται η ανταλλαγή αερίων (1) και	1 βαθμός
	επιστρέφει πίσω στην καρδιά (1) με O <sub>2</sub> (1)	2 βαθμοί
3	Μεγάλη κυκλοφορία (περιγραφή)	
	Το αίμα με O <sub>2</sub> (1) μεταφέρεται με τις αρτηρίες (1)	2 βαθμοί
	από την καρδιά (1) σε όλο το σώμα (1) και	2 βαθμοί
	με τις φλέβες (1) επιστρέφει πίσω στην καρδιά (1) με CO <sub>2</sub> (1)	3 βαθμοί
4.	Μεταφέρονται θρεπτικές ουσίες (1) στο σώμα μέσω των τριχοειδών αγγείων (1)	2 βαθμοί
<b>ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ ΔΑΕ</b>		
5.	Κυκλοφορία του Αίματος	
	Το αίμα κινείται σε όλο το σώμα	1 βαθμός
	Μέσω των φλεβών (1) το αίμα με CO <sub>2</sub> (1) πάει στην καρδιά (1)	3 βαθμοί
	Μέσω των αρτηριών (1) το αίμα με O <sub>2</sub> (1) πάει στο σώμα (1)	3 βαθμοί
	Η καρδιά λειτουργεί ως αντλία	1 βαθμός
	Παρατηρούνται δυο κυκλοφορίες	1 βαθμός
	Μικρή κυκλοφορία: το «λερωμένο» αίμα (1) πηγαίνει στους πνεύμονες (1) και το «καθαρό» αίμα (1) στην καρδιά (1)	4 βαθμοί
	Μεγάλη κυκλοφορία: το «καθαρό» αίμα (1) πάει σε όλο το σώμα (1)	2 βαθμοί
	Το αίμα φεύγοντας από την καρδιά πηγαίνει στους πνεύμονες	1 βαθμός
	Το πλούσιο σε CO <sub>2</sub> αίμα φτάνει στην καρδιά (1), πηγαίνει στους πνεύμονες (1) για να το ανταλλάξει με O <sub>2</sub> (1) και επιστρέφει στην καρδιά (1)	4 βαθμοί
6.	Συσχέτιση με τους πνεύμονες	
	Οι πνεύμονες δεν είναι μέρος του κυκλοφορικού συστήματος	1 βαθμός
	Οι πνεύμονες είναι μέρος του αναπνευστικού συστήματος	1 βαθμός
	Οι πνεύμονες είναι απαραίτητοι:	
	Διότι εκεί γίνεται η ανταλλαγή αερίων	1 βαθμός
	Το αίμα παίρνει από εκεί το O <sub>2</sub>	1 βαθμός
	Πορεία O <sub>2</sub> : Οι πνεύμονες (1) παίρνουν το O <sub>2</sub> (1) και μεταφέρεται με το αίμα στην καρδιά (1) για να διανεμηθεί με τις αρτηρίες (1) σε όλο το σώμα (1)	5 βαθμοί
	Πορεία CO <sub>2</sub> : Αίμα με CO <sub>2</sub> (1) φτάνει με τις φλέβες (1) στην καρδιά (1), στο δεξί κόλπο (1) και κοιλία (1) και μετά πάει στους πνεύμονες (1).	6 βαθμοί
7.	Χρειάζεται να αναπνέουμε	1 βαθμός
	Για να ζούμε	1 βαθμός
	Για να εισπνέουμε O <sub>2</sub> (1) που θα πάει στο αίμα και θα το μεταφέρει στα όργανα (1)	2 βαθμοί
	Για να βγάλουμε το CO <sub>2</sub> (1) που έδωξαν τα όργανα μας (1) όταν εκπνέουμε	2 βαθμοί
	Για να γίνεται η καύση στο σώμα μας	1 βαθμός
8.	Σύνδεση με Πεπτικό σύστημα	
	Το αίμα παίρνει τις θρεπτικές ουσίες από τα φαγητά	1 βαθμός
	Το αίμα παίρνει τις θρεπτικές ουσίες από το έντερο	1 βαθμός
	Το αίμα παίρνει τις θρεπτικές ουσίες από τις λάχνες (1) του λεπτού εντέρου (1) και τα τριχοειδή αγγεία (1) που βρίσκονται εκεί και μεταφέρονται σε όλο το σώμα (1)	4 βαθμοί
<b>Συνολική Επίδοση στην Επιμέρους Μεταβλητή ΛΚΣ</b>		<b>65 βαθμοί</b>

Για τη μεταβλητή Αίμα-Ρόλος και Σύσταση (ΑΡΣ), συνυπολογίστηκαν τα ακόλουθα από τις απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές στα ερωτήματα του Μέρους ΙΙΙ: (α) το αίμα αποτελείται από νερό, αιμοσφαίρια (ερυθρά και λευκά), αιμοπετάλια και πλάσμα, (β) ο ρόλος του αίματος είναι να μεταφέρει παντού στο σώμα θρεπτικές ουσίες και οξυγόνο, και να απομακρύνει το διοξείδιο του άνθρακα και τις άχρηστες ουσίες, (γ) το αίμα κινείται συνεχώς (κυκλοφορεί) από την καρδιά σε όλο το σώμα, μέσω των αρτηριών, και από το σώμα στην καρδιά, μέσω των φλεβών, αφού περάσει και από τους πνεύμονες, για να γίνει ανταλλαγή αερίων, (δ) το αίμα επιτελεί και άλλους ρόλους, όπως να σταματά τις αιμορραγίες και να ρυθμίζει τη θερμοκρασία του σώματος.

Η ρήτρα αξιολόγησης, για τη μεταβλητή Αίμα: Ρόλος και Σύσταση, διαμορφώθηκε, όπως φαίνεται στον Πίνακα 8. Συνεπώς, για τη μεταβλητή ΑΡΣ, το εύρος των απαντήσεων κυμαινόταν από το 0, δηλαδή ο μαθητής δεν έδωσε καμία απάντηση που να συμφωνεί με τα κριτήρια ή δεν απάντησε στο ερώτημα, μέχρι 41, όπου ο μαθητής πέτυχε να εντοπίσει όλα τα κριτήρια.

Τέλος, για τη μεταβλητή Αναλογική Σκέψη (ΑΣ), συνυπολογίστηκε το κατά πόσο ο/η μαθητής/τρια: (α) αναγνώριζε τη μερική αντιστοιχία του ποταμού που ρέει με την κυκλοφορία του αίματος, (β) αναγνώριζε τη μερική αντιστοιχία του συστήματος κεντρικής θέρμανσης ενός σπιτιού με το κυκλοφορικό σύστημα, (γ) εντόπιζε επιμέρους αντιστοιχίες στις δύο περιπτώσεις (π.χ., κορμοί και φύλλα μέσα στο νερό του ποταμού, ως τα συστατικά του αίματος, θερμαντικά σώματα σε ένα σπίτι, ως τα όργανα του ανθρώπινου σώματος, ο λέβητας της κεντρικής θέρμανσης ως η καρδιά, οι σωλήνες του νερού στην κεντρική θέρμανση ως τα αιμοφόρα αγγεία κ.ο.κ) και (δ) εντόπιζε αναντιστοιχίες που υπήρχαν σε κάθε περίπτωση (π.χ., το νερό του ποταμού ρέει προς μια κατεύθυνση, ενώ το αίμα κάνει κυκλική κίνηση· το νερό στους σωλήνες της κεντρικής θέρμανσης δεν έχει σταθερή θερμοκρασία, ενώ το αίμα έχει· δεν αναπαρίστανται οι πνεύμονες και ο ρόλος τους στο σύστημα κεντρικής θέρμανσης· δεν διακρίνεται η μικρή και μεγάλη κυκλοφορία στα δύο ανάλογα, κ.ο.κ). Η ρήτρα αξιολόγησης για τη μεταβλητή ΑΣ φαίνεται στον Πίνακα 9. Το εύρος απαντήσεων κυμαινόταν από το 0, δηλαδή ο μαθητής έδωσε απάντηση που δεν πληρούσε τα κριτήρια της ρήτρας, ή δεν απάντησε καθόλου, μέχρι 48, στην περίπτωση όπου η απάντησή θεωρήθηκε πλήρης, με βάση τα κριτήρια της ρήτρας του Πίνακα 9.



Πίνακας 8

Ρήτρα Αξιολόγησης των Απαντήσεων των Μαθητών για τη Μεταβλητή  
Αίμα: Ρόλος και Σύσταση (ΑΡΣ)

A/A	Κριτήριο	Βαθμολόγηση
1.	Το αίμα αποτελείται από:	
	Νερό	1 βαθμός
	Πλάσμα	1 βαθμός
	Αιμοσφαίρια	1 βαθμός
	Ερυθρά Αιμοσφαίρια	1 βαθμός
	Λευκά Αιμοσφαίρια	1 βαθμός
2.	Ρόλος: Έχουμε το αίμα για:	
	Να ζούμε	1 βαθμός
	Να δουλεύουν τα όργανά μας	1 βαθμός
	Προστασία από μικρόβια	1 βαθμός
	Μεταφορά θρεπτικών ουσιών	1 βαθμός
	Οξυγόνωση σώματος και εγκεφάλου	1 βαθμός
	Έλεγχος της θερμοκρασίας του σώματος	1 βαθμός
	Απομάκρυνση του CO <sub>2</sub> από το σώμα	1 βαθμός
	Μεταφορά O <sub>2</sub> και CO <sub>2</sub>	1 βαθμός
3.	Το αίμα κινείται συνεχώς	1 βαθμός
4.	Φορά/Κατεύθυνση:	1 βαθμός
	Το αίμα πάει από την καρδιά σε όλο το σώμα	1 βαθμός
	Με τις φλέβες (1), το αίμα με CO <sub>2</sub> (1) πάει στην καρδιά (1)	3 βαθμοί
	Με τις αρτηρίες (1), το αίμα με O <sub>2</sub> (1) πάει σε όλο το σώμα (1)	3 βαθμοί
	Ακολουθεί την πορεία: καρδιά (1) – σώμα (1) – καρδιά (1) – πνεύμονες (1) – καρδιά (1)	5 βαθμοί
5.	Τι μεταφέρει το αίμα;	
	Το αίμα μεταφέρει θρεπτικές ουσίες (1) και O <sub>2</sub> (1) στα όργανα και παίρνει από αυτά CO <sub>2</sub> (1)	3 βαθμοί
	Λίπος	1 βαθμός
	Πρωτεΐνες	1 βαθμός
	Κύτταρα	1 βαθμός
	Φάρμακα	1 βαθμός
6.	Άλλοι ρόλοι του αίματος:	
	Σταματά την αιμορραγία (1) με τα αιμοπετάλια (1)	2 βαθμοί
	Προστασία από τα μικρόβια (1) με τα λευκά αιμοσφαίρια (1)	2 βαθμοί
	Καθαρίζει το σώμα από τις άχρηστες ουσίες	1 βαθμός
	Το πλάσμα (1) ρυθμίζει τη θερμοκρασία του σώματος (1)	2 βαθμοί
	<b>Συνολική Επίδοση στην Επιμέρους Μεταβλητή ΑΡΣ</b>	<b>41 βαθμοί</b>

Πίνακας 9

Ρήτρα Αξιολόγησης των Απαντήσεων των Μαθητών για τη Μεταβλητή Αναλογική Σκέψη (ΑΣ)

A/A	Κριτήριο	Βαθμολόγηση
	Σχεδιάγραμμα ποτάμι-νερό	
1.	Εντοπίστηκαν αντιστοιχίες	1 βαθμός
	Ποτάμι = σωλήνες (1), αγγείο (1), αρτηρία (1), φλέβα (1)	4 βαθμοί
	Νερό = αίμα (1)	1 βαθμός
	Ροή νερού = ροή αίματος (1)	1 βαθμός
	Αντικείμενα = συστατικά αίματος (1), αιμοπετάλια (1), λευκά αιμοσφαίρια (1), ερυθρά αιμοσφαίρια (1), άχρηστες ουσίες (1), θρεπτικές ουσίες (1)	6 βαθμοί
	Αντιστοίχιση μεγέθους συστατικών με αντικείμενα (1)	1 βαθμός
2.	Εντοπίστηκαν αναντιστοιχίες	1 βαθμός
	Οι βαλβίδες καθορίζουν την πορεία του αίματος, ενώ το νερό στο ποτάμι ρέει λόγω της κλίσης	2 βαθμός
	Δεν γίνεται να υπάρχει ταυτόχρονα O <sub>2</sub> και CO <sub>2</sub> στο αίμα, όπως υπάρχουν διάφορα αντικείμενα στο νερό	2 βαθμός
	Το ποτάμι ρέει σε μια κατεύθυνση, το αίμα σε κυκλική πορεία	2 βαθμός
	Σχεδιάγραμμα Κεντρική Θέρμανσης	
3.	Εντοπίστηκαν αντιστοιχίες	1 βαθμός
	Λέβητας = καρδιά	1 βαθμός
	Σπίτι = σώμα	1 βαθμός
	Σώματα θέρμανσης = όργανα	1 βαθμός
	Σωλήνες = αγγεία (1), αρτηρίες (1), φλέβες (1)	3 βαθμοί
	Ζεστό νερό = αίμα με O <sub>2</sub>	1 βαθμός
	Κρύο νερό = αίμα με CO <sub>2</sub>	1 βαθμός
	Φεύγει ζεστό νερό (1) και επιστρέφει κρύο (1) (στο λέβητα) = φεύγει αίμα με O <sub>2</sub> (1) και επιστρέφει με CO <sub>2</sub> (1) (στην καρδιά)	4 βαθμοί
	Κλειστά τα δύο συστήματα	1 βαθμός
	Κίνηση νερού = κίνηση αίματος	1 βαθμός
	Η ΚΘ συνδέεται σε όλο το σπίτι = η κυκλοφορία του αίματος γίνεται σε όλο το σώμα	1 βαθμός
	Κυκλική κίνηση νερού = κυκλική κίνηση αίματος	1 βαθμός
	Αν δεν πάει ζεστό νερό σε ένα δωμάτιο του σπιτιού, δε θα είναι ζεστό = αν δεν πάει αίμα σε ένα μέρος του σώματος, δε θα εργάζεται	1 βαθμός
4.	Εντοπίστηκαν αναντιστοιχίες	1 βαθμός
	Το αίμα έχει σταθερή θερμοκρασία, το νερό όχι	1 βαθμός
	Πιο πολλά τα όργανα μας από τα θερμαντικά σώματα	1 βαθμός
	Περισσότερα τα αγγεία και οι διακλαδώσεις από τις σωλήνες	1 βαθμός
	Το αίμα κάνει δύο κύκλους, το νερό μόνο ένα	1 βαθμός
	Απουσιάζουν πολλά μέρη του ΚΣ, όπως τα τριχοειδή	1 βαθμός
	Το ζεστό νερό πάει μόνο στα σώματα, ενώ το αίμα πάει παντού	1 βαθμός
	Απλός ο λέβητας, πολύπλοκη η καρδιά	1 βαθμός
	Αν σβήσει ο λέβητας ξεκινά πάλι, η καρδιά δεν ξαναξεκινά.	1 βαθμός
	<b>Συνολική Επίδοση στην Επιμέρους Μεταβλητή ΑΣ</b>	<b>48 βαθμοί</b>

Οι πέντε επιμέρους μεταβλητές, το εύρος αξιολόγησης της κάθε επιμέρους μεταβλητής, αλλά και το εύρος της συνολικής μεταβλητής, ως άθροισμα των πέντε επιμέρους μεταβλητών, φαίνονται στον Πίνακα 10, όπου αναγράφονται συνοπτικά και τα στοιχεία που συναποτελούσαν την κάθε επιμέρους μεταβλητή.

Πίνακας 10

Επιμέρους και Συνολική Μεταβλητή των Επιδόσεων των Μαθητών  
στα Ερωτήματα της Έρευνας

Μεταβλητή	Εύρος αξιολόγησης	Στοιχεία που συναποτελούν τη μεταβλητή
Δομή Καρδίας (ΔΚ)	0-16	Διακριτά μέρη (κόλποι, κοιλίες, βαλβίδες, αγγεία), Επαφή και χωροθέτηση μερών (κόλποι πάνω, κοιλίες κάτω), Μεγέθη μερών (κοιλίες μεγαλύτερες από κόλπους)
Δομή Κυκλοφορικού Συστήματος (ΔΚΣ)	0-54	Παρουσία οργάνων (καρδία, αγγεία, πνεύμονες, θώρακας) Τοποθέτηση οργάνων στην ανθρώπινη φιγούρα (ύψος, θέση, μέγεθος, σχήμα, χρήση χρώματος)
Λειτουργία Κυκλοφορικού Συστήματος (ΛΚΣ)	0-65	Μικρή και μεγάλη κυκλοφορία του αίματος Η καρδία ως αντλία Ο ρόλος των πνευμόνων Σύνδεση με το πεπτικό σύστημα
Αίμα: Σύσταση και Ρόλος (ΑΡΣ)	0-41	Σύσταση (αιμοσφαίρια, αιμοπετάλια, πλάσμα, νερό) Λειτουργία (μεταφορά ουσιών και αερίων) Κίνηση – φορά Άλλες λειτουργίες (σταματά την αιμορραγία, ελέγχει τη θερμοκρασία του σώματος κ.ά.)
Αναλογική Σκέψη (ΑΣ)	0-48	Εντοπισμός αντιστοιχιών και αναντιστοιχιών του ΚΣ, σε δεδομένα σχεδιαγράμματα: (α) η ροή ενός ποταμού ως αναλογία της κυκλοφορίας του αίματος (β) η λειτουργία του συστήματος κεντρικής θέρμανσης ενός σπιτιού ως αναλογία της λειτουργίας του κυκλοφορικού συστήματος
Συνολική Επίδοση	0-224	Το άθροισμα των επιμέρους μεταβλητών

Αξιολόγηση του 25% των δοκιμίων πραγματοποιήθηκε και από δεύτερο ερευνητή (με τη χρήση των ρητρών που αναπτύχθηκαν). Ο δείκτης αξιοπιστίας μεταξύ των δύο αξιολογητών ήταν 0,84, ενώ οι όποιες διαφορές προέκυψαν, επιλύθηκαν μετά από συζήτηση που ακολούθησε.

## Επιδόσεις των Μαθητών στο ΔΑΕ

Τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία των επιμέρους επιδόσεων και της συνολικής επίδοσης των μαθητών στο Δοκίμιο Αξιολόγησης της Ενότητας, σε σχέση με το φύλο και την πειραματική ομάδα, φαίνονται στον Πίνακα 11.

Πίνακας 11

Περιγραφικά Στατιστικά Στοιχεία των Επιμέρους Επιδόσεων και της Συνολικής Επίδοσης των Μαθητών στο Ερευνητικό Δοκίμιο, ανά Ομάδα και Φύλο

	Εύρος	Αγόρια			Κορίτσια			Σύνολο		
		N	ΜΟ	ΤΑ	N	ΜΟ	ΤΑ	N	ΜΟ	ΤΑ
Ομάδα Ελέγχου										
ΔΚ	0-16	26	3,12	3,02	26	2,50	2,59	52	2,81	2,80
ΔΚΣ	0-54	26	10,88	5,69	26	12,04	3,95	52	11,46	4,88
ΛΚΣ	0-65	26	6,77	6,12	26	6,04	4,51	52	6,40	5,34
ΑΡΣ	0-41	26	3,92	3,00	26	4,77	2,80	52	4,35	2,91
ΑΣ	0-48	26	4,88	3,60	26	4,42	2,98	52	4,65	3,28
ΣΕ	0-224	26	29,57	17,05	26	29,76	12,63	52	29,67	14,86
Πειραματική Ομάδα										
ΔΚ	0-16	22	4,64	2,92	29	4,83	2,37	51	4,75	2,59
ΔΚΣ	0-54	22	14,50	5,21	29	16,52	4,38	51	15,65	4,81
ΛΚΣ	0-65	22	8,68	6,46	29	8,83	7,21	51	8,76	6,83
ΑΡΣ	0-41	22	4,77	3,89	29	5,72	4,22	51	5,31	4,07
ΑΣ	0-48	22	5,82	4,70	29	6,31	4,73	51	6,10	4,68
ΣΕ	0-224	22	38,40	19,39	29	42,20	19,04	51	40,56	19,09
Και οι Δύο Ομάδες										
ΔΚ	0-16	48	3,81	3,04	55	3,73	2,72	103	3,77	2,86
ΔΚΣ	0-54	48	12,54	5,72	55	14,40	4,72	103	13,53	5,26
ΛΚΣ	0-65	48	7,65	6,28	55	7,51	6,19	103	7,57	6,21
ΑΡΣ	0-41	48	4,31	3,42	55	5,27	3,62	103	4,83	3,54
ΑΣ	0-48	48	5,31	4,12	55	5,42	4,08	103	5,37	4,08
ΣΕ	0-224	48	33,62	18,51	55	36,32	17,35	103	35,06	17,86

Σημείωση: ΜΟ = Μέσος Όρος, ΤΑ = Τυπική Απόκλιση, ΔΚ = Δομή Καρδίας, ΔΚΣ = Δομή Κυκλοφορικού Συστήματος, ΛΚΣ = Λειτουργία Κυκλοφορικού Συστήματος, ΑΡΣ = Αίμα: Ρόλος/Σύσταση, ΑΣ = Αναλογική Σκέψη, ΣΕ = Συνολική Επίδοση

Από τον Πίνακα 11, φαίνεται πως οι συνολικές επιδόσεις των μαθητών του δείγματος ήταν πολύ χαμηλές και αντιπροσώπευαν μόνο το 15.7% της συνολικής επίδοσης (35,06/224), ενώ και η διακύμανση των επιδόσεων των μαθητών ήταν αρκετά μεγάλη (TA=17,86), υποδεικνύοντας μεγάλες διαφορές μεταξύ των ατομικών επιδόσεων των μαθητών.

Οι συνολικές επιδόσεις στην επιμέρους μεταβλητή «*Δομή Κυκλοφορικού Συστήματος*» ήταν υψηλότερες από τις αντίστοιχες επιδόσεις στις άλλες επιμέρους μεταβλητές και στις δύο ομάδες, με την ΠΟ να φαίνεται ότι έχει καλύτερα αποτελέσματα (MO=15,65) από την ΟΕ (MO=11,46). Οι χαμηλότερες επιδόσεις εντοπίζονται στην επιμέρους μεταβλητή «*Δομή Καρδίας*», με την ΟΕ να φαίνεται ότι έχει MO=2,81, έναντι της ΠΟ με MO=4,75. Γενικότερα, όμως, η τάση που παρατηρείται για όλες τις επιμέρους μεταβλητές, δείχνει την ΠΟ να έχει καλύτερα αποτελέσματα από ότι η ΟΕ, τόσο στα αγόρια, όσο και στα κορίτσια.

Στις συνολικές επιδόσεις των μαθητών, φαίνεται επίσης ότι υπήρχαν διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων, με το σύνολο των παιδιών της ΠΟ να έχουν MO=40,56 και το σύνολο των παιδιών της ΟΕ να έχουν MO=29,67. Τα κορίτσια φάνηκε ότι είχαν ελαφρώς υψηλότερες συνολικές επιδόσεις από τα αγόρια στην ΟΕ, ενώ στην ΠΟ τα κορίτσια είχαν επίσης υψηλότερη συνολική επίδοση (MO=42,20) από τα αγόρια (MO=38,40). Όσον αφορά τις επιμέρους μεταβλητές, τα αγόρια φαίνεται να είχαν υψηλότερες επιδόσεις από τα κορίτσια στις μεταβλητές «*Δομή Καρδίας*» και «*Λειτουργία Κυκλοφορικού Συστήματος*,» ενώ τα κορίτσια φάνηκε ότι είχαν καλύτερες επιδόσεις από τα αγόρια στις μεταβλητές «*Δομή Κυκλοφορικού Συστήματος*,» «*Αίμα: Ρόλος και Σύσταση*» και «*Αναλογική Σκέψη*.»

Ανάλογες διαφορές φαίνεται ότι υπήρχαν και εντός των δύο ομάδων. Για παράδειγμα, εντός της Ομάδας Ελέγχου (ΟΕ), τα αγόρια φαίνεται να είχαν υψηλότερες επιδόσεις στις μεταβλητές «*Δομή καρδίας*,» «*Λειτουργία ΚΣ*» και «*Αναλογική Σκέψη*,» από ότι τα κορίτσια. Στις μεταβλητές «*Δομή Κυκλοφορικού Συστήματος*» και «*Αίμα: Ρόλος και Σύσταση*,» τα κορίτσια είχαν όμως καλύτερη επίδοση. Οι διαφορές αυτές είχαν ως αποτέλεσμα τα κορίτσια να εμφανίζονται με ελαφρώς υψηλότερες επιδόσεις (MO=29,76) από ότι τα αγόρια (MO=29,57). Εντός της Πειραματικής Ομάδας (ΠΟ), τα κορίτσια φαίνεται να είχαν καλύτερες επιδόσεις από τα αγόρια σε όλες τις επιμέρους μεταβλητές «*Δομή Καρδίας*,» «*Δομή Κυκλοφορικού Συστήματος*,» «*Λειτουργία Κυκλοφορικού Συστήματος*» και «*Αναλογική Σκέψη*»

και τελικά τα κορίτσια φάνηκε ότι είχαν επίσης καλύτερες συνολικές επιδόσεις (MO=42,20) από ότι τα αγόρια (MO=38,40).

Για να διακριβωθεί κατά πόσο οι διαφορές που εντοπίστηκαν στις συνολικές επιδόσεις ήταν στατιστικά σημαντικές, πραγματοποιήθηκε ανάλυση διασποράς (ANOVA) 2 (φύλο) x 2 (ομάδα). Τα αποτελέσματα της ανάλυσης φαίνονται στον Πίνακα 12.

Πίνακας 12

Ανάλυση Διασποράς (ANOVA) 2 (Ομάδα) x 2 (Φύλο) με Εξαρτημένη Μεταβλητή τη Συνολική Επίδοση στο ΔΑΕ

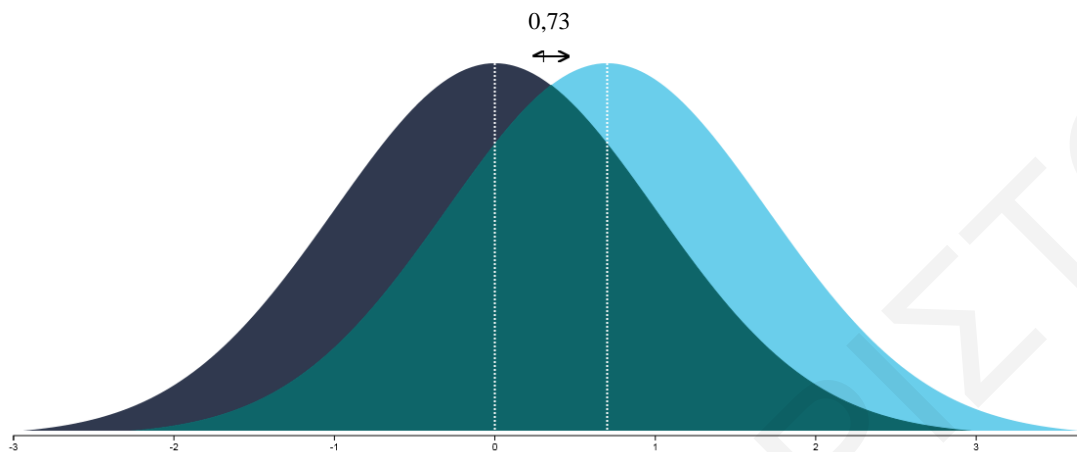
Πηγή	SS	df	MS	F	Επίπεδο σημαντικότητας
Διορθ. Μοντέλο	3237,486	3	1079,162	3,644	,015
Intercept	124 884,314	1	124 884,314	421,690	,000
Ομάδα	2884,131	1	2884,131	9,739	,002
Φύλο	101,498	1	101,498	,343	,560
Φύλο*Ομάδα	82,874	1	82,874	,280	,598
Λάθος	29 319,038	99	296,152		
Σύνολο	159 222,000	103			
Διορθ. Σύνολο	32 556,524	102			

Σημείωση: Ομάδα = Διδακτική Προσέγγιση

Από τον Πίνακα 12, προκύπτει πως δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των μεταβλητών φύλου και ομάδας, όσον αφορά τη συνολική επίδοση των μαθητών στο ερευνητικό δοκίμιο,  $F(1, 102)=0,280$ ,  $p=0,598$ . Οι διαφορές που είχαν εντοπιστεί μεταξύ των συνολικών επιδόσεων των δύο ομάδων (Πίνακας 11), προκύπτει ότι ήταν στατιστικά σημαντικές,  $F(1, 102)=9,739$ ,  $p =0,002$ . Αντίθετα, οι διαφορές στις συνολικές επιδόσεις μεταξύ των αγοριών και των κοριτσιών δεν ήταν στατιστικά σημαντικές,  $F(1, 102)=0,343$ ,  $p =0,560$ .

Μια ένδειξη των διαφορών μεταξύ των δύο ομάδων (διδακτικών προσεγγίσεων) αποτελεί το «μέγεθος του αποτελέσματος» (effect size) (Glass, McGaw, & Smith, 1981), που υπολογίστηκε με βάση την τυπική απόκλιση των επιδόσεων των μαθητών της ομάδας

ελέγχου. Η τιμή του «μεγέθους του αποτελέσματος» ήταν ίση με 0,73 ( $40,56-29,67/14,86 = 0,73$ ) και απεικονίζεται καλύτερα στο Σχήμα 7.



Σχήμα 7. Μέγεθος του Αποτελέσματος για τις Διαφορές των Ομάδων στις ΣΕ

Με την προϋπόθεση ότι οι κατανομές των επιδόσεων των μαθητών στις δύο ομάδες ήταν κανονικές, προκύπτει ότι η μέση επίδοση ενός μαθητή της ΠΟ στο ΔΑΕ ήταν υψηλότερη από το 77% περίπου των μαθητών της ΟΕ. Δηλαδή, μόνο το 23% των μαθητών της ΟΕ είχαν επιδόσεις στο ΔΑΕ μεγαλύτερες από 40,56, σε αντίθεση με το 50% των μαθητών της ΠΟ που είχαν επιδόσεις μεγαλύτερες από 40,46.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές της ΠΟ είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις επιδόσεις τους σε σχέση με τους μαθητές της ΟΕ, χωρίς να εντοπίζονται όμως σε ποιες επιμέρους μεταβλητές οφείλονται αυτές οι διαφορές. Για να εντοπιστούν, συνεπώς, διαφορές που σχετίζονται με τις επιμέρους μεταβλητές, πραγματοποιήθηκε πολλαπλή ανάλυση διασποράς (MANOVA) 2 (φύλο) x 2 (ομάδα), με εξαρτημένες μεταβλητές τις πέντε επιμέρους επιδόσεις των μαθητών στο ΔΑΕ. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης φαίνονται στον Πίνακα 13.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Πίνακα 13, προκύπτει πως δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των μεταβλητών φύλου και ομάδας για καμία από τις πέντε επιμέρους μεταβλητές.

Πίνακας 13

Πολλαπλή Ανάλυση Διασποράς (MANOVA) 2 (Φύλο) x 2 (Ομάδα)  
για τις Πέντε Επιμέρους Επιδόσεις

	Πηγή	SS	df	MS	F	Επίπεδο σημαντικότητας
ΔΚ	Διορθ. Μοντέλο	102,025	3	34,008	4,585	,005
	Intercept	1449,610	1	1449,610	195,418	,000
	Φύλο	1,147	1	1,147	,115	,695
	Ομάδα	94,424	1	94,424	12,729	,001
	Φύλο*Ομάδα	4,148	1	4,148	,559	,456
	Λάθος	734,383	99	7,418		
	Διορθ. Σύνολο	836,408	102			
ΔΚΣ	Διορθ. Μοντέλο	519,274	3	173,091	7,417	,000
	Intercept	18 548,711	1	18 548,711	794,822	,000
	Φύλο	64,107	1	64,107	2,747	,101
	Ομάδα	417,668	1	417,668	17,897	,000
	Φύλο*Ομάδα	4,752	1	4,752	,204	,653
	Λάθος	2310,357	99	23,337		
	Διορθ. Σύνολο	2829,631	102			
ΛΚΣ	Διορθ. Μοντέλο	150,716	3	50,239	1,315	,274
	Intercept	5859,519	1	5859,519	153,363	,000
	Φύλο	2,182	1	2,182	,057	,812
	Ομάδα	140,928	1	140,928	3,689	,058
	Φύλο*Ομάδα	4,898	1	4,898	,128	,721
	Λάθος	3782,488	99	38,207		
	Διορθ. Σύνολο	3933,204	102			
ΑΡΣ	Διορθ. Μοντέλο	44,736	3	14,912	1,190	,317
	Intercept	2347,466	1	2347,466	187,401	,000
	Φύλο	20,599	1	20,599	1,644	,203
	Ομάδα	20,760	1	20,760	1,657	,201
	Φύλο*Ομάδα	,071	1	,071	,006	,940
	Λάθος	1240,118	99	12,526		
	Διορθ. Σύνολο	1284,854	102			
ΑΣ	Διορθ. Μοντέλο	59,501	3	19,834	1,197	,315
	Intercept	2929,430	1	2929,430	176,786	,000
	Φύλο	,006	1	,006	,000	,985
	Ομάδα	50,727	1	50,727	3,061	,083
	Φύλο*Ομάδα	5,798	1	5,798	,350	,556
	Λάθος	1640,480	99	16,571		
	Διορθ. Σύνολο	1699,981	102			

Σημείωση: ΔΚ = Δομή Καρδιάς, ΔΚΣ = Δομή Κυκλοφορικού Συστήματος, ΛΚΣ = Λειτουργία Κυκλοφορικού Συστήματος, ΑΡΣ = Αίμα: Ρόλος/Σύσταση, ΑΣ = Αναλογική Σκέψη, Ομάδα = Διδακτική Προσέγγιση

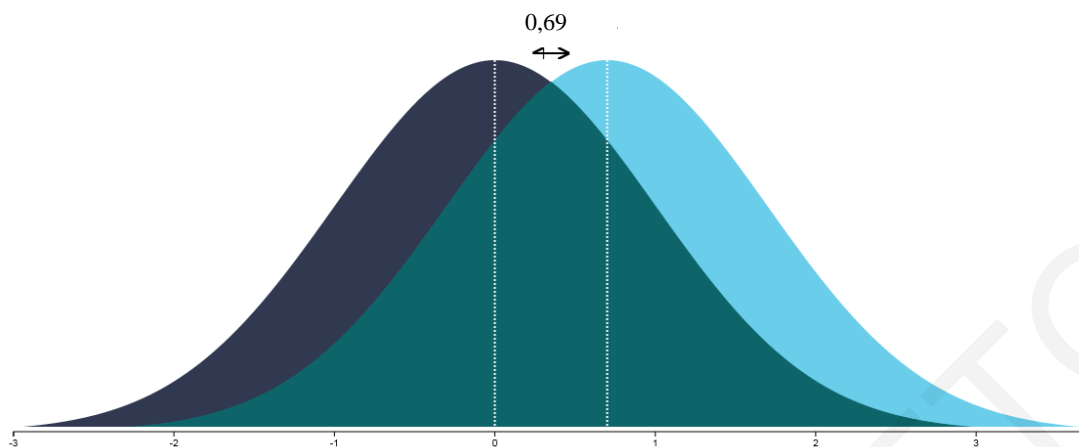


Πιο συγκεκριμένα, για τη Δομή της καρδιάς,  $F(1, 102)=0,559$ ,  $p=0,456$ · για τη Δομή Κυκλοφορικού Συστήματος,  $F(1, 102)=0,204$ ,  $p=0,653$ · για τη Λειτουργία Κυκλοφορικού Συστήματος  $F(1, 102)=0,128$ ,  $p=0,721$ · για τη μεταβλητή Αίμα: Ρόλος και Σύσταση  $F(1, 102)=0,006$   $p=0,940$  και για την Αναλογική Σκέψη  $F(1, 102)=0,350$ ,  $p=0,556$ . Αυτό δείχνει ότι οι μαθητές και οι μαθήτριες των δύο ομάδων, δεν συμπεριφέρθηκαν με διαφορετικό τρόπο, ανάλογα με τη διδακτική προσέγγιση (ομάδα).

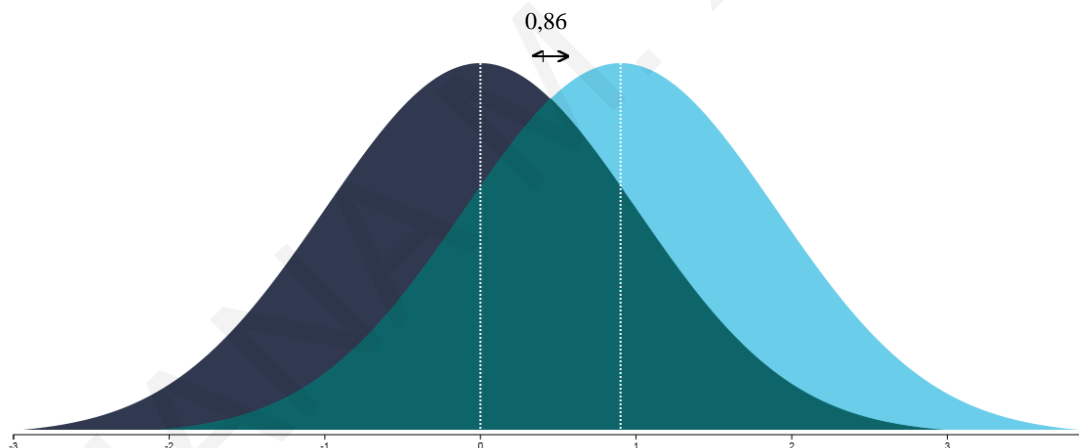
Δεν υπήρχαν επίσης στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών για τις πέντε επιμέρους μεταβλητές: Δομή της καρδιάς,  $F(1, 102)=0,115$ ,  $p=0,695$ · Δομή Κυκλοφορικού Συστήματος,  $F(1, 102)=2,747$ ,  $p=0,101$ · Λειτουργία Κυκλοφορικού Συστήματος  $F(1, 102)=0,057$ ,  $p=0,812$ · Αίμα: Ρόλος και Σύσταση  $F(1, 102)=1,644$ ,  $p=0,203$  και Αναλογική Σκέψη  $F(1, 102)=0,000$ ,  $p=0,985$ , ούτε και μεταξύ των δύο ομάδων για τις μεταβλητές Λειτουργία Κυκλοφορικού Συστήματος  $F(1, 102)=3,689$ ,  $p=0,058$ · Αίμα: Ρόλος και Σύσταση  $F(1, 102)=1,657$ ,  $p=0,201$  και Αναλογική Σκέψη  $F(1, 102)=3,061$ ,  $p=0,083$ . Αντίθετα, εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων για τις μεταβλητές: Δομή της Καρδιάς,  $F(1, 102)=12,729$ ,  $p=0,001$  και Δομή Κυκλοφορικού Συστήματος,  $F(1, 102)=17,897$ ,  $p=0,000$ .

Η τιμή του «μεγέθους του αποτελέσματος» για τη μεταβλητή ΔΚ ήταν ίση με 0,69 ( $4,75-2,81/2,80=0,69$ ), όπως φαίνεται στο Σχήμα 8. Υπό την προϋπόθεση ότι οι κατανομές των επιμέρους επιδόσεων των μαθητών, στη μεταβλητή ΔΚ στις δύο ομάδες, ήταν κανονικές, προκύπτει ότι η μέση επίδοση ενός μαθητή της ΠΟ στη μεταβλητή ΔΚ, ήταν υψηλότερη από το 75% περίπου των μαθητών της ΟΕ. Επιδόσεις μεγαλύτερες του 4,75 είχε το 25% των μαθητών της ΟΕ, σε αντίθεση με το 50% των μαθητών της ΠΟ που είχε επιδόσεις μεγαλύτερες του 4,75.

Για τη μεταβλητή ΔΚΣ το μέγεθος του αποτελέσματος ήταν 0,86 ( $15,65-11,46/4,88 = 0,86$ ), που σημαίνει ότι ποσοστό περίπου 19% των μαθητών της ΟΕ, είχε επίδοση μεγαλύτερη του 15,65 στην επιμέρους μεταβλητή ΔΚΣ, σε σχέση με το 50% των μαθητών της ΠΟ, που είχε την αντίστοιχη επίδοση, δεδομένου ότι οι κατανομές των επιμέρους επιδόσεων των μαθητών στη μεταβλητή ΔΚΣ στις δύο ομάδες ήταν κανονικές (Σχήμα 9).



Σχήμα 8. Μέγεθος του Αποτελέσματος για τις Διαφορές των Ομάδων, στην Επίδοσή τους στη Μεταβλητή ΔΚ



Σχήμα 9. Μέγεθος του Αποτελέσματος για τις Διαφορές των Ομάδων, στην Επίδοσή τους στη Μεταβλητή ΔΚΣ

Προκύπτει, κατά συνέπεια, ότι οι στατιστικά σημαντικές διαφορές στις Συνολικές Επιδόσεις (ΣΕ) των δύο ομάδων, ΟΕ και ΠΟ, που εντοπίστηκαν προηγουμένως, οφείλονται κατά κύριο λόγο στις επιδόσεις των παιδιών στις επιμέρους μεταβλητές Δομή της Καρδίας (ΔΚ) και Δομή του Κυκλοφορικού Συστήματος (ΔΚΣ). Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 11, η εναλλακτική διδακτική παρέμβαση επηρέασε θετικά όλες τις επιμέρους μεταβλητές, αλλά μόνο σε δύο

περιπτώσεις οι διαφορές ήταν στατιστικά σημαντικές: στις μεταβλητές Δομή Καρδίας και Δομή Κυκλοφορικού Συστήματος.

### **Πολλαπλή Ανάλυση Παλινδρόμησης Βήμα προς Βήμα**

Στη συνέχεια, εξετάστηκε η συμβολή διαφόρων μεταβλητών στην πρόβλεψη των συνολικών επιδόσεων των μαθητών στο Δοκίμιο Αξιολόγησης της Ενότητας (ΔΑΕ), μέσω ανάλυσης πολλαπλής παλινδρόμησης «κατά βήματα,» με υποχρεωτική εισαγωγή όλων των μεταβλητών. Η Συνολική Επίδοση στο ερευνητικό δοκίμιο ήταν η εξαρτημένη μεταβλητή και ως ανεξάρτητες μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν το φύλο των μαθητών (1-αγόρι, 2-κορίτσι), η πειραματική ομάδα (1-ΟΕ, 2-ΠΟ), το μορφωτικό επίπεδο του πατέρα και το μορφωτικό επίπεδο της μητέρας (1-10), με το 1 να αντιστοιχεί σε μόρφωση επιπέδου δημοτικού, ενώ τα 9 και 10 αντιστοιχούν σε πανεπιστημιακή μόρφωση, επιπέδου μεταπτυχιακού ή διδακτορικού, αντίστοιχα. Ως ανεξάρτητη μεταβλητή θεωρήθηκε το επάγγελμα του πατέρα και το επάγγελμα της μητέρας (0-4), με το 0 να αντιστοιχεί σε άνεργο γονιό, το 1 σε επάγγελμα με χαμηλά ακαδημαϊκά προσόντα και απαιτήσεις (π.χ., οικοδόμος, μανάβης) και το 4 σε επάγγελμα με υψηλές ακαδημαϊκές απαιτήσεις και προσόντα (π.χ., γιατρός, πιλότος). Η σχολική επίδοση των μαθητών, όπως καθορίστηκε από τους εκπαιδευτικούς της κάθε τάξης και αφορούσε τη συνολική τους επίδοση στο σχολείο (0-20) και η επίδοσή τους στις Σταθερές Προοδευτικές Μήτρες του Raven (0-60), θεωρήθηκαν επίσης ως ανεξάρτητες μεταβλητές.

Δύο από τις μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν φάνηκε να έχουν σημαντική συμβολή στην πρόβλεψη των συνολικών επιδόσεων των μαθητών. Στον Πίνακα 14, φαίνονται οι τιμές του  $R$ , οι τιμές του  $R^2$ , οι μεταβολές του  $R^2$  ( $\Delta R^2$ ), οι μη σταθμισμένοι συντελεστές παλινδρόμησης ( $B$ ), και οι σταθμισμένοι συντελεστές παλινδρόμησης «βήτα» ( $\beta$ ).

Στο πρώτο μοντέλο που προέκυψε από την παλινδρόμηση, η τιμή του  $R=0,391$  ήταν στατιστικά διαφορετική από το μηδέν, άρα η μεταβλητή Σχολική Επίδοση φαίνεται να εξηγεί ποσοστό 15,3% του συνολικού ποσοστού διακύμανσης της συνολικής επίδοσης των μαθητών ( $\Delta R^2=0,153$ ).

Πίνακας 14

Πολλαπλή Παλινδρόμηση με Εξαρτημένη Μεταβλητή τη Συνολική Επίδοση στο ΔΑΕ, και Ανεξάρτητες Μεταβλητές το Φύλο, την Πειραματική Ομάδα, τη Μόρφωση Πατέρα και Μητέρας, το Επάγγελμα Πατέρα και Μητέρας, τη Σχολική Επίδοση και την Επίδοση στις ΣΠΜΡ

	Μεταβλητές	R	R <sup>2</sup>	ΔR <sup>2</sup>	B	δ
1	Σχολική Επίδοση	,391*	,153	,153	2,680	,482
2	Πειραματική Ομάδα	,561*	,315	,162	14,692	,413

Σημείωση: Πειραματική Ομάδα = Διδακτική Προσέγγιση

\* =  $p < ,001$

Σε δεύτερο στάδιο, με την εισαγωγή της μεταβλητής Πειραματική Ομάδα (διδακτική προσέγγιση), η τιμή του R για την παλινδρόμηση έγινε 0,561, ενώ το συνολικό ποσοστό διακύμανσης που ερμηνεύεται από τις δύο μεταβλητές που περιλήφθηκαν στο μοντέλο, ως ομάδα ή συνδυασμός μεταβλητών, ήταν 31,15%, με τη διαφορά να ανέρχεται στο 16,2% ( $\Delta R^2 = 0,162$ ). Δηλαδή, με την εισαγωγή της διδακτικής προσέγγισης, το μοντέλο εξηγούσε επιπρόσθετα 16,2 % της διακύμανσης στις επιδόσεις των μαθητών.

Για καλύτερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων της παλινδρόμησης, υπολογίστηκαν οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής (συνολική επίδοση στο ΔΑΕ) και των ανεξάρτητων μεταβλητών (φύλο, πειραματική ομάδα, μόρφωση πατέρα και μητέρας, επάγγελμα πατέρα και μητέρας, σχολική επίδοση και επίδοση στις ΣΠΜΡ), που φαίνονται στον Πίνακα 15.

Από τον Πίνακα 15, προκύπτει ότι η σχολική επίδοση των μαθητών σχετίζεται σημαντικά με την πειραματική ομάδα ( $r = -0,221, p < 0,05$ ), ενώ ο συντελεστής προκύπτει αρνητικός, αφού κατά την κωδικοποίηση των δεδομένων, η ΟΕ εισήχθηκε με τον κωδικό 1, ενώ η ΠΟ με τον κωδικό 2, και έτσι φαίνεται ότι η ΟΕ έχει καλύτερες σχολικές επιδόσεις από την ΠΟ. Ο έλεγχος t για ανεξάρτητα δείγματα επιβεβαίωσε ότι οι σχολικές επιδόσεις των δύο ομάδων διέφεραν στατιστικά  $t(101) = 2,281, p < 0,005$ . Αυτό υποδεικνύει ότι οι μαθητές της ΟΕ είχαν υψηλότερες σχολικές επιδόσεις από τους μαθητές της ΠΟ, ενώ αντίθετα η διδακτική προσέγγιση που ακολουθήθηκε βοήθησε τους μαθητές της ΠΟ να έχουν στατιστικά υψηλότερες επιδόσεις στο ΔΑΕ από τους μαθητές της ΟΕ. Υπενθυμίζεται ότι δεν υπήρχαν

στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μαθητών της ΠΟ και των μαθητών της ΟΕ στις ΣΠΜΡ, υποδεικνύοντας ότι οι στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των σχολικών επιδόσεων των μαθητών ίσως να ήταν αποτέλεσμα της υποκειμενικότητας στις αξιολογήσεις των μαθητών, που έγιναν από τους υπεύθυνους εκπαιδευτικούς κάθε τμήματος.

Πίνακας 15

Συντελεστές Συσχέτισης μεταξύ των Μεταβλητών (N=103)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ομάδα (1)	1								
Φύλο (2)	,069	1							
Μόρφωση Πατέρα (3)	-,001	-,044	1						
Μόρφωση Μητέρας (4)	-,104	-,009	,629**	1					
Επάγγελμα Πατέρα (5)	,057	-,114	,684	,476**	1				
Επάγγελμα Μητέρας (6)	-,051	,023	,384**	,620	,313**	1			
Σχολική Επίδοση (7)	-,221*	,166	,416**	,389**	,273**	,188	1		
Γνωστική Ικανότητα (8)	,047	-,110	,287**	,372**	,230*	,117	,518**	1	
Συνολική Επίδοση (9)	,306**	,076	,285**	,171	,198*	,023	,391**	,378**	1

\* =  $p < 0,05$     \*\* =  $p < 0,01$

Υψηλή συσχέτιση παρουσιάζεται να υπάρχει επίσης μεταξύ της Συνολικής Επίδοσης και της Γνωστικής Ικανότητας ( $r = 0,378$ ,  $p < 0,01$ ) αλλά και μεταξύ της Συνολικής Επίδοσης και της Σχολικής Επίδοσης ( $r = 0,391$ ,  $p < 0,01$ ). Η Γνωστική Ικανότητα και η Σχολική Επίδοση έχουν επίσης μεταξύ τους στατιστικά σημαντική συσχέτιση ( $r = 0,518$ ,  $p < 0,01$ ). Τα αποτελέσματα αυτά οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η μη συμπερίληψη των υπολοίπων μεταβλητών στο προηγούμενο μοντέλο πρόβλεψης των επιδόσεων στο ΔΑΕ, δεν πρέπει να υποβαθμίζει τη σημασία τους, αφού πολλές από τις μεταβλητές είχαν υψηλή συσχέτιση μεταξύ τους. Για παράδειγμα, η γνωστική ικανότητα δεν συμπεριλήφθηκε στο μοντέλο, πιθανότατα λόγω του υψηλού βαθμού συσχέτισής της με τη σχολική επίδοση ( $r = 0,518$ ,  $p < 0,01$ ).

Το μορφωτικό επίπεδο του πατέρα επίσης δεν συμπεριλήφθηκε στο μοντέλο, ίσως λόγω του υψηλού βαθμού συσχέτισης που έχει με τη σχολική επίδοση ( $r=0,416$ ,  $p<0,01$ ). Κατά αντίστοιχο τρόπο, το μορφωτικό επίπεδο της μητέρας σχετίζεται σημαντικά με το μορφωτικό επίπεδο του πατέρα ( $r=0,629$ ,  $p<0,01$ ) και άρα έμμεσα με τη σχολική επίδοση. Ως εκ τούτου, υπάρχει επικάλυψη της επίδρασης των μεταβλητών, με αποτέλεσμα να μην είναι εμφανής η επίδρασή τους στην πρόβλεψη της Συνολικής Επίδοσης. Εντούτοις, η πιθανή συμβολή των παραγόντων αυτών στην επίδοση των μαθητών δεν πρέπει να παραγνωριστεί, διότι συνεισφέρουν με έμμεσο τρόπο, όπως προκύπτει από τις στατιστικά σημαντικές θετικές συσχετίσεις που είχαν μεταξύ τους. Για παράδειγμα, το μορφωτικό επίπεδο τόσο του πατέρα, όσο και της μητέρας, είναι δύο παράγοντες που, όπως έχει βρεθεί από προηγούμενες έρευνες (Burgess, Hecht & Lonigan, 2002· van Steensel, 2006), συμβάλλουν στη διαμόρφωση της επίδοσης των μαθητών στο σχολείο.

Οι παράγοντες που μπορούσαν να προβλέψουν το μεγαλύτερο ποσοστό της διασποράς των Συνολικών Επιδόσεων όλων των μαθητών ήταν οι σχολικές τους επιδόσεις τους και η ομάδα (διδασκτική προσέγγιση). Σε αναλύσεις γραμμικής παλινδρόμησης που πραγματοποιήθηκαν για κάθε ομάδα ξεχωριστά, ο παράγοντας που βρέθηκε ότι μπορούσε να προβλέψει το ποσοστό της διασποράς των Συνολικών Επιδόσεων για την ΟΕ ήταν η γνωστική ικανότητα ( $R^2=0,187$ ,  $F(1, 51)=11,479$ ,  $p<0,001$ ), η οποία σχετίζεται σημαντικά με τη σχολική επίδοση, ενώ ο αντίστοιχος παράγοντας για την ΠΟ ήταν η σχολική επίδοση ( $R^2=0,359$ ,  $F(1, 50) = 27,447$ ,  $p<0,000$ ), όπως προέκυψε και στο αρχικό μοντέλο. Η διαπίστωση αυτή υποδεικνύει ότι η εφαρμογή της εναλλακτικής διδακτικής παρέμβασης, σε συνδυασμό με τη σχολική επίδοση των μαθητών, και εμμέσως η ΓΓΙ λόγω της στατιστικά σημαντικής συσχέτισής τους, ήταν οι μεταβλητές πρόβλεψης των συνολικών επιδόσεων των μαθητών στο ΔΑΕ.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η σχολική επίδοση των μαθητών και η ετοιμότητά τους να έρθουν σε επαφή με συγκεκριμένες μορφές διδακτικών μέσων, όπως είναι οι προσομοιώσεις, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο διδακτικό σχεδιασμό. Είναι σημαντικό προτού εισαχθεί η χρήση οποιασδήποτε μορφής ΤΠΕ, που αφορά τις προσομοιώσεις σε μια τάξη, να γίνεται πρόνοια εξακρίβωσης του επιπέδου της γενικής νοητικής ικανότητας των μαθητών και να προηγείται προσπάθεια ανάπτυξης δεξιοτήτων που καλλιεργούν τη ΓΓΙ, ώστε να είναι πιο αποτελεσματική και χρήσιμη η εφαρμογή των νέων, καινοτόμων τεχνολογιών. Μια

προσομοίωση, ως ένα εξωγενές γνωστικό φορτίο, απαιτεί την ενεργοποίηση των συστημάτων λεκτικής και εικονικής επεξεργασίας για τη δημιουργία νοητικών εικόνων ή εικονικών αναπαραστάσεων και τη διασύνδεση των δύο, με τις απαραίτητες αναφορικές συνδέσεις, όπως περιγράφει ο Ραίνιο (1986). Το επίπεδο γνωστικών ικανοτήτων, η νόηση, επιτρέπει τη διαχείριση των ερεθισμάτων και τον έλεγχο των γνωστικών φορτίων, ώστε να μεγιστοποιείται το μαθησιακό αποτέλεσμα (Paas, van Gog & Sweller, 2010).

### **Ποιοτική Ανάλυση των Δεδομένων**

Στο Μέρος I του ερευνητικού δοκιμίου (Παράρτημα Β), οι μαθητές κλήθηκαν να σχεδιάσουν σε μια ανθρώπινη φιγούρα το κυκλοφορικό σύστημα και τα όργανα που θεωρούσαν ότι έχουν σχέση με αυτό και ακολούθως να επεξηγήσουν περιγραφικά το σχέδιό τους. Τα σχεδιαγράμματα εξετάστηκαν λεπτομερώς και δημιουργήθηκαν ρήτρες, με βάση τις οποίες αξιολογήθηκε η απεικόνιση του κυκλοφορικού συστήματος. Συγκεκριμένα, εξετάστηκε:

1. εάν στο σχεδιάγραμμα τοποθετήθηκαν τα βασικά όργανα που σχετίζονται με τη λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος, δηλαδή, η καρδιά, τα αιμοφόρα αγγεία και οι δύο πνεύμονες,
2. εάν οι μαθητές τοποθέτησαν ορθά στην ανθρώπινη φιγούρα τα όργανα, αν τήρησαν την αναμενόμενη αναλογία στα μεγέθη των οργάνων (π.χ., πνεύμονες μεγαλύτεροι από την καρδιά) και αν τοποθέτησαν στο σωστό μέρος τα όργανα (καρδιά κεντροαριστερά του στήθους και οι πνεύμονες δεξιά και αριστερά της ή τα αιμοφόρα αγγεία να καλύπτουν ολόκληρο το σώμα),
3. κατά πόσο το σχήμα που χρησιμοποίησαν για να απεικονίσουν τα όργανα ανταποκρίνεται στο πραγματικό,
4. εάν χρησιμοποίησαν διαφορετικό χρώμα, για να κάνουν διακρίσεις μεταξύ, π.χ., των αγγείων ή άλλων οργάνων και
5. εάν χρησιμοποίησαν τις ορθές λεκτικές εκφράσεις, για να ονομάσουν ή να περιγράψουν το σχέδιό τους.

### **Σχεδιαγράμματα της Δομής του Κυκλοφορικού Συστήματος (ΔΚΣ).**

Τα αποτελέσματα, όπως φαίνονται στον Πίνακα 16, δείχνουν πως, σχεδόν το σύνολο των μαθητών, θεωρούν την καρδιά και τα αιμοφόρα αγγεία ως μέρος του κυκλοφορικού

συστήματος, αφού όλοι οι μαθητές της Πειραματικής Ομάδας (100%) και 48 μαθητές της Ομάδας Ελέγχου (92,30%), τα τοποθέτησαν στο σχεδιάγραμμά τους.

Οι πνεύμονες, παρόλο που δεν ανήκουν στο κυκλοφορικό σύστημα αλλά, στο αναπνευστικό, είναι απαραίτητοι για τη διαδικασία της ανταλλαγής αερίων κατά τη μικρή κυκλοφορία του αίματος. Το πλούσιο σε CO<sub>2</sub> αίμα, που φτάνει μέσω των φλεβών από όλο το σώμα στην καρδιά, μεταφέρεται στους πνεύμονες μέσω της πνευμονικής αρτηρίας (μικρή κυκλοφορία). Εκεί αποβάλλεται το CO<sub>2</sub>, το αίμα εμπλουτίζεται με O<sub>2</sub> και επιστρέφει στην καρδιά μέσω των πνευμονικών φλεβών, για να διοχετευτεί σε όλο το σώμα (μεγάλη κυκλοφορία) μέσω της αορτής.

Πίνακας 16

Παρουσία Οργάνων στο Σχεδιάγραμμα του Κυκλοφορικού Συστήματος

	Ομάδα Ελέγχου					
	Αγόρια (n=26)		Κορίτσια (n=26)		Σύνολο (n=52)	
		%		%		%
Καρδιά	23	88,46	25	98,37	48	92,30
Αιμοφόρα Αγγεία	23	88,46	25	98,37	48	92,30
2 Πνεύμονες	15	57,69	17	65,38	32	61,53
	Πειραματική Ομάδα					
	Αγόρια (n=22)		Κορίτσια (n=29)		Σύνολο (n=51)	
		%		%		%
Καρδιά	22	100	29	100	51	100
Αιμοφόρα Αγγεία	22	100	29	100	51	100
2 Πνεύμονες	6	27,27	2	6,89	8	15,68

Οι μαθητές της ΟΕ, που διδάχτηκαν την ενότητα για το κυκλοφορικό σύστημα με την παραδοσιακή μέθοδο, έκριναν απαραίτητη την παρουσία των πνευμόνων στο κυκλοφορικό σύστημα, αφού 32 από αυτούς (61,53%) τοποθέτησαν στα σχεδιαγράμματά τους τους πνεύμονες, σε αντίθεση με τους μαθητές της ΠΟ, από τους οποίους μόνο 8 (15,68%) έκριναν απαραίτητο να τοποθετήσουν τους πνεύμονες στα σχεδιαγράμματά τους.

Παρόλο που είχαν εντοπιστεί προηγουμένως στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μεταβλητή *Δομή του Κυκλοφορικού Συστήματος* (ΔΚΣ), με την ΠΟ να έχει καλύτερα αποτελέσματα από την ΟΕ, η ποιοτική ανάλυση των δεδομένων, και συγκεκριμένα των σχεδιαγραμμάτων του



κυκλοφορικού συστήματος, δείχνει ότι η εναλλακτική διδακτική παρέμβαση είχε μια σοβαρή αδυναμία, αφού δεν πέτυχε στο να βοηθήσει τους μαθητές της ΠΟ να αντιληφθούν τη σπουδαιότητα και την αναγκαιότητα των πνευμόνων στη λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος, έστω και αν αυτοί δεν ανήκουν αποκλειστικά στο κυκλοφορικό σύστημα. Η εναλλακτική διδακτική παρέμβαση χρειάζεται, συνεπώς, βελτίωση σε αυτόν τον τομέα, ώστε να έχει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα σε μεταγενέστερη εφαρμογή της.

Ακολούθως, αξιολογήθηκαν τα χαρακτηριστικά της καρδιάς, όπως αυτή τοποθετήθηκε στο σχεδιάγραμμα, όσον αφορά το σχήμα της και το μέγεθός της σε σχέση με την ανθρώπινη φιγούρα και τα άλλα όργανα, καθώς και το μέρος και το ύψος όπου τοποθετήθηκε στη φιγούρα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 17.

Πίνακας 17

Χαρακτηριστικά της Καρδιάς: Σχεδιάγραμμα του Κυκλοφορικού Συστήματος

	Ομάδα Ελέγχου					
	Αγόρια		Κορίτσια		Σύνολο	
	(n=26)	%	(n=26)	%	(n=52)	%
<b>Σχήμα</b>						
Αναμενόμενο	0	0	2	7,69	2	3,84
Ασύμμετρο	4	15,38	2	7,69	6	11,53
Ασπίδα	1	3,84	1	3,84	2	3,84
Οβάλ	5	19,23	5	19,23	10	19,23
Βαλεντίνου	13	50,0	13	50,0	26	50,00
Αποδεκτό Ύψος	11	42,30	12	46,15	23	44,23
Αποδεκτό Μέγεθος	7	26,92	8	30,76	15	28,84
Αποδεκτή Θέση	6	23,07	7	26,92	13	25,00
	Πειραματική Ομάδα					
	Αγόρια		Κορίτσια		Σύνολο	
	(n=22)	%	(n=29)	%	(n=51)	%
<b>Σχήμα</b>						
Αναμενόμενο	5	22,72	6	20,68	11	21,56
Ασύμμετρο	6	27,27	9	31,03	15	29,41
Ασπίδα	0	0	2	6,89	2	3,92
Οβάλ	8	36,36	7	24,13	15	29,41
Βαλεντίνου	3	13,63	5	17,24	8	15,68
Αποδεκτό Ύψος	12	54,54	17	58,62	29	56,86
Αποδεκτό Μέγεθος	10	45,45	13	44,82	23	45,09
Αποδεκτή Θέση	8	36,36	15	51,72	23	45,09

Το 50% των μαθητών της ΟΕ, 26 στο σύνολο, και μόλις 8 μαθητές (15,68%) της ΠΟ, σύμφωνα με τον Πίνακα 17, είχαν απεικονίσει την καρδιά σε σχήμα «βαλεντίνου» (♥), γεγονός που εντόπισαν και στη δική τους έρευνα οι Arnaudín και Mintzes (1985). Είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί ότι η τάση για απεικόνιση της καρδιάς σε σχήμα «βαλεντίνου» ήταν εντονότερη στους μαθητές της ΟΕ, υποδηλώνοντας τη θετική επίδραση της διδακτικής προσέγγισης που υιοθετήθηκε στην ΠΟ για αποδυνάμωση της τάσης αυτής ανάμεσα στους μαθητές της ΠΟ. Η διδακτική προσέγγιση είχε αντισταθμιστικό ρόλο στα οπτικά ερεθίσματα που δέχονται τα παιδιά από το περιβάλλον, τα μέσα μαζικής ενημέρωσης και τα κινούμενα σχέδια για την απεικόνιση της καρδιάς, στα οποία οι Reiss και Tunnicliffe (2001) είχαν αποδώσει το φαινόμενο της απεικόνισης της καρδιάς από τους μαθητές με τον τρόπο που προαναφέρθηκε.

Οι υπόλοιποι μαθητές της ΟΕ επέλεξαν να δώσουν στην καρδιά ασύμμετρο σχήμα (6 μαθητές, 11,53%) ή σχήμα ασπίδας (2 μαθητές, 3,84%), ενώ το σχήμα οβάλ προτιμήθηκε από 10 μαθητές (29,23%). Μόνο 2 μαθητές της ΟΕ (3,84%) πέτυχαν να αποδώσουν ένα αποδεκτό σχήμα στην καρδιά, που να μοιάζει με το πραγματικό, ενώ, αντίθετα, αυτό πέτυχαν 11 μαθητές της ΠΟ (21,56%). Το σχήμα οβάλ προτιμήθηκε από 15 μαθητές της ΠΟ (29,42%), όπως και το ασύμμετρο σχήμα (29,42%). Περισσότεροι από τους μισούς μαθητές της ΠΟ πέτυχαν να τοποθετήσουν την καρδιά στο σωστό ύψος, ανάλογα πάντα με τη φιγούρα, σε ποσοστό (56,86%), σε σχέση με την ΟΕ (44,23%). Οι 23 μαθητές της ΠΟ (45,09%) τοποθέτησαν την καρδιά σε μια αποδεκτή θέση, κεντρο-αριστερά του στήθους, και σε αποδεκτό μέγεθος, ενώ μόνο 15 μαθητές της ΟΕ (28,84%) την τοποθέτησαν σε αποδεκτή θέση και 13 σε αποδεκτό μέγεθος (25%).

Φαίνεται από τα αποτελέσματα της ποιοτικής ανάλυσης ότι οι μαθητές, γενικά, συναντούν δυσκολίες στο να σχεδιάζουν την καρδιά, ενώ οι μισοί μαθητές από την ΟΕ, προτιμούν την εύκολη λύση, δηλαδή το σχήμα «βαλεντίνου», το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως και στην καθημερινότητα.

Τα παιδιά της ΠΟ φαίνεται ότι κατέβαλαν πιο συνειδητοποιημένες προσπάθειες να απεικονίσουν σωστά την καρδιά, με τους περισσότερους να προτιμούν το οβάλ ή το

ασύμμετρο σχήμα. Οι μαθητές της ΠΟ πέτυχαν συνολικά καλύτερα αποτελέσματα στην προσπάθειά τους να τοποθετήσουν την καρδιά στο σωστό μέρος της ανθρώπινης φιγούρας και να της προσδώσουν πιο αποδεκτό σχήμα και μέγεθος, σε σχέση με τους μαθητές της ΟΕ. Αυτό αποτελεί επιπρόσθετη ένδειξη της θετικής επίδρασης της εναλλακτικής διδασκαλίας στην αποσταθεροποίηση των ιδεών που είχαν οι μαθητές.

Η ανάλυση των σχεδιαγραμμάτων απεικόνισης του κυκλοφορικού συστήματος εστιάστηκε και στον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές είχαν απεικονίσει τους πνεύμονες και τα αιμοφόρα αγγεία. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε το σχήμα και το μέγεθος που αποδόθηκε στους πνεύμονες, καθώς και η θέση στην οποία τοποθετήθηκαν πάνω στην ανθρώπινη φιγούρα. Όσον αφορά τα αγγεία, εξετάστηκε κατά πόσο αυτά διακλαδώνονταν ή όχι σε όλο το σώμα, εάν οι μαθητές διέκριναν μεταξύ των φλεβών και των αρτηριών, είτε με τη χρήση διαφορετικού χρώματος στα σχεδιαγράμματα, είτε απεικονίζοντας τη διαφορετική φορά που έχει το αίμα στο κάθε είδος αγγείου (στις φλέβες το αίμα κατευθύνεται προς την καρδιά, ενώ στις αρτηρίες το αίμα απομακρύνεται από την καρδιά). Σημαντική λεπτομέρεια στα σχεδιαγράμματα θεωρήθηκε και το κατά πόσο οι μαθητές απεικόνιζαν την επικοινωνία μεταξύ των αγγείων, εάν δηλαδή ήταν διακριτά τα σημεία, στα οποία οι φλέβες και οι αρτηρίες ενώνονταν και σε ποια σημεία του σώματος γινόταν αυτό. Τα αποτελέσματα φαίνονται αναλυτικά στον Πίνακα 18.

Οι πνεύμονες, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, εντοπίστηκαν περισσότερο στα σχεδιαγράμματα των μαθητών της ΟΕ. Από αυτούς, 24 μαθητές (46,15%) τοποθέτησαν τους πνεύμονες σε μια αποδεκτή θέση στην ανθρώπινη φιγούρα, δηλαδή δεξιά και αριστερά του στήθους και 21 μαθητές (40,38%) τοποθέτησαν τους πνεύμονες στο αναμενόμενο ύψος, στο ύψος του θώρακα. Όσον αφορά στο μέγεθος των πνευμόνων, 10 μαθητές της ΟΕ (19,2%) πέτυχαν να τους σχεδιάσουν σε μέγεθος αναλογικά αποδεκτό. Αντίθετα, στην ΠΟ, μόνο 2 μαθητές (3,92%) τοποθέτησαν τους πνεύμονες σε αναμενόμενη θέση και σε αποδεκτό μέγεθος, ενώ 4 μόνο μαθητές (7,84%) τοποθέτησαν τους πνεύμονες στο αναμενόμενο ύψος.

Ο τρόπος με τον οποίο απεικονίστηκαν, από τους μαθητές, τα αιμοφόρα αγγεία δε φάνηκε να ακολουθεί κάποιο σταθερό μοτίβο, πέραν από τη χρήση δύο χρωμάτων, του μπλε και του κόκκινου, για τη διάκριση των αγγείων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Πίνακα 18, 16

Πίνακας 18

Χαρακτηριστικά Πνευμόνων και Αιμοφόρων Αγγείων, Όπως Προκύπτουν από το Σχεδιάγραμμα για το Κυκλοφορικό Σύστημα

	Ομάδα Ελέγχου					
	Αγόρια		Κορίτσια		Σύνολο	
	(n=26)	%	(n=26)	%	(n=52)	%
Πνεύμονες						
Αποδεκτή Θέση	7	26,92	17	65,38	24	46,15
Αποδεκτό Μέγεθος	3	11,53	7	26,92	10	19,23
Αποδεκτό Ύψος	8	30,76	13	50,00	21	40,38
Αιμοφόρα Αγγεία						
Καλύπτουν όλο το σώμα	7	26,92	9	34,61	16	30,76
Φορά ροής του αίματος	1	3,84	0	0	1	1,92
Επικοινωνούν μεταξύ τους	5	19,23	8	30,76	13	25,00
Χρήση χρώματος	11	42,30	17	65,38	28	53,84
Χρήση κόκκινου	10	38,46	17	65,38	27	51,92
Χρήση μπλε	9	34,61	14	53,84	23	44,23
Κόκκινο για αρτηρίες	3	11,53	1	3,84	4	7,69
Μπλε για φλέβες	2	7,69	3	11,53	5	9,61
Πειραματική Ομάδα						
	Αγόρια		Κορίτσια		Σύνολο	
	(n=22)	%	(n=29)	%	(n=51)	%
Πνεύμονες						
Αποδεκτή Θέση	1	4,54	1	3,44	2	3,92
Αποδεκτό Μέγεθος	2	9,09	0	0	2	3,92
Αποδεκτό Ύψος	3	13,63	1	3,44	4	7,84
Αιμοφόρα Αγγεία						
Καλύπτουν όλο το σώμα	9	40,90	15	51,72	24	47,05
Φορά ροής του αίματος	2	9,09	2	6,89	4	7,84
Επικοινωνούν μεταξύ τους	8	36,36	19	65,51	27	52,94
Χρήση χρώματος	21	95,45	29	100,00	50	98,03
Χρήση κόκκινου	21	95,45	29	100,00	50	98,03
Χρήση μπλε	20	90,90	28	96,55	48	94,11
Κόκκινο για αρτηρίες	7	31,81	21	40,38	28	54,90
Μπλε για φλέβες	8	36,36	21	40,38	29	56,86

μαθητές της ΟΕ (30,76%) και 24 μαθητές της ΠΟ (47,05%) σχεδίασαν τα αγγεία να διακλαδώνονται σε όλο το σώμα: κορμό, άκρα και κεφάλι. Από τα αποτελέσματα φαίνεται πως οι μαθητές δε θεώρησαν σημαντικό να υποδείξουν την κατεύθυνση ή τη φορά του αίματος, αφού στην ΟΕ μόνο ένας μαθητής (1,92%) έδειξε την κατεύθυνση του αίματος στο σχεδιάγραμμά του, ενώ από την ΠΟ μόνο 4 μαθητές έκαναν το ίδιο (7,84%). Όσον αφορά την επικοινωνία μεταξύ των αγγείων, 13 μαθητές της ΟΕ (25%) και 27 μαθητές της ΠΟ (52,94%) έδειξαν ότι τα αγγεία επικοινωνούν μεταξύ τους παντού, σε όλο το σώμα.

Στα περισσότερα σχεδιαγράμματα, οι μαθητές έκαναν χρήση δύο συγκεκριμένων χρωμάτων, του κόκκινου και του μπλε, για να διαχωρίζουν μεταξύ των δύο ειδών αιμοφόρων αγγείων. Τα δύο χρώματα εντοπίστηκαν στα σχεδιαγράμματα 28 μαθητών της ΟΕ (53,84%) και 50 μαθητών της ΠΟ (98,03%). Αναλυτικότερα, κόκκινο χρώμα χρησιμοποίησαν 27 μαθητές της ΟΕ (51,92%) και 50 μαθητές της ΠΟ (98,03%), ενώ το μπλε χρώμα χρησιμοποιήθηκε από 23 μαθητές της ΟΕ (44,23%) και 48 μαθητές της ΠΟ (94,11%). Σχεδόν διπλάσιοι μαθητές της ΠΟ θεώρησαν απαραίτητη τη χρήση διαφορετικών χρωμάτων, σε σχέση με τους μαθητές της ΟΕ, γεγονός που αποτελεί ένδειξη για καλύτερη κατανόηση της διαφοράς που υπάρχει μεταξύ των δύο ειδών αιμοφόρων αγγείων. Οι μαθητές, που ονόμασαν τα αιμοφόρα αγγεία στο σχεδιάγραμμά τους και ταυτόχρονα χρησιμοποίησαν χρώμα, επέλεξαν το μπλε για τις φλέβες και το κόκκινο για τις αρτηρίες, με τους μαθητές της ΠΟ να υπερτερούν σε αριθμό. Συγκεκριμένα, από την ΟΕ 5 μαθητές (9,61%) ονόμασαν και χρωμάτισαν με μπλε χρώμα τις φλέβες και 4 μαθητές (7,69%) ονόμασαν και χρωμάτισαν με κόκκινο χρώμα τις αρτηρίες. Αντίθετα, στην ΠΟ, 29 μαθητές (56,86%) ονόμασαν και χρωμάτισαν με μπλε χρώμα τις φλέβες και 28 μαθητές (54,90%) ονόμασαν και χρωμάτισαν με κόκκινο χρώμα τις αρτηρίες.

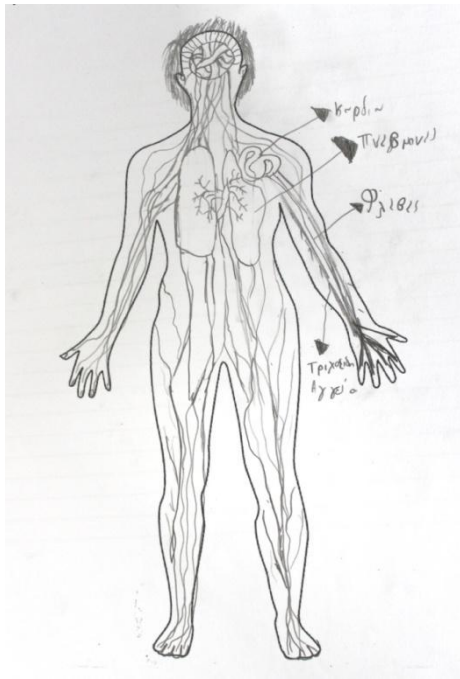
Φαίνεται πως οι μαθητές της ΠΟ έκριναν πιο σημαντική τη διάκριση μεταξύ των δυο ειδών αιμοφόρων αγγείων και χρησιμοποίησαν χρώματα, για να το κάνουν αυτό, σε αντίθεση με την ΟΕ, όπου οι περισσότεροι μαθητές δε χρησιμοποίησαν καθόλου χρώματα. Οι μαθητές της ΠΟ ταύτισαν το μπλε χρώμα με τις φλέβες και το κόκκινο με τις αρτηρίες, σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι οι μαθητές της ΟΕ, που είχαν χρησιμοποιήσει χρώμα. Η επιλογή των συγκεκριμένων χρωμάτων ταυτίζεται με τα χρώματα τα οποία χρησιμοποιούνται στα διδακτικά εγχειρίδια, τα επιστημονικά βιβλία και σχεδιαγράμματα, αλλά και τις προσομοιώσεις, για να αποδοθεί η διάκριση μεταξύ φλεβών και αρτηριών.

Η ανάλυση των σχεδιαγραμμάτων του κυκλοφορικού συστήματος εντόπισε τις διαφορές που προέκυψαν προηγουμένως μεταξύ της ΟΕ και της ΠΟ, με την ΠΟ να υπερέχει στη μεταβλητή Δομή Κυκλοφορικού Συστήματος (ΔΚΣ). Οι θετικές επιδράσεις της διδακτικής προσέγγισης που ακολουθήθηκε στην ΠΟ εντοπίζονται στην αποσταθεροποίηση ιδεών που αφορούσαν στο σχήμα της καρδιάς, στη διάκριση μεταξύ φλεβών και αρτηριών με τη χρήση χρωμάτων και την επιτυχή ένδειξη ότι φλέβες και αρτηρίες επικοινωνούν μεταξύ τους, σε όλο το σώμα.

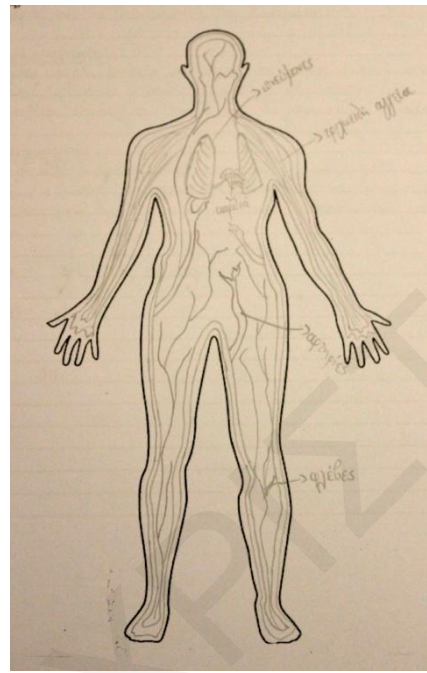
### **Σχεδιαγράμματα Κυκλοφορικού Συστήματος και Περιγραφή της Λειτουργίας του**

Οι μαθητές της ΟΕ επέλεξαν να απεικονίζουν την καρδιά σε σχήμα «βαλεντίνου,» ακόμη και όσοι προσπάθησαν να τη σχεδιάσουν με τρόπο που να πλησιάζει το πραγματικό σχήμα, όπως φαίνεται στα Σχήματα 10 (α, β). Αντίθετα, οι μαθητές της ΠΟ προσπάθησαν να απεικονίζουν την καρδιά με ένα σχήμα που να προσομοιάζει με το πραγματικό. Οι περισσότεροι από αυτούς χρησιμοποίησαν το οβάλ ή ασύμμετρο σχήμα (Σχήμα 11 β, γ και δ), ενώ μια απεικόνιση που θυμίζει το πραγματικό σχήμα της καρδιάς μπορεί να θεωρηθεί αυτή στο Σχήμα 11(α). Ορθή τοποθέτηση της καρδιάς θεωρείται κεντρο-αριστερά του στήθους, όπως τοποθετήθηκε στο Σχήμα 10(β) από μαθητή της ΟΕ, ενώ, στο Σχήμα 10(δ), η καρδιά τοποθετήθηκε στην αντίθετη πλευρά, στα δεξιά.

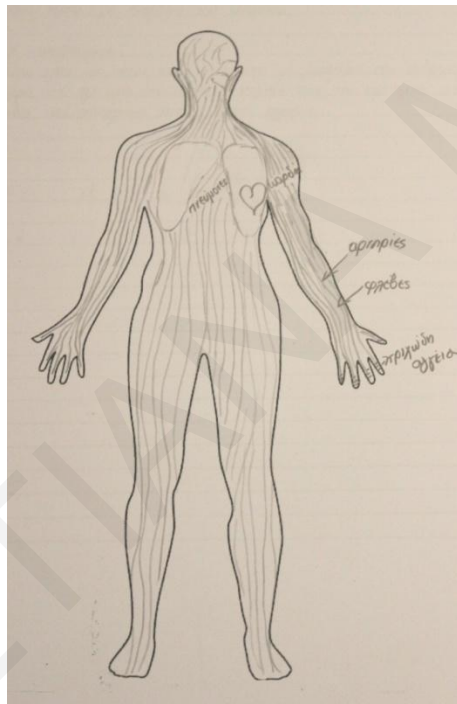
Σε αρκετές περιπτώσεις, οι μαθητές της ΟΕ τοποθέτησαν πολύ ψηλά την καρδιά (Σχήμα 10α, δ), ενώ αποδεκτό μέγεθος καρδιάς θεωρήθηκαν αυτά που φαίνονται στο Σχήμα 10(α, δ). Σε αποδεκτή θέση και ύψος τοποθετήθηκε η καρδιά από τους μαθητές της ΠΟ, ενώ το μέγεθός της είναι ανάλογο της ανθρώπινης φιγούρας (π.χ., μέγεθος κλειστής γροθιάς), γεγονός που φαίνεται και στα σχεδιαγράμματα του Σχήματος 11. Σημαντική λεπτομέρεια είναι ότι η καρδιά απεικονίστηκε από τους μαθητές της ΠΟ να χωρίζεται και να διαφοροποιείται κάθετα, με τη χρήση διαφορετικού χρώματος, για να φανεί η διαφορετική σύσταση του αίματος σε κάθε της μέρος (Σχήμα 11 β, δ). Αυτή τη λεπτομέρεια, οι Mintzes κ.ά. (1991), είχαν εντοπίσει ως αδυναμία των μαθητών σε προηγούμενες έρευνες. Σε όλες τις περιπτώσεις απεικονίστηκαν αιμοφόρα αγγεία να ξεκινούν από την καρδιά, ενώ στο Σχήμα 11 (γ), ονομάστηκε και το μεγαλύτερο αγγείο που φεύγει από την καρδιά, η αορτή.



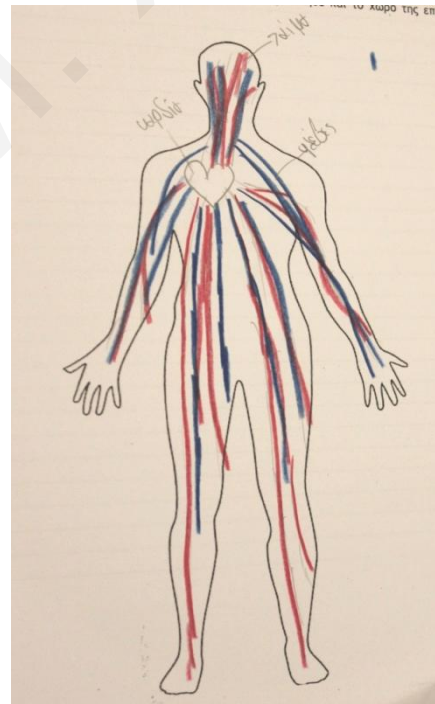
(α) (OEM31)



(β) (OEM30)



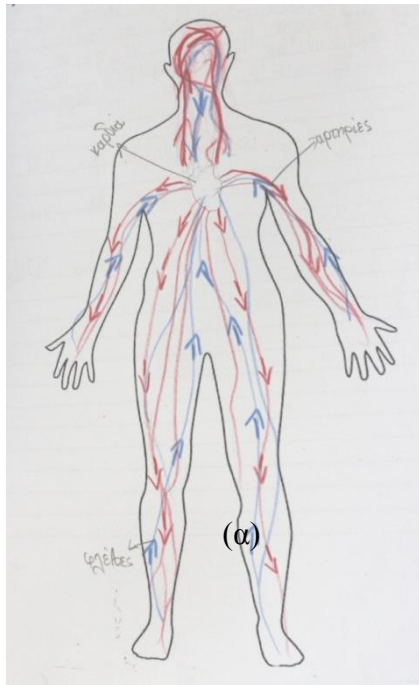
(γ) (OEM37)



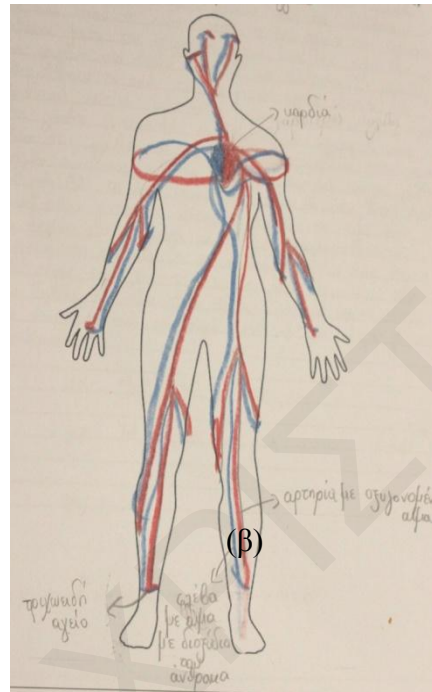
(δ) (OEM56)\*

Σχήμα 10. Απεικόνιση της Δομής του Κυκλοφορικού Συστήματος από Μαθητές της ΟΕ.

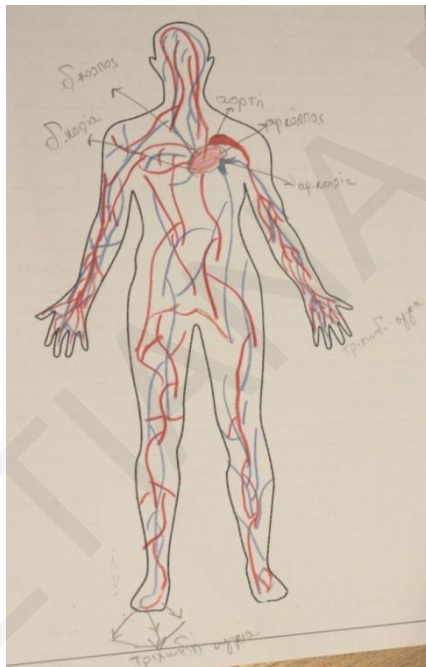
\* Όπου ΟΕ, τα αρχικά των λέξεων Ομάδα Ελέγχου και Μ56, ο αριθμός με τον οποίο κωδικοποιήθηκε ο Μαθητής κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων.



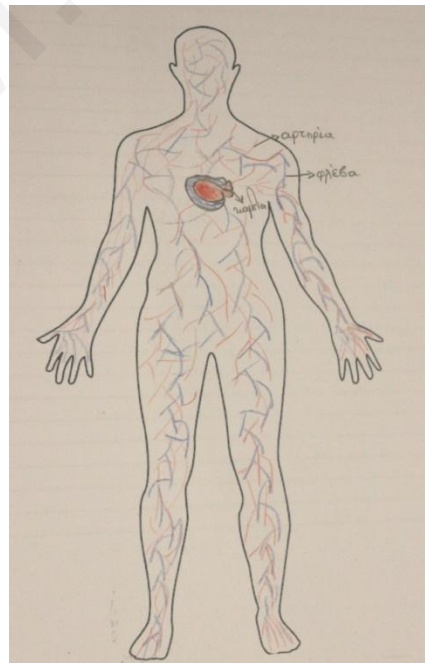
(α) (ΠΟΜ104)



(β) (ΠΟΜ88)



(γ) (ΠΟΜ93)



(δ) (ΠΟΜ78)\*

Σχήμα 11. Απεικόνιση της Δομής του Κυκλοφορικού Συστήματος από Μαθητές της ΠΟ

\* Όπου ΠΟ, τα αρχικά των λέξεων Πειραματική Ομάδα και Μ78, ο αριθμός με τον οποίο κωδικοποιήθηκε ο Μαθητής κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων.



Τα αιμοφόρα αγγεία απεικονίστηκαν από την ΟΕ και ονομάστηκαν ως φλέβες και αρτηρίες, όπως φαίνεται στο Σχήμα 10(α, β, γ), ενώ σε κάποια σχεδιαγράμματα χρησιμοποιήθηκαν απλώς τα δύο χρώματα, κόκκινο και μπλε (Σχήμα 10δ), χωρίς επεξηγήσεις. Τα αγγεία ήταν παράλληλα μεταξύ τους, χωρίς να επικοινωνούν κάπου (Σχήμα 10γ, δ) ή δεν έφταναν παντού στο σώμα (Σχήμα 10δ). Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό στο Σχήμα 10(γ) είναι το ότι δε φαίνεται να ξεκινούν αγγεία από την καρδιά, γεγονός που δείχνει έλλειψη κατανόησης του ρόλου της καρδιάς στο κυκλοφορικό σύστημα!

Τα αιμοφόρα αγγεία απεικονίστηκαν από τους μαθητές της ΠΟ, ονομάστηκαν ως φλέβες και αρτηρίες, και χρησιμοποιήθηκε το κόκκινο χρώμα για τις αρτηρίες και το μπλε χρώμα για τις φλέβες. Τα αγγεία, όπως σχεδιάστηκαν από τους μαθητές της ΠΟ (Σχήμα 11), φαίνεται να επικοινωνούν, αφού κάποια στιγμή οι κόκκινες αρτηρίες μετατρέπονται σε μπλε φλέβες (Σχήμα 11 β, γ), ενώ, όπου η φορά είναι ευδιάκριτη με βελάκια, φαίνεται ότι οι κόκκινες αρτηρίες φεύγουν από την καρδιά και οι μπλε φλέβες ακολουθούν αντίστροφη πορεία, προς την καρδιά (Σχήμα 11 α). Τα αγγεία φαίνεται να καλύπτουν όλο το σώμα (Σχήμα 11 α, γ, δ) ή να καλύπτουν κορμό και κεφάλι και να μη φτάνουν μέχρι τα άκρα (Σχήμα 11β)

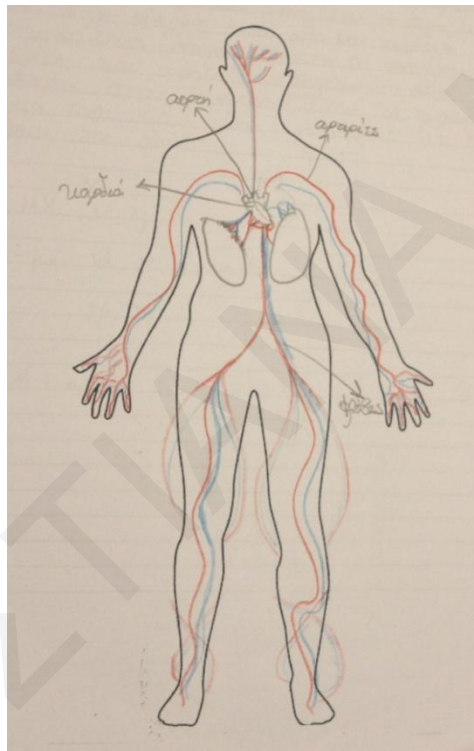
Τα τριχοειδή αγγεία ονομάστηκαν στα σχεδιαγράμματα μόνο 5 μαθητών της ΟΕ (9,61%) και τοποθετήθηκαν μόνο στα άκρα (Σχήμα 10 α, γ). Το γεγονός ότι δεν εντοπίστηκαν επεξηγήσεις, ούτε και στο περιγραφικό κομμάτι της ερώτησης, αποτελεί ένδειξη απομνημόνευσης της έννοιας από μέρους των μαθητών, χωρίς βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση ή σύνδεσή της σε ενιαίο γνωστικό σχήμα. Όσον αφορά την ΠΟ, τα τριχοειδή αγγεία ονομάστηκαν στα σχεδιαγράμματα 10 μαθητών (19,6%) και τοποθετήθηκαν κυρίως στα άκρα, όπως φαίνονται στα Σχήματα 11 (β, γ). Οι μαθητές δε φαίνεται να είχαν αντιληφθεί ότι τα τριχοειδή αγγεία βρίσκονταν παντού στο σώμα, σε κάθε όργανο και κάθε ιστό!

Οι πνεύμονες τοποθετήθηκαν στη σωστή θέση και ύψος από τους μαθητές της ΟΕ, όπως φαίνεται στο Σχήμα 10 (α, β, γ) και σε αποδεκτό μέγεθος (Σχήμα 10 α, γ, ε). Σε κάποια σχεδιαγράμματα απουσιάζουν εντελώς (Σχήμα 10δ). Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι πνεύμονες δεν απεικονίζονται στα σχεδιαγράμματα των παιδιών της ΠΟ, εκτός από 8 περιπτώσεις (15,68%). Ως εκ τούτου, δε φαίνεται από τα σχεδιαγράμματά τους κατά πόσο είχαν κατανοήσει το ρόλο και τη σπουδαιότητα των πνευμόνων στη λειτουργία του

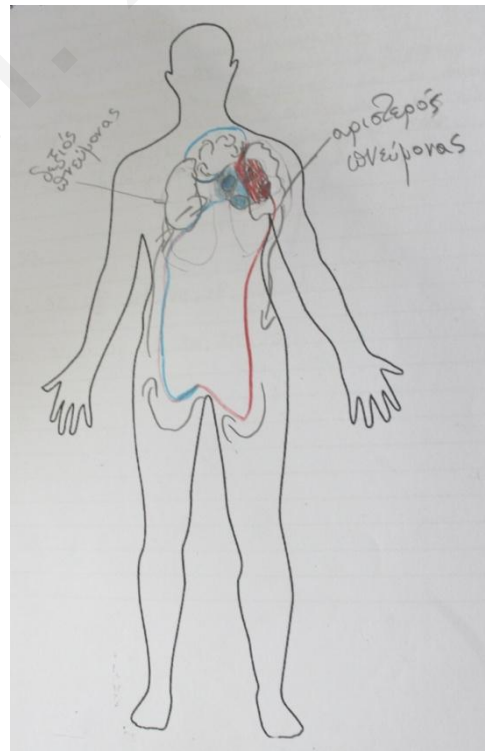
κυκλοφορικού συστήματος. Στο Σχήμα 12, φαίνονται δύο σχεδιαγράμματα μαθητών της ΠΟ, στα οποία είχαν τοποθετηθεί οι πνεύμονες.

Η απεικόνιση του κυκλοφορικού συστήματος από το μαθητή ΠΟΜ5 στο Σχήμα 12 (α), παρουσιάζει ελλείψεις όσον αφορά την απεικόνιση των αιμοφόρων αγγείων. Εντούτοις, ο μαθητής τοποθετεί τους πνεύμονες σε σχετικά αποδεκτή θέση, ύψος και μέγεθος και στο ενδιάμεσό τους την καρδιά, ελαφρώς πιο αριστερά από ότι θα έπρεπε και σε ασύμμετρο σχήμα. Σημαντική λεπτομέρεια όμως είναι η απεικόνιση της μικρής και της μεγάλης κυκλοφορίας του αίματος, ένδειξη ότι ο μαθητής συνδέει την καρδιά με τους πνεύμονες.

Στο Σχήμα 12 (β) ο μαθητής ΠΟΜ76 απεικονίζει τους πνεύμονες στη σωστή θέση, αλλά σε χαμηλότερο ύψος και φαίνεται να συνδέει την καρδιά με τους πνεύμονες, με αιμοφόρα αγγεία, χωρίς όμως να διακρίνεται η μικρή κυκλοφορία.



(α) (ΠΟΜ5)



(β) (ΠΟΜ76)

Σχήμα 12. Δομή Κυκλοφορικού Συστήματος από Μαθητές της ΠΟ, στα Οποία Απεικονίζονται και οι Πνεύμονες

Αντίθετα, σε κανένα σχεδιάγραμμα μαθητή της ΟΕ, και παρόλο που οι πνεύμονες έχουν σχεδιαστεί, δε φαίνεται να γίνεται η διασύνδεση των πνευμόνων με το κυκλοφορικό σύστημα, αφού δε διακρίνεται η μικρή κυκλοφορία του αίματος, ούτε και η πορεία που ακολουθεί το αίμα (κατεύθυνση και φορά), φεύγοντας από την καρδιά.

Τα σχεδιαγράμματα που προέκυψαν από τους μαθητές της ΠΟ επιβεβαιώνουν τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών (Lopez-Manjon & Angon, 2009), σύμφωνα με τα οποία η απεικόνιση της κυκλοφορίας του αίματος ακολουθεί ένα «κεντρικό μοτίβο,» το οποίο ταυτίζεται και με την επιστημονική θεώρηση, όπου το αίμα, μέσω μιας αρτηρίας που φεύγει από την καρδιά, διακλαδώνεται σε άλλες αρτηρίες, φτάνει στα τριχοειδή και τελικά σε ένα όργανο-στόχο, και ακολούθως, επιστρέφει μέσω των φλεβών στην καρδιά, ενώ δε συμπεριλαμβάνονται οι πνεύμονες.

Για να περιοριστεί η πιθανότητα να ερμηνευτούν λανθασμένα τα σχεδιαγράμματα, ζητήθηκε από τους μαθητές να περιγράψουν και λεκτικά το σχεδιάγραμμά τους, ως μια επιπρόσθετη μορφή συλλογής δεδομένων, όπως προτάθηκε και από τους Bahar, κ.ά., (2008). Ο βαθμός κατανόησης της λειτουργίας του κυκλοφορικού συστήματος (ΛΚΣ) φάνηκε από την ποιοτική ανάλυση της λεκτικής περιγραφής, που έδωσαν οι μαθητές για το σχεδιάγραμμα που έκαναν. Η ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών έδειξε ότι 11 μαθητές της ΟΕ (21,15%) δεν απάντησαν καθόλου, ενώ 12 (23,97%) απλά έγραψαν μια ή δύο προτάσεις σχετικές με το θέμα και το σχεδιάγραμμα, του τύπου: «*Το μπλε χρώμα αντιστοιχεί με τις φλέβες και το κόκκινο με τις αρτηρίες*» (OEM67), «*Το αίμα μεταφέρεται σε όλο το σώμα και πηγαίνει στη μεγάλη κυκλοφορία του αίματος*» (OEM35), «*Η καρδιά βοηθά τον εαυτό μας να ζήσει και όλο μας το αίμα περνάει από εκεί. Όταν σταματήσει να δουλεύει η καρδιά, τότε θα πεθάνουμε*» (OEM44). Αριθμός 21 μαθητών της ΟΕ (40,38%) έδωσαν λιγότερο σχετικές, σύντομες απαντήσεις, όπως: «*Την καρδιά τη χρειαζόμαστε, για να δουλεύει το σώμα μας. Το σώμα χρειάζεται και άλλα όργανα, όπως το μυαλό [εγκέφαλος], γιατί αυτό δίνει τις εντολές*»(OEM51).

Οι περιγραφές που έδωσαν οι μαθητές της ΠΟ για τη λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος υπήρξαν πολύ βοηθητικές και έδωσαν απαντήσεις στα προηγούμενα αξιοπρόσεκτα ευρήματα. Ένας μόνο μαθητής της ΠΟ (1,96%) δεν έδωσε λεκτική περιγραφή

για τη λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος (ΛΚΣ) και 14 μαθητές (27,45%) έδωσαν μη συγκεκριμένες και γενικόλογες απαντήσεις, της μορφής: «*Το αίμα κυκλοφορεί σε όλο το σώμα μας. Διάλεξα κόκκινο χρώμα για τις αρτηρίες και μπλε για τις φλέβες*» (ΠΟΜ3), «*Σε όλο το σώμα υπάρχουν αρτηρίες και φλέβες που μεταφέρουν αίμα, γι' αυτό σχεδίασα τις αρτηρίες με κόκκινο και τις φλέβες με μπλε. Σχεδίασα τον οισοφάγο με ανοικτό καφέ [...], τους πνεύμονες με πορτοκαλί, γιατί από εκεί αναπνέουμε και την καρδιά με κόκκινο, γιατί από αυτή έχουμε ζωή, όταν χτυπά*» (ΠΟΜ20). Άλλοι 17 μαθητές (33,33%) έδωσαν ελλιπείς απαντήσεις που έδειχναν μερική κατανόηση πτυχών της ΛΚΣ, όπως: «*Ζωγράφισα την καρδιά, που είναι το κυριότερο σημείο του κυκλοφορικού συστήματος. Χρωμάτισα τη μισή κόκκινη, που δείχνει το αίμα με οξυγόνο και τη μισή μπλε, που δείχνει το διοξείδιο του άνθρακα και άλλες άχρηστες ουσίες. Ζωγράφισα επίσης τους πνεύμονες, τη μύτη και το στόμα, αφού χωρίς αυτά δεν αναπνέουμε*» (ΠΟΜ2). Ο μαθητής ΠΟΜ2 αντιλαμβάνεται ότι οι πνεύμονες είναι απαραίτητοι, αλλά δεν μπορεί να αποσαφηνίσει το ρόλο των πνευμόνων και τη διασύνδεση με την αναπνοή, στη διαδικασία της κυκλοφορίας του αίματος και να εξηγήσει τη μικρή κυκλοφορία του αίματος.

Από τους 8 μαθητές της ΟΕ (15,38%), που προσπάθησαν να εξηγήσουν το σχεδιάγραμμά τους και ταυτόχρονα τη λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος, φάνηκε από τις απαντήσεις τους ότι είχαν διακρίνει τη μικρή κυκλοφορία του αίματος ως τη διαδικασία κατά την οποία το αίμα περνά από τους πνεύμονες και «καθαρίζεται,» προφανώς εννοώντας ότι αποβάλλεται το άχρηστο διοξείδιο του άνθρακα, και μετά επιστρέφει πάλι στην καρδιά: «*Η μικρή κυκλοφορία ξεκινά από τους πνεύμονες, που το [το αίμα] καθαρίζουν και ύστερα καταλήγει στην καρδιά*» (ΟΕΜ42) ή αναφέρονται και στην αποβολή του διοξειδίου του άνθρακα: «*Κάθε φορά που κτυπά η καρδιά, στέλνει το αίμα στους πνεύμονες, που το καθαρίζουν από το CO<sub>2</sub> και το στέλλουν πίσω στην καρδιά καθαρό, για να το στείλει σε όλο το σώμα*» (ΟΕΜ30). Πιο ολοκληρωμένες προσπάθειες θεωρήθηκαν οι ακόλουθες: «*Το ακάθαρτο αίμα, που περιέχει διοξείδιο του άνθρακα περνάει μέσα από τις φλέβες και πηγαίνει στους πνεύμονες, για να καθαριστεί. Μετά επιστρέφει στην καρδιά*» (ΟΕΜ28) ή «*Από την καρδιά το αίμα γεμάτο με διοξείδιο του άνθρακα πηγαίνει στους πνεύμονες, για να γεμίσει οξυγόνο και επιστρέφει στην καρδιά*» (ΟΕΜ39).

Ξεχωριστά ανέλυσαν οι μαθητές της ΟΕ τη μεγάλη κυκλοφορία του αίματος, την οποία θεωρούν ως την κυκλική πορεία του αίματος σε όλο το σώμα: «*Η μεγάλη κυκλοφορία ξεκινά από την καρδιά, μετά το αίμα μεταφέρεται σε όλα τα μέρη του σώματός μας και καταλήγει πάλι στην καρδιά*» (OEM42) ή με πιο πολλές λεπτομέρειες: «*Από την καρδιά το αίμα γεμάτο με οξυγόνο στέλνεται σε όλο μας το σώμα με τις φλέβες και τις αρτηρίες. Μετά επιστρέφει το αίμα στην καρδιά με διοξείδιο του άνθρακα*» (OEM39). Στη δεύτερη περίπτωση, δε γίνεται η διάκριση μεταξύ του ρόλου των αγγείων, φλεβών και αρτηριών. Τα τριχοειδή αγγεία αναφέρθηκαν σε μια μόνο περίπτωση, ως εξής: «*Κάθε φορά που κτυπά η καρδιά, στέλνει το αίμα στους πνεύμονες που το καθαρίζουν από το CO<sub>2</sub> και το στέλλουν πίσω στην καρδιά καθαρό, για να το στείλει σε όλο το σώμα. Μετά, καθώς το αίμα περνάει από τα τριχοειδή αγγεία, μετατρέπεται σε CO<sub>2</sub> και στέλλεται στους πνεύμονες, για να καθαριστεί και να επαναληφθεί η διαδικασία*» (OEM30). Φαίνεται πως ο μαθητής θυμάται ότι στα τριχοειδή αγγεία γίνεται η ανταλλαγή αερίων μεταξύ αίματος και ιστών, αλλά δε διευκρινίζει πως θα σταλεί πάλι στους πνεύμονες και τι εννοεί με τον όρο «καθαρίζει.» Με τις πιο πάνω απαντήσεις δεν είναι ξεκάθαρος ο βαθμός κατανόησης των μαθητών. Είναι όμως εμφανής η απομνημόνευση δηλωτικών γνώσεων.

Τα αποτελέσματα στην ΠΟ ήταν πολύ διαφορετικά, αφού 18 μαθητές (35,29%) πέτυχαν σε μεγάλο βαθμό να περιγράψουν τη ΛΚΣ: «*Το σώμα μας είναι σαν το εργοστάσιο. Με κάθε χτύπημα της καρδιάς, το αίμα περνά από τον αριστερό κόλπο στην αριστερή κοιλία, και μετά στην αορτή και σε όλο το σώμα, με τις αρτηρίες. Μετά, το αίμα έρχεται πίσω με τις φλέβες και πηγαίνει στο δεξιό κόλπο, μετά στη δεξιά κοιλία και τέλος στους πνεύμονες. Όταν ενώνονται οι φλέβες με τις αρτηρίες, στη σύνδεσή τους υπάρχουν τριχοειδή αγγεία, που είναι μικρές μικρές τριχούλες που είναι εκατομμύρια πάνω μας.* (ΠΟΜ87). Ο μαθητής περιγράφει τη μεγάλη κυκλοφορία του αίματος και αντιλαμβάνεται το ρόλο της καρδιάς ως αντλίας. Αναφέρεται επίσης στα τριχοειδή αγγεία («τριχούλες») ως το σημείο στο οποίο ενώνονται οι φλέβες και αρτηρίες. Ο ρόλος της καρδιάς ως αντλίας εντοπίστηκε από 14 μαθητές της ΠΟ (27,45%), με χαρακτηριστική την εξής απάντηση: «*Το σώμα χρησιμοποιεί την καρδιά για τη μετάδοση του αίματος σε όλο το σώμα, για αυτό η καρδιά κάνει κτύπους κάθε στιγμή. Η καρδιά χρησιμοποιείται σαν αντλία και σπρώχνει το αίμα σε όλο το σώμα*» (ΠΟΜ50).

Η μικρή κυκλοφορία του αίματος αναφέρθηκε στις απαντήσεις 17 μαθητών της ΠΟ, κυρίως ως εξής: «Το κόκκινο χρώμα συμβολίζει το αίμα με  $O_2$  και το μπλε το αίμα με  $CO_2$ . Μέσα στις αρτηρίες μεταφέρεται το «κόκκινο αίμα» και μέσα στις φλέβες το «μπλε αίμα.» Πρώτα η καρδιά συσπάται και στέλνει με τις αρτηρίες το «κόκκινο» αίμα σε όλο το σώμα. Μετά το αίμα «λερώνεται» και μεταφέρεται με τις φλέβες στην καρδιά. Από την καρδιά το «λερωμένο» αίμα πηγαίνει στους πνεύμονες και οι πνεύμονες βοηθούν στην εκπνοή του  $CO_2$ , κι έτσι το αίμα «καθαρίζεται», παίρνει  $O_2$  και πηγαίνει πίσω στην καρδιά και μετά γίνεται η ίδια διαδικασία» (ΠΟΜ5). Εντοπίζεται, και σε αυτή την περίπτωση, η χρήση της καθημερινής, απλουστευμένης γλώσσας (Yip, 1998β), παρόλο που φαίνεται ότι μαθητής έφτασε σε βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση του επιστημονικού φαινομένου.

Πλήρης και ολοκληρωμένη περιγραφή της λειτουργίας του κυκλοφορικού συστήματος θεωρήθηκε η ακόλουθη:

*Σε κάθε χτύπο της καρδιάς, γίνονται δύο κύκλοι. Ο πρώτος κύκλος γίνεται ως εξής: σε ένα κτύπο της καρδιάς το οξυγονωμένο αίμα πάει από τον αριστερό κόλπο στην αριστερή κοιλία, περνώντας από μια βαλβίδα. Μετά πηγαίνει στην αορτή, την πιο μεγάλη αρτηρία και πάει σε όλο το σώμα. Πρώτα, μπαίνει σε αρτηρίες κατευθυνόμενο προς τα διάφορα όργανα. Όταν το αίμα φτάσει σε ένα όργανο του σώματος, μπαίνει μέσα στα τριχοειδή αγγεία, εκεί το αίμα δίνει  $O_2$  και παίρνει  $CO_2$ . Σε μερικές περιπτώσεις το αίμα στα τριχοειδή αγγεία παίρνει και θρεπτικές ουσίες από τις λάχνες που βρίσκονται στο λεπτό έντερο. Από τα τριχοειδή αγγεία, το αίμα πάει στις φλέβες και επιστρέφει στην καρδιά, στο δεξιό κόλπο, περνώντας από μια βαλβίδα. Ο δεύτερος κύκλος γίνεται ως εξής: από τη δεξιά κοιλία, το αίμα πάει στους πνεύμονες όπου γίνεται η ανταλλαγή αερίων, το αίμα δίνει το  $CO_2$  και παίρνει  $O_2$ . Αυτό το  $CO_2$  θα το εκπνεύσουμε. Το αίμα θα επιστρέψει στον αριστερό κόλπο, μετά στην αριστερή κοιλία και ο κύκλος θα ξαναρχίσει από την αρχή. Οι δύο κύκλοι γίνονται ταυτόχρονα.» (ΠΟΜ88)*

Φαίνεται ότι ο μαθητής αυτός έχει κατανοήσει πλήρως τη λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος, έχει συμπεριλάβει στην απάντησή του τη μικρή και μεγάλη κυκλοφορία, έχει περιγράψει την ανταλλαγή αερίων που γίνεται στα τριχοειδή αγγεία και στους πνεύμονες, αναφέρθηκε με τις σωστές επιστημονικές ονομασίες σε όλα τα μέρη της καρδιάς (κόλποι, κοιλίες, αορτή, βαλβίδες) και συνέδεσε μέχρι και το πεπτικό σύστημα (λεπτό έντερο, λάχνες) στην όλη διαδικασία, για να δείξει τη μεταφορά θρεπτικών ουσιών μέσω του αίματος, σε όλο το σώμα.

Συνοπτικά, οι μαθητές της ΟΕ παρουσιάζονται να μην έχουν πλήρως κατανοήσει τη λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος και ανακαλούν μόνο κομμάτια πληροφοριών, που

έχουν ίσως αποθηκεύσει στη μνήμη τους μετά τη διδακτική διαδικασία, σε ένα μάλλον χαλαρό δίκτυο, χωρίς να τις έχουν εντάξει σε ένα καλά δομημένο και σταθερό γνωστικό πλέγμα (diSessa, 1988). Οι απαντήσεις τους αναφέρονται, κατά κύριο λόγο, στη «συστημική κυκλοφορία,» τη μεγάλη κυκλοφορία δηλαδή, ενώ η λειτουργία και ο ρόλος των πνευμόνων, στη διαδικασία της ανταλλαγής αερίων δεν αποσαφηνίζεται, όπως άλλωστε είχαν εντοπίσει και οι Pelaez, κ.ά. (2005) σε προηγούμενη έρευνα.

Είναι επίσης εμφανής η επίδραση της καθημερινής, απλοποιημένης γλώσσας, που πιθανότατα χρησιμοποιήθηκε στη διδακτική διαδικασία, αφού οι μαθητές, κυρίως της ΟΕ, αναφέρονται στο «καθαρό» και «ακάθαρτο» αίμα, εννοώντας το πλούσιο σε οξυγόνο ή πλούσιο σε διοξείδιο του άνθρακα αίμα, αντίστοιχα, ή στη διαδικασία «καθαρισμού» του αίματος από τους πνεύμονες. Σύμφωνα με το Yip (1998β), η απλοποιημένη γλώσσα που οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν, ή αναπαράγουν από διδακτικά εγχειρίδια, ώστε να παρουσιάζουν μια σύνθετη ιδέα, ή ένα πολύπλοκο νόημα, πιο απλά, θεωρώντας πως έτσι προσαρμόζεται στο επίπεδο των μαθητών, δεν εξασφαλίζει πάντοτε τη βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση, όπως προκύπτει και από τις απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές της ΟΕ.

Η ποιοτική ανάλυση έδειξε ότι οι μαθητές της ΠΟ, μετά την παρακολούθηση της εναλλακτικής, εμπλουτισμένης με προσομοιώσεις, διδασκαλίας, για την ενότητα «Κυκλοφορικό Σύστημα», έχουν κατανοήσει σε μεγαλύτερο βαθμό τόσο τη δομή, όσο και τη λειτουργία, του κυκλοφορικού συστήματος, παρά το γεγονός ότι η ποσοτική ανάλυση δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μεταβλητή Λειτουργία Κυκλοφορικού Συστήματος (ΛΚΣ) μεταξύ των δύο ομάδων. Υπήρχαν όμως οι ενδείξεις για αυτές τις διαφορές, αφού οι μέσοι όροι των επιδόσεων των ομάδων ήταν διαφορετικοί. Τα αθροιστικά όμως αποτελέσματα δεν οδήγησαν σε στατιστικά σημαντικές διαφορές, ίσως λόγω του περιορισμένου αριθμού του δείγματος. Σύμφωνα με τους Mathai και Ramadas (2009), η κατανόηση των συστημάτων του ανθρώπινου σώματος απαιτεί το συσχετισμό μεταξύ της ανατομίας και της φυσιολογίας, της δομής και της λειτουργίας τους, γεγονός που φαίνεται να έχει επιτευχθεί σε μεγαλύτερο βαθμό στην ΠΟ, από ότι στην ΟΕ. Η ενσωμάτωση προσομοιώσεων στη διδασκαλία έχει συμβάλει θετικά στην κατανόηση ενός πολύπλοκου επιστημονικού φαινομένου, όπως είναι η λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος, αφού

έστω και μερικοί μαθητές της ΠΟ πέτυχαν σε μεγαλύτερο βαθμό να δώσουν πιο αποδεκτές απαντήσεις και περιγραφές στα ερωτήματα (Lowe, 2003).

Όσον αφορά τη μη συμπίληψη των πνευμόνων, από τους μαθητές της ΠΟ, στο σχεδιάγραμμα για την απεικόνιση της δομής του κυκλοφορικού συστήματος, οι περιγραφές που έδωσαν οι ίδιοι μαθητές για τη λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος, ανατρέπουν την προηγούμενη υπόθεση ότι δεν αντιλήφθηκαν τη σπουδαιότητα και το ρόλο των πνευμόνων. Σε σύγκριση με τις απαντήσεις που είχε δώσει η ΟΕ, στις οποίες δεν ήταν απόλυτα ξεκάθαρος ο ρόλος των πνευμόνων, έστω και αν τους είχαν τοποθετήσει στο σχεδιάγραμμα, οι μαθητές της ΠΟ φαίνεται να έχουν πετύχει βαθύτερη και σε μεγαλύτερο βαθμό κατανόηση, της διαδικασίας της μικρής κυκλοφορίας του αίματος και του ρόλου των πνευμόνων. Μια πιθανή αιτία της απουσίας των πνευμόνων από το σχεδιάγραμμα είναι ότι οι μαθητές δε θεωρούν τους πνεύμονες μέρος του κυκλοφορικού συστήματος, αλλά μέρος ενός άλλου συστήματος, του αναπνευστικού, όπως άλλωστε υποστήριζαν οι Lopez-Manjon και Angon (2009). Οι μαθητές θα πρέπει να αναγνωρίζουν τις διασυνδέσεις και τις αλληλεπιδράσεις των οργάνων και των συστημάτων μεταξύ τους, για να θεωρείται πλήρης η κατανόηση της λειτουργία του ανθρώπινου συστήματος, όπως τονίζουν οι Patrick και Tunnicliffe (2010). Η πρόταση του διδακτικού μοντέλου συναρμολόγησης, δηλαδή η διδασκαλία κάθε οργάνου ή συστήματος ξεχωριστά και ακολούθως ο εντοπισμός της συνεργασίας του με άλλα όργανα ή συστήματα, όπως προτείνουν οι Liu κ.ά., (2009) και Goel, κ.ά., (2009), υπήρξε αντικείμενο συζήτησης, αφού ο Ozevgec (2007) είχε προτείνει να ακολουθείται η αντίστροφη πορεία: πρώτα να διδάσκεται συνολικά το σύστημα και μετά να γίνεται η αποδόμησή του. Στην περίπτωση της παρούσας έρευνας, προκύπτει ότι το μοντέλο συναρμολόγησης που ακολουθήθηκε στις διδασκαλίες δεν ήταν επαρκές, ώστε να επιτρέψει στους μαθητές να επιτύχουν βαθύτερη κατανόηση της αλληλεπίδρασης του κυκλοφορικού συστήματος, με το αναπνευστικό σύστημα, αφού το αναπνευστικό σύστημα αποτελεί από μόνο του ξεχωριστή διδακτική ενότητα.

### **Σχεδιαγράμματα και Περιγραφή της Δομής της Καρδίας**

Με αντίστοιχο τρόπο, έγινε η αξιολόγηση του σχεδιαγράμματος των μαθητών, το οποίο αφορούσε την εσωτερική δομή της καρδίας. Τα σχεδιαγράμματα εξετάστηκαν λεπτομερώς



και δημιουργήθηκαν νέες ρήτρες, με βάση τις οποίες αξιολογήθηκε η απεικόνιση του οργάνου της καρδιάς. Συγκεκριμένα, εξετάστηκε:

1. εάν οι μαθητές διέκριναν 4 θαλάμους στο εσωτερικό της καρδιάς, τους δύο κόλπους και τις δύο κοιλίες, σωστά χωροθετημένους (οι κόλποι πάνω και οι κοιλίες κάτω) και στα σωστά μεγέθη (κόλποι μικρότεροι από τις κοιλίες),
2. κατά πόσο ο κάθε κόλπος επικοινωνεί μόνο με την αντίστοιχη του κοιλία με ένα άνοιγμα, τη βαλβίδα, που επιτρέπει τη μονόδρομη ροή του αίματος (από τον κόλπο στην κοιλία),
3. εάν το δεξί μέρος της καρδιάς εφάπτεται με το αριστερό ή όχι και η καρδιά θεωρείται ως ενιαίο όργανο,
4. εάν είναι εμφανή τα αγγεία εισόδου και εξόδου στην καρδιά (π.χ. αορτή, πνευμονικές φλέβες και πνευμονικές αρτηρίες) και
5. εάν οι μαθητές ονόμαζαν σωστά το κάθε μέρος της καρδιάς.

Τα αποτελέσματα αυτής της ανάλυσης φαίνονται στον Πίνακα 19.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που φαίνονται στον Πίνακα 19, 26 μαθητές της ΟΕ (50%) και 40 μαθητές της ΠΟ (78,43%) διέκριναν τα τέσσερα μέρη της καρδιάς. Δεν εντοπίστηκε κάποιο συγκεκριμένο μοτίβο στον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές απεικόνισαν την καρδιά, παρόλο που στην ΟΕ, 7 μαθητές (13,46%) χρησιμοποίησαν και πάλι το σχήμα «βαλεντίνου.» Οι μαθητές προσπάθησαν να δώσουν ένα τέτοιο σχήμα στο όργανο, έτσι ώστε να τοποθετούν στο εσωτερικό του τους 4 θαλάμους.

Οι κόλποι ονομάστηκαν ορθά από 25 μαθητές της ΟΕ (48,07%) και 31 μαθητές της ΠΟ (62,74%), ενώ οι κοιλίες ονομάστηκαν ορθά από 25 μαθητές της ΟΕ (48,07%) και 33 μαθητές της ΠΟ (64,70%). Όσον αφορά την ορθή χωροθέτησή τους στο εσωτερικό της καρδιάς, 19 μαθητές της ΟΕ (36,53%) και 26 μαθητές της ΠΟ (50,98%) τοποθέτησαν τους κόλπους στο άνω μέρος και τις κοιλίες στο κάτω αντίστοιχο μέρος. Στα σχεδιαγράμματα 17 μαθητών της ΟΕ (32,69%) και 24 μαθητών της ΠΟ (47,05%) διακρίνονταν και οι βαλβίδες, ως δίοδος μονόδρομης επικοινωνίας μεταξύ του κόλπου και της αντίστοιχης κοιλίας.

Τα αγγεία εισόδου του αίματος στην καρδιά, ή εξόδου του αίματος από την καρδιά, τοποθετήθηκαν στο σχεδιάγραμμα από 13 μαθητές της ΟΕ (25%), ενώ, 25 μαθητές της ΠΟ

Πίνακας 19

## Εσωτερική Δομή της Καρδίας από τα Σχεδιαγράμματα των Μαθητών

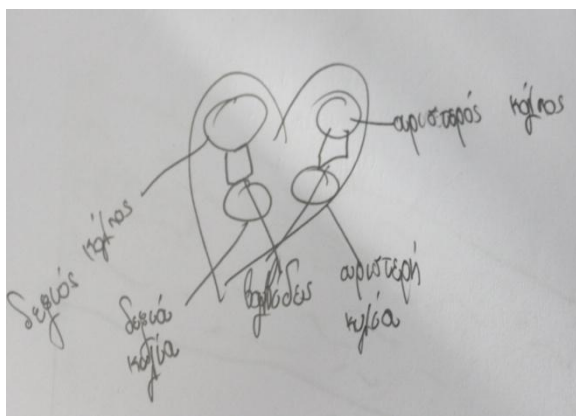
	Ομάδα Ελέγχου					
	Αγόρια		Κορίτσια		Σύνολο	
	(n=26)	%	(n=26)	%	(n=52)	%
<b>Δομή</b>						
4 διακριτά μέρη	15	57,69	11	42,30	26	50,00
Βαλβίδες	9	34,61	8	30,76	17	32,69
Αγγεία εισόδου/εξόδου	9	34,61	4	15,38	13	25,00
Αορτή	0	0	0	0	0	0
<b>Κόλποι-Κοιλίες</b>						
Ονομάζονται οι κόλποι	13	50,00	12	46,15	25	48,07
Ονομάζονται οι κοιλίες	13	50,00	12	46,15	25	48,07
Ορθή χωροθέτηση	10	38,46	9	34,61	19	36,53
Επαφή κοιλιών/κόλπων	7	26,92	6	23,07	13	25,00
Ορθά μεγέθη	4	15,38	1	3,84	5	9,61
<b>Πειραματική Ομάδα</b>						
	Αγόρια		Κορίτσια		Σύνολο	
	(n=22)	%	(n=29)	%	(n=51)	%
	<b>Δομή</b>					
4 διακριτά μέρη	17	77,27	23	79,31	40	78,43
Βαλβίδες	11	50,00	13	44,82	24	47,05
Αγγεία εισόδου/εξόδου	14	63,63	11	37,93	25	49,01
Αορτή	3	13,63	0	0	3	5,88
<b>Κόλποι-Κοιλίες</b>						
Ονομάζονται οι κόλποι	12	54,54	20	68,96	32	62,74
Ονομάζονται οι κοιλίες	12	54,54	21	72,41	33	64,70
Ορθή χωροθέτηση	9	40,90	17	58,62	26	50,98
Επαφή κοιλιών/κόλπων	18	81,81	22	75,86	40	78,43
Ορθά μεγέθη	3	13,63	0	0	3	5,88

(49,01%), τοποθέτησαν τα αγγεία εισόδου - εξόδου. Το σημαντικότερο αγγείο εξόδου, η αορτή, εμφανίζεται και ονομάζεται μόνο στα σχεδιαγράμματα 3 μαθητών της ΠΟ (5,88%). Η επαφή μεταξύ του δεξιού τμήματος της καρδίας (δεξιός κόλπος και δεξιά κοιλία) με το αριστερό τμήμα της καρδίας (αριστερός κόλπος και αριστερή κοιλία) δεν ήταν τόσο ευδιάκριτη στα σχεδιαγράμματα των μαθητών της ΟΕ, αφού μόνο 13 μαθητές (25%) σχεδίασαν τα δύο τμήματα να εφάπτονται. Αντίθετα, 40 μαθητές (78,43%) της ΠΟ έδειξαν στο σχεδιάγραμμά τους ότι τα δύο τμήματα εφάπτονται.

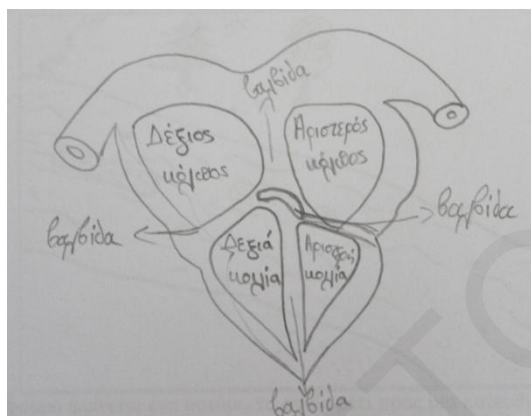
Φαίνεται από τα αποτελέσματα πως οι μαθητές της ΠΟ πέτυχαν να απεικονίσουν καλύτερα στα σχεδιαγράμματά τους την εσωτερική δομή της καρδιάς, σε σχέση με τους μαθητές της ΟΕ, γεγονός που επιβεβαιώνει τα προηγούμενα αποτελέσματα της ποσοτικής ανάλυσης, σε σχέση με τις επιδόσεις των δύο ομάδων στη μεταβλητή Δομή Καρδιάς (ΔΚ), όπου η ΠΟ υπερείχε της ΟΕ.

Περισσότερη πληροφόρηση για το βαθμό κατανόησης της δομής της καρδιάς έδωσαν οι λεκτικές περιγραφές των μαθητών. Αξίζει να σημειωθεί ότι 10 μαθητές της ΟΕ (19,23%) δεν σχεδίασαν, ούτε περιέγραψαν την εσωτερική δομή της καρδιάς, ενώ άλλοι 16 μαθητές (30,76%) της ΟΕ απλώς σχεδίασαν ένα πρόχειρο σχεδιάγραμμα που δεν πληρούσε καμία από τις σωστές προϋποθέσεις και δεν έδωσαν λεκτική περιγραφή. Οι μαθητές της ΠΟ, αντίθετα, αντιμετώπισαν καλύτερα το ερώτημα και μόνο 7 από αυτούς (13,72%) δεν έδωσαν λεκτική περιγραφή της δομής της καρδιάς, ενώ όλοι απεικόνισαν διαγραμματικά την εσωτερική δομή της, με το βαθμό επιτυχίας στο έργο να ποικίλει. Στο Σχήμα 13, φαίνονται ενδεικτικά σχεδιαγράμματα της εσωτερικής δομής της καρδιάς, όπως την απεικόνισαν μαθητές της ΟΕ και στο Σχήμα 14 αντίστοιχα σχεδιαγράμματα μαθητών της ΠΟ.

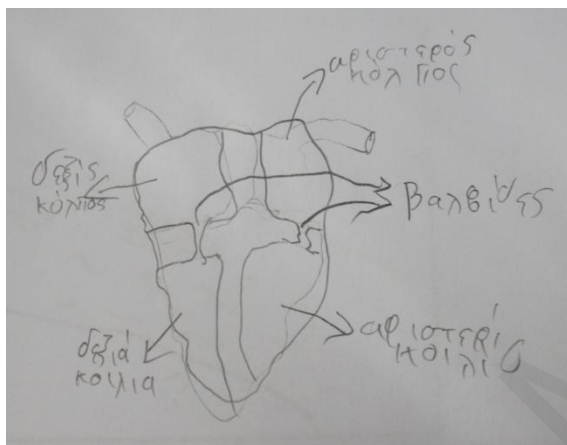
Οι μαθητές απεικόνισαν το εσωτερικό της καρδιάς χωρισμένο σε τέσσερις θαλάμους, τους οποίους ονόμασαν με τον ορθό τρόπο: κόλπους τους άνω θαλάμους και κοιλίες τους κάτω θαλάμους. Χαρακτηριστικό γνώρισμα των σχεδιαγραμμάτων των μαθητών της ΟΕ ήταν η διατήρηση του σχήματος «βαλεντίνου,» στην προσπάθειά τους να σχεδιάσουν την καρδιά, όπως φαίνεται στο Σχήμα 13 (α, β, ε). Η επιλογή τους οδήγησε στη λανθασμένη απεικόνιση των μεγεθών των τεσσάρων θαλάμων, αφού το σχήμα «βαλεντίνου» προκαθορίζει τα άνω μέρη, να είναι μεγαλύτερα από τα κάτω. Από την ανάλυση των διαγραμμάτων προκύπτει ότι και οι μαθητές της ΠΟ συνάντησαν δυσκολίες στο σχήμα που θα έδιναν στην καρδιά, στην προσπάθειά τους να απεικονίσουν το εσωτερικό της. Το σχήμα «βαλεντίνου» εντοπίστηκε στα σχεδιαγράμματα 8 μαθητών (15,68%), όπως φαίνεται στα Σχήματα 14 (α, β). Αποτέλεσμα αυτής της επιλογής ήταν, όπως και στην αντίστοιχη περίπτωση της ΟΕ, να αποδοθούν λανθασμένα τα μεγέθη των κόλπων και των κοιλιών, αφού οι κόλποι φαίνονται να είναι μεγαλύτεροι από τις κοιλίες.



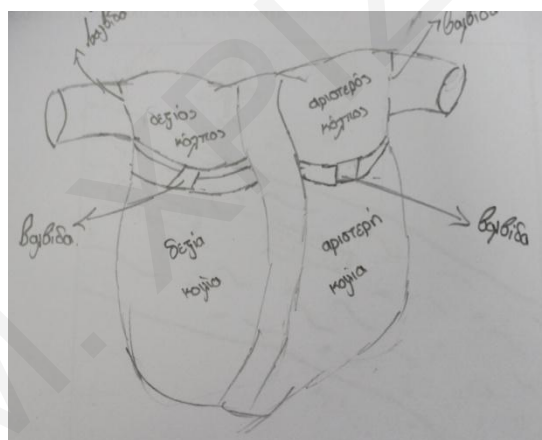
(α) (OEM27)



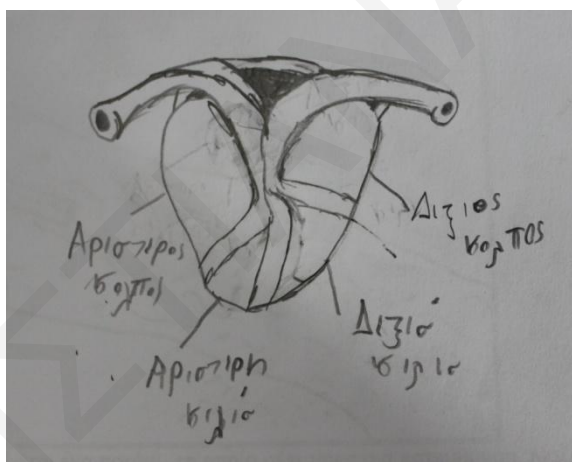
(β) (OEM30)



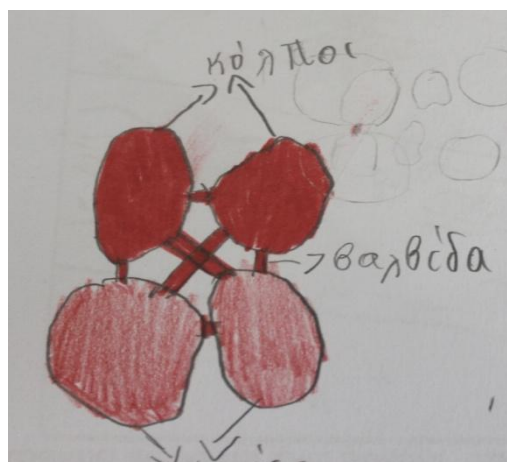
(γ) (OEM61)



(δ) (OEM28)



(ε) (OEM31)



(στ) (OEM48)

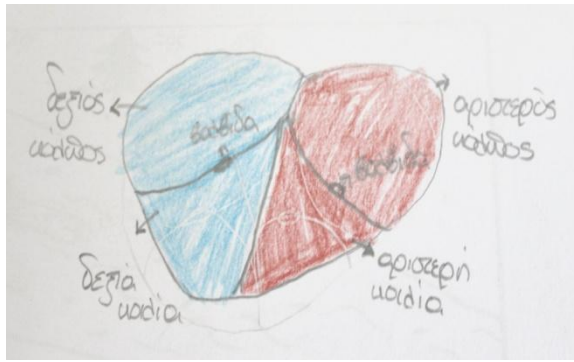
Σχήμα 13. Εσωτερική Δομή της Καρδίας από Μαθητές της ΟΕ

Στα διαγράμματα των μαθητών της ΟΕ, όπως φαίνεται και στα Σχήματα 13 (β, ε), οι κόλποι φαίνονται να είναι μεγαλύτεροι από τις κοιλίες, ενώ στην πραγματικότητα ισχύει το αντίθετο, όπως το έδειξαν άλλοι μαθητές (Σχήμα 13 γ, δ). Ο μαθητής OEM27 στο Σχήμα 13 (α) όμως, παρόλο που απέδωσε στην καρδιά το σχήμα «βαλεντίνου», εσωτερικά χώρισε διαφορετικά τους θαλάμους, χωρίς όμως και πάλι να αποδίδει τα σωστά μεγέθη.

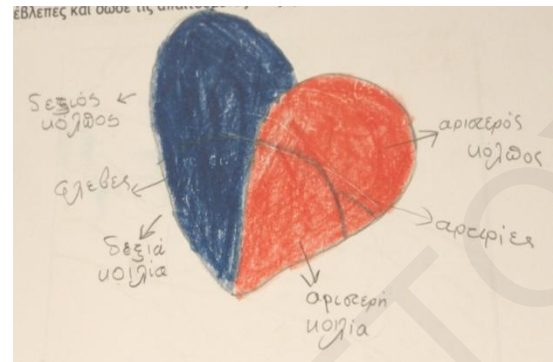
Παρόμοιο σχήμα φαίνεται στην περίπτωση του OEM48, Σχήμα 13 (στ), ο οποίος παρουσιάζει και ονομάζει τους 4 θαλάμους, με ελαφρώς μεγαλύτερες σε μέγεθος τις κοιλίες, αλλά δεν ορίζει το σχήμα της καρδιάς. Οι μαθητές της ΠΟ, που επέλεξαν οβάλ ή ασύμμετρο σχήμα, ήταν σε θέση να δείξουν με το δικό τους τρόπο πιο σωστά τα μεγέθη των θαλάμων, Σχήμα 14 (δ), χωρίς αυτό να σημαίνει ότι όλοι το απέδωσαν σωστά, Σχήμα 14 (ε). Ακόμα και μαθητές που σχεδίασαν το σχήμα της καρδιάς να προσομοιάζει με το πραγματικό, όπως αυτό που φαίνεται στο Σχήμα 14 (στ), δεν πέτυχαν να αποδώσουν τα σωστά μεγέθη των θαλάμων, με την καλύτερη περίπτωση κόλποι και κοιλίες να έχουν το ίδιο μέγεθος.

Οι βαλβίδες, ως το μέσο μονόδρομης επικοινωνίας μεταξύ του κόλπου και της αντίστοιχης κοιλίας, τοποθετήθηκαν σε σωστό σημείο από 17 μαθητές της ΟΕ (32,69%), όπως διακρίνεται στα Σχήματα 13 (α, γ, δ και στ). Σχεδόν οι μισοί μαθητές της ΠΟ, 24 στο σύνολο (47,05%), σχεδίασαν και ονόμασαν τις βαλβίδες ως το μέσο μονόδρομης επικοινωνίας, μεταξύ κόλπου και αντίστοιχης κοιλίας.

Έγιναν προσπάθειες από 12 μαθητές (23,07%) της ΟΕ να τοποθετήσουν τα αγγεία εξόδου και εισόδου του αίματος στην καρδιά, σύμφωνα με τα Σχήματα 13 (β, δ και ε), χωρίς όμως να ονομάζονται ως τέτοια (π.χ., αορτή, πνευμονική φλέβα, πνευμονική αρτηρία, κ.ά.). Αντίθετα, ονομάζονται και αυτά ως βαλβίδες, Σχήμα 13 (δ), ένδειξη ότι δεν έχουν σαφή κατανόηση της έννοιας της βαλβίδας. Στην ΠΟ, 25 μαθητές (48,07%) τοποθέτησαν τέτοια αγγεία στο σχεδιάγραμμά τους, Σχήμα 14 (ε, στ), και σε τρεις περιπτώσεις (5,76%) ονομάστηκε η αορτή, ενώ διακρίνονται τα στεφανιαία αγγεία, τα αγγεία που περιβάλλουν και αιματώνουν τον καρδιακό μυ, όπως φαίνεται στο Σχήμα 14 (στ). Οι βαλβίδες έχουν τοποθετηθεί και ονομαστεί ορθά από όλους τους μαθητές της ΠΟ.



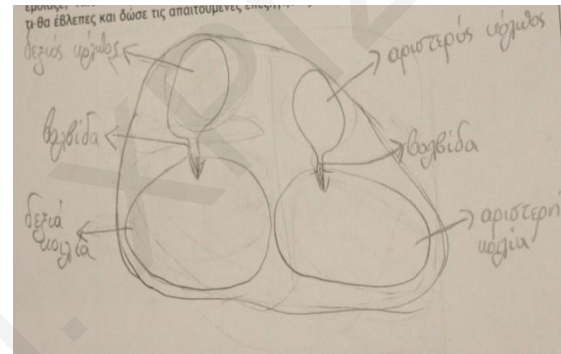
(α) (ΠΟΜ81)



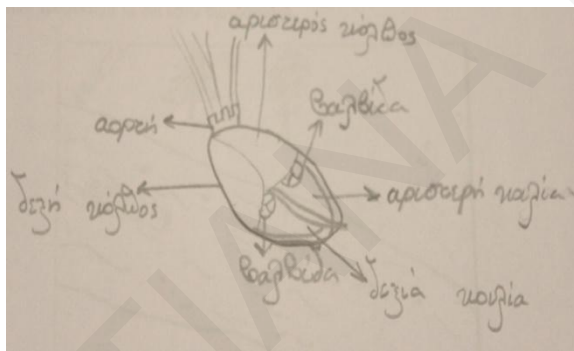
(β) (ΠΟΜ87)



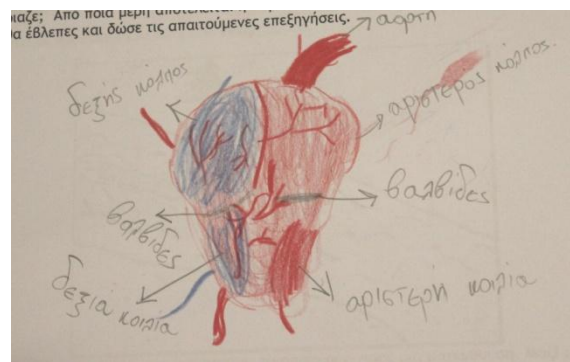
(γ) (ΠΟΜ5)



(δ) (ΠΟΜ88)



(ε) (ΠΟΜ76)



(στ) (ΠΟΜ93)

Σχήμα 14. Εσωτερική Δομή της Καρδίας από Μαθητές της ΠΟ

Παρατηρήθηκε κενός χώρος μεταξύ κόλπου και αντίστοιχης κοιλίας στα σχεδιαγράμματα 20 μαθητών (19,23%) της ΟΕ, όπως φαίνεται στα Σχήματα 13 (β, δ, ε), ενώ 14 μαθητές (26,92%) άφηναν κενό χώρο μεταξύ του δεξιού και του αριστερού τμήματος της καρδίας, με αποτέλεσμα να μην εφάπτονται τα δύο μέρη, Σχήμα 13 (β, γ, δ), κάτι που δε συμβαίνει στην πραγματικότητα, αφού τα δύο μέρη εφάπτονται μεν, αλλά δεν επικοινωνούν.

Ίσως αυτό να αποτελεί μια ένδειξη ότι οι μαθητές δεν θεωρούν την καρδιά ως ένα ενιαίο όργανο, τουλάχιστον στο εσωτερικό της μέρος. Πιθανό όμως να έχουν επηρεαστεί από την εικονική απεικόνιση της καρδιάς που συμπεριλαμβάνεται στα διδακτικά εγχειρίδια, στην οποία φαίνεται να διαχωρίζεται το δεξί από το αριστερό τμήμα της καρδιάς με ένα αρκετά χοντρό μυϊκό ιστό. Στα σχεδιαγράμματα των μαθητών της ΠΟ, παρατηρείται κάτι αντίστοιχο, όπως διακρίνεται στα Σχήματα 14 (γ, δ), σε μικρότερη όμως συχνότητα.

Οι μαθητές της ΠΟ χρησιμοποίησαν χρώματα στα σχεδιαγράμματά τους, το μπλε και το κόκκινο, προφανώς για να δείξουν ότι το κάθε τμήμα της καρδιάς έχει διαφορετικό είδος αίματος: το δεξί τμήμα έχει αίμα φλεβικό αίμα (με διοξείδιο του άνθρακα), άρα ακολουθήθηκε ο συμβολισμός που περιγράφηκε προηγουμένως, με τη χρήση του μπλε χρώματος και το αριστερό τμήμα περιέχει αρτηριακό αίμα (με οξυγόνο), άρα ακολουθείται ο αντίστοιχος συμβολισμός με κόκκινο χρώμα (Σχήματα 14 α, β, γ, στ). Κανένας, αντίθετα, μαθητής της ΟΕ δεν έκρινε απαραίτητο να χρησιμοποιήσει χρώμα για τον ίδιο σκοπό.

Οι περιγραφικές απαντήσεις των μαθητών παρείχαν περισσότερη πληροφόρηση για το βαθμό κατανόησής τους. Οι απαντήσεις της ΟΕ ήταν ελλιπείς και σύντομες, της μορφής: «*Η καρδιά είναι ένας μυς, που δεν τον κάνουμε εμείς να δουλεύει, αλλά λειτουργεί μόνος του*» (OEM23) ή «*Στο πάνω μέρος της καρδιάς στα αριστερά και δεξιά είναι οι δύο κόλποι, ενώ στην κάτω πλευρά είναι οι δύο κοιλίες. Οι βαλβίδες ενώνουν τον κόλπο με την κοιλία και στις δύο μεριές της καρδιάς*» (OEM57). Δεν έγιναν αναφορές στα αγγεία που περιβάλλουν την καρδιά ή τα αγγεία εισόδου και εξόδου, ούτε στις διαφορές μεταξύ κόλπων και κοιλιών (μέγεθος) ή του δεξιού τμήματος και αριστερού τμήματος της καρδιάς (κυκλοφορεί διαφορετικό αίμα στην κάθε πλευρά).

Πιο εκτενείς απαντήσεις, που περιείχαν και επεξηγήσεις για τη λειτουργία της καρδιάς, δόθηκαν από 12 μαθητές της ΠΟ (23,52%), όπως: «*Η καρδιά αποτελείται από 4 μέρη. Η δεξιά κοιλία και κόλπος και αριστερή κοιλία και κόλπος. Στο ένα της μισό, το «ακάθαρτο» αίμα βγαίνει από μια φλέβα και μπαίνει στο άλλο μισό της καρδιάς «καθαρό.» Στη συνέχεια, το αίμα μπαίνει σε μια αρτηρία, την αορτή και πηγαίνει σε όλο το σώμα*» (POM15). Σε αυτή την απάντηση, ο μαθητής (POM15) διακρίνει τη διαφορετική λειτουργία του κάθε τμήματος της καρδιάς, αλλά απουσιάζει η περιγραφή της διαδικασίας της μικρής κυκλοφορίας, κατά την

οποία το αίμα εμπλουτίζεται σε οξυγόνο στους πνεύμονες, αφού φύγει από την καρδιά με διοξείδιο του άνθρακα.

Εμφανής είναι και η χρήση της καθημερινής γλώσσας στις απαντήσεις των παιδιών. Η λέξη «πόρτα» αντιστοιχεί με την έννοια της βαλβίδας, ενώ οι έννοιες του «καθαρού» και του «ακάθαρτου» αίματος παραπέμπουν στο «οξυγονωμένο» και «μη οξυγονωμένο» αίμα, αντίστοιχα. Οι περιγραφές μπορούν να θεωρηθούν ως μορφή αναλογιών, οι οποίες πιθανότατα να χρησιμοποιήθηκαν αυθόρμητα από τον εκπαιδευτικό κατά τη διδακτική διαδικασία. Όπως άλλωστε αναφέρουν οι Thiele και Treagust (1994), οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν αυθόρμητες αναλογίες, οι οποίες συχνά πηγάζουν από προσωπικές εμπειρίες τους, ή από δική τους μελέτη του θέματος, με στόχο να καταστήσουν μια δύσκολη έννοια προσιτή και κατανοητή στους μαθητές.

Άλλη μια ενδεικτική απάντηση ήταν η εξής: *«Η καρδιά κάθε ανθρώπου έχει μέγεθος ίσο με τη γροθιά του. Η καρδιά μας σπρώχνει αίμα με κάθε χτύπημα, το αίμα περνά μέσα από τον αριστερό κόλπο, μετά πηγαίνει στην αριστερή κοιλία και μετά στις αρτηρίες. Πριν πάει στις φλέβες, γίνεται ένα ωραίο μαγικό, οι αρτηρίες μοιράζουν τις θρεπτικές ουσίες και γίνονται μικρές μικρές τριχούλες και μετά μπαίνουν στις φλέβες και πάνε στο δεξιό κόλπο και τη δεξιά κοιλία και μετά στους πνεύμονες και πάλι από την αρχή» (ΠΟΜ87)*. Ο μαθητής φαίνεται να αντιλαμβάνεται την πορεία που ακολουθεί το αίμα μέσα στην καρδιά, ενσωματώνει τη διαδικασία της μικρής κυκλοφορίας, χωρίς όμως να διευκρινίζει ότι εκεί γίνεται η ανταλλαγή αερίων, ενώ θεωρεί «ως μαγεία,» ή «θαύμα,» το ρόλο που επιτελούν τα τριχοειδή αγγεία. Τα παιδιά προσφεύγουν στη μαγεία, σύμφωνα με τους Chandler και Lalonde (1994), συνήθως όταν δεν είναι σε θέση να ερμηνεύσουν ένα φαινόμενο με ένα λογικό επιχείρημα, όπως προκύπτει και στη συγκεκριμένη περίπτωση, όπου ο μαθητής αδυνατεί να ερμηνεύσει και να εξηγήσει τι ακριβώς συμβαίνει στη διαδικασία ανταλλαγής αερίων και ουσιών που επιτελείται σε κυτταρικό επίπεδο.

Τα αποτελέσματα της ποιοτικής ανάλυσης των σχεδιαγραμμάτων των μαθητών, και της περιγραφής που έδωσαν για τη δομή και τη λειτουργία της καρδιάς, επιβεβαιώνουν τα αποτελέσματα της ποσοτικής ανάλυσης, και τις στατιστικά σημαντικές διαφορές που εντοπίστηκαν προηγουμένως, μεταξύ ΟΕ και ΠΟ, στη μεταβλητή Δομή της Καρδιάς (ΔΚ), με



την ΠΟ να έχει καλύτερα αποτελέσματα. Οι μαθητές της ΟΕ φαίνεται ότι αναπαρήγαγαν δηλωτικές γνώσεις που είχαν λάβει κατά τη διδασκαλία της ενότητας. Όσον αφορά τη δομή της καρδιάς, εστίαζαν στους τέσσερις θαλάμους της και την ονομασία τους, αλλά η πλειοψηφία δεν πέτυχε να κατανοήσει τη λειτουργία της ως διπλής αντλίας. Από την άλλη, οι μαθητές της ΠΟ φαίνεται να είχαν κατανοήσει σε μεγάλο βαθμό την εσωτερική δομή της καρδιάς, τη θέση, το μέγεθος και την επικοινωνία των τεσσάρων θαλάμων της, καθώς και τα αγγεία εισόδου και εξόδου του αίματος σε αυτήν. Οι μαθητές της ΠΟ φάνηκε να προχωρούν ένα ακόμα βήμα στην κατανόηση της λειτουργίας της καρδιάς και να εντάσσουν το ρόλο της καρδιάς στην όλη λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος, ακόμη και με τους πνεύμονες.

Το σημείο στο οποίο φαίνεται να υστερούν τόσο οι μαθητές της ΠΟ, όσο και οι μαθητές της ΟΕ, είναι στο να αντιληφθούν την καρδιά ως ενιαίο όργανο και ταυτόχρονα ως διπλή αντλία, ότι δηλαδή ωθεί το αίμα προς δύο διαφορετικές κατευθύνσεις: προς τους πνεύμονες και προς το σώμα, παρόλο που γνωρίζουν ότι αντλεί αίμα και παρόλο που περιγράφουν τη μικρή και μεγάλη κυκλοφορία του αίματος, διαπίστωση που υποστηρίζεται και από τις Lopez-Manjon και Angon (2009). Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των διαγραμμάτων επιβεβαιώνουν επίσης την άποψη του Texeira, (2000) ότι, ακόμα και αν οι μαθητές απεικονίζουν με παρόμοιο τρόπο ένα σύστημα, δε σημαίνει ότι κατανοούν και με τον ίδιο τρόπο τη λειτουργία του.

### **Αναλογική Σκέψη**

Δεδομένου ότι η χρήση αναλογιών έχει αναγνωριστεί ως ένα σημαντικό γνωστικό εργαλείο, που ενισχύει τη μαθησιακή διαδικασία και συμβάλλει, ώστε οι μαθητές να κατανοούν πολύπλοκα φαινόμενα (Mason, 2004), κρίθηκε σκόπιμο να αξιολογηθεί ο βαθμός στον οποίο οι μαθητές ήταν σε θέση να αξιοποιούν δεξιότητες αναλογικής σκέψης, για να εντοπίζουν και να δικαιολογούν αντιστοιχίες και αναντιστοιχίες δεδομένων σχεδιαγραμμάτων, που απεικονίζουν γνωστές έννοιες, με έννοιες που σχετίζονται με τη δομή και τη λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος ή έχουν μερικές αντιστοιχίες με αυτό.

Στο Μέρος II του ερευνητικού δοκιμίου, δόθηκαν στους μαθητές σχήματα τα οποία αποτέλεσαν τη γνωστή έννοια (ανάλογο), όπως ορίζεται από το Glynn (1991), και κλήθηκαν να εντοπίσουν στο καθένα από αυτά αντιστοιχίες και αναντιστοιχίες με το κυκλοφορικό

σύστημα, το οποίο θεωρήθηκε ως η νέα έννοια (στόχος) (Glynn, 1991). Τα αποτελέσματα συνέβαλαν, ώστε να διακριβωθεί κατά πόσο οι μαθητές κατέκτησαν αποτελεσματικά τις βασικές έννοιες του κυκλοφορικού συστήματος, τόσο της δομής, όσο και της λειτουργίας του, κατά τη διδακτική διαδικασία και εάν ήταν σε θέση, χρησιμοποιώντας τις γνώσεις που απέκτησαν, να θέσουν σε λειτουργία ανώτερες γνωστικές λειτουργίες, όπως είναι η αναλογική σκέψη, και να προβούν σε συσχετίσεις. Σύμφωνα με τη θεωρία της γνωστικής ανάπτυξης του Piaget (Inhelder & Piaget, 1958), οι μαθητές, γύρω στην ηλικία των 11 ετών και άνω εγκαταλείπουν το στάδιο της συγκεκριμένης λογικής σκέψης και οδηγούνται σταδιακά στο στάδιο της τυπικής ή αφαιρετικής λογικής σκέψης. Οι Goswami και Brown (1989) υποστήριξαν ότι πολύ πιο νωρίς, από την ηλικία των τριών μόλις ετών, τα παιδιά μπορούσαν να επιτύχουν σε έργα αναλογικού συλλογισμού, εάν το πρόβλημα που τους τίθεται εμπίπτει στο μέχρι τότε γνωσιολογικό τους πλαίσιο. Αυτό σημαίνει ότι αναμένεται από ορισμένους τουλάχιστον μαθητές της Στ τάξης, που συμμετείχαν στην έρευνα, ηλικίας 12 ετών, να είναι σε θέση, να χειριστούν έστω και σε κάποιο βαθμό, πιο δύσκολες και αφηρημένες έννοιες, όπως αυτές που συμπεριλαμβάνονται στην υπό διερεύνηση θεματική ενότητα «κυκλοφορικό σύστημα.»

Το πρώτο σχήμα (ανάλογο) παρουσιάζει ένα ποτάμι που ρέει και μεταφέρει μαζί διάφορα άλλα αντικείμενα, όπως κορμούς δέντρων, φύλλα, κ.ά. Οι κυριότερες αντιστοιχίες που αφορούν το κυκλοφορικό σύστημα, ως νέα έννοια-στόχος, και που αναμένονταν να υποδειχθούν από τους μαθητές, ήταν οι ακόλουθες: το ποτάμι θα μπορούσε να αντιστοιχηθεί με τα αιμοφόρα αγγεία και το νερό με το αίμα, ενώ η ροή του νερού στο ποτάμι με ευκολία μπορεί να αντιστοιχηθεί με τη ροή του αίματος στα αγγεία και τα αντικείμενα μέσα στο νερό θα μπορούσαν να αντιστοιχηθούν με τα συστατικά του αίματος.

Οι αναντιστοιχίες που αναμένονταν να εντοπιστούν είναι οι εξής: στο συγκεκριμένο παράδειγμα (ανάλογο) δεν υπάρχει κάτι αντίστοιχο για τη μικρή και μεγάλη κυκλοφορία του αίματος· δεν υπάρχει αντιστοιχία για την καρδιά και τους πνεύμονες· το ποτάμι ρέει ανάλογα με την κλίση του εδάφους, ενώ στο κυκλοφορικό σύστημα υπάρχει η καρδιά, η οποία ως αντλία σπρώχνει το αίμα σε διάφορες κατευθύνσεις· το ποτάμι ακολουθεί μονόδρομη πορεία, δεν επιστρέφει πίσω, ενώ το αίμα κάνει κυκλική πορεία.

Στον Πίνακα 20, παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα, όπως προέκυψαν μετά την ανάλυση των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές.

Πίνακας 20

Αναλογική Σκέψη: Αντιστοιχίες Ροής Ποταμού με το Κυκλοφορικό Σύστημα

	Ομάδα Ελέγχου			Πειραματική Ομάδα		
	Αγόρια (n=26)	Κορίτσια (n=26)	Σύνολο (n=52)	Αγόρια (n=22)	Κορίτσια (n=29)	Σύνολο (n=51)
Ποτάμι : αιμοφόρα αγγεία	7	2	9	6	10	16
Φλέβες/Αρτηρίες	2	0	2	5	10	15
Νερό : Αίμα	10	4	14	7	7	14
Ροή νερού : Ροή αίματος	8	3	11	3	3	6
Αντικείμενα στο νερό: Συστατικά αίματος	9	10	19	11	12	23
Ερυθρά αιμοσφαίρια	2	2	4	6	5	11
Λευκά αιμοσφαίρια	0	2	2	6	7	13
Αιμοπετάλια	0	3	3	6	9	15
Άχρηστες Ουσίες	6	6	12	1	0	1
Μέγεθος Αντικειμένου: Μέγεθος Συστατικού	0	0	0	3	3	6

Από την ΟΕ, 20 μαθητές (38,46%) δεν έδωσαν απάντηση, ενώ από την ΠΟ δεν απάντησαν 19 (37,25%). Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 20, οι μαθητές της ΠΟ είχαν μεγαλύτερη συχνότητα απαντήσεων. Στην ΟΕ, την αντιστοιχία νερό: αίμα εντόπισαν 14 μαθητές (26,92%), την αντιστοιχία ποτάμι: αιμοφόρα αγγεία εντόπισαν 9 μαθητές (17,3%) και την αντιστοιχία ροή νερού: ροή αίματος εντόπισαν 11 μαθητές (21,15%). Από την ΠΟ πέτυχαν να εντοπίσουν τις αντιστοιχίες ως εξής: την αντιστοιχία νερό: αίμα εντόπισαν 14 μαθητές (27,45%) όσοι και στην ΟΕ, την αντιστοιχία ποτάμι: αιμοφόρα αγγεία εντόπισαν 16 μαθητές (31,37%) περισσότεροι από την ΟΕ και την αντιστοιχία ροή νερού: ροή αίματος εντόπισαν 6 μαθητές (11,76%), λιγότεροι από ότι στην ΟΕ. Η αντιστοιχία ποτάμι: αιμοφόρα αγγεία εντοπίστηκε από 16 μαθητές της ΠΟ (31,37%), ενώ 15 από αυτούς (29,41%) συγκεκριμενοποίησαν την αντιστοιχία, καθορίζοντας ότι το ποτάμι αντιστοιχεί με τις φλέβες και τις αρτηρίες.

Οι 19 μαθητές της ΟΕ (36,53%) εντόπισαν την αντιστοιχία *αντικείμενα στο νερό: συστατικά του αίματος* και μάλιστα οι 12 (23,07%) διευκρίνισαν ότι αντιστοιχούν με τις άχρηστες ουσίες που μεταφέρει το αίμα, αφού και στο ποτάμι όλα τα αντικείμενα που μεταφέρονται είναι συνήθως σκουπίδια ή άλλα αντικείμενα που παρασύρονται από το νερό. Λιγότεροι ήταν αυτοί που αντιστοίχισαν τα αντικείμενα με τα ερυθρά ή λευκά αιμοσφαίρια και τα αιμοπετάλια και, ως εκ τούτου, δεν προέβηκαν σε αντιστοιχία του μεγέθους των αντικειμένων με το μέγεθος των συστατικών. Περισσότεροι ήταν οι μαθητές της ΠΟ, 23 μαθητές (45,09%), που εντόπισαν την αντιστοιχία *αντικείμενα στο νερό: συστατικά του αίματος* και μάλιστα αρκετοί προχώρησαν σε ένα επόμενο επίπεδο αναλογικής σκέψης και αντιστοίχισαν τα αντικείμενα με τα ερυθρά αιμοσφαίρια (21,56%), με τα λευκά αιμοσφαίρια (25,49%) και τα αιμοπετάλια (29,41%), ενώ 6 μαθητές (11,76%) αντιστοίχισαν το μέγεθος του αντικειμένου με το μέγεθος του συστατικού του αίματος, (π.χ., οι κορμοί ως μεγαλύτεροι αντιστοιχούν με τα λευκά αιμοσφαίρια, ενώ τα φύλλα με τα μικρά αιμοπετάλια.). Ίσως αυτό να αποτελεί ένδειξη υψηλότερου βαθμού βαθύτερης κατανόησης της έννοιας Αίμα: Ρόλος και Σύσταση (ΑΡΣ), από τους μαθητές της ΠΟ. Αξιοσημείωτο είναι ότι κανένας μαθητής της ΠΟ δεν αντιστοίχισε τα αντικείμενα στο νερό με τις άχρηστες ουσίες που μεταφέρει το αίμα, σε αντίθεση με την ΟΕ.

Μια ενδιαφέρουσα άποψη μαθητή ήταν η ακόλουθη: *«Στις ορεινές περιοχές έχει πάρα πολλά δέντρα και άρα πολύ οξυγόνο. Οι ορεινές περιοχές είναι οι πνεύμονες, από όπου το οξυγόνο πηγαίνει στην καρδιά όπου γίνεται η καύση» (OEM66)*. Ο μαθητής (OEM66) είχε συνδέσει το ρόλο των πνευμόνων για την εισαγωγή του οξυγόνου στο σώμα και αντιστοίχισε τους πνεύμονες με τις ορεινές περιοχές, ο οποίος όμως δεν απεικονίζονται στο δεδομένο σχήμα. Ανέφερε επίσης την έννοια «καύση,» για την οποία είναι απαραίτητο το οξυγόνο, θεωρώντας ότι γίνεται στην καρδιά, χωρίς όμως να δίνει καμία άλλη επεξήγηση.

Όσον αφορά τις αναντιστοιχίες, 10 μαθητές της ΟΕ (19,23%) και 16 μαθητές της ΠΟ (31,37%) διαπίστωσαν ότι *«το νερό στο ποτάμι ρέει προς μια κατεύθυνση, ενώ το αίμα κυκλοφορεί παντού» (ΠΟΜ97)*, και ότι *«[το αίμα] κυκλοφορεί σε όλο το σώμα και επιστρέφει εκεί από όπου ξεκίνησε, δηλαδή στην καρδιά, ενώ το νερό όχι» (ΠΟΜ85)*. Βαθύτερη κατανόηση φαίνεται ότι πέτυχαν 7 μαθητές της ΠΟ (13,72%), οι οποίοι, ανακαλώντας τις προϋπάρχουσες πλέον γνώσεις τους και προχωρώντας σε ένα ανώτερο επίπεδο αναλογικής

σκέψης, διευκρίνισαν ότι οι βαλβίδες που υπάρχουν στην καρδιά καθορίζουν την πορεία που θα ακολουθήσει το αίμα, είτε προς τα πάνω, είτε προς τα κάτω, ενώ το νερό στο ποτάμι ακολουθεί μια κατηφορική, καθοδική πορεία. Τέλος, τρεις μαθητές της ΠΟ (5,88%) ανέφεραν ότι το αίμα μεταφέρει είτε οξυγόνο, είτε διοξείδιο του άνθρακα, ανάλογα με την κατεύθυνση που έχει στο σώμα, όχι και τα δύο μαζί, ενώ το νερό στο ποτάμι κουβαλά διάφορα υλικά ταυτόχρονα. Χαρακτηριστική ήταν η δήλωση: «το αίμα φεύγει από την καρδιά με οξυγόνο και επιστρέφει με διοξείδιο το άνθρακα, δεν έχει και τα δύο μαζί» (ΠΟΜ78). Κανένας μαθητής δεν επεσήμανε ότι το ανάλογο που χρησιμοποιήθηκε δεν είχε τη δυνατότητα να προσφέρει κάποια αντιστοιχία με τη μικρή και μεγάλη κυκλοφορία ή με τους πνεύμονες.

Κατά τη διαδικασία της ποιοτικής ανάλυσης των δεδομένων που αφορούσαν το πρώτο ερώτημα αναλογικής σκέψης, εντοπίστηκαν σημαντικές εναλλακτικές ιδέες από μέρους των μαθητών της ΟΕ. Πέντε (5) μαθητές της ΟΕ αναφέρονται στην κίνηση του αίματος «από ψηλά προς τα κάτω» (ΟΕΜ25), δηλαδή από την καρδιά προς τα άκρα μόνο, αντιστοιχώντας την κίνηση αυτή με τη ροή του ποταμού, από τα ψηλά βουνά προς τη θάλασσα. Δεν είχαν, από ότι φαίνεται, κατανοήσει το ρόλο της καρδιάς ως αντλίας, η οποία σπρώχνει το αίμα να κινηθεί προς όλες τις κατευθύνσεις και ότι το αίμα ακολουθεί κυκλική πορεία. Επιπλέον, άλλοι πέντε (5) μαθητές της ΟΕ θεώρησαν ότι το αίμα ακολουθεί μονόδρομη πορεία, αφού ρέει «μόνο μπροστά, όχι πίσω» (ΟΕΜ49), όπως το νερό στο ποτάμι που δεν επιστρέφει, αγνοώντας και πάλι την κυκλική πορεία του αίματος.

Το δεύτερο σχήμα, που θεωρήθηκε ως γνωστή έννοια (ανάλογο), παρουσιάζει το σύστημα κεντρικής θέρμανσης ενός διώροφου σπιτιού, στο οποίο διακρίνεται ο λέβητας στο ισόγειο του σπιτιού, τα θερμαντικά σώματα στους εσωτερικούς χώρους του σπιτιού και οι διασωληνώσεις που συνδέουν τα θερμαντικά σώματα μεταξύ τους και με το λέβητα. Το ανάλογο αυτό θεωρήθηκε ως πιο χρήσιμο για τον εντοπισμό τόσο αντιστοιχιών, όσο και αναντιστοιχιών, που θα συνέβαλλαν στην ανάδειξη της βαθύτερης κατανόησης από μέρους των μαθητών των εννοιών οι οποίες άπτονται του κυκλοφορικού συστήματος. Αντιστοιχίες που αναμένονταν να εντοπιστούν ήταν οι ακόλουθες: το σπίτι θα μπορούσε να αντιστοιχηθεί με το ανθρώπινο σώμα, ο λέβητας με την καρδιά ως αντλίες και τα θερμαντικά σώματα με τα όργανα του ανθρώπινου σώματος. Οι διασωληνώσεις της κεντρικής θέρμανσης εύκολα θα

μπορούσαν να αντιστοιχηθούν με τα αιμοφόρα αγγεία, ενώ το νερό που κυκλοφορεί στην κεντρική θέρμανση αντιστοιχεί με το αίμα, και άρα η κίνηση του νερού αντιστοιχεί με την κυκλοφορία του αίματος. Επίσης, κοινό χαρακτηριστικό στα δύο συστήματα είναι η κυκλική πορεία τόσο του νερού, στην κεντρική θέρμανση, όσο και του αίματος στο κυκλοφορικό σύστημα. Σε ένα ανώτερο επίπεδο, θα αναμενόταν να εντοπιστεί ως αντιστοιχία η μεταφορά και η απόδοση θερμότητας από το νερό στα θερμαντικά σώματα, στο σύστημα κεντρικής θέρμανσης, με τη μεταφορά οξυγόνου από το αίμα, στα όργανα του σώματος, στο κυκλοφορικό σύστημα. Δεν αναμενόταν να εντοπιστεί από τους μαθητές κάτι τέτοιο, αφού δεν εμπίπτει στο γνωσιολογικό τους υπόβαθρο, όπως επίσης και το γεγονός ότι ο λέβητας, στην πραγματικότητα, δεν είναι αντλία. Λειτουργεί ως τέτοια, αφού με τη θερμότητα το νερό αρχίζει να κινείται προς τα πάνω, λόγω αλλαγών στην πυκνότητά του και έτσι προκαλείται η ροή του νερού μέσα στους σωλήνες.

Οι αναντιστοιχίες, που αναμένονταν να εντοπιστούν και που θα αναδείκνυαν το βαθμό βαθύτερης εννοιολογικής κατανόησης, αφορούσαν το ότι στο σύστημα κεντρικής θέρμανσης δεν υπάρχει αντιστοιχία της μικρής κυκλοφορίας του αίματος, ενώ η διαδικασία της ανταλλαγής αερίων και ουσιών στους ιστούς/όργανα μέσω των τριχοειδών αγγείων, επίσης δεν αντιστοιχείται στο σύστημα κεντρικής θέρμανσης.

Η ανταπόκριση των μαθητών στο ερώτημα ήταν περιορισμένη στην ΟΕ, αφού η συχνότητα των απαντήσεων για τον εντοπισμό αντιστοιχιών ήταν μεγαλύτερη στην ΠΟ, όπως φαίνεται στον Πίνακα 21.

Ενδεικτικό παράδειγμα αναλογικού συλλογισμού αποτελεί η απάντηση μαθητή της ΠΟ: «*Αν το νερό της θέρμανσης δε φτάνει σε ένα θερμαντικό σώμα, τότε αυτό δεν εργάζεται, έτσι αν ένα όργανο του ανθρώπινου σώματος δε δέχεται αρκετό αίμα, δεν εργάζεται σωστά*» (ΠΟΜ98). Παρόλο που η ποσοτική ανάλυση δεν έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων στη μεταβλητή Αναλογική Σκέψη, η ποιοτική ανάλυση δείχνει ότι υπήρχαν μαθητές της ΠΟ που υπερείχαν, σε σχέση με τους μαθητές της ΟΕ, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τον εντοπισμό των αναντιστοιχιών.

Οι αναντιστοιχίες του αναλόγου (σύστημα κεντρικής θέρμανσης) με το στόχο (κυκλοφορικό σύστημα) εντοπίστηκαν κυρίως από τους μαθητές της ΠΟ, σε αντίθεση με την ΟΕ, από την

Πίνακας 21

Αναλογική Σκέψη: Αντιστοιχίες Κεντρικής Θέρμανσης με το Κυκλοφορικό Σύστημα

	Ομάδα Ελέγχου			Πειραματική Ομάδα		
	Αγόρια (n=26)	Κορίτσια (n=26)	Σύνολο (n=52)	Αγόρια (n=22)	Κορίτσια (n=29)	Σύνολο (n=51)
Λέβητας : Καρδία	9	9	18	10	12	22
Σπίτι : Σώμα	9	6	15	5	4	9
Θερμαντικά Σώματα: Όργανα	0	0	0	3	4	7
Διασωληνώσεις : Αγγεία	2	3	5	3	5	8
Νερό : Αίμα	7	6	13	8	9	17
Ζεστό νερό : Αίμα με O <sub>2</sub>	0	1	1	4	5	9
Κρύο Νερό: Αίμα με CO <sub>2</sub>	0	0	0	4	5	9
Κίνηση Νερού : Κυκλοφορία Αίματος	3	6	9	4	4	8
Κυκλική πορεία νερού (φεύγει ζεστό, έρχεται κρύο στο λέβητα) : Κυκλική πορεία αίματος (φεύγει με O <sub>2</sub> , επιστρέφει με CO <sub>2</sub> στην καρδία)	0	0	0	2	3	5

ποία μόνο δύο (2) μαθητές σημείωσαν ότι «στο σώμα υπάρχουν περισσότερα όργανα από ότι τα σώματα θέρμανσης σε ένα σπίτι» (OEM68) και άλλοι δύο (2) ότι: «οι διακλαδώσεις στο σώμα [το σύνολο των αγγείων] είναι περισσότερες από ότι στην κεντρική θέρμανση» (OEM63).

Οι μαθητές της ΠΟ επικεντρώθηκαν σε αναντιστοιχίες του τύπου: «το αίμα [στο ανθρώπινο σώμα] έχει πάντα σταθερή θερμοκρασία, ενώ το νερό της κεντρικής θέρμανσης δεν έχει» (ΠΟΜ95), κάτι που εντόπισαν 3 μαθητές (5,88%). Η θερμοκρασία του νερού στην κεντρική θέρμανση μεταβάλλεται, λόγω της απώλειας ενέργειας-θερμότητας που αφήνει στα θερμαντικά σώματα, φαινόμενο, το οποίο θα μπορούσε να θεωρηθεί ως αντιστοιχία με τη μεταφορά του οξυγόνου στα κύτταρα από το αίμα. Το εύρος γνώσεων των μαθητών αυτής της ηλικίας όμως δεν επιτρέπει αυτό το συσχετισμό. Υπενθυμίζεται όμως ότι και ο Harvey το 16<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ., στην προσπάθειά του να περιγράψει το κυκλοφορικό σύστημα, αναφέρθηκε στο αίμα που φεύγει από την καρδία ζεστό και ατμώδες, και επιστρέφει σε αυτή κρύο και συμπυκνωμένο (Androutsos, κ.ά., 2012).

Άλλοι 8 μαθητές (15,68%) αναφέρθηκαν στη μικρή και μεγάλη κυκλοφορία του αίματος, η οποία δε φαίνεται στο ανάλογο, αφού «το αίμα στο ανθρώπινο σώμα κάνει δύο κύκλους [αναφερόμενοι στη μικρή και μεγάλη κυκλοφορία], ενώ το νερό μόνο ένα κύκλο κάνει και επιστρέφει στο λέβητα» (ΠΟΜ5). Εντοπίστηκε, επίσης, η αναντιστοιχία που αφορά τον αριθμό των σωμάτων θέρμανσης, σε σχέση με τον αριθμό των οργάνων στο ανθρώπινο σώμα από 13 μαθητές (25,49%) και η αναντιστοιχία του αριθμού των σωληνώσεων της κεντρικής θέρμανσης, σε σχέση με το πλήθος και τις διακλαδώσεις που έχουν τα αιμοφόρα αγγεία στο ανθρώπινο σώμα, από 15 μαθητές (29,41%). Επιπρόσθετα 7 μαθητές (13,72%) έκριναν ότι με το συγκεκριμένο μοντέλο (της κεντρικής θέρμανσης), σημαντικά μέρη του κυκλοφορικού συστήματος δεν φαίνονται (αναφερόμενοι στους πνεύμονες).

Με την ποιοτική ανάλυση των δεδομένων εντοπίζονται και πάλι διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων, ΟΕ και ΠΟ, όσον αφορά τη δεξιότητα Αναλογικής Σκέψης (ΑΣ), αλλά και την κατανόηση της Λειτουργίας του Κυκλοφορικού Συστήματος (ΛΚΣ), με την ΠΟ να έχει καλύτερα αποτελέσματα. Φαίνεται ότι αριθμός μαθητών της ΠΟ ήταν σε θέση να προχωρήσει σε ανώτερα επίπεδα αναλογικής σκέψης και να προβεί σε συμπεράσματα που δείχνουν βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση της έννοιας-στόχου (ΛΚΣ). Όταν οι μαθητές έχουν να αντιμετωπίσουν πολύπλοκα και αφηρημένα συστήματα εννοιών, σύμφωνα με τους Paris και Glynn (2004), η χρήση αναλογιών είναι πολύτιμη, διότι μπορούν να προσφέρουν στους μαθητές όχι μόνο μία, αλλά πολλές διαφορετικές επεξηγήσεις για τη δομή και τη λειτουργία τους, άποψη που στηρίζουν και τα αποτελέσματα των μαθητών της ΠΟ.

Εναλλακτικές ιδέες που εντοπίστηκαν σε αυτό το ερώτημα ήταν ότι δύο μαθητές της ΟΕ θεώρησαν πως όπως ο λέβητας ζεσταίνει το νερό, έτσι και η καρδιά καθαρίζει το αίμα. Ορθά αντιστοίχισαν το λέβητα με την καρδιά, λανθασμένα όμως αντιστοίχισαν το ρόλο του καθενός, αφού η καρδιά δεν καθαρίζει το αίμα, ούτε και το εμπλουτίζει με οξυγόνο, όπως ο λέβητας προσφέρει ενέργεια στο νερό θερμαίνοντάς το. Παρόμοια ευρήματα σε σχέση με τις λειτουργίες και τους ρόλους που αποδίδουν τα παιδιά στην καρδιά αναφέρονται και από τους Arnaudin και Mintzes (1985). Μια άλλη ενδιαφέρουσα ιδέα προκύπτει από την απάντηση του μαθητή ΟΕΜ28: «το αίμα ξαναχρησιμοποιείται από το σώμα, ενώ το πετρέλαιο της θέρμανσης τελειώνει και σβήνει [η θέρμανση],» γεγονός που φανερώνει πως ο μαθητής δεν κατείχε πλήρως την έννοια του αναλόγου που του παρουσιάστηκε, στη συγκεκριμένη περίπτωση του



συστήματος της κεντρικής θέρμανσης, αφού αντιστοίχισε το καύσιμο που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία του συστήματος θέρμανσης με το αίμα, και οδηγήθηκε σε λανθασμένα συμπεράσματα, συμπέρασμα στο οποίο κατέληξε και ο Ρήγας (2007). Θεωρεί πιθανότατα πως το πετρέλαιο είναι αυτό που κυκλοφορεί μέσα στους σωλήνες. Αυτό υποδεικνύει ότι το ανάλογο που επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί σε μια διδακτική διαδικασία πρέπει να είναι πλήρως κατανοητό από τους μαθητές και να ανταποκρίνεται στην ηλικία και τις γνώσεις τους.

### **Αίμα, Ρόλος και Σύσταση.**

Από τα επιμέρους ερωτήματα του Μέρους ΙΙΙ του ερευνητικού δοκιμίου, στα οποία οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν, προκύπτουν περαιτέρω ενδιαφέροντα στοιχεία και εντοπίζονται οι εναλλακτικές ιδέες αναφορικά με τη μεταβλητή Αίμα: Ρόλος και Σύσταση. Στο ερώτημα «Γιατί χρειαζόμαστε το αίμα;» 23 μαθητές της ΟΕ ( 44,23%) και 26 μαθητές της ΠΟ (50,98%) έδωσαν την απάντηση «για να ζούμε,» μια καθαρά τελεολογικού τύπου απάντηση, με την οποία, όπως εξηγούν οι Tamir και Zohar (1991), παρέχεται μια ικανοποιητική ερμηνεία για ένα φαινόμενο, χωρίς να δημιουργούνται περαιτέρω ανάγκες για διερεύνηση ή ανάλυση.

Ερωτηθέντες να αναφέρουν ποιες άλλες λειτουργίες επιτελεί το αίμα, 8 μαθητές από την ΟΕ (15,38%) και 10 μαθητές από την ΠΟ (19,6%) αναφέρθηκαν στην επούλωση των πληγών και στον έλεγχο μιας αιμορραγίας, άρα αντιλαμβάνονται το ρόλο των αιμοπεταλίων. Την προστασία από τα μικρόβια λόγω της δράσης των λευκών αιμοσφαιρίων ανέφεραν 7 μαθητές της ΟΕ (13,46%) και 7 μαθητές της ΠΟ (13,72%), ενώ για άλλη μια φορά εντοπίστηκαν οι τελεολογικού τύπου απαντήσεις, όπως «να μας κρατά ζωντανούς» (ΠΟΜ20, ΠΟΜ22, ΟΕΜ60, ΟΕΜ61), ή απαντήσεις επηρεασμένες από την καθημερινότητα: «σώζει ζωές, μέσω της αιμοδοσίας» (ΠΟΜ4).

Ένα άλλο ερώτημα ζητούσε από τους μαθητές να εντοπίσουν τις διαφορές που παρατηρούνται στο αίμα ενός ατόμου, ενώ μεγαλώνει ηλικιακά (παιδί – ηλικιωμένος). Δόθηκε ποικιλία απαντήσεων και από τις δυο ομάδες. Στην ΟΕ 7 μαθητές (13,46%) υποστήριξαν ότι τα όργανα έχουν αλλάξει, έχουν μεγαλώσει σε μέγεθος και η καρδιά λειτουργεί διαφορετικά, άρα και το αίμα έχει αλλάξει, κάτι που αναφέρθηκε και από 3 μαθητές της ΠΟ (5,88%). Άλλοι 3

μαθητές της ΟΕ (5,76%) ανέφεραν ότι το αίμα είναι περισσότερο, αφού το σώμα έχει μεγαλώσει και χρειάζεται περισσότερο αίμα, για να λειτουργήσει, απάντηση που δόθηκε και από 12 μαθητές της ΠΟ (23,52%). Τα συστατικά που περιέχει το αίμα είναι διαφορετικά, αφού η διατροφή του ατόμου έχει αλλάξει, υποστήριξαν 2 μαθητές της ΟΕ (3,84%) και 2 μαθητές της ΠΟ (3,92%). Μόνο 6 μαθητές της ΠΟ (11,76%) απάντησαν ότι το αίμα συνεχώς ανανεώνεται, και άρα δεν παραμένει το ίδιο.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζεται στις υπόλοιπες απαντήσεις: 7 μαθητές της ΟΕ (13,46%) και 5 μαθητές της ΠΟ (9,80%) ισχυρίστηκαν ότι το αίμα «έχει γεράσει» μαζί με το άτομο και έπαψε να έχει τις ικανότητες που είχε. Εφτά μαθητές της ΟΕ (13,46%) και 3 της ΠΟ (5,88%) απάντησαν ότι το αίμα δεν είναι τόσο καθαρό, όσο παλιά, ενώ 3 μαθητές της ΟΕ (5,76%) και 1 μαθητής της ΠΟ (1,96%) ανέφεραν ότι το αίμα κυκλοφορεί πιο αργά. Σε μικρότερη συχνότητα αναφέρθηκαν απόψεις ότι το αίμα έχει μολυνθεί, ότι άλλαξε λόγω των ασθενειών που αποκτούν οι ηλικιωμένοι, ότι άλλαξε λόγω μετάγγισης αίματος.

Προκύπτει ότι οι μαθητές απέδωσαν στο αίμα χαρακτηριστικά τα οποία αφορούν το άτομο σε μακροσκοπικό επίπεδο και είναι ορατά, μπορούσαν δηλαδή να τα παρατηρήσουν: π.χ., το άτομο γερνά, άρα γερνά και το αίμα· αφού αρρωστά το άτομο, αρρωστά και το αίμα και, κατ' επέκταση, χάνει τις αρχικές του ικανότητες, όπως συμβαίνει και στον άνθρωπο, σε μακροσκοπικό επίπεδο. Δεν αντιλαμβάνονταν ότι το αίμα έχει την ιδιότητα να ανανεώνεται συνεχώς, αφού υπάρχουν μηχανισμοί και όργανα στο σώμα, τα οποία παράγουν το αίμα (μυελός των οστών).

Φαίνεται ότι οι μαθητές ταύτισαν τη σύστασή του αίματος, με το ρόλο του ως μεταφορικού μέσου για διάφορες ουσίες, απαραίτητες για τη λειτουργία του σώματος, όπως είναι οι θρεπτικές ουσίες, το οξυγόνο ή ακόμη και τα φάρμακα που λαμβάνονται. Το αίμα αποτελείται από νερό, πλάσμα, αιμοσφαίρια (ερυθρά και λευκά) και αιμοπετάλια. Ανέφεραν ότι: «το αίμα μεταφέρει τα αιμοσφαίρια και τα αιμοπετάλια» (ΟΕΜ30, ΟΕΜ66, ΠΟΜ97, ΠΟΜ100), γεγονός που θεωρείται ως εναλλακτική ιδέα, αφού ουσιαστικά θεωρούσαν ότι 'το αίμα μεταφέρει...αίμα.'

Θεώρησαν επίσης ως ρόλο του αίματος να δίνει ενέργεια στον οργανισμό και να βοηθά στην κίνηση του σώματος. Είχαν, πιθανό, στο μυαλό τους τη μεταφορά των ενεργειακών θρεπτικών ουσιών μέσω του αίματος στα διάφορα όργανα, γνώσεις που ίσως απέκτησαν μέσω άλλων μαθημάτων, όπως η ενασχόληση με τις ενεργειακές ομάδες τροφών στο μάθημα Αγωγής Υγείας, και αναφέρονται στην «προσφορά ενέργειας από το αίμα.» Αγνοούσαν όμως τη χημική διαδικασία της καύσης σε κυτταρικό επίπεδο, η οποία θα αποδώσει την απαιτούμενη ενέργεια για τη ζωή των κυττάρων, αλλά και για την κίνηση των μυών. Θα ήταν ίσως χρήσιμη η διασύνδεση των δύο μαθημάτων στα Αναλυτικά Προγράμματα, ώστε το ένα να συμπληρώνει το άλλο.

Αναφέρθηκε, επίσης, ότι ρόλος του αίματος ήταν «να μας κάνει καλά όταν αρρωσταύμε» (OEM27, OEM37), αφού, όπως εξήγησε ένας μαθητής «Το αίμα μεταφέρει διάφορα φάρμακα που δε μας αφήνουν να αρρωσταίνουμε σε όλο μας το σώμα» (OEM53). Οι μαθητές γνώριζαν ότι το αίμα μεταφέρει τα φάρμακα στο σώμα και έτσι επιτυγχάνεται η θεραπεία, θεώρησαν όμως αυτή τη διαδικασία, ως ιδιότητα του αίματος.

Οι απόψεις των μαθητών για το ρόλο και τη σύσταση του αίματος, αλλά και οι εναλλακτικές ιδέες, εντοπίστηκαν τόσο στην ΟΕ όσο και στην ΠΟ, χωρίς να υπάρχει εμφανής διαφορά υπέρ της μιας ή της άλλης ομάδας. Ενισχύεται έτσι το αποτέλεσμα της στατιστικής ανάλυσης, όπου δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις επιδόσεις μεταξύ των δύο ομάδων στη μεταβλητή «Αίμα: Ρόλος και Σύσταση» (ΑΡΣ), οπότε τόσο η παραδοσιακή, όσο και η εναλλακτική διδασκαλία, παρουσιάζονται να έχουν ελλείψεις και αδυναμίες ως προς το να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν θέματα που αφορούσαν την παραγωγή και τη σύσταση του αίματος, αλλά και τους ρόλους που το αίμα επιτελεί στον οργανισμό, πέραν από τη μεταφορά των θρεπτικών ουσιών και των αερίων.

### **Το Κυκλοφορικό Σύστημα και η Σχέση του με Άλλα Συστήματα**

Τα σχετικά ερωτήματα στόχευαν στη διακρίβωση του βαθμού στον οποίο οι μαθητές αντιλαμβάνονταν την άμεση συσχέτιση του αναπνευστικού συστήματος και του πεπτικού συστήματος με το κυκλοφορικό σύστημα. Οι πνεύμονες, για παράδειγμα, ανήκουν πρακτικά

στο αναπνευστικό σύστημα, αλλά, κατά την κυκλοφορία του αίματος, διαδραματίζουν σημαντικότατο ρόλο στη φάση της μικρής κυκλοφορίας. Το αίμα αποβάλλει το διοξείδιο του άνθρακα και εμπλουτίζεται με οξυγόνο, μέσα από τη διαδικασία της αναπνοής, την οποία όμως θα μελετήσει κανείς, εάν ασχοληθεί αποκλειστικά με τη λειτουργία του αναπνευστικού συστήματος. Κατά αντίστοιχο τρόπο, το πεπτικό σύστημα διασυνδέεται με το κυκλοφορικό, αφού οι θρεπτικές ουσίες, που έχουν διασπαστεί και αποδομηθεί σε μοριακό επίπεδο, μέσω της διαδικασίας της πέψης, μια σειράς χημικών διαδικασιών, θα περάσουν στο αίμα μέσω των τριχοειδών αγγείων, που υπάρχουν στα εσωτερικά τοιχώματα του λεπτού εντέρου και συγκεκριμένα στις λάχνες, και, από εκεί, θα μεταφερθούν σε όλα τα μέρη του σώματος και σε κάθε κύτταρο.

Στο ερώτημα κατά πόσον οι πνεύμονες αποτελούν μέρος του κυκλοφορικού συστήματος, 5 μαθητές της ΟΕ (9,61%) και 11 μαθητές της ΠΟ (17,64%) απάντησαν θετικά, με ελάχιστες όμως εξηγήσεις. Συγκεκριμένα, μαθητής της ΟΕ ανέφερε ότι *«Οι πνεύμονες είναι μέρος του κυκλοφορικού συστήματος, διότι από αυτούς ξεκινά η μικρή κυκλοφορία. Το αίμα φεύγει από τη καρδιά, για να είναι πλούσιο σε οξυγόνο»* (ΟΕΜ42). Μαθητές από την ΠΟ προσπάθησαν να εξηγήσουν γιατί τους θεωρούν μέρος του κυκλοφορικού συστήματος, ως εξής: *«Οι πνεύμονες είναι μέρος του κυκλοφορικού συστήματος, γιατί όταν επιστρέφει το CO<sub>2</sub> μέσα από τις φλέβες, για να πάει στο δεξιό κόλπο και τη δεξιά κοιλία, τότε η δεξιά κοιλία δίνει το CO<sub>2</sub> στους πνεύμονες»* (ΠΟΜ87, ΠΟΜ81). Η απάντηση δείχνει μερική κατανόηση της μικρής κυκλοφορίας, αφού δεν εξηγούν, γιατί θα πάει στους πνεύμονες το αίμα. Η απάντηση του μαθητή ΠΟΜ5, ήταν όμως πιο ολοκληρωμένη, όσον αφορά το ρόλο των πνευμόνων: *«Οι πνεύμονες είναι μέρος του κυκλοφορικού συστήματος, διότι μετά που πηγαίνει το αίμα σε όλο το σώμα, κουβαλά το CO<sub>2</sub>, και, για να φύγει αυτό [από το σώμα], πρέπει οι πνεύμονες να βοηθήσουν στην εκπνοή του»* (ΠΟΜ5). Η απάντηση αναφερόταν στην αποβολή του διοξειδίου του άνθρακα από το σώμα μέσω της εκπνοής, άρα ο μαθητής είχε προβεί σε συσχέτιση με το αναπνευστικό σύστημα ή χρησιμοποίησε μια δηλωτική γνώση.

Οι πνεύμονες θεωρούνται απαραίτητοι για τη ζωή μας, αφού, χωρίς αυτούς *«δε θα αναπνέουμε και θα πεθάνουμε»*, σύμφωνα με 44 μαθητές της ΟΕ (84,61%) και 46 μαθητές της ΠΟ (90,19%). Η τελεολογικής μορφής απάντηση (Tamir & Zohar, 1991) ή ζωτικού τύπου, όπως τις ονόμασαν οι Arnaudin και Mintzes (1985), χρησιμοποιήθηκαν στις απαντήσεις που

έδωσαν μαθητές τόσο της ΟΕ, όσο και της ΠΟ, στην προσπάθειά τους να υποστηρίξουν την αναγκαιότητα της αναπνοής: «με την αναπνοή [εισπνοή] παίρνουμε το οξυγόνο που χρειάζονται τα όργανά μας» (OEM30, ΠΟΜ5) και «με την αναπνοή [εκπνοή] βγάζουμε το διοξείδιο του άνθρακα» (OEM28, ΠΟΜ92) ή «θα σταματήσει να δουλεύει η καρδιά μας, χωρίς την αναπνοή» (OEM35, ΠΟΜ95). Δε φαίνεται, όμως, με αυτές τις απαντήσεις, να συσχετίζεται η κυκλοφορία του αίματος με τη λειτουργία της αναπνοής. Προσπάθειες για πιο ολοκληρωμένες απαντήσεις, εντοπίστηκαν μόνο στους μαθητές της ΠΟ, οι οποίοι, για να δικαιολογήσουν την αναγκαιότητα της αναπνοής, έδωσαν εκτενέστερες απαντήσεις και έκαναν ταυτόχρονα διασύνδεση του κυκλοφορικού συστήματος με την αναπνοή: «Αναπνέουμε, γιατί, με την εισπνοή, το οξυγόνο μαζεύεται στους πνεύμονες και, από εκεί, πάει στο αίμα. Το αίμα θα το μεταφέρει σε όλο το σώμα μας» (ΠΟΜ93). «Όταν εισπνέουμε, το οξυγόνο πηγαίνει στο αίμα. Όταν εκπνέουμε, διώχνουμε το διοξείδιο του άνθρακα από μέσα μας, το οποίο μαζεύτηκε στους πνεύμονες από το αίμα, που το πήρε από τα όργανα του σώματός μας» (ΠΟΜ80). Φαίνεται πως, έστω και σε μικρό βαθμό, μαθητές της ΠΟ πέτυχαν να συνδέσουν την αναπνοή με την κυκλοφορία του αίματος, αφού αντιλήφθηκαν ότι το οξυγόνο, που εισέρχεται στους πνεύμονες με την εισπνοή, είναι εκείνο που θα μεταφερθεί στο αίμα, για να διακλαδωθεί σε όλο το σώμα, ενώ με την εκπνοή αποβάλλεται το διοξείδιο του άνθρακα που το αίμα έφερε στους πνεύμονες.

Τα αποτελέσματα αποτελούν ένδειξη ότι οι μαθητές γενικά δυσκολεύονται να αποσαφηνίσουν το ρόλο που διαδραματίζουν οι πνεύμονες στην κυκλοφορία του αίματος, γεγονός που επιβεβαιώνεται από τις απαντήσεις που έδωσαν στο δοκίμιο, αλλά και από προηγούμενες έρευνες (Lopez-Manjon & Angon, 2009 · Mintzes, κ.ά., 1991).

Μέσα από την ποιοτική ανάλυση, εντοπίστηκε επίσης αριθμός εναλλακτικών ιδεών σε σχέση με το ρόλο και τη λειτουργία των πνευμόνων. Συγκεκριμένα, με βάση τις απαντήσεις που έδωσαν μαθητές της ΟΕ, φάνηκε να πιστεύουν πως ο αέρας σε κάθε πνεύμονα έχει διαφορετική σύσταση. Ο μαθητής OEM38 αναφέρει χαρακτηριστικά: «Δίπλα από την καρδιά υπάρχουν δύο πνεύμονες. Στο δεξιό πνεύμονα, υπάρχει διοξείδιο του άνθρακα, ενώ στον αριστερό πνεύμονα, υπάρχει οξυγόνο. Ο ένας πνεύμονας έχει καθαρό αίμα, ενώ ο άλλος έχει ακάθαρτο και ύστερα συναντούνται μεταξύ τους και το ακάθαρτο γίνεται καθαρό αίμα». Αντίστοιχες θέσεις διατυπώθηκαν από το μαθητή OEM65: «Από την καρδιά που φεύγει το

*αίμα μας, μετά πηγαίνει στους πνεύμονες, για να το καθαρίσουν ή να το λερώσουν ανάλογα με το αίμα που πάει στον κάθε πνεύμονα,»* αλλά και από το μαθητή OEM33: *«Το αίμα μπαίνει στον ένα πνεύμονα μολυσμένο και βγαίνει από τον άλλο καθαρό.»* Οι εναλλακτικές αυτές ιδέες παραπέμπουν στη διαφορετική σύσταση που έχει το αίμα, σε κάθε ένα από τα τμήματα της καρδιάς: το αριστερό τμήμα περιέχει οξυγονωμένο αίμα και το δεξί τμήμα αίμα με διοξείδιο του άνθρακα. Πιθανότατα, αυτές οι εναλλακτικές ιδέες να προκύπτουν ως ένα «μικτό» μαθησιακό προϊόν, αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης εκπαιδευτικού και μαθητή, όπως περιγράφηκε από τους Gilbert, Osborne και Fensham (1982), κατά το οποίο, τόσο οι ιδέες των παιδιών, όσο και οι ιδέες που παρουσιάστηκαν από τον εκπαιδευτικό στα πλαίσια ενός οργανωμένου μαθήματος, συνυπάρχουν και δημιουργούνται τέτοιου τύπου ιδέες, τα συνθετικά μοντέλα, τα οποία όμως δε συνάδουν με το επιστημονικό πρότυπο.

Η διασύνδεση του πεπτικού συστήματος με το κυκλοφορικό σύστημα φάνηκε, μετά την ποιοτική ανάλυση των δεδομένων, να επιτυγχάνεται σε ελαφρώς μεγαλύτερο βαθμό από τους μαθητές της ΠΟ. Στο ερώτημα *«Πώς βρίσκει το αίμα τις θρεπτικές ουσίες,»* τόσο μαθητές της ΟΕ, όσο και μαθητές της ΠΟ, απάντησαν πολύ συνοπτικά ότι τις παίρνει από τα φαγητά που τρώμε, από το έντερο ή από το στομάχι. Όμως, 12 μαθητές από την ΠΟ (23,52%) εξήγησαν πιο λεπτομερώς τι συμβαίνει, αφού αναφέρθηκαν συγκεκριμένα στο λεπτό έντερο και τις λάχνες: *«Όταν τρώμε, στο λεπτό έντερο οι λάχνες παίρνουν τις θρεπτικές ουσίες από την τροφή και τις μεταφέρουν στο αίμα» (ΠΟΜ93)* και *«Στο λεπτό έντερο βρίσκονται οι λάχνες, οι οποίες έχουν τριχοειδή αγγεία, στα οποία περνούν μέσα οι θρεπτικές ουσίες και στη συνέχεια πηγαίνουν στο αίμα, το οποίο θα τις μεταφέρει σε όλο το σώμα» (ΠΟΜ80).*

Ο ρόλος της διατροφής στη διατήρηση της υγείας της καρδιάς και του οργανισμού, γενικότερα, θεωρήθηκε σημαντικός για 40 μαθητές της ΟΕ (76,92%) και 31 της ΠΟ (60,78%). Η άποψή τους αυτή στηρίχθηκε στο επιχείρημα ότι, αφού οι θρεπτικές ουσίες μεταφέρονται παντού, τότε οι βλαβερές ουσίες (π.χ., λίπος) από τα «γρήγορα φαγητά» θα μεταφέρονται και στην καρδιά, απάντηση που δόθηκε από 13 μαθητές της ΟΕ (25%) και 18 της ΠΟ (35,29%). Ως εκ τούτου, 9 μαθητές της ΠΟ (17,64%) και 7 μαθητές της ΟΕ (13,46%) δήλωσαν ότι οι βλαβερές ουσίες θα προκαλέσουν βλάβες στο κυκλοφορικό σύστημα. Ενδεικτικές ήταν οι απαντήσεις μερικών μαθητών της ΠΟ: *«Όταν βάλουμε στον οργανισμό μας κάτι, [ο οργανισμός] το απορροφά και το στέλνει σε όλο το σώμα, με αποτέλεσμα να*

*φράσσονται οι φλέβες και οι αρτηρίες μας» (ΠΟΜ93) και «όταν τρεφόμαστε συνέχεια με φαγητά που περιέχουν λίπος, αυτό το λίπος με τα χρόνια θα στοιβαχτεί στις πολύ λεπτές αρτηρίες που βρίσκονται γύρω από την καρδιά και, όταν αυτές κλείσουν, μπορεί να πάθουμε καρδιακό επεισόδιο»(ΠΟΜ88).*

Προκύπτει ότι οι μαθητές θεωρούσαν ότι η διατροφή σχετίζεται με την υγεία και ειδικά με την υγεία της καρδιάς και του κυκλοφορικού συστήματος, σε πολύ γενικό επίπεδο και μόνο οι μαθητές της ΠΟ προέβηκαν σε διαπιστώσεις που συσχέτιζαν τη διατροφή με καρδιακά προβλήματα, τη στένωση των αγγείων (αθηροσκλήρωση) λόγω εναπόθεσης στα τοιχώματα τους λιπαρών ουσιών, διαφορά που πιθανότατα να οφείλεται στην εναλλακτική διδασκαλία που παρακολούθησαν. Τα σχολεία, ειδικά της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, θα μπορούσαν να αποτελέσουν την απαρχή μιας στοχευμένης και σφαιρικής δράσης, ώστε να θεμελιωθεί γερά τόσο ο επιστημονικός γραμματισμός, όσο και ο γραμματισμός για την υγεία (Toerperwein κ.ά., 2008). Οι επιστημονικές γνώσεις που περιλαμβάνονται σε ένα μάθημα Φυσικών Επιστημών θα πρέπει στη συνέχεια να γίνονται πράξη και βίωμα των μαθητών, ώστε να είναι σε θέση να κρίνουν και να λαμβάνουν τις αποφάσεις που θα επηρεάσουν θετικά την υγεία και τη μετέπειτα ζωή τους, όπως υποστηρίζουν οι Jere και Nevzer (1997).

### **Υγεία της Καρδιάς και Άσκηση**

Δύο από τα επιμέρους ερωτήματα στόχευαν στη διακρίβωση του βαθμού στον οποίο οι μαθητές αντιλαμβάνονταν τη σχέση μεταξύ της φυσικής δραστηριότητας, ή άσκησης, με τον καρδιακό παλμό και την υγεία της καρδιάς γενικότερα. Κατά την άσκηση η καρδιά εργάζεται πιο δυνατά και πιο γρήγορα, για να στείλει το απαραίτητο αίμα στους μύες. Οι μύες παίρνουν από το αίμα το οξυγόνο και τις θρεπτικές, ενεργειακές ουσίες, για να μπορέσουν να κάνουν τις απαιτούμενες καύσεις για την κίνηση που επιτελούν. Από τις καύσεις αυτές, παράγεται νερό, το οποίο αποβάλλεται από το σώμα μας με τον ιδρώτα. Όταν ασκούμε, η καρδιά γίνεται πιο δυνατή και μπορεί να στείλει περισσότερο αίμα σε κάθε χτύπο. Επίσης, όταν ξεκουραζόμαστε, επειδή γίνεται δυνατότερη, δουλεύει με λιγότερους παλμούς, με αποτέλεσμα να μην κουράζεται τόσο (Διγγελίδης, Θεοδωράκης, Ζέτου, & Δήμας, 2006).

Στο ερώτημα, γιατί η αθλήτρια μετά από έντονη προπόνηση νιώθει ότι η καρδιά της θα «πεταχτεί έξω,» 27 μαθητές της ΟΕ (51,92%) και 29 της ΠΟ (56,82%) απάντησαν ότι λόγω της άσκησης η

καρδία χτυπά πιο γρήγορα, ενώ 16 μαθητές της ΟΕ (30,76%) και 7 της ΠΟ (13,72%) ότι χτυπά πιο δυνατά. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό, για 14 μαθητές της ΟΕ (26,92%) και 16 της ΠΟ (31,37%), ήταν για να μεταφέρει στο σώμα πιο πολύ αίμα, ενώ 3 μαθητές της ΠΟ (5,88%) πρόσθεσαν ότι μεταφέρει θρεπτικές ουσίες στους μύες και άλλοι 6 μαθητές της ΠΟ (11,76%) ότι μεταφέρει οξυγόνο στους μύες. Χαρακτηριστικές απαντήσεις των μαθητών της ΟΕ και της ΠΟ ήταν: «*Η καρδιά αναγκάζεται να δουλεύει πιο γρήγορα, για να στέλνει πιο πολύ αίμα στους μύες και έτσι θα δουλεύουν πιο γρήγορα*» (OEM36, OEM31, POM11, POM83), ενώ από την ΠΟ, οι μαθητές ήταν πιο συγκεκριμένοι και αναλυτικοί: «*Εξαντλήθηκε από το τρέξιμο και λαχανιάζει και το σώμα χρειάζεται πιο πολλές θρεπτικές ουσίες, έτσι η καρδιά πρέπει να χτυπά γρηγορότερα και κουράζεται παραπάνω*» (POM91). Μια πιο σαφής απάντηση ήταν: «*Όταν τρέχουμε, η καρδιά μας αναγκάζεται να χτυπά πιο γρήγορα, για να μας μεταφέρει οξυγόνο και θρεπτικές ουσίες*» (POM103, POM105). Δεν εντοπίστηκαν άλλες επεξηγήσεις στις απαντήσεις των μαθητών, που να αναφέρονται στην αναγκαιότητα των θρεπτικών ουσιών ή την καύση.

Το δεύτερο ερώτημα αφορούσε τυχόν διαφορές που θα είχε η καρδιά δύο αντρών ίδιας σωματικής διάπλασης και ηλικίας, με διαφορετικής φύσεως επάγγελμα: ο ένας υπάλληλος σε γραφείο, άρα καθιστική εργασία, και ο άλλος είναι οικοδόμος, άρα χειρονακτική εργασία. Αναμενόταν από τους μαθητές να συσχετίσουν την έντονη σωματική δραστηριότητα του οικοδόμου με πιο ανθεκτική και γυμνασμένη καρδιά και άρα χαμηλότερο καρδιακό παλμό σε κατάσταση ανάπαυσης. Επτά (7) μαθητές της ΟΕ (13,46%) και 7 της ΠΟ (13,72%) θεώρησαν ότι η καρδιά του οικοδόμου ήταν πιο υγιής, ενώ ο ίδιος αριθμός μαθητών από κάθε ομάδα, υποστήριξαν ότι η καρδιά του υπαλλήλου κτυπούσε πιο αργά. Η καρδιά του οικοδόμου κτυπά πιο γρήγορα, για να στείλει αίμα στο σώμα του, που κουράζεται περισσότερο, ήταν η απάντηση 7 μαθητών της ΠΟ (13,72%) και 3 της ΟΕ (5,76%). Όλες οι απαντήσεις θεωρήθηκαν ορθές, δεν παρείχαν όμως τις απαιτούμενες εξηγήσεις, για να διακριβωθεί ο βαθμός κατανόησης των μαθητών. Μια πιο εκτενής απάντηση ήταν: «*Η καρδιά του Ηλία [του οικοδόμου] θα είναι πιο δυνατή, γιατί είναι συνεχώς σε εγρήγορση, ενώ ο Μιχάλης [ο υπάλληλος] κάθετα σε μια καρέκλα. Η καρδιά του πρώτου άντρα είναι πιο γερή, γιατί αναγκάζεται να χτυπά πιο γρήγορα και δυνατά*» (POM93). Ο μαθητής POM22 απάντησε ότι: «*Πιο υγιής θα είναι η καρδιά του Ηλία που εργάζεται και κουράζεται περισσότερο*» (POM22). Υπήρξαν και οι αντίθετες απόψεις, όπως: «*Η καρδιά του Μιχάλη που κουράζεται λιγότερο,*



*αφού κάνει γραφειακή δουλειά, είναι πιο γερή. Ο Ηλίας που είναι χτίστης και όλη τη μέρα ασκεί σωματική δύναμη, κουράζεται πιο πολύ η καρδιά του και μπορεί να έχει προβλήματα» (OEM65).*

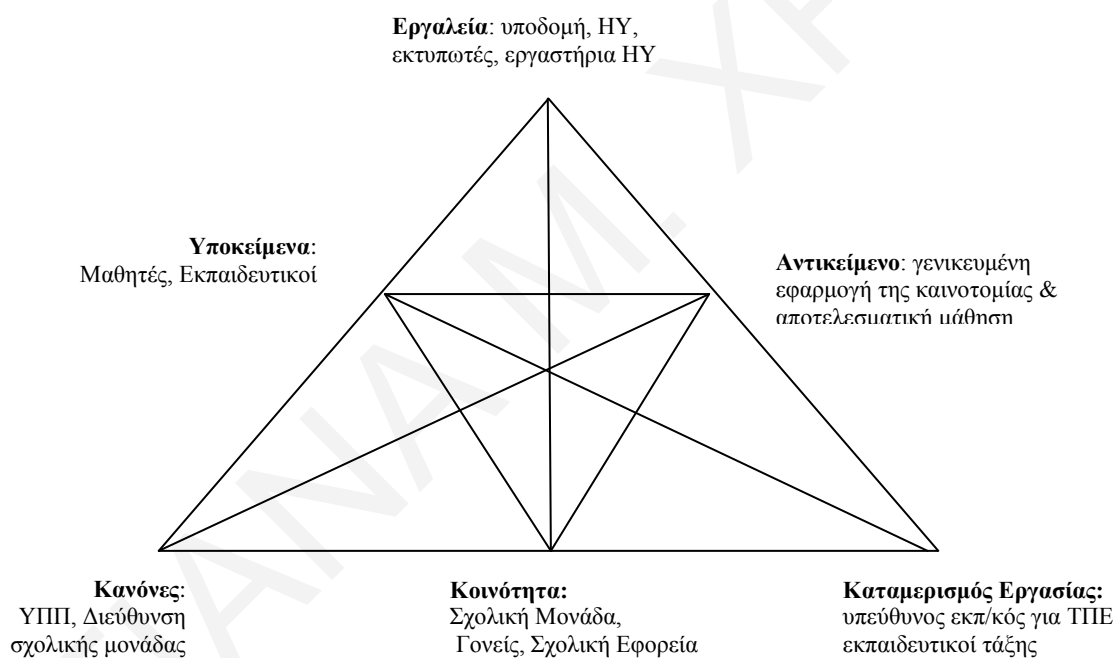
Παρατηρείται ότι οι μαθητές της ΠΟ ήταν σε θέση να δώσουν σχετικά καλύτερες και πιο ολοκληρωμένες απαντήσεις για τα ερωτήματα. Όμως, γενικότερα, οι μαθητές φάνηκε να δυσκολεύονται να αντιληφθούν ότι η καρδιά είναι ένας μυς, ο οποίος όσο περισσότερο ασκείται – με τη φυσική δραστηριότητα – τόσο πιο ανθεκτικός και υγιής είναι και ότι η φυσική δραστηριότητα συμβάλλει στην καλή κατάσταση του κυκλοφορικού συστήματος. Η αποτυχία αυτής της διασύνδεσης αποτελεί αδυναμία των διδακτικών παρεμβάσεων, και οδηγεί τελικά σε ένα λάθος τρόπο ζωής, όπως προέκυψε και από ερευνητικά δεδομένα των Κουρίδη, κ.ά. (2000) και Σάββα, κ.ά. (1999).

### **Αντιφάσεις στο υπό Εξέταση Σύστημα, Υπό το Πρίσμα της Θεωρίας της Δραστηριότητας.**

Μια ερευνητική δράση, ή μια δράση γενικότερα, συμβαίνει σε ένα σύστημα δραστηριότητας το οποίο συνίσταται από τις βασικές δομικές του μονάδες, όπως περιγράφονται από τον Engeström (1987), το Υποκείμενο, το Αντικείμενο ή το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα και τα απαραίτητα Εργαλεία. Καθορίζεται επίσης από την Κοινότητα, διέπεται από κάποιους Κανόνες και στηρίζεται στον Καταμερισμό της Εργασίας, που επισυμβαίνει μεταξύ των συμμετεχόντων.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η ερευνητική δραστηριότητα, όπως περιγράφηκε, έλαβε χώρα σε ένα ανάλογο σύστημα. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 15, το κεντρικό σύστημα δραστηριότητας μέσα στο οποίο έγιναν οι προσπάθειες για εισαγωγή μιας καινοτομίας, έχει ως Υποκείμενα τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς των εμπλεκόμενων σχολικών μονάδων, στηρίζεται στην Κοινότητα, την οποία αποτελούν οι γονείς των μαθητών και το σύνολο των εργαζομένων στη σχολική μονάδα και διέπεται από τους Κανόνες που προκαθορίζει το Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού, ως ο ανώτερος αρμόδιος φορέας για τη λειτουργία των δημόσιων σχολείων, αλλά και τους Κανόνες που ορίζει η ίδια η σχολική μονάδα στην αρχή κάθε σχολικής χρονιάς, με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και τις ανάγκες της.

Αντικείμενο – στόχος της δραστηριότητας ορίζεται ως η αποτελεσματικότερη κατανόηση από μέρους των μαθητών Στ' τάξης των βασικών εννοιών της δομής και λειτουργίας του κυκλοφορικού συστήματος, με τη χρήση προσομοιώσεων, και η γενικευμένη εφαρμογή της καινοτομίας σε όλες τις σχολικές μονάδες. Απαραίτητα Εργαλεία για την επιτυχή έκβαση του στόχου θεωρούνται οι αναγκαίες υποδομές σε μια σχολική μονάδα, που συμπεριλαμβάνουν Ηλεκτρονικούς Υπολογιστές (ΗΥ), τα εργαστήρια Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, τους εκτυπωτές και τους βιντεοπροβολείς, ενώ ο Καταμερισμός Εργασίας αφορά τα αρμόδια άτομα που κατέχουν κάποιο συγκεκριμένο ρόλο, όπως ο υπεύθυνος εκπαιδευτικός της σχολικής μονάδας για τις ΤΠΕ, αλλά και οι υπεύθυνοι εκπαιδευτικοί των τάξεων καθορίζουν την έκβαση της δράσης μέσα στο όλο σύστημα.



Σχήμα 15. Το υπό Εξέταση Σύστημα Δραστηριότητας

### Φάση I: Εισαγωγή της Καινοτομίας- Εναλλακτική Διδακτική Παρέμβαση

Κατά την πρώτη φάση, δεν εντοπίστηκαν ιδιαίτερες εντάσεις ή δυσκολίες, αφού οι διευθύνσεις των σχολείων είχαν ενημερωθεί για τους σκοπούς της ερευνητικής διαδικασίας, είχαν λάβει τη σχετική επιστολή έγκρισης για τη διεξαγωγή της από το αρμόδιο τμήμα του Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού, ενώ οι εκπαιδευτικοί των εμπλεκόμενων τάξεων ήταν,

εκ των προτέρων, ενήμεροι και είχαν ήδη συγκατατεθεί για τη διεξαγωγή της σειράς μαθημάτων, που προνοούσε η εναλλακτική διδακτική παρέμβαση. Ταυτόχρονα, δόθηκαν στους μαθητές, που θα αποτελούσαν το δείγμα, έντυπα συγκατάθεσης για συμμετοχή τους στην έρευνα, τα οποία θα έπρεπε να υπογραφούν από τους γονείς/κηδεμόνες τους και να επιστραφούν σε χρονικό διάστημα μιας εβδομάδας. Τα μαθήματα προγραμματίστηκαν στις τρεις σχολικές μονάδες και στα αντίστοιχα τμήματα της Στ' τάξης, και ξεκίνησε η εφαρμογή τους άμεσα, αφού όλα τα απαραίτητα υλικά και μέσα ήταν διαθέσιμα: ηλεκτρονικός υπολογιστής στην αίθουσα διδασκαλίας και βιντεοπροβολέας, καθώς και διαθέσιμο εργαστήριο ΗΥ.

## **Φάση II: Συλλογή Ερευνητικών Δεδομένων**

Αφού ολοκληρώθηκε η διδασκαλία της ενότητας σε όλα τα τμήματα Στ' τάξης, τόσο της ΠΟ, όσο και της ΟΕ, ακολούθησε το στάδιο της συλλογής των απαραίτητων ερευνητικών δεδομένων. Οι μαθητές έπρεπε αρχικά να συμπληρώσουν τις ΣΠΜΡ. Σε αυτό ακριβώς το χρονικό σημείο, εντοπίστηκε μια πρώτη αντίφαση στο όλο σύστημα, μεταξύ *Κοινότητας* και *Αντικειμένου*, αφού το έντυπο συγκατάθεσης από τους γονείς και κηδεμόνες για συμμετοχή των μαθητών στην έρευνα, δεν ήταν από όλους θετικά υπογραμμένο. Ως εκ τούτου, εξαιρέθηκε αυτόματα από την ερευνητική διαδικασία που θα ακολουθούσε, ένα σύνολο 17 μαθητών, ενώ προκλήθηκαν εντάσεις στο σύστημα δραστηριότητας των σχολικών μονάδων, αφού οι εξαιρεθέντες μαθητές έπρεπε να απασχοληθούν με άλλο τρόπο από τους εκπαιδευτικούς, κατά τη διάρκεια συλλογής των ερευνητικών δεδομένων.

Για να γίνει η συμπλήρωση των δοκιμίων, έπρεπε να εγκατασταθεί στους ΗΥ του εργαστηρίου της σχολικής μονάδας το σχετικό λογισμικό των ΣΠΜΡ και να γίνει έλεγχος της ομαλής λειτουργίας του. Μόνο σε μια σχολική μονάδα, τη σχολική μονάδα Α, αυτό έγινε με μεγάλη ευκολία και χωρίς χρονοτριβή, αφού ο υπεύθυνος εκπαιδευτικός για τους ΗΥ προθυμοποιήθηκε και ανέλαβε να εγκαταστήσει ο ίδιος το λογισμικό εκ των προτέρων. Έτσι, οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να συμπληρώσουν απρόσκοπτα και χωρίς διακοπές το δοκίμιο, σύμφωνα με τον προγραμματισμό που προηγήθηκε, αφού σε συνεργασία με τους εκπαιδευτικούς της τάξης, οι μαθητές είχαν πρόσβαση σε ατομικό ΗΥ και στο τέλος πέτυχαν

να εκτυπώσουν το αποτέλεσμα τους στο συνδεδεμένο εκτυπωτή του εργαστηρίου και σε χρονικό διάστημα μόνο 40 λεπτών.

Στις άλλες δυο σχολικές μονάδες, όμως, προέκυψαν σοβαρές αντιφάσεις. Μια πρώτη αντίφαση εντοπίστηκε μεταξύ *Κανόνων* και *Εργαλείων*. Ενώ τα εργαστήρια ΗΥ των σχολικών μονάδων φαινομενικά ήταν εξοπλισμένα με αρκετούς ΗΥ και εκτυπωτές, που θεωρητικά ήταν σωστά εγκατεστημένοι σε δίκτυο, σύμφωνα με τις οδηγίες του ανώτερου φορέα, του Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού, εντούτοις, όταν έγινε η προσπάθεια εγκατάστασης του λογισμικού, διαπιστώθηκε ότι σχεδόν οι μισοί ΗΥ στο σχολείο Β και περισσότεροι από τους μισούς ΗΥ στο σχολείο Γ ήταν σε μη λειτουργήσιμη κατάσταση. Ο υπεύθυνος εκπαιδευτικός στο σχολείο Β κατέβαλε σημαντικές προσπάθειες να βοηθήσει. Όμως, λόγω έλλειψης χρόνου, αναγκάστηκε να εγκαταλείψει την προσπάθεια, γεγονός που αποτελεί αντίφαση μεταξύ *Καταμερισμού Εργασίας* και *Κανόνων*. Στο σχολείο Γ, έγινε μια απλή, γενική διαπίστωση, ότι το εργαστήριο δεν ήταν σε πλήρη ετοιμότητα, χωρίς καμία άλλη προσπάθεια επίλυσης των προβλημάτων από τα αρμόδια άτομα, αναδεικνύοντας την αντίφαση μεταξύ *Κανόνων* και *Καταμερισμού Εργασίας* με τα *Υποκείμενα* και το *Αντικείμενο-Στόχο*.

Η διαδικασία εγκατάστασης του λογισμικού στους ΗΥ που λειτουργούσαν, κατέστη υπερβολικά χρονοβόρα, λόγω του ότι οι ΗΥ χρειάζονταν την τυπική, συνηθισμένη αναβάθμιση, για να αποδεχτούν τη νέα εγκατάσταση, ενώ, όπως αποδείχτηκε στην πορεία, έπρεπε να παραμείνουν σε αχρησία και άλλοι ΗΥ, λόγω του ότι το δίκτυο είχε κάποιο πρόβλημα και δεν ήταν εφικτή η σύνδεση των ΗΥ με τον εκτυπωτή, ή ο ίδιος ο εκτυπωτής ήταν σε μη λειτουργήσιμη κατάσταση, οπότε δε θα μπορούσε να εκτυπωθεί αυτόματα το αποτέλεσμα των ΣΠΜΡ.

Η ερευνητική διαδικασία χρειάστηκε συνεπώς να υποστεί μικρές, αλλά σημαντικές τροποποιήσεις, τόσο για το έργο της σχολικής μονάδας, όσο και για το διαθέσιμο χρόνο, ώστε να υπάρξει αποτέλεσμα. Χρειάστηκε να μεταφερθούν στις σχολικές μονάδες φορητοί υπολογιστές με εγκατεστημένο το λογισμικό, να ενωθούν με τον εκτυπωτή της αίθουσας και, ακολούθως, μικρές ομάδες μαθητών, αριθμός ίσος με τους διαθέσιμους ΗΥ, να επισκέπτονται το εργαστήριο και να ολοκληρώνουν το δοκίμιο. Δημιουργήθηκαν εντάσεις στις σχολικές μονάδες μεταξύ των επηρεαζόμενων εκπαιδευτικών και του υπευθύνου εκπαιδευτικού για

τους ΗΥ, ενώ, παράλληλα, ο προγραμματισμός που έγινε δεν τηρήθηκε και χρειάστηκε περισσότερος χρόνος για την ολοκλήρωση του δοκιμίου. Ως εκ τούτου, διαταράχθηκε το ωρολόγιο πρόγραμμα των τάξεων, αφού δεν ήταν δυνατό να ολοκληρωθεί η αξιολόγηση με το σύνολο των μαθητών, αλλά με μικρές ομάδες. Καταβλήθηκαν ωστόσο όλες οι δυνατές προσπάθειες, ώστε οι εντάσεις που περιγράφηκαν να μη φτάσουν στους μαθητές, για να μην επηρεαστεί το αποτέλεσμα της ερευνητικής διαδικασίας.

Όσον αφορά τη διαδικασία χορήγησης του Δοκιμίου Αξιολόγησης της Ενότητας στους συμμετέχοντες μαθητές, αυτή πραγματοποιήθηκε σε δύο διαφορετικές μέρες για κάθε τάξη. Λόγω των δυσκολιών που προηγήθηκαν και των εντάσεων που προέκυψαν από τις διαδικασίες χορήγησης του δοκιμίου ΣΠΜΡ, οι υπεύθυνοι εκπαιδευτικοί των τάξεων των σχολείων Β και Γ εξέφρασαν τη δυσαρέσκειά τους για «τον επιπλέον διδακτικό χρόνο που χάνουν» και για την αναστάτωση που δημιουργήθηκε στους μαθητές τους.

Η διαδικασία χορήγησης δε συνάντησε κάποιο σοβαρό εμπόδιο ή δυσκολία. Διαπιστώθηκε όμως στην πορεία ότι οι ίδιοι οι μαθητές, οι περισσότεροι από την ΟΕ, δεν αντιμετώπισαν το δοκίμιο με την απαιτούμενη σοβαρότητα και ωριμότητα. Δεν αφιέρωσαν χρόνο να διαβάσουν τις οδηγίες, για να απαντήσουν με τον τρόπο που απαιτεί η ηλικία τους και το επίπεδό τους στα ερωτήματα. Ούτε όμως και οι υπεύθυνοι εκπαιδευτικοί δεν είχαν προετοιμάσει τους μαθητές για τη σπουδαιότητα και τη σημαντικότητα του έργου, που τους ζητήθηκε να κάνουν. Δεν είχαν παροτρύνει τους μαθητές να χειριστούν το ερευνητικό δοκίμιο με προσοχή, ούτε και κατά τη διάρκεια της συμπλήρωσής του, γεγονός που καταδεικνύει την έλλειψη μιας ερευνητικής κουλτούρας στη σχολική μονάδα, και την ανάδειξη αντιφάσεων στο σύστημα δραστηριότητας, μεταξύ του *Αντικειμένου- Στόχου*, δηλαδή της αποτελεσματικής μάθησης, και των *Υποκειμένων*, των εκπαιδευτικών και των μαθητών.

Οι μαθητές της ΠΟ, αντίθετα με τα όσα περιγράφηκαν, χειρίστηκαν στην πλειοψηφία τους πιο ώριμα το δοκίμιο και με σοβαρότητα. Είχαν αντιληφθεί από ότι φαίνεται τη σημαντικότητά του, λόγω και των διαφορετικών μαθημάτων που παρακολούθησαν. Ακολούθησαν τις οδηγίες πιο προσεκτικά, χρησιμοποίησαν όλο το διαθέσιμο χρόνο και προσπάθησαν να δώσουν ολοκληρωμένες απαντήσεις.

## Συνοπτική Παρουσίαση Αποτελεσμάτων σε Σχέση με τα Ερευνητικά Ερωτήματα

Με βάση τα συνολικά αποτελέσματα, ποσοτικά και ποιοτικά, προκύπτουν σε συντομία οι ακόλουθες απαντήσεις στα ερωτήματα που είχαν τεθεί για τους σκοπούς της έρευνας:

- i. Δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις επιδόσεις των μαθητών στις ΣΠΜΡ, τόσο μεταξύ των δύο πειραματικών ομάδων, όσο και μεταξύ αγοριών και κοριτσιών, παρόλο που οι ομάδες (ΠΟ και ΟΕ) συγκροτήθηκαν με επιλογή άθικτων τμημάτων της ίδιας τάξης, από διαφορετικά σχολεία.
- ii. Δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις συνολικές επιδόσεις μεταξύ αγοριών και κοριτσιών. Στατιστικά σημαντικές όμως ήταν οι διαφορές στις συνολικές επιδόσεις των μαθητών των δύο ομάδων, ΠΟ και ΟΕ, με το μέγεθος αποτελέσματος να είναι ίσο με 0,73. Μόνο σε δύο από τις επιμέρους μεταβλητές, τη μεταβλητή ΔΚ και τη μεταβλητή ΔΚΣ, προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ομάδων, με την ΠΟ να πετυχαίνει καλύτερα αποτελέσματα και το μέγεθος αποτελέσματος να είναι 0,69 για τη μεταβλητή ΔΚ και 0,86 για τη μεταβλητή ΔΚΣ. Η ποιοτική ανάλυση των δεδομένων, ακολουθώντας, επιβεβαίωσε την υπεροχή της ΠΟ έναντι της ΟΕ, στις πιο πάνω επιμέρους μεταβλητές, αλλά και στις μεταβλητές ΑΣ και ΛΚΣ.
- iii. Οι παράγοντες που μπορούσαν να προβλέψουν το μεγαλύτερο ποσοστό της διασποράς των συνολικών επιδόσεων των μαθητών, ήταν οι σχολικές τους επιδόσεις και η ομάδα (διδασκτική προσέγγιση). Οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των άλλων μεταβλητών (π.χ., ΓΓΙ) μπορούν να δικαιολογήσουν τη μη συμπερίληψή τους στο μοντέλο.
- iv. Προέκυψαν σημαντικές εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, σε σχέση με τις βασικές έννοιες της δομής και λειτουργίας του κυκλοφορικού συστήματος. Η εναλλακτική διδασκαλία συνέβαλε σε μεγάλο βαθμό στην άμβλυνση τους, οπότε η ΟΕ παρουσίασε μεγαλύτερο φάσμα εναλλακτικών ιδεών. Κάποιες από αυτές ήταν π.χ., η απόδοση στην καρδιά σχήματος «βαλεντίνου,» η απεικόνιση της καρδιάς ως μη ενιαίου οργάνου, η μονόδρομη πορεία του αίματος, η πεποίθηση ότι ο κάθε πνεύμονας έχει αέρα με διαφορετική σύσταση και ότι η καρδιά, όταν ασκείται, κουράζεται και δεν είναι τόσο υγιής.

- ν. Το Εκπαιδευτικό Σύστημα Δραστηριότητας μέσα στο οποίο πραγματοποιήθηκε η έρευνα, φάνηκε αρχικά να αποδέχεται θετικά την εισαγωγή της καινοτομίας, δηλαδή της εναλλακτικής διδακτικής προσέγγισης με την ενσωμάτωση δυνατοτήτων ΤΠΕ. Η συνέχεια όμως δεν ήταν το ίδιο θετική, αφού προέκυψαν σημαντικές αντιφάσεις (π.χ., μεταξύ Κανόνων, Εργαλείων και Καταμερισμού Εργασίας ή μεταξύ Κανόνων, Υποκειμένων και Αντικειμένου), ενώ δημιουργήθηκαν εντάσεις μεταξύ των μερών του συστήματος, ιδιαίτερα κατά τη διαδικασία χρήσης των ΤΠΕ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ V

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

#### Εισαγωγή

Η παρούσα έρευνα αποσκοπούσε να διερευνήσει τη συγκριτική αποτελεσματικότητα μιας εναλλακτικής διδακτικής προσέγγισης σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία, στη θεματική ενότητα των Φυσικών Επιστημών «Κυκλοφορικό Σύστημα,» ως προς το βαθμό κατανόησης του περιεχομένου από μέρους των μαθητών της Στ' τάξης του δημοτικού. Η διερεύνηση αφορούσε βασικές έννοιες της δομής και της λειτουργίας του κυκλοφορικού συστήματος, αλλά και της σπουδαιότητάς του για τη διατήρηση της καλής υγείας του ατόμου. Η εναλλακτική διδακτική προσέγγιση είχε εμπλουτιστεί με προσομοιώσεις, που αποσκοπούσαν στην παροχή ταυτόχρονων οπτικών και λεκτικών ερεθισμάτων στους μαθητές, και παράλληλα προσέφεραν τη δυνατότητα οπτικοποίησης μιας εντελώς αφηρημένης έννοιας, όπως είναι το κυκλοφορικό σύστημα, ώστε αυτό να γίνεται πιο κατανοητό.

Η ενσωμάτωση των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) στην ερευνητική διαδικασία οδήγησε στην ένταξη και ανάλυση της ερευνητικής προσπάθειας, ως σύνολο, υπό το ευρύ φάσμα της θεωρίας της δραστηριότητας (Vygotsky, 1978· Leont'ev, 1978· Engeström, 1987). Εντοπίστηκαν στοιχεία που διευκόλυναν ή παρεμπόδισαν την εισαγωγή της καινοτομίας, και καταγράφηκαν οι εντάσεις και οι αντιφάσεις που προκλήθηκαν στο όλο σύστημα της εκπαιδευτικής δραστηριότητας, λόγω της εφαρμογής της εναλλακτικής διδακτικής πρότασης.

Ενδεικτικά, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας και ταυτόχρονα γίνεται προσπάθεια σύνδεσής τους με τη βιβλιογραφία, ώστε να διαπιστωθούν τυχόν συγκλίσεις ή αποκλίσεις με όσα υποστηρίζονται από σχετικές θεωρίες, ή με τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών, εντοπίζονται οι περιορισμοί της έρευνας, τονίζεται η θεωρητική και παιδαγωγική αξία της, και προτείνονται ερευνητικές προεκτάσεις της.



## Συμπεράσματα από την Ποσοτική Ανάλυση

Η εναλλακτική διδακτική προσέγγιση, που σχεδιάστηκε για τους σκοπούς της έρευνας, ήταν εμπλουτισμένη με προσομοιώσεις, οι οποίες αφορούσαν το ανθρώπινο κυκλοφορικό σύστημα. Σκοπός τους ήταν να προσελκύσουν την προσοχή και να διατηρήσουν το κίνητρο των μαθητών, με μια διαφορετική μορφή παρουσίασης πληροφοριών και ανάλυσής τους, αποφεύγοντας τις στατικές εικόνες ή τα στατικά διαγράμματα που περιέχονται στα διδακτικά εγχειρίδια. Δεδομένου ότι το κυκλοφορικό σύστημα είναι μια λειτουργία που δεν μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτή, αφού βρίσκεται στο εσωτερικό του ανθρώπινου οργανισμού, οι προσομοιώσεις αποτελούν ένα μέσο για την οπτικοποίηση τέτοιων φαινομένων ή λειτουργιών, ώστε να γίνονται πιο κατανοητές στο μαθητή (Buckley, 2000).

Οι δύο πειραματικές ομάδες, ελέγχου (ΟΕ) και πειραματική (ΠΟ), ήταν ισοδύναμες ως προς το βαθμό γνωστικής ικανότητας, όπως αυτός καθορίστηκε από τη χορήγηση των Σταθερών Προοδευτικών Μητρών Raven (ΣΠΜΡ). Δεν εντοπίστηκαν επίσης διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών στο επίπεδο της γενικής γνωστικής ικανότητας των μαθητών, εντός και μεταξύ των ομάδων, παρόλο που οι ομάδες είχαν συγκροτηθεί με επιλογή τυχαίων άθικτων τμημάτων της ίδιας τάξης, από τρία διαφορετικά σχολεία.

Η συγκριτική αποτελεσματικότητα της εναλλακτικής διδακτικής προσέγγισης (ΠΟ) έναντι της παραδοσιακής διδασκαλίας (ΟΕ) αξιολογήθηκε με ένα κοινό δοκίμιο (ΔΑΕ) που απάντησαν, μετά τη διδασκαλία, οι μαθητές και των δύο ομάδων. Η χρήση της μεθόδου σταθερής συγκριτικής ανάλυσης επέτρεψε την προσεκτική ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών και τη δημιουργία ρητρών, με βάση τις οποίες αξιολογήθηκαν τα δοκίμια αξιολόγησης της επίδοσης των μαθητών, μετά τη διδασκαλία του περιεχομένου του κεφαλαίου «κυκλοφορικό σύστημα.» Η κάθε ρήτρα αξιολογούσε μία από τις πέντε επιμέρους επιδόσεις των μαθητών για το βαθμό κατανόησής τους για Δομή του Κυκλοφορικού Συστήματος (ΔΚΣ), τη Λειτουργία του Κυκλοφορικού Συστήματος (ΛΚΣ), τη Δομή της Καρδίας (ΔΚ), το Ρόλο και τη Σύσταση του Αίματος (ΑΡΣ), αλλά και την Αναλογική τους Σκέψη (ΑΣ).

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης 2 (μέθοδος) X 2 (φύλο) έδειξαν ότι η εναλλακτική διδακτική μέθοδος είχε θετικότερες επιδράσεις στους μαθητές της ΠΟ, αφού

πέτυχαν καλύτερα συνολικά αποτελέσματα στο κοινό Δοκίμιο Αξιολόγησης της Ενότητας (ΔΑΕ), από ότι οι μαθητές της ΟΕ που διδάχτηκαν με την παραδοσιακή μέθοδο. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι σχολικές επιδόσεις των μαθητών της ΟΕ ήταν στατιστικά υψηλότερες από τις επιδόσεις των μαθητών της ΠΟ, γεγονός που αποδόθηκε στην υποκειμενικότητα της αξιολόγησης από μέρους των εκπαιδευτικών. Το «μέγεθος του αποτελέσματος» (effect size) υπολογίστηκε να είναι 0,73 (τυπικές αποκλίσεις της επίδοσης της ΟΕ) υποδεικνύοντας ότι η μέση επίδοση ενός μαθητή της ΠΟ ήταν υψηλότερη από το 77% περίπου των μαθητών της ΟΕ.

Η πρόσθετη ανάλυση πολλαπλών διακυμάνσεων 2 (μέθοδος) X 2 (φύλο) με εξαρτημένες μεταβλητές τις πέντε επιμέρους επιδόσεις των μαθητών έδειξε ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μαθητών των δύο διδακτικών προσεγγίσεων μόνο σε δύο επιμέρους μεταβλητές, την κατανόηση της Δομής του Κυκλοφορικού Συστήματος (ΔΚΣ) και της Δομής της Καρδίας (ΔΚ). Στα αποτελέσματα, όμως, ήταν εμφανείς οι τάσεις για την ύπαρξη διαφορών μεταξύ των δύο ομάδων και στις πέντε επιμέρους μεταβλητές, με την ΠΟ να εμφανίζει υψηλότερες επιδόσεις σε όλες τις επιμέρους μεταβλητές, που δεν ήταν όμως στατιστικά σημαντικές σε όλες τις περιπτώσεις.

Οι Large, Beheshti, Breuleux και Renaud (1996), σε έρευνά τους για τη διδασκαλία του κυκλοφορικού συστήματος, με μεγαλύτερους ηλικιακά μαθητές, στην οποία προσομοιώσεις της καρδιάς έδειχναν τη διαδρομή του αίματος, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι μαθητές, που διδάχτηκαν με προσομοιώσεις, ή κινούμενα διαγράμματα, πέτυχαν καλύτερα αποτελέσματα από αυτούς που διδάχτηκαν με στατικά διαγράμματα. Δεν ήταν όμως δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων για την αποτελεσματικότητα των ιδίων των προσομοιώσεων. Τα στατικά διαγράμματα, ή εικόνες, δεν είναι πληροφοριακά ισότιμα με τις προσομοιώσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα αυτή, αφού δεν έχουν το πλεονέκτημα της χωρικής ή τρισδιάστατης διάταξης, για να αντιμετωπιστούν ζητήματα που αφορούν αποστάσεις και μεγέθη. Αυτό είναι το πλεονέκτημα που φαίνεται να συνέβαλε στην καλύτερη κατανόηση, από μέρους των μαθητών της ΠΟ της δομής, τόσο του κυκλοφορικού συστήματος, όσο και της καρδιάς. Το αποτέλεσμα αυτό συγκλίνει με την άποψη του Lowe (2003), που υποστήριξε ότι το αποτέλεσμα θεωρείται ως επιτυχία, εφόσον οι μαθητές κατάφεραν να αντλήσουν, μέσω της επαφής τους με τις προσομοιώσεις, πληροφορίες και να τις ενσωματώσουν σωστά στο

γνωστικό τους σύστημα, ώστε τελικά να δομούν ολοκληρωμένα νοητικά μοντέλα για το κυκλοφορικό σύστημα.

Η ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης έδειξε επίσης ότι οι παράγοντες Σχολική Επίδοση και Ομάδα (διδασκτική προσέγγιση) ήταν οι μεταβλητές που θα μπορούσαν να προβλέψουν τη συνολική επίδοση των μαθητών στο ΔΑΕ. Το γεγονός ότι η ΠΟ υστερούσε στις σχολικές επιδόσεις, έναντι της ΟΕ, αποτελεί μια επιπρόσθετη ένδειξη της θετικής συμβολής της εναλλακτικής διδακτικής παρέμβασης, αφού η ΠΟ είχε τελικά καλύτερα αποτελέσματα στο ΔΑΕ. Άλλωστε, η σχολική επίδοση βρέθηκε να έχει υψηλή συσχέτιση με τη γενική γνωστική ικανότητα, οπότε μπορεί να θεωρηθεί ότι ο βαθμός γνωστικής ικανότητας των μαθητών είναι ο παράγοντας που ουσιαστικά συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση των εννοιών, αλλά και στον πιο αποτελεσματικό χειρισμό των προσομοιώσεων από τους μαθητές.

Ανάλογες αναλύσεις παλινδρόμησης, χωριστά για κάθε ομάδα, έδειξαν ότι η γνωστική ικανότητα για την ΟΕ, ή η Σχολική Επίδοση για την ΠΟ, ήταν ο καθοριστικός παράγοντας πρόβλεψης της συνολικής επίδοσης των μαθητών. Ο Paivio (1986) υποστήριξε πως ένα εξωγενές γνωστικό φορτίο, όπως είναι μια προσομοίωση, απαιτεί την ενεργοποίηση των συστημάτων λεκτικής και εικονικής επεξεργασίας για τη δημιουργία νοητικών εικόνων, ή εικονικών αναπαραστάσεων, και τη μεταξύ τους διασύνδεση. Σημαντικός παράγοντας για αυτή τη διεργασία και για τη μεγιστοποίηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων, σε περιπτώσεις όπου ενσωματώνονται στη διδασκαλία δυνατότητες ΤΠΕ, όπως οι προσομοιώσεις, είναι το επίπεδο γνωστικών ικανοτήτων των μαθητών, όπως υποστηρίζεται και από τους Paas, van Gog και Sweller (2010). Το επίπεδο γνωστικής ικανότητας επιτρέπει τη διαχείριση των ερεθισμάτων και τον έλεγχο των γνωστικών φορτίων, ώστε να μεγιστοποιείται το μαθησιακό κέρδος.

Το γεγονός ότι εντοπίστηκε υψηλή θετική συσχέτιση μεταξύ της γνωστικής ικανότητας των μαθητών και της σχολικής τους επίδοσης, με το επίπεδο μόρφωσης, τόσο του πατέρα, όσο και της μητέρας, συγκλίνει με τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών, για την επίδραση του μορφωτικού επιπέδου της οικογένειας μέσα στην οποία μεγαλώνουν οι μαθητές, στις μαθησιακές τους επιδόσεις (van Steensel, 2006). Ο Jeynes (2005), σε μια μετα-ανάλυση των ερευνών, σχετικά με το βαθμό επίδρασης των γονιών στην επίδοση των παιδιών τους,

εντόπισε επίσης μεγάλη συσχέτιση μεταξύ των δύο παραγόντων, που σημαίνει ότι το ενδιαφέρον που επιδεικνύουν, οι προσδοκίες, αλλά και το επίπεδο μόρφωσης των γονιών συμβάλλουν θετικά στην επίδοση των παιδιών τους στο σχολείο (Alexander, Entwisle, & Bedinger, 1994). Οι γονείς με υψηλότερο επίπεδο μόρφωσης, σύμφωνα με το Hoff (2003), χρησιμοποιούν πιο σύνθετο και ποικίλο λεξιλόγιο στην επικοινωνία τους με τα παιδιά τους και έτσι αναπτύσσονται καλύτερα οι γλωσσικές και αναγνωστικές τους δεξιότητες

### **Συμπεράσματα από την Ποιοτική Ανάλυση**

Κατά την ποιοτική ανάλυση των δεδομένων, εντοπίστηκαν περαιτέρω διαφορές μεταξύ των ομάδων, που δεν είχαν αναδειχθεί από την ποσοτική ανάλυση που προηγήθηκε, αλλά και σημαντικές εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, ενώ συγκεντρώθηκαν και πληροφορίες για τις λεπτομερείς επιμέρους διαφορές των δύο διδακτικών προσεγγίσεων.

Από τα αποτελέσματα προκύπτει, για παράδειγμα, ότι η παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση καθιστά ξεκάθαρο στους μαθητές ότι οι πνεύμονες είναι απαραίτητοι για το κυκλοφορικό σύστημα, αφού οι μαθητές της ΟΕ τοποθετούσαν με μεγαλύτερη συχνότητα στα σχεδιαγράμματά τους και τους πνεύμονες, εκτός από την καρδιά και τα αιμοφόρα αγγεία. Από την άλλη, όμως, ήταν εμφανής η υπεροχή των μαθητών που διδάχτηκαν με την εναλλακτική προσέγγιση, σε όλες τις άλλες μεταβλητές, ακόμα και σε αυτές που δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, υποδηλώνοντας ότι αυτή η διδακτική προσέγγιση είχε σημαντική συμβολή στην αποδυνάμωση διαφόρων τάσεων εκ μέρους των μαθητών, σε σχέση με την απεικόνιση του κυκλοφορικού συστήματος και της καρδιάς, που είχαν εντοπιστεί προηγουμένως από άλλους ερευνητές (Arnaudin & Mintzes, 1985· Mintzes κ.ά., 1991).

Οι μαθητές που διδάχτηκαν με τη χρήση προσομοιώσεων πέτυχαν να αποδώσουν σχηματικά το κυκλοφορικό σύστημα με πιο ολοκληρωμένο τρόπο, να διακρίνουν τις φλέβες και αρτηρίες με τη χρήση διαφορετικών χρωμάτων και να κάνουν τις αντίστοιχες υποδείξεις για τη φορά της ροής του αίματος, τοποθετώντας βελάκια - στις φλέβες να κατευθύνονται από τα όργανα προς την καρδιά, και στις αρτηρίες να φεύγουν από την καρδιά και να πηγαίνουν προς τα

όργανα. Επιβεβαιώνεται δηλαδή το μοτίβο που εντοπίστηκε από τις Lopez-Majon και Angon (2009).

Υπογραμμίζεται, όμως, ότι η εναλλακτική διδασκαλία συνέβαλε στην αποσταθεροποίηση κάποιων λανθασμένων ιδεών, αφού η τάση μαθητών της ΠΟ ήταν να χρησιμοποιεί ένα πιο αποδεκτό πρότυπο ερμηνείας για τη δομή και τη λειτουργία του ανθρώπινου κυκλοφορικού συστήματος. Οι λεκτικές περιγραφές που έδιναν οι μαθητές έδειξαν ότι, όχι μόνο είχαν αντιληφθεί τη σημαντικότητα των πνευμόνων για τη διαδικασία της ανταλλαγής αερίων, αλλά ήταν σε θέση να συνδέουν τους πνεύμονες με την καρδιά και να αναφέρονται στη μικρή κυκλοφορία του αίματος, όπως οι Mintzes κ.ά. (1991) είχαν επίσης εντοπίσει σε δικές τους ερευνητικές εργασίες. Η υπεροχή των μαθητών της ΠΟ στο ποιοτικό μέρος της ανάλυσης εντοπίζεται επίσης και στην επιμέρους μεταβλητή Λειτουργία του Κυκλοφορικού Συστήματος (ΛΚΣ), αφού ήταν σε θέση να δίνουν πιο αποδεκτές και περιεκτικές απαντήσεις στα σχετικά ερωτήματα. Η ενσωμάτωση των προσομοιώσεων στη διδασκαλία φαίνεται να έχει βοηθήσει σημαντικά στην κατανόηση της λειτουργίας ενός πολύπλοκου επιστημονικού φαινομένου και στον επιτυχή συσχετισμό μεταξύ της δομής και της λειτουργίας του, ή της ανατομίας και της φυσιολογίας του (Mathai & Ramadas, 2009· Lowe, 2003).

Όλοι οι μαθητές απεικόνισαν ορθά την εσωτερική δομή της καρδιάς και διέκριναν τους τέσσερις θαλάμους που την αποτελούν. Η γνώση ανατομίας, όμως, μπορεί να έχει ελάχιστη σχέση με την ευρύτερη εννοιολογική κατανόηση της λειτουργίας του κυκλοφορικού συστήματος, σύμφωνα με τους Mintzes, κ.ά. (1991). Αυτή η θέση επιβεβαιώνεται από τα αποτελέσματα της ΟΕ που διδάχτηκε με τον παραδοσιακό τρόπο, αφού οι μαθητές της ομάδας αυτής δεν ήταν σε θέση να ερμηνεύουν το διαχωρισμό της καρδιάς ή να περιγράφουν το διαφορετικό ρόλο των τεσσάρων θαλάμων. Η πλειοψηφία μάλιστα των μαθητών είχε την τάση να αποδίδει στην καρδιά το σχήμα «βαλεντίνου» (Arnaudin & Mintzes, 1985). Η τάση αυτή φάνηκε να αποδυναμώνεται με την υιοθέτηση της εναλλακτικής διδασκαλίας, ενώ παρατηρήθηκε μεγαλύτερη ικανότητα περιγραφής της δομής της καρδιάς και του ρόλου του κάθε θαλάμου της, από τους μαθητές της ΠΟ. Παρόλο που η περιγραφή της μικρής και μεγάλης κυκλοφορίας έγινε σχετικά ολοκληρωμένα, διαπιστώθηκαν σοβαρές δυσκολίες στο να αντιληφθούν οι μαθητές την καρδιά ως ένα ενιαίο όργανο, το οποίο επιτελεί διπλό ρόλο, το ρόλο της διπλής αντλίας: ότι την ίδια στιγμή το αριστερό τμήμα της σπρώχνει το αίμα προς

όλο το σώμα (μεγάλη κυκλοφορία) και το δεξί τμήμα της σπρώχνει το αίμα προς τους πνεύμονες (μικρή κυκλοφορία), όπως εντοπίστηκε και από τους Pelaez κ.ά., (2005), Mintzes, κ.ά., (1991), Sungur και Tekkaya,(2003) και Sadi και Cakiroglu (2010).

Όσον αφορά την απουσία των πνευμόνων από τα σχεδιαγράμματα του κυκλοφορικού συστήματος, με μεγαλύτερη συχνότητα για τους μαθητές της ΠΟ, αυτή πιθανό να οφείλεται στο γεγονός ότι, συνήθως, τα συστήματα του ανθρωπίνου σώματος διδάσκονται απομονωμένα, ξεχωριστά το κυκλοφορικό, το αναπνευστικό, το πεπτικό, χωρίς μάλιστα να γίνονται οι απαιτούμενες διασυνδέσεις για την αλληλεπίδραση που έχουν αυτά μεταξύ τους. Σε ερευνητικό επίπεδο, υπάρχουν οι απόψεις για διδασκαλία με τη μέθοδο της συναρμολόγησης, κατά την οποία διδάσκονται τμηματικά τα συστήματα και ακολούθως εντοπίζονται οι αλληλεπιδράσεις τους με άλλα. Στον αντίποδα, υπάρχει και η πρόταση για την αντίστροφη πορεία διδασκαλίας, όπου αρχικά διδάσκεται η λειτουργία του συστήματος ως όλον, και ακολούθως αποδομείται στα όργανα που το αποτελούν και τις λειτουργίες τους (Chi, κ.ά., 1991· Reiss & Tunnicliffe, 2001· Liu, κ.ά., 2009· Goel, κ.ά., 2009· Ozevgec 2007). Ίσως μια ιδανική πρακτική θα ήταν οι δύο αυτές προσεγγίσεις να χρησιμοποιούνται παράλληλα και η μια να συμπληρώνει την άλλη, πρακτική που, αναπόφευκτα, θα απαιτούσε περισσότερη προσοχή από τον εκπαιδευτικό κατά το διδακτικό σχεδιασμό και ίσως περισσότερο διδακτικό χρόνο.

Η ενσωμάτωση στη διδασκαλία της λειτουργίας του ανθρώπινου σώματος εννοιών φυσικής και χημείας, που αποτελούν κρίσιμο τεμάχιο γνώσης, όπως το αποκαλεί ο diSessa (1988), για την εννοιολογική κατανόηση των λειτουργιών αυτών, θα ενίσχυε και την κατανόηση των ιδίων των εννοιών φυσικής και χημείας και τη λειτουργική ενσωμάτωσή τους σε ένα πιο γενικό και πιο σταθερό γνωστικό δίκτυο. Για παράδειγμα, η έννοια της πίεσης, που εμπίπτει στη σφαίρα της φυσικής, θα μπορούσε να έχει πρακτική εφαρμογή στη συσχέτισή της με τη διάμετρο των αιμοφόρων αγγείων του κυκλοφορικού συστήματος και ίσως να ενισχύει την κατανόηση της έννοιας της αρτηριακής πίεσης. Η έννοια της καύσης, ως χημικής διαδικασίας, θα μπορούσε, κατά αντίστοιχο τρόπο, να έχει εφαρμογή στη διαδικασία του μεταβολισμού των θρεπτικών ουσιών, ενώ η ανταλλαγή αερίων που γίνεται στους πνεύμονες θα μπορούσε να εξηγηθεί με τις έννοιες της φυσικής, για τις διαφορετικές συγκεντρώσεις αερίων και την πυκνότητά τους. Κάτι τέτοιο, απαιτεί σαφώς πιο επαρκείς και σε βάθος γνώσεις

περιεχομένου των φυσικών επιστημών, από τους εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Yip, 1998α) και προϋποθέτει πληρέστερη προ-υπηρεσιακή εκπαίδευση και κατάρτιση.

### **Συμπεράσματα Σχετικά με την Αναλογική Σκέψη**

Τα αποτελέσματα έδειξαν επίσης ότι η εναλλακτική διδασκαλία συνέβαλε θετικά στην ενεργοποίηση ανωτέρων γνωστικών δεξιοτήτων, όπως είναι η αναλογική σκέψη. Οι μαθητές της ΠΟ πέτυχαν να εντοπίσουν και να δικαιολογήσουν σημαντικό αριθμό αντιστοιχιών ή αναντιστοιχιών, οι οποίες υπήρχαν μεταξύ του αναλόγου που τους δόθηκε και του κυκλοφορικού συστήματος. Η απουσία προεργασίας ή εξάσκησης των μαθητών σε ζητήματα ή προβλήματα αναλογικής σκέψης, στο πεδίο τουλάχιστο των φυσικών επιστημών, αποτελεί ένδειξη βαθύτερης εννοιολογικής κατανόησης, από μέρους των μαθητών της ΠΟ. Οι μαθητές που δε διαθέτουν συνεκτική και ολοκληρωμένη προϋπάρχουσα γνώση, σύμφωνα με τον Cook (2006), επικεντρώνονται συνήθως σε επιφανειακά χαρακτηριστικά μιας εικόνας, στην προκείμενη περίπτωση μιας εικόνας - αναλόγου. Αντίθετα, οι πιο έμπειροι μαθητές προχωρούν σε βαθύτερα χαρακτηριστικά και είναι σε θέση να διαχειρίζονται πιο αποτελεσματικά τα αφηρημένα χαρακτηριστικά μιας εικονικής αναπαράστασης.

Σύμφωνα με τα στάδια ανάπτυξης του Piaget (Inhelder & Piaget, 1958), η αναλογική σκέψη των μαθητών αναπτύσσεται προοδευτικά στο στάδιο της τυπικής λογικής σκέψης, στην ηλικία δηλαδή την οποία εισέρχονται οι μαθητές των μεγαλύτερων τάξεων του δημοτικού σχολείου, αναμένεται ότι μερικοί τουλάχιστον από αυτούς, μπορούν να χειριστούν πιο εύκολα τις αφηρημένες επιστημονικές έννοιες, όπως τις ορίζει ο Lawson (1993), από ότι μαθητές μικρότερης ηλικίας.

Ο Ρήγας (2007) σε έρευνά του διαπίστωσε ότι οι μαθητές που διδάσκονται με τον παραδοσιακό επιστημονικό τρόπο πολύπλοκες επιστημονικές έννοιες, όπως είναι η διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τείνουν να δημιουργούν στο μυαλό τους σοβαρές παρανοήσεις, που επηρεάζουν αρνητικά τη μελλοντική οικοδόμηση της γνώσης τους. Αντίθετα, με τη χρήση των διπλών αναλογιών (λεκτικών και εικονικών), οι μαθητές πιο εύκολα κατανοούν σε βάθος

τις νέες έννοιες και τις αποθηκεύουν στη μακρόχρονη μνήμη τους, δημιουργώντας τις απαιτούμενες συνδέσεις με τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους.

Ο Ρήγας (2007) πρότεινε επίσης τη χρήση των αναλογιών, κατά τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών και νέων επιστημονικών εννοιών, αρκεί αυτές να είναι σωστά δομημένες. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να επιλέγεται, ανάλογα με το γνωστικό επίπεδο των μαθητών, το κατάλληλο ανάλογο (γνωστή έννοια) στην οποία θα στηριχτεί ο παραλληλισμός με το στόχο (νέα επιστημονική έννοια), ή να παρουσιάζονται στους μαθητές πολλαπλές αναλογίες (Spigo, κ.ά., 1989), για να διδάσκονται με επιτυχία οι επιστημονικές έννοιες που προτείνονται από τα Αναλυτικά Προγράμματα (Ρήγας, 2007). Επιπρόσθετα, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να επιμορφώνονται, ώστε να γνωρίζουν και να εκτιμούν την αξία των αναλογιών και να επιδιώκουν τη χρήση τους κατά τη διδασκαλία.

Η παρούσα έρευνα επιβεβαίωσε προηγούμενα ευρήματα των Thiele και Treagust (1994) ότι πολλοί εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν αναλογίες στην τάξη, χωρίς όμως να το συνειδητοποιούν οι ίδιοι (π.χ., οι βαλβίδες της καρδιάς ονομάστηκαν «πόρτες» ή το πλούσιο σε οξυγόνο αίμα ονομάστηκε «καθαρό»). Εφόσον αυτό παρατηρείται να συμβαίνει, οι εν ενεργεία εκπαιδευτικοί πρέπει να τύχουν εξειδικευμένης επιμόρφωσης, για να εξοικειωθούν καλύτερα με τη θεωρία και την έρευνα που στηρίζει τη χρήση αναλογιών και να είναι σε θέση να κρίνουν πότε μια αναλογία είναι αποτελεσματική και κατάλληλη, και πότε όχι. Τα παιδαγωγικά τμήματα των πανεπιστημίων θα πρέπει με τη σειρά τους να εντάξουν στα προγράμματα σπουδών τους τη διδασκαλία με τη χρήση αναλογιών, ώστε οι φοιτητές, μελλοντικοί εκπαιδευτικοί, να αντιληφθούν την παιδαγωγική αξία τέτοιων διδακτικών προσεγγίσεων, τόσο στο πεδίο των φυσικών επιστημών, όσο και σε άλλα γνωστικά πεδία, όπως είναι τα μαθηματικά, η ιστορία και η γεωγραφία (Ρήγας, 2007).

### **Εναλλακτικές Ιδέες**

Η ποιοτική ανάλυση ανέδειξε επίσης και αριθμό εναλλακτικών ιδεών και αντιλήψεων που οι μαθητές, ακόμα και μετά την ολοκλήρωση μιας επίσημης διδακτικής διαδικασίας, εξακολουθούν να έχουν, και αφορούν έννοιες του κυκλοφορικού συστήματος. Η έρευνα στο πεδίο των εναλλακτικών ιδεών τονίζει άλλωστε τη σταθερότητα που τις χαρακτηρίζει και τη



δυσκολία στην αποσταθεροποίηση και μεταβολή τους καθώς και την ανάγκη για δόμηση οικοδομιστικών διδακτικών προσεγγίσεων (Black & Harlen, 1993· Driver, κ.ά., 1985· Fisher, 1985· Wandersee, κ. ά., 1994· Valanides, 2000a, 2000b, 2000c· Valanides, κ.ά., 2003).

Οι μαθητές, σε αντίθεση με τα ερευνητικά αποτελέσματα των Arnaudin και Mintzes (1985), γνώριζαν ότι το αίμα αποτελείται από κύτταρα (ερυθρά, λευκά και αιμοπετάλια) και το πλάσμα. Αδυνατούσαν όμως να αντιληφθούν ότι όλα αυτά αποτελούν ένα ενιαίο ιστό που βρίσκεται σε συνεχή κίνηση, και έτσι θεωρούσαν ότι το «αίμα μεταφέρει αίμα,» αφού ένας από τους ρόλους του αίματος, σύμφωνα με τις απαντήσεις τους, ήταν να μεταφέρει αυτά τα κύτταρα, μαζί με οξυγόνο ή διοξείδιο του άνθρακα. Άλλοι ρόλοι που αποδόθηκαν στο αίμα είναι να δίνει ενέργεια, να βοηθά στην κίνηση και στη θεραπεία από ασθένειες. Απέδιδαν επίσης μακροσκοπικά χαρακτηριστικά στο αίμα, ανάλογα με τις αλλαγές που συμβαίνουν στον άνθρωπο όσο μεγαλώνει ηλικιακά, δηλαδή το αίμα γερνά, χάνει τις ικανότητές του και αποκτά ασθένειες.

Μια άλλη σημαντική εναλλακτική ιδέα αφορά τους πνεύμονες, οι οποίοι, σύμφωνα με ορισμένους μαθητές, δεν περιέχουν αέρα με την ίδια σύσταση, αλλά ο ένας πνεύμονας περιέχει αέρα με οξυγόνο και ο άλλος αέρα με διοξείδιο του άνθρακα, οπότε, ανάλογα με το πού θα πάει το αίμα, θα εμπλουτίζεται με το αντίστοιχο αέριο. Η αδυναμία, επίσης, των μαθητών, να αντιληφθούν ότι η καρδιά είναι ένας μυς, ο οποίος όσο ασκείται τόσο ενδυναμώνεται, οδηγεί στη διαμόρφωση της εναλλακτικής ιδέας ότι ένα άτομο που κάνει χειρονακτική εργασία και σωματικά κουράζεται, τότε κουράζεται και η καρδιά του και χτυπά πιο γρήγορα και πιο δυνατά, και συνεπώς θα έχει προβλήματα υγείας. Αντίθετα, ένα άτομο που δεν κουράζεται στη δουλειά του, θα έχει πιο υγιή καρδιά.

Οι εναλλακτικές ιδέες πιθανό να προκύπτουν ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης εκπαιδευτικού και μαθητή και να αποτελούν ένα «μικτό» μαθησιακό προϊόν (Gilbert, Osborne, & Fensham, 1982). Αποτελούν όμως σοβαρά γνωστικά εμπόδια για βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση, όχι μόνο των εννοιών που αφορούν το κυκλοφορικό σύστημα, αλλά και τις προεκτάσεις τους στην καθημερινότητα και τη ζωή.

## Αντιφάσεις στο Εκπαιδευτικό Σύστημα Δραστηριότητας

Ο Engeström (2005) είχε τονίσει τη θεώρηση της δραστηριότητας ως μονάδας ανάλυσης, ώστε κάθε ερμηνεία, που προκύπτει από την ανάλυση των συμπεριφορών ή των δράσεων των συμμετεχόντων, να λαμβάνει υπόψη τη συστημική δραστηριότητα μέσα στην οποία αυτές εκτυλίσσονται και να μην περιορίζεται, ούτε να διευρύνεται υπερβολικά το πεδίο της ανάλυσης. Επιπλέον, η ανάλυση των αντιφάσεων είναι εξαιρετικά σημαντική για την ανάδειξη των εντάσεων που υφέρπουν, ή που προκύπτουν εντός, ή μεταξύ, των στοιχείων που αποτελούν ένα σύστημα. Έτσι, αποκαλύπτονται και οι όποιες πιθανότητες για αναθεώρηση, επανασχεδιασμό ή ανάπτυξη του όλου συστήματος.

Οι σχολικές μονάδες, που συμμετείχαν στη διαδικασία της έρευνας, ανήκουν σε ένα κεντρικό σύστημα δραστηριότητας, το εκπαιδευτικό σύστημα, το οποίο καθορίζουν, όπως προαναφέρθηκε, τα υποκείμενα, τα εργαλεία και οι κανόνες, και αποσκοπεί σε ένα αντικείμενο-στόχο, τη μάθηση. Κάθε σχολική μονάδα, όμως, αποτελεί από μόνη της ένα ξεχωριστό υπο-σύστημα δραστηριότητας, που εμπίπτει στο κεντρικό σύστημα δραστηριότητας. Το κάθε υπο-σύστημα, μέσα στο οποίο έγιναν οι προσπάθειες για εισαγωγή μιας καινοτομίας, είχε ως *Υποκείμενα* τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς της σχολικής μονάδας στα οποία εφαρμόστηκε η εναλλακτική διδασκαλία. *Αντικείμενο – στόχος* της δραστηριότητας ήταν η αποτελεσματική οικοδόμηση της γνώσης από τους μαθητές με την εφαρμογή της καινοτομίας, ώστε να είναι εφικτή μελλοντικά η γενικευμένη εφαρμογή της. *Απαραίτητα Εργαλεία* για την επιτυχή έκβαση του στόχου ήταν οι αναγκαίες υποδομές σε κάθε σχολική μονάδα, που αφορούσαν εξοπλισμό σε Ηλεκτρονικούς Υπολογιστές (ΗΥ), τα εργαστήρια Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, τους εκτυπωτές και τους βιντεοπροβολείς, ενώ ο *Καταμερισμός Εργασίας* αφορούσε τους μαθητές, με την εμπλοκή τους στη δραστηριότητα, και όλα τα άτομα που κατείχαν κάποιο συγκεκριμένο ρόλο, όπως είναι ο διευθυντής της σχολικής μονάδας, ο υπεύθυνος εκπαιδευτικός κάθε σχολικής μονάδας για τους ΗΥ και οι υπεύθυνοι εκπαιδευτικοί των τάξεων. Το κάθε υπο-σύστημα λειτουργούσε με βάση τους κοινούς, προκαθορισμένους από το Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού *Κανόνες*, αλλά και τους κανόνες που ορίστηκαν ξεχωριστά από την κάθε σχολική μονάδα, ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες και τις ανάγκες της. Τέλος, το σύνολο των εργαζομένων στη σχολική μονάδα και οι γονείς των μαθητών αποτέλεσαν την *Κοινότητα*, που καθόριζε το κάθε υπο-σύστημα.

Τα στοιχεία των υπο-συστημάτων ήταν κοινά, αλλά οι δράσεις τους στο κάθε υπο-σύστημα διέφεραν σημαντικά και επηρέαζαν με διαφορετικό τρόπο το όλο σύστημα.

Στη διαδικασία εφαρμογής της καινοτομίας, ακολουθήθηκαν επίσης τα στάδια της μεθοδολογίας της διευρυμένης μάθησης (Engeström, 2000). Μετά από εξέταση του υφιστάμενου στόχου του συστήματος, για τη διδασκαλία της ενότητας «Κυκλοφορικό Σύστημα» σε μαθητές Στ' τάξης, εντοπίστηκε η ανάγκη για εισαγωγή νέων διδακτικών μεθόδων, με ταυτόχρονη ενσωμάτωση των ΤΠΕ στη διδακτική των φυσικών επιστημών για το κυκλοφορικό σύστημα και με απώτερο στόχο την καλύτερη οικοδόμηση της γνώσης. Ως αποτέλεσμα, έγινε νέα στοχοθέτηση του αντικειμένου της δραστηριότητας, ως εξής: αποτελεσματικότερη κατανόηση από μέρους των μαθητών Στ' τάξης των βασικών εννοιών της δομής και λειτουργίας του κυκλοφορικού συστήματος, με τη χρήση προσομοιώσεων. Αφού επαναδιατυπώθηκε και καθορίστηκε ο στόχος, στα πλαίσια της παρούσας έρευνας, ακολούθησε η απαραίτητη ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού, ο σχεδιασμός των διδακτικών στρατηγικών και η οργάνωση των μαθησιακών δραστηριοτήτων (Τζιμογιάννης, 2002), οι οποίες ενσωμάτωναν τη χρήση ΤΠΕ με τη μορφή προσομοιώσεων. Στη συνέχεια, η διδακτική προσέγγιση τέθηκε σε εφαρμογή στη διδακτική πράξη, σε κάθε μια από τις σχολικές μονάδες.

Δεν εντοπίστηκαν πρωτοβάθμιες αντιφάσεις κατά τη διαδικασία της εφαρμογής της καινοτομίας, αφού το κάθε στοιχείο του συστήματος έδρασε, όπως καθόριζε η θέση του: οι μαθητές παρακολούθησαν τη διδασκαλία, οι εκπαιδευτικοί και οι διευθύνσεις των σχολικών μονάδων αντέδρασαν θετικά στην ερευνητική προσπάθεια, ενώ τα αναγκαία εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν (ΗΥ, βιντεοπροβολέας στην τάξη) ήταν διαθέσιμα και αποτελεσματικά.

Η ιστορική-εμπειρική ανάλυση του συστήματος, έδειξε ότι οι ΤΠΕ εισήχθηκαν στη δημόσια πρωτοβάθμια εκπαίδευση της Κύπρου, στις αρχές της δεκαετίας του '90, όχι υπό τη μορφή ξεχωριστού διδακτικού αντικειμένου, αλλά ως μαθησιακού εργαλείου, που θα έπρεπε να ενσωματωθεί σε όλα τα μαθήματα του Αναλυτικού Προγράμματος. Η χρήση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση αποτέλεσε κομβικό στοιχείο και καθόρισε τη διαμόρφωση στρατηγικής της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, για τη διασφάλιση της αποτελεσματικότητας των ευρωπαϊκών εκπαιδευτικών συστημάτων και την ανταγωνιστικότητα στην ευρωπαϊκή οικονομία. Ο στρατηγικός σχεδιασμός της Ευρωπαϊκής Ένωσης όριζε υπεύθυνη την εκπαίδευση για την

προετοιμασία των μελλοντικών πολιτών, ώστε να είναι σε θέση να χρησιμοποιούν τις ΤΠΕ, τόσο στη ζωή, όσο και στο χώρο εργασίας τους. Αυτό, ώθησε τις χώρες μέλη – μεταξύ αυτών και την Κύπρο – να επενδύσουν μεγάλα χρηματικά ποσά, για να αναβαθμίσουν το εκπαιδευτικό τους σύστημα με την εισαγωγή των ΤΠΕ, ώστε αυτό να μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της βασισμένης στη γνώση οικονομίας και κοινωνίας (Eurydice, 2011). Πολλά χρόνια μετά, και αφού δαπανήθηκαν επίσης πολλά εκατομμύρια για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών και τον εξοπλισμό των σχολείων με ΗΥ και εκτυπωτές, με λογισμικά και με όλες τις απαραίτητες υποδομές, όπως είναι η παροχή διαδικτυακών συνδέσεων υψηλών ταχυτήτων (ISDN, ADSL), για να γίνονται εύκολα και άμεσα προσβάσιμες οι πηγές του διαδικτύου, οι ΤΠΕ εξακολουθούν, σύμφωνα και με τους Παραϊοαννου και Charalambous (2011), να μην έχουν ενσωματωθεί σε όλα τα μαθήματα του αναλυτικού προγράμματος στο κυπριακό εκπαιδευτικό σύστημα.

Σύμφωνα με δεδομένα της Στατιστικής Υπηρεσίας Κύπρου, στη Δημοτική Εκπαίδευση το 2012 αναλογούσαν 15,9 υπολογιστές ανά 100 μαθητές, παρουσιάζοντας αύξηση 1,123% σε σχέση με το 2001, όπου αναλογούσαν μόλις 1,3 υπολογιστές ανά 100 παιδιά. Με άλλα λόγια, στα σχολεία πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης υπήρχαν το 2012 περίπου 7920 υπολογιστές σε χρήση. Ταυτόχρονα, οι σχολικές μονάδες έχουν πλέον εξοπλιστεί με εκτυπωτές, βιντεοπροβολείς και διαδραστικούς πίνακες (Αλεξόπουλος & Χατζηλοΐζου, 2014).

### **Αντιφάσεις μεταξύ Κανόνων και Εργαλείων**

Με βάση όλα όσα αναφέρθηκαν, διαπιστώνονται σοβαρές δευτεροβάθμιες αντιφάσεις στα υπό εξέταση υπο-συστήματα δραστηριότητας, μεταξύ των *Εργαλείων* και των *Κανόνων*. Οι τρεις σχολικές μονάδες έπρεπε να διαθέτουν εργαστήριο ΗΥ, εξοπλισμένο με συνδεδεμένους εκτυπωτές, σε πλήρη λειτουργία, σύμφωνα με τους Κανόνες που διέπουν τη λειτουργία των σχολικών μονάδων και καθορίζονται από την πολιτική αρχή. Κατά τη διαδικασία χορήγησης των ΣΠΜΡ σε ηλεκτρονική μορφή, διαπιστώθηκε ότι, στις δύο από τις τρεις σχολικές μονάδες (Σχολεία Β και Γ), τα εργαστήρια δεν ήταν κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν. Ενώ, εκ πρώτης όψεως, τα εργαστήρια διέθεταν ΗΥ και εκτυπωτές, όπως προνοούσαν οι Κανόνες (τα σχέδια και οι οδηγίες της αρμόδιας αρχής), στην πορεία φάνηκε ότι οι ΗΥ δεν ήταν σε λειτουργήσιμη κατάσταση, λόγω διαφόρων προβλημάτων τεχνικής φύσεως ή οι εκτυπωτές

ήταν εκτός χρήσης, είτε λόγω τεχνικού προβλήματος, είτε λόγω έλλειψης αναλώσιμων (μελάνι), είτε λόγω του ότι δεν ήταν σωστά συνδεδεμένοι με τους ΗΥ του εργαστηρίου, για να είναι εφικτή η εκτύπωση. Άλλης μορφής προβλήματα προέκυψαν κατά την προσπάθεια εγκατάστασης του λογισμικού. Λόγω του ότι τα λειτουργικά συστήματα των ΗΥ δεν ήταν αναβαθμισμένα, δυσχέραιναν τη διαδικασία, καθιστώντας την υπερβολικά χρονοβόρα. Τέλος, στην περίπτωση όπου μεταφέρθηκαν φορητοί ΗΥ, υπήρξαν εκ νέου δυσκολίες στη σύνδεσή τους με τους εκτυπωτές, με αποτέλεσμα να μην μπορούν ούτε αυτοί να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά.

### **Αντιφάσεις μεταξύ Κανόνων και Καταμερισμού Εργασίας**

Άμεση ήταν η διατάραξη του όλου συστήματος, αφού η διαδικασία της χορήγησης των δοκιμών ΣΠΜΡ ανατράπηκε, επηρεάζοντας όλα τα υπόλοιπα στοιχεία που το αποτελούσαν: οι μαθητές δεν συμμετείχαν στην προγραμματισμένη τους δραστηριότητα και, ως εκ τούτου, επηρεάστηκε το πρόγραμμα των εκπαιδευτικών, άρα και ο καταμερισμός εργασίας. Μια αντίφαση εντοπίζεται στον *Καταμερισμό Εργασίας*, όσον αφορά το ρόλο του υπεύθυνου εκπαιδευτικού για τις ΤΠΕ στα δύο σχολεία, Β και Γ, και των *Κανόνων*. Σύμφωνα με τις οδηγίες του αρμόδιου ανώτερου φορέα (ΥΠΠ), αναμένεται από τον εκπαιδευτικό που αναλαμβάνει το ρόλο του «τοπικού υπεύθυνου για συντονισμό του προγράμματος αξιοποίησης των ΤΠΕ» και στον οποίο παρέχεται μείωση διδακτικού χρόνου, μεταξύ άλλων, να επιλαμβάνεται τυχόν προβλημάτων που προκύπτουν σε θέματα ΤΠΕ και να μεσολαβεί, ώστε αυτά να επιλύονται, ακολουθώντας τις προκαθορισμένες διαδικασίες. Αντίφαση εντοπίζεται επίσης μεταξύ του *Καταμερισμού Εργασίας*, στο ρόλο της διεύθυνσης των σχολικών μονάδων με τους *Κανόνες*. Οι διευθύνσεις θα έπρεπε να είναι ενημερωμένες για την κατάσταση που επικρατεί εντός της σχολικής μονάδας, όσον αφορά τις ΤΠΕ, να εποπτεύουν και να ενισχύουν το ρόλο του τοπικού υπευθύνου, ώστε να αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά οι όποιες δυσκολίες.

Δεδομένου ότι οι διευθύντριες των δύο σχολείων, που αναφέρθηκαν, είχαν πολλά χρόνια υπηρεσίας και πλησίαζαν την αφυπηρέτηση (36 χρόνια υπηρεσίας στο σχολείο Β και 38 χρόνια υπηρεσίας στο σχολείο Γ), χωρίς μεταπτυχιακό τίτλο, οι δράσεις τους σε σχέση με τις ΤΠΕ, στο σύστημα δραστηριότητας του σχολείου τους φαίνεται να επαληθεύουν τα ευρήματα

έρευνας των Papaioannou και Charalambous (2011) για τις στάσεις των διευθυντών των δημοτικών σχολείων της Κύπρου έναντι στις ΤΠΕ. Η έρευνα έδειξε ότι οι διευθυντές με μεταπτυχιακές σπουδές, και συνήθως μικρότεροι ηλικιακά, είναι πιο ενθουσιώδεις υποστηρικτές της τεχνολογίας, έχουν λιγότερο άγχος και δεν αποφεύγουν να χρησιμοποιούν τον ΗΥ, ενώ διατηρούν σε μικρότερο βαθμό την άποψη ότι οι ΗΥ έχουν αρνητική επίδραση στην κοινωνία, σε σχέση με τους διευθυντές των οποίων οι σπουδές ήταν μόνο επιπέδου Παιδαγωγικής Ακαδημίας και ήταν μεγαλύτεροι σε ηλικία. Η διευθύντρια του τρίτου σχολείου (Σχολείο Α), είχε μόλις 3 χρόνια στη θέση διευθνή (27 συνολικά χρόνια υπηρεσίας), κατείχε μεταπτυχιακό τίτλο, και στο υπο-σύστημα δραστηριότητας της σχολικής της μονάδας δεν εντοπίστηκαν αντίστοιχες αντιφάσεις.

Η Ghamrawi (2013) υποστήριξε πως η ενσωμάτωση των ΤΠΕ μπορεί να επιτευχθεί ευκολότερα σε σχολεία των οποίων οι διευθυντές έχουν δεσμευτεί επί τούτου, επειδή οι ίδιοι αναγνωρίζουν την προστιθέμενη αξία των ΤΠΕ στη μαθησιακή διαδικασία. Επιπρόσθετα, η έρευνα των Papaioannou και Charalambous (2011) ανέδειξε τη σημασία της ελλιπούς τεχνικής στήριξης που παρέχεται στα σχολεία, για την αποτελεσματική ενσωμάτωση των ΤΠΕ, όπως αυτό τονίστηκε και από τους ίδιους τους διευθυντές. Οι ίδιοι οι διευθυντές αναφέρθηκαν στο γεγονός ότι δεν έχουν την εξουσία να επηρεάζουν τους εξωτερικούς παράγοντες, που θα μπορούσαν να ενισχύσουν την ενσωμάτωση των ΤΠΕ (π.χ., τον αριθμό των ΗΥ ανά τάξη, την τεχνική υποστήριξη και συντήρηση, την ενδο-υπηρεσιακή επιμόρφωση των εκπαιδευτικών κ.ά.). Εντούτοις, κάποιος από αυτούς ανέφερε ότι η συνεργασία τους με άλλους φορείς, όπως οι Σύνδεσμοι Γονέων και οι τοπικές Σχολικές Εφορίες, συμβάλλει πολλές φορές στην επίλυση ζητημάτων που αφορούν τις ΤΠΕ, κυρίως σε θέματα εξοπλισμού της σχολικής μονάδας (π.χ., αγορά βιντεοπροβολέα ή διαδραστικού πίνακα), αναλαμβάνοντας και την ευθύνη για τη συντήρησή τους.

### **Αντιφάσεις μεταξύ Κανόνων, Κοινότητας και Υποκειμένων**

Προκύπτει, συνεπώς, ότι στα υπό εξέταση υπο-συστήματα δραστηριότητας των σχολικών μονάδων Β και Γ, η *Κοινότητα* (οργανωμένοι γονείς) θα μπορούσε να είχε συμβάλει για την εύρυθμη λειτουργία των εργαστηρίων ΗΥ των σχολείων. Αντί αυτού, η *Κοινότητα* φαίνεται να ήταν απύσχα από τη δράση. Τέτοιες συνθήκες προκαλούν νέες αντιφάσεις της *Κοινότητας*

με τους *Κανόνες* (διεύθυνση σχολείου), αλλά και τα *Υποκείμενα* (τους ίδιους τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς), αφού στο τέλος, αυτοί είναι που επηρεάζονται άμεσα από την έλλειψη ή τα προβλήματα των ΤΠΕ και, φυσικά, το αντικείμενο-στόχος δεν επιτυγχάνεται. Αξιοσημείωτο είναι και το γεγονός ότι οι εκπαιδευτικοί των σχολικών μονάδων Β και Γ, φάνηκαν να είναι ανενόχλητοι και ανεπηρέαστοι από το γεγονός ότι το εργαστήριο των ΗΥ του σχολείου τους παρέμενε σε αχρησία, ένδειξη ότι η ενσωμάτωση των ΤΠΕ δεν επιτυγχάνεται αποτελεσματικά (Lim & Khine, 2003). Εντοπίζεται έτσι μια νέα δευτεροβάθμια αντίφαση, μεταξύ των *Κανόνων*, δηλαδή του έργου και των στόχων που η αρμόδια αρχή ορίζει να υλοποιούνται από τους εκπαιδευτικούς, μεταξύ αυτών και η ενσωμάτωση των ΤΠΕ, και των *Υποκειμένων*, δηλαδή των ιδίων των εκπαιδευτικών. Ο Fullan (2001) είχε εύστοχα διαπιστώσει ότι καμία καινοτομία δεν είναι εφικτή σε ένα εκπαιδευτικό σύστημα, εάν οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί δεν είναι ικανοί ή πρόθυμοι να την υποστηρίξουν και δε μοιράζονται ένα αντίστοιχο όραμα (Park & Ertmer, 2008). Ένας σημαντικός λόγος, που οι καινοτομίες στην εκπαίδευση τείνουν να αποτυγχάνουν, αποτελεί το γεγονός ότι αυτές οι προσπάθειες αγνοούν τις συμπεριφορές των ανθρώπων, τις πεποιθήσεις και τις ικανότητές τους, και επενδύουν κυρίως στα εργαλεία και τους κανόνες (Fullan, 1991).

Στον αντίποδα, βρίσκεται το σχολείο Α, του οποίου το εργαστήριο ήταν πλήρως εξοπλισμένο και δεν παρουσίαζε προβλήματα. Εκεί έπρεπε να γίνουν εκ των προτέρων διευθετήσεις, σε συνεργασία με τον τοπικό υπεύθυνο εκπαιδευτικό, για τη χρήση του εργαστηρίου για τους σκοπούς έρευνας. Στο συγκεκριμένο σχολείο, οι εκπαιδευτικοί δήλωναν το ενδιαφέρον τους για χρήση του εργαστηρίου σε εβδομαδιαίο πρόγραμμα, ώστε με τα τμήματά τους να επισκέπτονται το εργαστήριο, για να εργαστούν οι μαθητές στους ΗΥ, σε όλα τα μαθήματα.

Οι πρακτικές ενσωμάτωσης ΤΠΕ από μέρους των εκπαιδευτικών, που εντοπίζονται στο κυπριακό εκπαιδευτικό σύστημα, αφορούν κυρίως, σύμφωνα με τους Karagiorgi και Charalambous (2006), τη χρήση επεξεργαστή κειμένου και άλλων εφαρμογών. Το γεγονός αυτό, διατηρεί, αντί να μεταβάλλει, να εκσυγχρονίζει ή να εμπλουτίζει τις υφιστάμενες διδακτικές πρακτικές, όπως άλλωστε εντόπισαν οι Cuban (2001), Russel, κ.ά. (2003), Karagiorgi και Charalambous (2006) και περιορίζει τις εφαρμογές του ΗΥ ως εργαλείου για την καλλιέργεια των νοητικών δεξιοτήτων των μαθητών και υποστήριξης της προσπάθειάς

τους για την οικοδόμηση ή την αναδόμηση των γνωστικών τους δομών (Αγγελή & Βαλανίδης, 2002). Παρόλο που οι εκπαιδευτικοί έτυχαν ενδο-υπηρεσιακής επιμόρφωσης για την ενσωμάτωση των ΤΠΕ, αυτή δεν έφερε τα προσδοκώμενα αποτελέσματα στο μαθησιακό τομέα, παρά μόνο στην παροχή κινήτρου στους μαθητές (Karagiorgi & Charalambous, 2006· Karagiorgi & Symeou, 2006). Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν τους ΗΥ για δραστηριότητες χαμηλών νοητικών απαιτήσεων, σύμφωνα με τον Becker (2000), ή στο ότι οι ευκαιρίες επαγγελματικής ανάπτυξης (επιμόρφωση) παρέχονται ξεκομμένες από τα θέματα του αναλυτικού προγράμματος και των μαθησιακών τους επιδιώξεων (Cohen & Ball, 1999).

Οι εκπαιδευτικοί, στις σχολικές μονάδες Β και Γ, φάνηκε να αρκούνται στη χρήση του ΗΥ και του βιντεοπροβολέα που διατίθενται εντός της τάξης τους, ένδειξη ότι αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως από τους ιδίους, και όχι από τους μαθητές, γεγονός που έρχεται σε πλήρη αντίθεση με τη φιλοσοφία που διαποτίζει τα Νέα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (ΥΠΠ, 2010) και τις τάσεις του κυπριακού εκπαιδευτικού συστήματος σήμερα. Σύμφωνα με αυτά, μια από τις κομβικές ικανότητες και δεξιότητες, που απαιτούνται στην κοινωνία του 21ου αιώνα και πρέπει να διαθέτουν οι μαθητές στο υψηλότερο δυνατό επίπεδο, είναι η άριστη, σωστή και συνετή χρήση των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας. Για αυτό επιβάλλεται η όσο το δυνατό καλύτερη δυνατή αξιοποίησή τους, έτσι ώστε να διαδραματίζουν ουσιαστικό ρόλο στην επίτευξη των σκοπών και στόχων των ΝΑΠ, αλλά και στην ανάδειξη του ανθρώπινου και δημοκρατικού σχολείου, και να συμβάλλουν στην επίτευξη της Ευρωπαϊκής Στρατηγικής “Europe 2020” για ψηφιακό γραμματισμό (ΥΠΠ, 2012).

Είναι εμφανής στη φιλοσοφία των ΝΑΠ, ως της επίσημα διακηρυγμένης εκπαιδευτικής πολιτικής, η αλλαγή της μέχρι σήμερα υλοκεντρικής προσέγγισης του εκπαιδευτικού συστήματος, σε μια πιο σφαιρική προσέγγιση, που θα προάγει τη διαμόρφωση ενεργών και κριτικά σκεπτόμενων πολιτών, οι οποίοι θα κατέχουν, πέραν των γνώσεων, και όλες οι απαιτούμενες δεξιότητες που επιτάσσει η κοινωνία της γνώσης του 21<sup>ου</sup> αιώνα. Οι γνώσεις και οι δεξιότητες των σημερινών μαθητών, που γεννιούνται και μεγαλώνουν μέσα σε ένα καθαρά τεχνολογικό περιβάλλον, ως ψηφιακοί αυτόχθονες (digital natives), καθιστούν πιο επιτακτική την ανάγκη για αποτελεσματική ενσωμάτωση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση. Το εγχείρημα αυτό, όμως, καθίσταται πιο δύσκολο, αφού η αξιοποίηση των ΤΠΕ θα πρέπει να



γίνεται από εκπαιδευτικούς, οι οποίοι μεγάλωσαν χωρίς την τεχνολογία και τη γνώρισαν υποχρεωτικά αργότερα, γεγονός που τους καθιστά ψηφιακούς μετανάστες (digital immigrants), με ποικίλες απόψεις και στάσεις απέναντί της. Οι ψηφιακοί μετανάστες-εκπαιδευτικοί, που χρησιμοποιούν την απαρχαιωμένη γλώσσα της προ-ψηφιακής εποχής, αγωνίζονται να διδάξουν έναν πληθυσμό που μιλά μια εντελώς νέα γλώσσα, τη γλώσσα της τεχνολογίας (Prensky, 2001).

Η Τεχνολογική Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (ΤΠΓΠ), όπως περιγράφεται αναλυτικά από τους Angeli και Valanides (2009), καθώς και η διαδικασία της Τεχνολογικής Χαρτογράφησης, ίσως να αποτελούν τον αναγκαίο καταλύτη για τη γεφύρωση του χάσματος που προαναφέρθηκε, και να μπορούν να συμβάλουν στην ενίσχυση του εκπαιδευτικού, ώστε να είναι σε θέση να αξιοποιεί στο μέγιστο βαθμό αποτελεσματικότητας τις ΤΠΕ, κατά το διδακτικό σχεδιασμό του. Συγκεκριμένα, η γνώση για την παιδαγωγική αξία των τεχνολογικών εργαλείων, η γνώση γενικών παιδαγωγικών αρχών και περιεχομένου, τα μαθησιακά χαρακτηριστικά και οι ανάγκες των μαθητών, το πλαίσιο μέσα στο οποίο διενεργείται η μάθηση και οι επιστημολογικές πεποιθήσεις του εκπαιδευτικού, θεμελιώδη ζητήματα για τη διδακτική των Φυσικών Επιστημών που έχουν ήδη συζητηθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, συνθέτουν τη δυναμική δομή της ΤΠΓΠ. Με βάση αυτήν, ο κατάλληλα καταρτισμένος εκπαιδευτικός είναι σε θέση να μετασχηματίζει μια δύσκολη έννοια ή ένα δύσκολα αντιληπτό φαινόμενο, και με τη χρήση των ΤΠΕ και της προστιθεμένης αξίας τους στη μαθησιακή διαδικασία, να τη διδάξει πιο αποτελεσματικά. Η ΤΠΓΠ υποστηρίζει τη μάθηση ατόμων με διαφορετικό μαθησιακό στυλ, προσφέροντας διάφορους τρόπους επεξεργασίας πληροφοριών, μετασχηματίζοντας το περιεχόμενο με πολλαπλές αναπαραστάσεις, χρησιμοποιώντας ποικιλία τεχνολογικών μέσων, ώστε μαθητές και τεχνολογία να αποτελούν ένα ενιαίο γνωστικό σύστημα (Angeli & Valanides, 2004 · Valanides & Angeli, 2008).

Μια προσεκτικά δομημένη προ-υπηρεσιακή, αλλά και ενδο-υπηρεσιακή κατάρτιση των εκπαιδευτικών που υποστηρίζει την ΤΠΓΠ, θα καθιστά τους εκπαιδευτικούς ικανούς να προβαίνουν σε Τεχνολογική Χαρτογράφηση, να εντοπίζουν δηλαδή όλα τα θετικά στοιχεία αλλά και τους περιορισμούς ενός τεχνολογικού εργαλείου που πρόκειται να χρησιμοποιήσουν για ένα διδακτικό σκοπό, να δημιουργούν και να χαρτογραφούν τις διασυνδέσεις μεταξύ του

εργαλείου, του περιεχομένου και των παιδαγωγικών αρχών με τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές, ώστε τελικά να οικοδομούν με βάση αυτό το χάρτη διδακτικές προσεγγίσεις (Angeli & Valanides, 2013). Ίσως τότε οι προσομοιώσεις να αποτελούν πολύτιμο εργαλείο στα χέρια τους, αφού θα είναι σε θέση να τις ενσωματώνουν πραγματικά και αποτελεσματικά στο διδακτικό τους έργο.

Σύμφωνα με τον Engeström (2000), η εισαγωγή μιας εκτενούς καινοτομίας στην εκπαίδευση, όπως είναι η εφαρμογή νέων αναλυτικών προγραμμάτων ή μιας διδακτικής καινοτομίας, διαταράσσει το όλο σύστημα της δραστηριότητας και, ενώ οι Nonaka και Takeuchi (1995) θεωρούν πως, όταν ο στόχος μιας εφαρμογής ορίζεται και επιβάλλεται από τους ανώτερους, γίνεται ευκολότερα αποδεκτός, με ελάχιστες αντιδράσεις του κοινωνικού συνόλου, φαίνεται ότι τα μέρη που αποτελούν το σύστημα (π.χ., οι εκπαιδευτικοί), και τα οποία αναμένεται να οδηγούν στην επιτυχή έκβαση του στόχου, διαδραματίζουν εξαιρετικά κρίσιμο ρόλο στην όλη δραστηριότητα. Στην περίπτωση όπου τα υποκείμενα αμφιβάλλουν για την αξία ή τη σημαντικότητα του στόχου, τότε δεν είναι πρόθυμα να λειτουργούν με τρόπο που ενισχύει τη θετική αλληλεπίδρασή τους με τα άλλα μέρη (εργαλεία, κοινότητα, κ.ά.) προς επίτευξη του σκοπού που επιδιώκεται. Είναι σε τέτοιες περιπτώσεις, που στο σύστημα εντοπίζονται εντάσεις και αντιφάσεις, οι οποίες, είτε θα οδηγήσουν στην απόρριψη της καινοτομίας-στόχου, είτε θα επιφέρουν ανατροπές και αναδιοργάνωση του συστήματος, που μπορεί εν τέλει να οδηγήσουν στην εξέλιξη και την επιθυμητή αλλαγή.

Στις σχολικές μονάδες Β και Γ, φάνηκε να υπάρχει στασιμότητα στο ζήτημα ενσωμάτωσης των ΤΠΕ, η οποία πηγάζει, πιθανότατα, από την αδυναμία των ιδίων των εκπαιδευτικών να εκτιμήσουν την αξία τους ως δυναμικό διδακτικό εργαλείο και να διεκδικήσουν τη δυνατότητα αξιοποίησής τους, η οποία, σύμφωνα πάντα με τους Κανόνες του συστήματος, θα έπρεπε να παρέχεται απρόσκοπτα. Οι στάσεις των εκπαιδευτικών καθορίζουν τις ισορροπίες στο όλο σύστημα δραστηριότητας και συνεπώς, θα πρέπει να εστιάζονται οι προσπάθειες και σε αυτή τη «γωνιά» του συστήματος, για να προωθείται η καινοτομία της αποτελεσματικής ενσωμάτωσης ΤΠΕ στην εκπαίδευση της Κύπρου. Η ενδο-υπηρεσιακή επιμόρφωση θα πρέπει να τροποποιηθεί και να παρέχεται, με σκοπό να βοηθά τους ψηφιακούς μετανάστες (εκπαιδευτικούς), να επικοινωνούν ουσιαστικά και αποτελεσματικά με τους ψηφιακούς

αυτόχθονες (μαθητές), αφού, σύμφωνα με τον Prensky (2001), είναι απαραίτητο να αναθεωρηθούν τόσο η διδακτική μεθοδολογία, όσο και το περιεχόμενο.

Οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί (Karagiorgi & Charalambous, 2006) διαπίστωσαν την ανάγκη η επαγγελματική τους ανάπτυξη να έχει άμεση σχέση με το περιεχόμενο και τις πρακτικές της τάξης και να ανταποκρίνεται στους διαθέσιμους πόρους των σχολικών μονάδων. Οι επιμορφωτές δεν πρέπει μόνο να «διδάσκουν,» αλλά να αναλαμβάνουν συμβουλευτικό ρόλο, και να παρέχουν διευκολύνσεις σε θέματα προγραμματισμού. Η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, σύμφωνα με τον O' Murchu (2005), θα πρέπει να παρέχεται σφαιρικά και όχι με τη μορφή ασύνδετων ενοτήτων, ενώ τονίζεται και η σημασία της συνεργασίας και της ανταλλαγής εμπειριών. Για τους λόγους αυτούς, δε θα πρέπει να περιορίζεται σε απλά σεμινάρια, αλλά να λαμβάνει εναλλακτικές μορφές, όπως η συμβουλευτική και η άτυπη ανταλλαγή πληροφοριών και εμπειριών εντός της σχολικής μονάδας, κάτι που προϋποθέτει την καλλιέργεια αντίστοιχης κουλτούρας εντός της σχολικής μονάδας. Ευκαιρίες, όπως τα αναπτυξιακά σχέδια δράσης εντός της σχολικής μονάδας, που θα εμπλέκουν τους εκπαιδευτικούς σε έρευνες δράσης εντός της τάξης, θα μπορούσαν επίσης να συνεισφέρουν στη βαθύτερη κατανόηση από μέρους των εκπαιδευτικών της αναγκαιότητας εφαρμογής καινοτόμων πρακτικών, με απώτερο στόχο τη βαθύτερη κατανόηση και την ευχάριστη εμπλοκή των μαθητών στη διαδικασία της μάθησης (Karagiorgi & Symeou, 2006).

Η συνεχής ενημέρωση και επιμόρφωση για τις ραγδαίες εξελίξεις στον τομέα της τεχνολογίας (π.χ., νέα λογισμικά) κρίνεται απαραίτητη για τον εκπαιδευτικό, όπως και η διαδικασία αποτελεσματικής ενσωμάτωσής τους στη διδακτική πράξη, όπως καθορίζεται από τη ΤΠΠΠ (Angeli & Valanides, 2009). Ίσως η διάκριση σε προ-υπηρεσιακή και ενδο-υπηρεσιακή επιμόρφωση να πρέπει να αντικατασταθεί με ένα συνεχές εκπαιδευτικής ανάπτυξης, που να βασίζεται στην αρχική εκπαίδευση, την καθιέρωσή της και την ενδο-υπηρεσιακή συνεχή επαγγελματική ανάπτυξη (Karagiorgi & Symeou, 2006). Πρώτιστα όμως πρέπει η επιμόρφωση να χαρακτηρίζεται από τη διασύνδεση θεωρίας, πράξης και έρευνας, την αλληλεπίδραση νεοεισερχόμενων και έμπειρων εκπαιδευτικών, και την ανατροφοδότηση από ενδο-υπηρεσιακά προγράμματα για τη διαμόρφωση των αντίστοιχων αρχικών προγραμμάτων επιμόρφωσης (Delannoy, 2000).

## Αντιφάσεις μεταξύ Υποκειμένων, Αντικειμένου-Στόχου και Κοινότητας

Αντίφαση εντοπίζεται επίσης μεταξύ του ιδίου του *Αντικειμένου* - Στόχου και των *Υποκειμένων* (εκπαιδευτικών). Οι εκπαιδευτικοί στα σχολεία Β και Γ εξέφρασαν τη δυσαρέσκειά τους για το γεγονός ότι «χάνεται πολύτιμος διδακτικός χρόνος εις βάρος της ύλης που έχουν να διδάξουν,» με αφορμή τις χρονοβόρες διαδικασίες που προέκυψαν σχετικά με τη χρήση των ΤΠΕ, για να χορηγηθούν οι ΣΠΜΡ. Προκύπτει ότι οι εκπαιδευτικοί αισθάνονται πίεση από το Αναλυτικό Πρόγραμμα και επιθυμούν να «καλύψουν ύλη,» όπως επιβεβαιώνουν οι Παραϊοαννου και Charalambous (2011). Ο Karasavvidis (2009) αναφέρθηκε επίσης στις δυσκολίες που προτάσσουν οι εκπαιδευτικοί, για την εφαρμογή προτεινόμενων τεχνολογικών καινοτομιών στην εκπαιδευτική διαδικασία, οι οποίες αφορούν κατά κύριο λόγο την έλλειψη χρόνου και το βαρυφορτωμένο αναλυτικό πρόγραμμα. Το γεγονός αυτό δημιουργεί αντίφαση με τους στόχους του ΝΑΠ και του όλου κεντρικού συστήματος δραστηριότητας, που στοχεύουν σε πολυδιάστατη εκπαίδευση και όχι μόνο σε προσφορά γνώσεων. Αυτό αποτελεί ένδειξη ότι η νεοεισαχθείσα, διακηρυγμένη εκπαιδευτική πολιτική, δεν «έφτασε» ακόμα στα άτομα τα οποία καλούνται να την υλοποιήσουν.

Το γεγονός ότι ορισμένοι γονείς των μαθητών, ως μέρος της *Κοινότητας* του συστήματος, δεν συγκατατέθηκαν στη συμμετοχή των παιδιών τους στη διαδικασία της έρευνας, δημιουργεί αντίφαση με το *Αντικείμενο-Στόχο*. Οι γονείς δε φάνηκε να αντιλαμβάνονται τη σημασία της συμμετοχής των παιδιών τους σε ερευνητικές διαδικασίες, τόσο για την απόκτηση βοηθητικών για τη μελλοντική τους ανάπτυξη εμπειριών, όσο και για τη συμβολή στην εξαγωγή συμπερασμάτων, που θα εξυπηρετούν το αντικείμενο-στόχο, δηλαδή την αποτελεσματικότερη μάθηση. Παράλληλα, οι αρνητικές τους απαντήσεις προκάλεσαν εντάσεις στο σύστημα, αφού η μη συμμετοχή αριθμού μαθητών στις προγραμματισμένες δραστηριότητες επέβαλλε τον αποκλεισμό τους από αυτές και την αναγκαστική απασχόλησή τους, για εκείνο το χρονικό διάστημα, κάπου αλλού στο σχολικό χώρο.

Η ερευνητική κουλτούρα φάνηκε επίσης να απουσιάζει από τις σχολικές μονάδες και αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως τριτοβάθμια αντίφαση στο σύστημα. Η εικόνα αυτή ενισχύθηκε από το γεγονός ότι οι μαθητές, ιδιαίτερα αυτοί που διδάχτηκαν με την παραδοσιακή μέθοδο και δεν είχαν την εμπειρία της εναλλακτικής διδασκαλίας, φάνηκε να μην αντιλαμβάνονται και να

μην εκτιμούν τη σπουδαιότητα της συμμετοχής τους και της συμβολής τους στην ερευνητική διαδικασία. Ως εκ τούτου, οι απαντήσεις τους ήταν ελλιπείς, βιαστικές και πρόχειρες, ενώ δε φάνηκε να δίνουν ιδιαίτερη σημασία στις οδηγίες του ΔΑΕ. Παράλληλα, δεν παρατηρήθηκαν ιδιαίτερες προσπάθειες από μέρους των εκπαιδευτικών να ενθαρρύνουν τη συμμετοχή των μαθητών ή να τονίσουν τη σημασία του έργου που τους ζητήθηκε να κάνουν.

Αντίθετα, οι μαθητές της ΠΟ, πιθανότατα επηρεασμένοι θετικά από την εναλλακτική διδασκαλία, αντιμετώπισαν με περισσότερη σοβαρότητα το ΔΑΕ και κατέβαλαν σημαντικές προσπάθειες να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις του. Η καλλιέργεια θετικών στάσεων προς την έρευνα, τους σκοπούς και τους στόχους της, θα πρέπει να αναπτύσσεται σε νεαρή ηλικία. Για να γίνει κάτι τέτοιο εφικτό, θα πρέπει οι ίδιοι οι μαθητές και, κατ' επέκταση οι γονείς τους, να αισθανθούν και να συνειδητοποιήσουν ότι οι ερευνητές χρειάζονται τη δική τους συμμετοχή και άποψη, ότι η συμβολή τους στη διαδικασία διεξαγωγής μιας έρευνας έχει βαρύτητα, είναι σημαντική και ότι τα αποτελέσματα θα ληφθούν υπόψη στα κέντρα λήψης απόφασης ή στη διαδικασία διαμόρφωσης πολιτικής που τους αφορά άμεσα (Thomas & O'Kane, 2000).

### **Εκπαιδευτικές Προεκτάσεις της Έρευνας**

Ο εναλλακτικός διδακτικός σχεδιασμός, εμπλουτισμένος με προσομοιώσεις του κυκλοφορικού συστήματος, που δοκιμάστηκε στα πλαίσια της έρευνας, φάνηκε να έχει θετικές επιδράσεις στην καλύτερη κατανόηση εννοιών που αφορούν το κυκλοφορικό σύστημα. Εντοπίζονται όμως σημαντικές ελλείψεις και αδυναμίες που θα πρέπει να ξεπεραστούν, για να είναι εφικτή η ευρύτερη εφαρμογή του στο εκπαιδευτικό σύστημα, δεδομένου ότι και το ίδιο το σύστημα θα είναι σε θέση να τον αποδεχτεί και να τον ενσωματώσει, αφού υπερβεί τις αντιφάσεις και τις εντάσεις που ήδη περιγράφηκαν.

Η διδακτική παρέμβαση κρίνεται επιτυχής, χρειάζεται όμως αναθεώρηση, για να αντιμετωπιστούν οι αδυναμίες και οι ελλείψεις της. Ο Hegarty (2004) υποστήριξε πως η διδασκαλία με τη χρήση προσομοιώσεων έχει συνήθως καλύτερα αποτελέσματα, λόγω των μεγαλύτερου αριθμού πληροφοριών που αυτές παρέχουν και είναι διαθέσιμες στον παρατηρητή-μαθητή, σε σύγκριση με τις πληροφορίες που παρέχονται από μια στατική

εικόνα. Οι προσομοιώσεις θα πρέπει να συμβάλλουν θετικά και αποτελεσματικά στην παρουσίαση ενός φαινομένου και, κατ' επέκταση, στην καλύτερη κατανόηση μιας διαδικασίας ή μιας λειτουργίας, όπως είναι η λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος, ή οι εναλλαγές του καιρού ή τα ηλεκτρικά κυκλώματα ή ο μηχανισμός του δυνάμου (γεννήτριας) του ποδηλάτου. Το μειονέκτημα μιας προσομοίωσης, σύμφωνα με τους Tversky και Bauer Morrison (2002), μπορεί να μην εστιάζεται στη γνωστική συνοχή μεταξύ του εννοιολογικού περιεχομένου και της οπτικής αναπαράστασης, αλλά να οφείλεται σε άλλους αντιληπτικούς και γνωστικούς περιορισμούς, κατά τη διαδικασία της εναλλαγής των οπτικών εικόνων.

Οι προσομοιώσεις, ως μια μορφή κινούμενων εικόνων, είναι φευγαλέες, εξαφανίζονται και, όπου είναι εφικτή η επανάληψή τους, συνήθως παρακολουθούνται και πάλι ενώ βρίσκονται σε κίνηση. Είναι πιθανό να μη γίνονται τα πάντα αντιληπτά, αφού οι εικόνες αλλάζουν ταυτόχρονα, γεγονός που επηρεάζει το πεδίο ή το σημείο που εστιάζει ο μαθητής, αλλά και τη χρονική στιγμή που το κάνει αυτό (Schnotz & Lowe, 2008). Οι άπειροι μαθητές δυσκολεύονται περισσότερο να εντοπίζουν και να επεξεργάζονται τα σωστά στοιχεία, επειδή η προσοχή τους μπορεί να αποσπάται από επιφανειακά, και άσχετα για την κατανόηση της έννοιας, χαρακτηριστικά, όπως είναι τα χρώματα και η ταχύτητα στην κίνηση (Lowe, 1999).

Σύμφωνα με τη θεωρία του γνωστικού φορτίου (Chandler & Sweller, 1991), η ταχύτητα στην εναλλαγή των εικόνων ίσως να αυξάνει το εξωγενές φορτίο, και αυτό να επηρεάζει την προσπάθεια που καταβάλλει ο μαθητής να διαχειριστεί τον αριθμό των στοιχείων που του προσφέρονται. Η συνειδητή προσπάθεια αναγνώρισης και εντοπισμού σχετικών και μη σχετικών πληροφοριών και η συσχέτιση με διάφορες μορφές παρουσίασης (π.χ., κείμενο και κινούμενη εικόνα) πιθανό να προκαλεί επιπλέον εξωγενές φορτίο στην εργαζόμενη μνήμη, γεγονός που δε συμβάλλει στη μάθηση. Αφήνεται έτσι ελάχιστο περιθώριο εργαζόμενης μνήμης για την επεξεργασία των πληροφοριών και την εξαγωγή συμπερασμάτων, άρα μειώνεται το εγγενές γνωστικό φορτίο (Paas, Renkl, & Sweller, 2003 · Ayres & Paas, 2007). Οι προσομοιώσεις, που αφορούσαν τις λειτουργίες του κυκλοφορικού συστήματος, χρησιμοποιήθηκαν στην εναλλακτική διδακτική προσέγγιση της παρούσας έρευνας, για να οπτικοποιήσουν μια αφηρημένη οντότητα και λειτουργία. Η απειρία των μαθητών, η έλλειψη προηγούμενης εμπειρίας, ή εξάσκησης, στον εντοπισμό και τη διαχείριση των πληροφοριών που παρέχονται μέσω τέτοιου είδους προβολών, ίσως τελικά να προκάλεσε αυξημένο

εξωγενές γνωστικό φορτίο και, ως εκ τούτου, οι μαθητές να μην κατάφεραν να διαχειριστούν περισσότερο αποτελεσματικά τις νέες πληροφορίες, αφού η εργαζόμενη μνήμη τους ήταν περιορισμένη.

Για να γίνουν οι προσομοιώσεις πιο αποτελεσματικές και να βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση των εννοιών στις οποίες οι μαθητές φάνηκε να έχουν αδυναμίες (π.χ., σύσταση και ρόλος του αίματος, διασύνδεση κυκλοφορικού με το αναπνευστικό και πεπτικό σύστημα), οι Tversky και Bauer Morrison (2002) πρότειναν την εφαρμογή της διαδραστικότητας, παράγοντα γνωστού για τη διευκόλυνση που προσφέρει στη μάθηση. Η δυνατότητα παύσης, επανεκκίνησης ή επαναπροβολής μιας προσομοίωσης, μπορεί να επιτρέπει στον μαθητή την πιο προσεκτική παρακολούθησή της και να του παρέχει τη δυνατότητα να εστιάζει την προσοχή του σε συγκεκριμένα σημεία και δράσεις. Προσομοιώσεις που επιτρέπουν τη μεγέθυνση, την εστίαση σε ένα μόνο σημείο με ταυτόχρονη μεγέθυνση, ίσως την προβολή εναλλακτικών προοπτικών μιας εικόνας ή τον έλεγχο στην ταχύτητα της προβολής, θα μπορούσαν να ενισχύσουν ακόμη περισσότερο την αντίληψη και την κατανόηση. Έτσι, θα είναι και εφικτό να επιλέγουν πού θα εστιάζουν, αγνοώντας σημεία που έχουν ήδη κατανοηθεί, για να εξοικονομούν και πολύτιμο χρόνο (Tversky & Bauer Morrison, 2002). Αυτά συγκλίνουν με τη γνωστική θεωρία της πολυμεσικής μάθησης του Mayer (2001, 2005), σύμφωνα με την οποία ο μαθητής είναι υπεύθυνος για τη δόμηση της δικής του γνώσης, αφού ο ίδιος επιλέγει ενεργά, οργανώνει και ενσωματώνει όλες τις σχετικές οπτικές και λεκτικές πληροφορίες που του προσφέρονται. Διαχειρίζεται επίσης από μόνος του, με αυτό τον τρόπο, το γνωστικό φορτίο που έχει να αντιμετωπίσει.

Τα έντονα χρώματα και τα γραφικά, τα οποία χαρακτήριζαν τις προσομοιώσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην εναλλακτική διδασκαλία, και η ταχύτητα της εναλλαγής των εικόνων, ίσως να υπήρξαν σοβαρός παράγοντας αποπροσανατολισμού των μαθητών, κατά τη διαδικασία παρακολούθησής τους, με αποτέλεσμα να συνάντησαν δυσκολία στην αποτελεσματικότερη αποκωδικοποίηση των σημαντικών πληροφοριών που αφορούσαν τους στόχους του μαθήματος. Για να είναι αποτελεσματικά τέτοια μέσα, ειδικά σε μαθητές ηλικίας δημοτικού, θα πρέπει να προβάλλονται αργά και να είναι ξεκάθαρα, ώστε οι παρατηρητές να αντιλαμβάνονται τις κινήσεις, τις αλλαγές και το χρόνο που χρειάζεται για να γίνουν αυτές, και να εντοπίζονται οι εναλλαγές μεταξύ των μερών ή των διαδοχικών γεγονότων (Tversky &

Bauer Morrison, 2002). Μια προσομοίωση καλύτερα να τείνει προς μια σχηματική απεικόνιση, αντί σε ρεαλιστική, κάτι που οι προγραμματιστές δε θεωρούν φυσικό, αφού οι ίδιοι τείνουν προς το γραφικό πλούτο και ρεαλισμό. Η ενσωμάτωση διαφόρων γραφικών συμβόλων, όπως είναι τα βέλη ή οι κύκλοι, ίσως να είναι επίσης απαραίτητα, για να κατευθύνουν την προσοχή του μαθητή σε κρίσιμες αλλαγές και σχέσεις, ταυτόχρονα με την παρουσίασή τους.

Οι Renkl και Atkinson (2007) είχαν επίσης προτείνει όπως η επεξεργασία των πληροφοριών γίνεται πιο εστιασμένα, εμπλέκοντας το μαθητή σε μια ταυτόχρονη διαδικασία παραγωγής δικών του επεξηγήσεων, π.χ., ζητώντας από τους μαθητές να παρατηρούν, να εντοπίζουν στοιχεία, να κάνουν συγκρίσεις και να απαντούν σε ερωτήματα. Μια εστιασμένη εσωτερική διεργασία, που θα επιτρέπει στο μαθητή να αυξάνει σταδιακά τα επίπεδα κατανόησής του για όλα τα μέρη που εναλλάσσονται στην κινούμενη εικόνα και εν τέλει να οικοδομεί μια εσωτερική αναπαράσταση του όλου συστήματος που παρακολούθησε. Εάν μάλιστα αυτό, γίνεται σε συνδυασμό με την παροχή επεξηγήσεων από τον εκπαιδευτικό και την παρουσία υποτίτλων ή λεκτικών επεξηγήσεων στην προβολή, μπορεί να βελτιώνουν περισσότερο τα μαθησιακά αποτελέσματα (De Koning, Tabbers, Rikers, & Paas, 2010β). Περιορίζοντας και καθορίζοντας το πεδίο έρευνας μιας προβολής και κατευθύνοντας την προσοχή του μαθητή σε συγκεκριμένα μέρη της κινούμενης εικόνας, αυτός ωθείται να διαφοροποιεί τις σχετικές και τις άσχετες πληροφορίες. Η διαδικασία οπτικού εντοπισμού μιας πληροφορίας, ως εξωγενές γνωστικό φορτίο μειώνεται, και το εγγενές γνωστικό φορτίο αυξάνεται, αφού ο μαθητής αφοσιώνεται σε αναγκαίες για τη μάθηση διεργασίες (De Koning, Tabbers, Rikers, & Paas, 2010α).

Με βάση την προηγούμενη συζήτηση, οι προσομοιώσεις που περιλήφθηκαν στην εναλλακτική διδασκαλία θα μπορούσαν να τύχουν εμπλουτισμού με ειδικούς συμβολισμούς, για να κατευθύνουν την προσοχή των μαθητών στα κρίσιμα σημεία, ενώ ο εκπαιδευτικός θα μπορούσε να παρέχει περαιτέρω πληροφόρηση κατά τη διάρκεια της προβολής. Σύμφωνα με τον Vygotsky (Harland, 2003· Lui, 2012), οι μαθητές, όταν τύχουν της κατάλληλης καθοδήγησης (scaffolding) από ένα άτομο που γνωρίζει καλύτερα μια έννοια, όπως ο εκπαιδευτικός, μπορούν να μεταπηδούν από το επίπεδο νοητικής σκέψης στο οποίο βρίσκονται, σε ένα ανώτερο επίπεδο, το οποίο θα τους βοηθά να κατανοούν καλύτερα την



έννοια ή το έργο. Θα είναι σε θέση, δηλαδή, να επεξεργάζονται έννοιες και να ολοκληρώνουν έργα στη ζώνη επικείμενης ανάπτυξής τους, τα οποία δε θα μπορούσαν να προσεγγίσουν, αν δεν τύγχαναν της κατάλληλης καθοδήγησης από ένα άτομο που κατέχει καλύτερα τις έννοιες αυτές.

Ιδανική λύση θα ήταν εάν γίνονταν εφικτές κάποιες διαφοροποιήσεις του λογισμικού πίσω από τις προσομοιώσεις, ώστε να παρέχουν την αναγκαία διαδραστικότητα. Αφού κάτι τέτοιο δεν είναι εύκολο για έναν εκπαιδευτικό, χωρίς εξειδικευμένες γνώσεις προγραμματισμού, η προβολή των προσομοιώσεων θα μπορούσε να γίνεται εξατομικευμένα ή σε δυνάδες μαθητών, σε εργαστήριο ηλεκτρονικών υπολογιστών, δεδομένου ότι η βασική δομική μονάδα του εκπαιδευτικού συστήματος δραστηριότητας, που ονομάζεται «*Εργαλεία*» και αφορά στις υποδομές και τον εξοπλισμό μιας σχολικής μονάδας, θα είναι σε θέση να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις μιας τέτοιας διαδικασίας. Έτσι ο μαθητής θα έχει τη δυνατότητα να προβάλλει ξανά, ή να σταματά τη ροή, ή να επιστρέφει σε προηγούμενο σημείο, ή να ελέγχει την ταχύτητα προβολής, απλές ρυθμίσεις που παρέχονται με σχετική ευκολία σε ένα προσωπικό ηλεκτρονικό υπολογιστή. Ίσως, με αυτόν τον τρόπο, να εξασφαλίζεται σε μεγαλύτερο βαθμό η ενεργός εμπλοκή του μαθητή και να ελαχιστοποιείται κάθε περιττό εξωγενές γνωστικό φορτίο.

Ένας διδακτικός σχεδιασμός που ενσωματώνει ΤΠΕ θα πρέπει επίσης να λαμβάνει υπόψη το νοητικό επίπεδο και τις αντίστοιχες ικανότητες των μαθητών στους οποίους απευθύνεται, ώστε να ανταποκρίνεται τόσο στις ανάγκες τους, όσο και στη διαφορετικότητά τους. Ο Ρήγας (2007) αναφέρει ότι, στο κυπριακό εκπαιδευτικό σύστημα, πολλές από τις νοητικές λειτουργίες των μαθητών αρχίζουν να καλλιεργούνται συστηματικά στις πρώτες τάξεις του γυμνασίου, παρόλο που αρχίζουν να αναδεικνύονται και στο δημοτικό σχολείο. Στο μάθημα των μαθηματικών, για παράδειγμα, εντοπίζονται δείγματα δραστηριοτήτων που αφορούν ανώτερες γνωστικές δεξιότητες, όπως η αναλογική σκέψη ή η συνδυαστική σκέψη. Φαίνεται, όμως, ότι αυτές καλλιεργούνται αποσπασματικά και αποκομμένα από τα υπόλοιπα μαθήματα και δεν προσφέρονται στους μαθητές τα απαιτούμενα μεταγνωστικά εφόδια, που θα τους βοηθούν να μεταφέρουν τη γνώση αυτή σε άλλα γνωστικά πεδία.

Όσον αφορά στο περιεχόμενο της διδακτικής προσέγγισης, αυτό θα πρέπει να εμπλουτιστεί ώστε να ενισχύει τη βαθύτερη κατανόηση, από μέρους των μαθητών, ζητημάτων που άπτονται της υγείας και της διατήρησής της. Σύμφωνα με τους Jere και Nevzer (1997), οι σωστές και ολοκληρωμένες επιστημονικές γνώσεις θα πρέπει να καθοδηγούν το μαθητή σε μια ορθή διαδικασία λήψης απόφασης, για μια πιο υγιή ζωή. Όπως ήδη αναφέρθηκε, η συσχέτιση του κυκλοφορικού συστήματος με το αναπνευστικό σύστημα και το πεπτικό σύστημα δε φάνηκε να είναι ιδιαίτερα εύκολη για τους μαθητές. Αναγνωρίζουν το ρόλο του αίματος στη μεταφορά θρεπτικών ουσιών σε όλο το σώμα, αλλά δεν είναι σε θέση να προβαίνουν σε επαγωγικά συμπεράσματα, για να κατανοούν ότι, με αντίστοιχο τρόπο, όλες οι βλαβερές ουσίες (π.χ., η νικοτίνη από το κάπνισμα, τα ναρκωτικά και το αλκοόλ) μεταφέρονται σε όλο το σώμα, αφού εισέλθουν στο αίμα. Αυτή τους η δυσκολία επηρεάζει άμεσα το βαθμό κατανόησης των επιπτώσεων κάθε είδους κατάχρησης, αλλά και των καθημερινών συνηθειών του σύγχρονου τρόπου ζωής, στην υγεία του κυκλοφορικού συστήματος, της καρδιάς και του ανθρώπινου οργανισμού, γενικότερα.

Αφού η επίσημη πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης στοχεύει στην πρόληψη των ασθενειών, στην προαγωγή πιο υγιεινού τρόπου ζωής και στην προώθηση της ενημέρωσης και της εκπαίδευσης σε θέματα υγείας (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2013), η εκπαίδευση οφείλει να αποτελεί σημαντικό μοχλό για την επίτευξη αυτών των στόχων. Ο γραμματισμός της υγείας (health literacy), όπως καθορίζουν οι Toerperwein κ.ά., (2008), αποτελεί πλέον το θεμέλιο για την πρόληψη των ασθενειών και τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων που αυτές επιφέρουν στην οικονομία ενός κράτους. Το πρόβλημα της παιδικής παχυσαρκίας, για παράδειγμα, λαμβάνει ανησυχητικές διαστάσεις στο δυτικό κόσμο – πλέον και στον ανατολικό - όχι μόνο για τη σωματική υγεία των παιδιών, αλλά και για την ψυχική τους κατάσταση, αφού τα υπέρβαρα ή παχύσαρκα παιδιά παρουσιάζουν χαμηλή αυτοεκτίμηση, κοινωνική απομόνωση και, όσον αφορά τις κοπέλες, δυσκολία στην οικογενειακή αποκατάσταση, ενώ σχετίζεται άμεσα με την παχυσαρκία ενηλίκων (Κουρίδης, κ.ά., 2000· Σάββα, Τορναρίτης, Χατζηγεωργίου, Κουρίδης, Σιαμούνη, & Επιφανίου-Σάββα, 1999).

Κατά τις δεκαετίες 1999-2000 και 2009-10, σύμφωνα με τους Savva, Kourides, Hadjigeorgiou και Tornaritis (2014α), παρατηρήθηκε αύξηση στο βάρος, αλλά και στην τάση για παχυσαρκία στα παιδιά και τους εφήβους ηλικίας 6-17 χρόνων στην Κύπρο, κυρίως όσων

κατοικούσαν σε αγροτικές περιοχές, γεγονός που παρατηρήθηκε και σε άλλες αναπτυγμένες χώρες (Sjöberg, Moraesus, Yngve, Poortvliet, Al-Ansari, & Lissner, 2011). Ακριβώς το αντίθετο παρατηρήθηκε να συμβαίνει σε αναπτυσσόμενες χώρες, όπου η τάση για παχυσαρκία εντοπίστηκε να είναι αυξημένη στις αστικές περιοχές (Jafar, Qadri, Islam, Hatcher, Bhutta, & Chaturvedi, 2008).

Δεδομένου ότι η συχνότητα της παχυσαρκίας είναι σχετικά χαμηλή σε παιδιά προσχολικής ηλικίας, κορυφώνεται στα παιδιά σχολικής ηλικίας και, στη συνέχεια, μειώνεται απότομα στα κορίτσια και λιγότερο στα αγόρια εφηβικής ηλικίας, προκύπτει ότι η εφαρμογή αποτελεσματικών μέτρων πρόληψης της παχυσαρκίας και των επιπτώσεών της θα πρέπει να επικεντρώνονται στα παιδιά σχολικής ηλικίας (Cattaneo, Monasta, Stamatakis, Lioret, Castetbon, Frenken, Manios, Moschonis, Savva, Zaborskis, Rito, Nanu, Vingerova, Caroli, Ludvigsson, Koch, Serra-Majem, Szponar, van Lenthe, & Brug, 2010).

Οι Grossman και Kaestner (1997) είχαν διακρίνει τα «εξωτερικά εκπαιδευτικά οφέλη», οφέλη τα οποία επιδρούν στο κοινωνικό σύνολο και όχι αποκλειστικά στο ίδιο το άτομο. Είναι δηλαδή η ικανότητα ενός μορφωμένου ανθρώπου να αποφεύγει τη διάδοση και την εξάπλωση ασθενειών και να σέβεται το περιβάλλον και τη ζωή των συνανθρώπων του. Αντίθετα, στην κατηγορία «αδιωτικά εκπαιδευτικά οφέλη» είχαν τοποθετήσει την ικανότητα του ατόμου να κερδίζει πολλά χρήματα, να ζει πολλά και υγιή χρόνια, μόνο και μόνο επειδή έχει την οικονομική ευχέρεια να στηρίζεται σε νοσηλευτικά σχέδια, γεγονός που υποστηρίζει και η Cunningham (2006), και να αποφεύγει ζημιολύγες περιβαλλοντικές επιδράσεις. Όσοι ασχολούνται με την ανάπτυξη παρεμβατικών προληπτικών προγραμμάτων θα πρέπει να εστιάζουν στην πρώτη κατηγορία εκπαιδευτικών οφελών (Grossman & Kaestner, 1997). Έτσι, και οι συγγραφείς αναλυτικών προγραμμάτων θα πρέπει να λαμβάνουν ουσιαστικά υπόψη την κατάσταση που επικρατεί στις σχολικές τάξεις και τις υπάρχουσες καταστάσεις, τόσο εντός της χώρας μας, όσο και σε ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο, και να αναθεωρούν κάποιες αδυναμίες ή ελλείψεις που παρατηρούνται στα υφιστάμενα προγράμματα σπουδών, ώστε να συμβάλλουν σε ένα στρατηγικό σχεδιασμό πρόληψης των προβλημάτων που αναφέρθηκαν.

Τα αποτελέσματα της έρευνας παραπέμπουν στην αδυναμία της αλληλεπίδρασης μεταξύ δύο διαφορετικών, αλλά με κοινούς στόχους και επιδιώξεις, προγραμμάτων σπουδών, όπως έχουν καθοριστεί από τα Νέα Αναλυτικά Προγράμματα (ΥΠΠ, 2010): το πρώτο αφορά το πρόγραμμα σπουδών των Φυσικών Επιστημών και το δεύτερο αφορά το πρόγραμμα σπουδών της Αγωγής Υγείας. Οι επιδιώξεις στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών εστιάζονται κυρίως στην απόκτηση των βασικών γνώσεων που αφορούν τη λειτουργία του ανθρώπινου σώματος, ενώ στο μάθημα Αγωγής Υγείας αναμένεται να γίνονται οι προεκτάσεις που αφορούν την ανάπτυξη των αναγκαίων δεξιοτήτων και στάσεων, που θα οδηγούν στις ορθές επιλογές διαβίωσης και περιλαμβάνουν τη σωστή διατροφή και τη συχνή άσκηση, για να διατηρείται η ευεξία και η υγεία στα αποδεκτά επίπεδα, και να περιορίζεται η εμφάνιση ανεπιθύμητων καταστάσεων, όπως η παχυσαρκία, η υπέρταση κ.λπ. Μια καλή και αποτελεσματική πρακτική θα ήταν οι δύο αυτές κατηγορίες επιδιώξεων να εναρμονίζονταν, ώστε οι επιστημονικές γνώσεις που παρέχουν οι Φυσικές Επιστήμες να αποκτούν νόημα στο πλαίσιο της Αγωγής Υγείας και να γίνονται τελικά συνήθειες ζωής.

Η αξιοποίηση των ΤΠΕ υπό μία άλλη οπτική, εκμεταλλευόμενη τις γνώσεις και τις δεξιότητες των ψηφιακά αυτοχθόνων μαθητών, θα μπορούσε να συμβάλει προς αυτή την κατεύθυνση, ώστε οι μαθητές να έχουν πραγματική πρόσβαση στο ίδιο το σώμα τους. Η εξέλιξη στον τομέα της ιατρικής, όσον αφορά την απεικόνιση του εσωτερικού του ανθρώπινου σώματος, σε συνδυασμό με την ενσωμάτωση νέων ΤΠΕ στον τομέα της εκπαίδευσης, ίσως να αποτελούσαν ένα δίδυμο για την αποτελεσματικότερη κατανόηση των τόσο δύσκολων και δυσπρόσιτων εννοιών που αφορούν το εσωτερικό του ανθρώπινου σώματος. Το υπερηχογράφημα, για παράδειγμα, ενός καρδιολόγου, που απεικονίζει τρισδιάστατα και έγχρωμα, πλέον, το εσωτερικό της καρδιάς, ενώ εργάζεται, και το οποίο συμβάλλει στην προσεκτική αξιολόγηση της λειτουργίας της καρδιάς από τον ειδικό, θα μπορούσε μέσω μιας διαδικτυακής σύνδεσης και μιας ηλεκτρονικής ταμπλέτας (tablet) – που τόσο εύκολα πλέον χειρίζονται και διαθέτουν αρκετοί μαθητές - να είναι προσβάσιμο στο μαθητή εν ώρα μαθήματος. Εάν μάλιστα προκύψει η συνεργασία εκπαιδευτικού και ειδικού ιατρού, τότε μπορεί να βοηθούνται οι μαθητές να αξιοποιούν τη ζώνη επικείμενης ανάπτυξής τους, όσον αφορά αυτό το μαθησιακό τομέα.

Τα κοινωνικά οφέλη της εκπαίδευσης θα πρέπει να γίνονται πράξη: η μακροζωία είναι μεν επιθυμητή, αρκεί να χαρακτηρίζεται και από ευζωία. Η οικονομική επιβάρυνση του κράτους, και κατ' επέκταση του κοινωνικού συνόλου, από τους πιθανούς μελλοντικούς ασθενείς θα πρέπει, μακροπρόθεσμα, και με στοχευμένες δράσεις που εμπλέκουν και το εκπαιδευτικό σύστημα, να παρουσιάζει πτωτικές τάσεις. Οι μελλοντικοί πολίτες, τα σημερινά παιδιά, οφείλουν να αντιστέκονται και να μη γίνονται έρμαιο μιας ανηλεούς διαφημιστικής εκστρατείας ανθυγιεινών διατροφικών επιλογών, έχοντας ως εφόδια την αναπτυγμένη κριτική θεώρηση, την απαραίτητη γνώση, αλλά και τις στάσεις για αξίες και ηθικές αρχές, ένα καθαρά κοινωνικό έργο που η εκπαίδευση έχει να επιτελέσει. Άλλωστε, και σύμφωνα πάντα με τον Engeström (1987), ένα σύστημα δραστηριότητας, όπως είναι το εκπαιδευτικό, καθορίζεται από ατομικά και συλλογικά αδιέξοδα. Αφού το κάθε άτομο αποτελεί μέλος μιας συλλογικής ομάδας, η συμβολή του στην επιτυχία μιας συλλογικής αλλαγής είναι δεδομένη. Ένα σύστημα δεν πρέπει απλά να γίνεται αποδεκτό όπως είναι μια δεδομένη στιγμή, αλλά συνεχώς να γίνονται προσπάθειες για αλλαγές. Η συλλογική εμπλοκή αυξάνει τις δυνατότητες του συστήματος και διευρύνει τη ζώνη επικείμενης ανάπτυξης, τόσο για την ατομική ανάπτυξη και μάθηση, όσο και για τους συστημικούς μετασχηματισμούς, που θα επιφέρουν τα προσδοκώμενα και μακροπρόθεσμα αποτελέσματα σε όλο το σύστημα (Roth, 2004).

### **Περιορισμοί της Έρευνας**

Τα αποτελέσματα της έρευνας είναι σημαντικά, αφού φαίνεται ότι η εναλλακτική διδακτική παρέμβαση είχε επιτυχία. Θα πρέπει όμως να συνυπολογιστούν οι περιορισμοί της συγκεκριμένης έρευνας, οι οποίοι επικεντρώνονται κυρίως στον αριθμό των μαθητών που συμμετείχαν. Τα 6 τμήματα Στ' τάξης επιλέγηκαν ως δείγμα ευκολίας, από τρία μεγάλα σχολεία της Λευκωσίας, τα οποία διέθεταν ξεχωριστό και πλήρως εξοπλισμένο εργαστήριο ΗΥ. Ως εκ τούτου, τα αποτελέσματα που προέκυψαν θα ήταν χρήσιμο να επιβεβαιωθούν από μεγαλύτερης κλίμακας ανάλογες έρευνες, ώστε να εξάγονται πιο ασφαλή συμπεράσματα, που να επιτρέπουν τη γενίκευσή τους στο σύνολο του μαθητικού πληθυσμού.

Η μικρή χρονική διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης αποτελεί επίσης σημαντικό περιορισμό, οπότε, σε επόμενες έρευνες με διαφορετικό σχεδιασμό, θα ήταν ιδανικό εάν οι διδακτικές παρεμβάσεις ήταν μακρόχρονες και μπορούσαν να περιλαμβάνουν την εξ αρχής

επιμόρφωση των εκπαιδευτικών της τάξης, ώστε αυτοί να εφαρμόζουν την καινοτόμο διδακτική παρέμβαση κατά τη διάρκεια των μαθημάτων τους. Η διδασκαλία της ενότητας για το κυκλοφορικό σύστημα, με την παραδοσιακή προσέγγιση, πραγματοποιήθηκε στις ομάδες ελέγχου από τον υπεύθυνο εκπαιδευτικό της τάξης, με την προϋπόθεση ότι θα ακολουθούσε πιστά την πορεία που πρότειναν τα διδακτικά εγχειρίδια. Αντίθετα, στις πειραματικές ομάδες, η διδασκαλία με τη χρήση προσομοιώσεων πραγματοποιήθηκε και στα τρία τμήματα από τον ίδιο εκπαιδευτικό, γεγονός που, εξουδετερώνει μεν, την επίδραση του διαφορετικού εκπαιδευτικού στις επιδόσεις των μαθητών, αποτελεί όμως βασικό περιορισμό για την επιλογή μεγαλύτερου δείγματος, αφού κάτι τέτοιο θα απαιτούσε αυξημένα χρονικά όρια.

### **Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα**

Έρευνες με αντίστοιχο περιεχόμενο, αλλά με διαφορετικούς σχεδιασμούς, θα πρέπει να πολλαπλασιαστούν, δεδομένου ότι και η βιβλιογραφία σε παρόμοια θεματολογία δεν είναι ιδιαίτερα πλούσια. Η διακρίβωση του βαθμού συμφωνίας της επίσημα διακηρυγμένης εκπαιδευτικής πολιτικής με τα τελικά μαθησιακά αποτελέσματα, ιδιαίτερα στον τομέα των φυσικών επιστημών και της φυσιολογίας του ανθρώπινου σώματος, μέσω ερευνητικών προγραμμάτων, θα αποτελούσαν μια μορφή αξιολόγησης του τι συμβαίνει στην πραγματικότητα μέσα στο εκπαιδευτικό σύστημα, ενεργώντας ως διαμορφωτική αξιολόγηση των αναλυτικών προγραμμάτων. Θα μπορούσαν επίσης να αξιολογηθούν ερευνητικά, διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις, για την ενότητα «κυκλοφορικό σύστημα» και την αλληλεπίδρασή του με άλλα συστήματα, οι οποίες να προάγουν κυρίως τη διασύνδεσή του με το πεπτικό και το αναπνευστικό σύστημα.

Φαίνεται, εκ των πραγμάτων, ότι οι προσομοιώσεις που χρησιμοποιήθηκαν χρειάζεται να βελτιωθούν, ώστε να καταστούν αποτελεσματικές για όλες τις επιμέρους μεταβλητές. Άρα, η ενσωμάτωση διαφόρων μορφών ΤΠΕ (π.χ., βελτιωμένων και αναβαθμισμένων προσομοιώσεων) στη διδασκαλία, αφού προηγηθεί ο εντοπισμός των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών, ή ακόμη και η χρήση προσεκτικά δομημένων αναλογιών σε ένα οικοδομιστικό διδακτικό σχεδιασμό, θα μπορούσε να αποτελέσει το ερευνητικό αντικείμενο, με μεγαλύτερα δείγματα μαθητών.

Οι επιδράσεις των ΤΠΕ, και ειδικότερα των προσομοιώσεων, στη μακρόχρονη μνήμη των μαθητών θα μπορούσαν να αξιολογηθούν διαχρονικά, με τη συγκριτική αξιολόγηση μαθητών που διδάχτηκαν με τη χρήση ΤΠΕ, σε τακτά χρονικά διαστήματα (π.χ., δύο μήνες μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας, 5 μήνες και ένα χρόνο μετά), για βασικές έννοιες που αφορούν τη δομή και τη λειτουργία του κυκλοφορικού συστήματος και τη διασύνδεσή του με άλλα συστήματα.

Το μοντέλο της συστημικής διδασκαλίας του ανθρώπινου σώματος, όπως προτείνεται από τους Liu και Hmelo-Silver (2009), και το μοντέλο της αποσυναρμολόγησης του Gellert (1962), θα μπορούσαν να αποτελέσουν αντικείμενο έρευνας για την αποτελεσματικότητά τους στο βαθμό κατανόησης του κυκλοφορικού συστήματος και τη διασύνδεσή του με το αναπνευστικό και το πεπτικό σύστημα. Θα μπορούσε επίσης να καθοριστεί ο βαθμός αλληλεπίδρασης των δύο διδακτικών μοντέλων και να διαμορφωθεί το ανάλογο μικτό μοντέλο διδακτικής προσέγγισης, που θα διευκολύνει τη μάθηση και που θα συμβάλλει στην πιθανή αναθεώρηση, όχι μόνο του περιεχομένου, αλλά και των στόχων και επιδιώξεων των Αναλυτικών Προγραμμάτων.

Οι απόψεις, οι στάσεις, αλλά και οι γνώσεις μαθητών, γονέων και εκπαιδευτικών, σχετικά με θέματα που άπτονται της υγείας, της διατήρησής της και του ρόλου της εκπαίδευσης σε αυτόν τον τομέα, θα μπορούσαν να αποτελέσουν αντικείμενο έντονης ερευνητικής προσπάθειας, που θα βοηθούσαν στον προσεκτικό σχεδιασμό επιμορφωτικών προγραμμάτων, πρώτιστα για γονείς και για εκπαιδευτικούς, με απώτερο στόχο τον γραμματισμό για την υγεία, που θα καθορίσει την υγεία του πληθυσμού των επόμενων γενεών με ευεργετικά κοινωνικά και ατομικά οφέλη, όπως είναι η μείωση των δαπανών του κράτους για καταστάσεις νοσηρότητας, που σχετίζονται με λανθασμένες επιλογές διαβίωσης (π.χ., κακή διατροφή, μειωμένη φυσική δραστηριότητα), αλλά και την ταυτόχρονη εξασφάλιση της μακροζωίας και της ευζωίας, του κάθε ατόμου ξεχωριστά.

Οι στάσεις και οι απόψεις των εκπαιδευτικών, αλλά και των μαθητών, για τις ΤΠΕ στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών θα μπορούσαν επίσης να διερευνηθούν υπό το πρίσμα της θεωρίας της δραστηριότητας, και να γίνουν συγκεκριμένες προτάσεις, για να αναθεωρηθεί το σύστημα και να καταστεί πιο δεκτικό σε καινοτομίες ή για να γίνει εφικτή η παροχή της

ορθής προ-υπηρεσιακής, αλλά και ενδο-υπηρεσιακής, επιμόρφωσης και κατάρτισης των εκπαιδευτικών.

ΧΡΙΣΤΙΑΝΑ Μ. ΧΡΙΣΤΟΥ



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Αγγλική

- Ayres, P., & Paas, F. (2007). Making instructional animations more effective: a cognitive load approach. *Applied Cognitive Psychology*, 21, 695-700
- Ainsworth, S., & VanLabeke, N. (2004). Multiple forms of dynamic representation. *Learning and Instruction*, 14, 241–255.
- Alexander, K. L., Entwisle, D. R., & Bedinger, S. D. (1994). When expectations work: race and socioeconomic differences in school performance, *Social Psychology Quarterly*, 57(4), 283–299
- Alkhaldeh, S.A. (2007). Facilitating conceptual change in ninth grade students' understanding of human circulatory system concepts, *Research in Science and Technological Education*, 25, (3), 371-385.
- Anderson, C.W., & Smith, E.L. (1987). Teaching science. In V. Richardson-Koehler (Ed.), *Educator's handbook—a research perspective* (pp. 84–111). New York: Longman.
- Androustos, G., Karamanou, M. & Stefanadis, Ch. (2012). William Harvey (1578-1657): Discoverer of Blood Circulation, *Hellenic Journal of Cardiology*, 53, 6-9
- Angeli, C., & Valanides, N. (2004). Examining the effects of text-only and text-and-visual instructional materials on the achievement of field-dependent and field-independent learners during problem-solving with modelling software. *Educational Technology Research and Development*, 52, (4), 23-36
- Angeli, C., & Valanides, N. (2005). Preservice teachers as ICT designers: An instructional design model based on an expanded view of pedagogical content knowledge. *Journal of Computer-Assisted Learning*, 21, (4), 292–302.
- Angeli, C., & Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT–TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Computers & Education*, 52, 154–168
- Angeli, C., & Valanides, N. (2013). Technology Mapping: An approach for developing technological pedagogical content knowledge. *Journal of Educational Computing Research*, 48, (2), 199-221.
- Appleton, K., & Kindt, I. (2002). Beginning elementary teachers' development as teachers of science. *Journal of Science Teacher Education*, 13, 43-61
- Arnaudin, M. W., & Mintzes, J. J. (1985). Students' alternative conceptions of the human circulatory system: a cross-age study. *Science Education*, 69, (5), 721-733.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: A cognitive view*, New York: Holt, Rinehart & Winston
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556–559

- Bahar, M. (2003). Misconceptions in Biology Education and conceptual change strategies. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 3 (1), 27-64
- Bahar, M., Ozel, M., Prokop, P., & Usak, M. (2008). Science student teachers' ideas of the heart, *Journal of Baltic Science Education*, 7 (2), 78-85
- Bajd, B., & Krnel, D. (2010). Circulatory system. In Valanides, N. (Ed.). *Teacher professional development*, (Sophia, 128958-CP-1-2006-1-FR-COMENIUS-C21-SOPHIA). (pp. 182-200), Nicosia: University of Cyprus, Department of Education.
- Barab, S., Barnett, M., & Squire, K. (2002). Developing an empirical account of a community of practice: Characterizing the essential tensions. *The Journal of the Learning Sciences*, 11, (4), 489-542.
- Bayraktar, S. (2001). A Meta-analysis of the Effectiveness of Computer-Assisted Instruction in Science Education, *Journal of Research on Technology in Education*, 34, (2), 173-188, DOI: 10.1080/15391523.2001.10782344
- Becker, H. J. (2000). Who's wired and who's not: children's access to and use of computer technology, *Future of Children*, 10, (2), 44-75.
- Ben-Zvi Assaraf, O., Dodick, J., & Tripto, J. (2011). High school students' understanding of the human body system, *Research in Science Education*
- Benjafield, J. G. (1993). *Cognition*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc
- Black, P., & Harlen, W. (1993). How can we specify concepts for primary science? In Black, P.J. & Lucas, A.M. (Eds.) *Children's informal ideas in science*, London: Routledge.
- Blin, F., & Munro, M. (2008). Why hasn't technology disrupted academics' teaching practices? Understanding resistance to change through the lens of activity theory, *Computers & Education*, 50, 475-490
- Bloom, J.W. (1990). Contexts of meaning: young children's understanding of biological phenomena. *International Journal of Science Education*, 12, (5), 549-561
- Braund, M. (1991). Children's Ideas in classifying animals, *Journal of Biological Education*, 25, (2), 103-110
- Brook, A. & Driver, R. (1989). *Progression in Science: The development of pupils' understanding of physical characteristics of air across the age range 5-16 years*. Children's Learning in Science Project, University of Leeds.
- Brouwers, S., Van de Vijver, F., & Van Hemert, D. (2009). Variation in Raven's Progressive Matrices scores across time and place, *Learning and Individual Differences*, 19, 330-338
- Buckley, B. (2000). Interactive multimedia and model-based learning in biology, *International Journal of Science Education*, 22, 895-935
- Bundy, D. A. P., & Guyatt, H. L. (1997). Health Inequalities in Modern Societies and Beyond, *Social Science & Medicine*, (44), 6, 801-808

- Burgess, S. R., Hecht, S. A., & Lonigan, C. J. (2002). Relations of the home literacy environment (HLE) to the development of reading-related abilities: A one-year longitudinal study. *Reading Research Quarterly, 37* (4), 408-426
- Carey, S. (1985). *Conceptual Change in Childhood*, Massachusetts: MIT Press.
- Carvalho, H. (2009). Active teaching and learning for a deeper understanding of physiology, *Advances in Physiology Education, 33*, 132-133
- Cattaneo, A., Monasta, L., Stamatakis, E., Lioret, S., Castetbon, K., Frenken, F., Manios, Y., Moschonis, G., Savva, S.C., Zaborskis, A., Rito, Al., Nanu, M., Vingerova, J., Caroli, M., Ludvigsson, J., Koch, F.S., Serra-Majem, L., Szponar, L., van Lenthe, F., & Brug, J. (2010). Overweight and obesity in infants and pre-school children in the European Union: a review of existing data. *Obesity Reviews, 11*, 389-398
- Chandler, M., & Lalonde, C. E. (1994). Surprising, magical, and miraculous turns of events: Children's reactions to violations of their early theories of mind and matter. *British Journal of Developmental Psychology, 12*, 83-96.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction, 8*, 293-332.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction, 12*, 185-233.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1996). Cognitive load while learning to use a computer program. *Applied Cognitive Psychology, 10*, 151-170.
- Charalambous, K., & Karagiorgi, Y. (2002). Information and Communications Technology In-service Training for Teachers: Cyprus in perspective, *Journal of Information Technology for Teacher Education, 11*(2), 197-215, DOI: 10.1080/14759390200200132
- Chi, M.T.H., Chiu, M.-H., & deLeeuw (1991). *Learning in a non-physical science domain: the human circulatory system*, ERIC data base
- Chi, M.T.H., Slotta, J.D., & deLeeuw, N. (1994). From things to processes: a theory of conceptual change for learning science concepts, *Learning Instruction, 4*, 27-43
- Clark, J.M., & Paivio, A. (1991). Dual Coding theory and education. *Educational Psychology Review, 3* (3), 149-170
- Clement, C. A., & Gentner, D. (1991). Systematicity as a selection constraint in analogical mapping. *Cognitive Science, 15*, 89-132
- Cohen, D., & Ball, D. (1999). *Instruction, capacity, and improvement*, CPRE research report no. RR-043, Philadelphia: University of Pennsylvania.
- Cole, M., & Engeström, Y. (1993). A cultural-historical interpretation of distributed cognition. In G. Salomon (Ed.), *Distributed Cognition: Psychological and educational considerations* (pp.1-46). Cambridge: Cambridge University Press

- Contento, I. (1981). Children's thinking about food and eating: a Piagetian-based study. *Journal of Nutrition Education*, 13 (1), 586-590
- Courran-Everett, D. (1995). Hearts, Lungs and children; A physiologist returns to kindergarten, *Advances in Physiology Education*, 14, (1), 32-36
- Cook, M. (2006). Visual Representations in Science Education: The Influence of Prior Knowledge and Cognitive Load Theory on Instructional Design Principles. *Science Education*, 90, 1073-1091
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *The Behavioral and Brain Sciences*, 24, 87-114.
- Cuban, L. (2001). *Oversold and underused—computers in the classroom*, Cambridge: Harvard University Press
- Cunningham, A. (2006). "The Broader Societal Benefits of Higher Education." Ανάκτηση 8 Ιουλίου 2008, από <http://www.solutionsforourfuture.org/site/DocServer/07.Social-Benefits.pdf?docID=102>.
- Cuthbert, A.J. (2000). Do children have a holistic view of their internal body maps? *School Science Review*, 82, 25-32.
- DeJong, T. (2010). Cognitive load theory, educational research, and instructional design: some food for thought. *Instructional Science*, 38, 105-134
- De Köning, B., Tabbers, H.K., Rikers R. M.J.P., & Paas, F. (2010α). Attention guidance in learning from a complex animation: Seeing is understanding? *Learning and Instruction*, 20, 2, 111-122
- De Köning, B., Tabbers, H.K., Rikers R. M.J.P., & Paas, F. (2010β). Learning by generating vs. receiving instructional explanations: Two approaches to enhance attention cueing in animations, *Computers & Education*, 55, 681-691
- Delannoy, F (2000). Teacher training or lifelong professional development? Worldwide trends and challenges, *TechKnowLogia*, 10-13. Ανακτήθηκε στις 27/12/2014 από: [www.techknowlogia.org/TKL\\_Articles/PDF/193.pdf](http://www.techknowlogia.org/TKL_Articles/PDF/193.pdf)
- Diakidoy, I.-A., Vosniadou, S., & Hawks, D.J. (1997). Conceptual Change in astronomy: Models of the earth and of the day/night cycle in American-Indian children, *European Journal of Psychology of Education*, 12, (2), 159-184
- diSessa, A.A. (1988). Knowledge in pieces. In G. Forman & P.B. Pufall (Eds.). *Constructivism in the computer age* (pp.49-70). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates
- diSessa, A.A. (2002). Why conceptual ecology is a good idea. In M. Limon & L. Mason (Eds.). *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and Practice* (pp. 29-60). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer
- Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science, *International Journal of Science Education*, 11, (5), 481-490, DOI: 10.1080/0950069890110501

- Driver R., & Erickson, G. (1983). Theories-in-action: some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual framework in science. *Studies in Science Education*, 10, 37-60
- Driver, R., Guensne, E., & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*, Milton Keynes: Open University Press.
- Dove, J.E., Everett, L.A., & Preece, P.F.W. (1999). Exploring a hydrological concept through children's drawings. *International Journal of Science Education*, 21, (5), 485-497
- Dye, J. F., Schatz, I. M., Rosenberg, B. A., & Coleman, S. T. (2000, January). Constant comparison method: A kaleidoscope of data [24 paragraphs]. *The Qualitative Report* [On-line serial], 4(1/2). <http://www.nova.edu/ssss/QR/QR3-4/dye.html>
- Eurydice. (2011). *Key data on learning and innovation through ICT at school in Europe 2011*, European Commission. Ανακτήθηκε στις 15/6/2014 από: [http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/key\\_data\\_series/129EN.pdf](http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/key_data_series/129EN.pdf)
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding. An activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki: Orienta-Konsultit.
- Engeström, Y. (1995). Innovative organizational learning in medical and legal settings. In L. M. Martin, K. Nelson, & E. Tobach (Eds.), *Sociocultural psychology: Theory and practice of doing and knowing* (pp. 326-356). Cambridge: Cambridge University Press
- Engeström, Y. (1999). Innovative learning in work teams: Analyzing cycles of knowledge creations in practice. In Y. Engeström, R. Miettinen, & R.-L. Punamaki (Eds.), *Perspectives on Activity Theory* (pp. 377-404). Cambridge: Cambridge University Press
- Engeström, Y. (2000). Activity theory as a framework for analyzing and redesigning work, *Ergonomics*, 43, (7), 960-974, DOI: 10.1080/001401300409143
- Engeström, Y. (2001). Expansive learning at work: toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, 14, (1), 133–156.
- Engeström Y. (2005). Communication, discourse and activity. In Y. Engeström (Ed.) *Developmental Work Research*, (pp.139–157). Berlin: Lehmanns Media.
- English, L., & Halford, G. (1995). *Mathematics education: Models and processes*. Mahwah, NJ: Erlbaum
- Ferk, V., Vrtacnik, M., Blejec, A., & Gril, A. (2003). Students' understanding of molecular structure representations. *International Journal of Science Education*, 25, (10), 1227–1245.
- Fisher, K. M. (1985). A misconception in biology: amino acids and translation, *Journal of Research in Science Teaching*, 22, 53–62
- Fullan, M. (1991). *The New Meaning of Educational Change*. London: Cassell Educational Limited.

- Fullan, M. (2001). *The new meaning of educational change*. NY: Teachers College Press
- Furth, H. G. (1997). Piaget's theory of knowledge. In H.J. Silverman (Ed), *Piaget, philosophy, and the human sciences* (pp. 1-15). Evanston: Northwestern University Press
- Fyrenius, A., Silén, C., & Wirell, S. (2007). Students' conceptions of underlying principles in medical physiology: an interview study of medical students' understanding in a PBL curriculum, *Advances in Physiology Education*, 31, 364-369, DOI:10.1152/advan.00108.2006
- Ghamrawi, N. (2013). The Relationship between the Leadership Styles of Lebanese Public School Principals and Their Attitudes towards ICT versus the Level of ICT Use by Their Teachers, *Open Journal of Leadership*, 2, (1), 11-20
- Gellert, E. (1962). Children's conceptions of the content and functions of the human body. *Genetic Psychology Monographs*, 65, 293-405
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7, 155-170
- Gilbert, J. K., Osborne, R. J., & Fensham, P.J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66, (4), 623-633.
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Chicago, IL: Aldine Publications.
- Glass, G. V., McGaw, B., & Smith, M. L. (1981). *Meta-analysis in social research*. Newbury Park, CA: Sage.
- Glynn, S. M. (1991). Explaining science concepts: A teaching-with-analogies model. In S. Glynn, R. Yeany, & B. Britton (Eds.), *The psychology of learning science* (pp. 219-240). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Glynn, S. M., Yeany, R. H., & Britton, B. K. (1991). A constructive view of learning science, in Glynn, S. M., Yeany, R. H. & Britton, B. K. (Eds). *The Psychology of learning science*, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Glynn, S. M., & Takahashi, T. (1998). Learning from analogy-enhanced science text. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (10), 1129-1149
- Goel, A., Rugaber, S., & Vattam, S. (2009). Structure, Behavior & Function of Complex Systems: the SBF Modeling Language, *AI for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 23, 23-35.
- Goetz, J. P., & LeCompte, M. D. (1981). Ethnographic research and the problem of data reduction. *Anthropology and Education Quarterly*, 12, 51-70
- Goldstone, R. L., & Wilensky, U. (2008). Promoting transfer by grounding complex systems principles, *The Journal of the Learning Sciences*, 17, 465-516

- Goswami, U. (1996). Analogical reasoning and cognitive development. *Advances in Child Development and Behavior*, 26, 91-138
- Goswami, U. (1998). *Cognition in children*. Hove: Psychology Press Ltd.
- Goswami, U., & Brown, A. L. (1989). Melting chocolate and melting snowmen: Analogical reasoning and causal relations. *Cognition*, 35, 69–95.
- Grossman, M., & Kaestner, R. (1997). Effects of Education on Health, in Jere, R.B., & Nevzer, S. (Eds.) *The social benefits of education*, Ann Arbor: The University of Michigan Press
- Grove, R.W. (1988). An analysis of the constant comparative method, *International Journal of Qualitative Studies in Education*, 1, (3), 273-279, DOI: 10.1080/0951839900030105a
- Guesne, E. (1984). Children's ideas about light. *New Trends in Physics Teaching*. Vol. IV (UNESCO, Paris).
- Happs, J.C. (1985). Regression in learning outcomes: some examples from earth sciences, *European Journal of science education*, 23, 1039-1052
- Harland, T. (2003). Vygotsky's Zone of Proximal Development and Problem-based learning: Linking a theoretical concept with practice through Action Research, *Teaching in Higher Education*, 8, (2), 263-272
- Harlen, W., & Holroyd, C. (1997). Primary teachers' understanding of concepts of science: impact on confidence and teaching. *International Journal of Science Education*, 19, (1), 93-105
- Hashweh, M. Z. (1996). Effects of science teachers' epistemological beliefs in teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 47-63.
- Hatano, G., & Inagaki, K. (1987). Everyday biology and school biology: how do they interact? *Quarterly Newsletter of the Laboratory of Comparative Human Cognition*, 9, (4), 120-128
- Hatano, G., & Inagaki, K. (1997). Qualitative Changes in Intuitive Biology. *European Journal of Psychology of Education*, 21 (2), 11-130.
- Helle, M. (2000). Disturbances and contradictions as tools for understanding work in the newsroom. *Scandinavian Journal of Information Systems*, 12, 81–114
- Hegarty, M. (2004). Dynamic visualizations and learning: getting to the difficult questions. *Learning and Instruction*, 14, 343-351.
- Hewitt, P. G. (1987). *Conceptual physics*. Menlo Park, CA: Addison-Wesley Publishing
- Hewson, M. G. (1983). *Cognitive representations: An exploratory study with regard to the role of cultural metaphors in concept formation*, PERS Report 366, National Institute for Personnel Research, Johannesburg.

- Hewson, M. G., & Hewson, P. W. (1983). Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning, *Journal of Research In Science Teaching*, 20, (8), 731-743
- Hewson, P.W. (1981). A conceptual change approach to learning. *European Journal of Science Education*, 3, 383-396
- Hewson, P.W., & Thorley, N. (1989). The conditions of conceptual change in the classroom, *International Journal of Science Education*, 11, 541-553
- Hoff, E. (2003). The specificity of environmental influence: socioeconomic status affects early vocabulary development via maternal speech, *Child Development*, 74, (5), 1368-1378.
- Hoffler, T., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis, *Learning and Instruction*, 17, 722-738
- Huddle, P. A., White, M. D., & Rogers, F. (2000). Using a teaching model to correct known misconceptions in electrochemistry. *Journal of Chemical Education*, 77, (1), 104-110.
- Iding, M. K. (1997). How analogies foster learning from science texts. *Instructional Science*, 25, 233-253
- Inagaki, K., & Hatano, G. (2002). *Young children's naïve thinking about the biological world*. Psychology Press Hove, UK and New York
- Inan, F. A., & Lowther, D. L. (2010). Laptops in the K-12 classrooms: exploring factors impacting instructional use. *Computers & Education*, 55, (3), 937-944.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. New York: Basic Books
- Jafar, T.H., Qadri, Z., Islam, M., Hatcher, J., Bhutta, Z.A., & Chaturved, N. (2008). Rise in childhood obesity with persistently high rates of undernutrition among urban school-aged Indo-Asian children. *Archives of Disease in Childhood*, 93, 373-378
- Jere, R. B., & Nevzer, S. (Eds.) (1997). *The social benefits of education*, Ann Arbor: The University of Michigan Press
- Jeynes, W. H. (2005). A meta-analysis of the relation of parental involvement to urban elementary school student academic achievement, *Urban Education*, 40 (3), 237-269
- Jimoyiannis, A., & Komis, V. (2007). Examining teachers' beliefs about ICT in education: implications of a teacher preparation programme, *Teacher Development*: 11, (2), 149-173, DOI: 10.1080/13664530701414779
- Johnson, M. A., & Lawson, A. E. (1998). What are the relative effects of reasoning ability and prior knowledge on biology achievement in expository and inquiry classes? *Journal of Research in Science Teaching*, 35,(1), 89 – 103.



- Jonassen, D.H., & Rohrer-Murphy, L. (1999). Activity theory as a framework for designing constructivist learning environments. *Educational Technology, Research and Development*, 47, (1), 61-79.
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, P. (1999). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology*, 13, 351-372.
- Kaptelinin, V., Kuutti, K., & Bannon, L. (1995). *Activity Theory: Basic Concepts and Applications*. A summary of a tutorial given at the East West HCI 95 Conference.
- Kaptelinin, V., & Nardi, B.A. (2006). *Acting with technology: activity theory and interaction design* Cambridge, MA: MIT Press
- Karagiorgi, Y., & Charalambous, K. (2006). ICT in-service training and school practices: in search for the impact, *Journal of Education for Teaching: International research and pedagogy*, 32, (4), 395-411. <http://dx.doi.org/10.1080/02607470600981995>
- Karagiorgi, Y., & Symeou, L. (2006). Teacher professional development in Cyprus: reflections on current trends and challenges in policy and practices, *Journal of In-Service Education*, 32, (1), 47-61. DOI: 10.1080/13674580500479968
- Karasavvidis, I. (2009). Activity Theory as a conceptual framework for understanding teacher approaches to Information and Communication Technologies, *Computers & Education* 53, 436-444
- Kim, Y. J., Chaudhury, A., & Rao, H. R. (2002). A knowledge management perspective to evaluation of enterprise information portals. *Knowledge and Process Management*, 9, (2), 57-71. DOI: 10.1002/kpm.
- Kopcha, T.J. (2010). A systems-based approach to technology integration using mentoring and communities of practice. *Educational Technology Research and Development*, 58, (2), 175-190.
- Kopcha, T.J. (2012). Teachers' perceptions of the barriers to technology integration and practices with technology under situated professional development, *Computers & Education*, 59, 1109-1121
- Köse, S. (2008). Diagnosing Student Misconceptions: Using Drawings as a Research Method, *World Applied Sciences Journal* 3, (2), 283-293
- Kuiper, J. (1994). Student ideas of scientific concepts: alternative frameworks? *International journal of Science Education*, 16, (3), 279-292
- Kulhavy, R. W., Stock, W. A., & Kealy, W. A. (1993). How geographic maps increase recall of instructional text. *Educational Technology Research and Development*, 41 (4), 47-62
- Kumar, P., & Kumar, A. (2003). Effect of a web-based project on pre-service and in-service teachers' attitude toward computers and their technology skills, *Journal of Computing in Teacher Education*, 19, (3), 87-92.

- Large, A., Beheshti, J., Breuleux, A. & Renaud, A. (1996). The effect of animation in enhancing descriptive and procedural texts in a multimedia learning environment. *Journal of the American Society for Information Science*, 47, 437–448
- Lawson, A. E. (1993). The Importance of analogy: A prelude to the special issue. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (10), 1213-1214
- Lazarowitz, R., & Tamir, P. (1993). Research on using laboratory instruction in science in Gabel, D. (Ed). *Handbook of research on science teaching and learning*, New York: MacMillan.
- Leont'ev, A. N. (1978). *Activity, consciousness and personality*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall
- Lim, C. P., & Khine, M. (2006). Managing teachers' barriers to ICT integration in Singapore schools. *Journal of Technology and Teacher Education*, 14, (1), 97–125.
- Liu, L., & Hmelo-Silver, C. E. (2009). Promoting complex systems learning through the use of conceptual representations in hypermedia. *Journal of Research in Science Teaching*, 9, 1023-1040.
- Livingstone, D. W. (2001). Worker control as the missing link: relations between paid/unpaid work and work-related learning. *Journal of Workplace Learning*, 13, (7/8), 308-317.
- Lopez-Manjon, A., & Postigo Angon, Y. (2009). Representations of the human circulatory system. *Journal of Biological Education*, 43, (4), 159-163.
- Louisa, M., Veiga, F.C.S., Costa Pereira, D.J.V., & Maskill, R. (1989). Teachers' language and pupils' ideas in science lessons: can teachers avoid reinforcing wrong ideas?. *International Journal of Science Education*, 11, (4), 465-479, DOI: 10.1080/0950069890110410
- Loucks-Horsley, S. (1998). The role of teaching and learning in systematic reform: A focus on professional development. *Science Educator*, 7, 1-6.
- Lowe, R. K. (1999). Extracting information from an animation during complex visual learning. *European Journal of Psychology of Education*, 14, 225-244.
- Lowe, R. K. (2003). Animation and learning: Selective processing of information in dynamic graphics. *Learning and Instruction*, 13, (2), 157– 176.
- Ma, L. (1999). *Knowing and teaching elementary mathematics*, Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum and Associates
- Marrs, K. A., & Novak, G. (2004). Just-in-Time Teaching in Biology: Creating an Active Learner Classroom Using the Internet, *Cell Biology Education*, 3, 049–061
- Mason, L. (2004). Fostering understanding by structural alignment as a route to analogical learning. *Instructional Science*, 32, 293-318

- Mason, L., Pluchino, P., Tornatora, M.C., & Ariasi, N. (2013). An Eye-Tracking Study of Learning From Science Text With Concrete and Abstract Illustrations, *The Journal of Experimental Education*, 81, (3), 356-384, DOI: 10.1080/00220973.2012.727885
- Mathai, S. & Ramadas, J. (2009). Visuals and Visualisation of Human Body Systems, *International Journal of Science Education*, 31, (3), 439-458
- Mathewson, J. H. (1999). Visual-spatial thinking: An aspect of science overlooked by educators. *Science Education*, 83, (1), 33 – 54.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp.31-48). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E., Bove, W., Bryman, A., Mars, R., & Tapangco, L. (1996). When less is more: Meaningful learning from visual and verbal summaries of science textbook lessons. *Journal of Educational Psychology*, 88, (1), 64 – 73.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (1998). A split-attention effect in multimedia learning: evidence for dual processing systems in working memory. *Journal of Educational Psychology*, 90, 312–320.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38, (1), 43 – 52.
- McGill, H. Jr, McMahan, C., Herderick, E., Zieske, A., & Malcom, G. (2002). Obesity accelerates the progression of coronary atherosclerosis in young men. *Circulation*, 105, 2712–2718.
- Michael, J. (1998). Students' misconceptions about perceived physiological responses, *Advances in Physiology Education*, 19, 90-98
- Michael, J.A., Richardson, D., Rovick, A., Modell, H., Bruce, D., Horwitz, B., Hudson, M., Silverthorn, D., Whitescarver, S., & Williams, S. (1999). Undergraduate students' misconceptions about respiratory physiology, *Advances in Physiology Education*, 22, 127-135
- Michael, J.A., Wenderoth, M.P., Modell, H., Cliff, W., Horwitz, B., McHale, P., Richardson, D., Silverthorn, D., Williams, S., & Whitescarver, S. (2002). Undergraduates' understanding of cardiovascular phenomena, *Advances in Physiology Education*, 26, 72-84
- Mintzes, J. J. (1984). Naive theories in biology: children's concepts of the human body. *School Science and Mathematics*, 84, (7), 548-55
- Mintzes, J.J., Trowbridge, J.E., Arnaudin, M.W., & Wandersee, J.H. (1991). Children's biology: Studies on conceptual development in life sciences. In Glynn, S.M., Yeany, R.H., & Britton, B.K. (Eds.), *The psychology of learning science* (pp. 179–205). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Modell, H. I., Michael, J. A., Adamson, T., Goldberg, J., Horwitz, B. A., Bruce, D. S., Hudson, M. L., Whitescarver, S.A., & Williams, S. (2000). Helping undergraduates repair faulty mental models in the student laboratory, *Advances in Physiology Education*, 23, 82-90
- Morris, R.J. (1972). Lavoisier and the Caloric Theory, *The British Journal for the History of Science*, 6, (01), 1-38
- Mortimore, P. (2000). Does educational research matter? *British Education Research Journal*, 26 (1), 5-24.
- Nagy, M. (1953). Children's conceptions of some bodily functions, *Journal of Genetic Psychology*, 83, 199-216
- Nonaka, I. & Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge-creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*, New York: Oxford University Press
- Nordenfelt, L. (2007). The concepts of health and illness revisited. *Medicine, Health care and Philosophy*, 10, 5-10
- Novak, J. D. (1991). Clarify with concept maps. *The Science Teacher*, 58, (7), 45-49.
- Novak, J. D., & Musonda, D. (1991). A twelve-year longitudinal study of science concept learning, *American Education Research Journal*, 28, 117-153
- Novak, G., & Marrs, K. A. (2004). Just-in-Time Teaching in Biology: Creating an active learner classroom using the internet. *Cell Biology Education*, 3, 49-61.
- O'Murchu, D. (2005). Technology and pre-service teacher education in the 21st century. Inseparable and quality-assured, in: *Proceedings of the 1st European eLearning Forum for Education Conference*, Brussels, 22–23 November 2004.
- Ortega, F.B., Tresaco, B., Ruiz, J.R., Moreno, L.A., Martin-Matillas, M., Mesa, J.L., Warnberg, J., Bueno, M., Tercedor, P., Gutiérrez, A., & Castillo, M.J. (2007). Cardiorespiratory fitness and sedentary activities are associated with adiposity in adolescents. *Obesity*, 15, 1589–1599.
- Ozsevgec, L.C. (2007). What do Turkish students at different ages know about their internal body parts both visually and verbally? *Turkish Science Education*, 4, (2), 31-44.
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003a). Cognitive load theory and instructional design: recent developments. *Educational Psychologist*, 38, 1-4.
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H., & Van Gerven, P. W. (2003β). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist*, 38, 63–71.
- Paas, F., van Gog, T., & Sweller, J. (2010). Cognitive Load Theory: New Conceptualizations, Specifications, and Integrated Research Perspectives, *Education Psychology Review*, 22, 115–121, DOI 10.1007/s10648-010-9133-8

- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford: Oxford University Press
- Papaioannou, P., & Charalambous, K. (2011). Principals' Attitudes towards ICT and Their Perceptions about the Factors That Facilitate or Inhibit ICT Integration in Primary Schools of Cyprus, *Journal of Information Technology Education*, 10, 349-369
- Paris, N. A., & Glynn, S. M. (2004). Elaborate analogies in science text: Tools for enhancing preservice teachers' knowledge and attitudes. *Contemporary Educational Psychology*, 29, 230-247
- Park, S. H., & Ertmer, P. A. (2008). Examining barriers in technology-enhanced problem-based learning: using a performance support systems approach. *British Journal of Educational Technology*, 39, (4), 631–643.
- Patrick Cook, M. (2006). Visual Representations in Science Education: The Influence of Prior Knowledge and Cognitive Load Theory on Instructional Design Principles, *Science Education* DOI 10.1002/sce.20164
- Patrick, P.G., & Tunnicliffe, S.D. (2010). Science teachers' drawings of what is inside the human body, *Journal of Biological Education*, 44, (2), 81-87. DOI: 10.1080/00219266.2010.9656198
- Patwardhan, K. (2012). The history of the discovery of blood circulation: unrecognized contributions of Ayurveda masters, *Advances in Physiology Education*, 36, 77-82, doi: 10.1152/advan.00123.2011
- Peeck, J. (1993). Increasing picture effects in learning from illustrated text. *Learning and Instruction*, 3, 227– 238.
- Perkins, D.N., & Simmons, R. (1988). Patterns of misunderstanding: An integrative model for science, math, and programming. *Review of Educational Research*, 58, 303–326.
- Pelaez, N.J., Boyd, D.D., Rojas, J.B., & Hoover, M.A. (2005). Prevalence of blood circulation misconceptions among prospective elementary teachers, *Advances in Physiology Education*, 29, 172-181
- Prabhakaran, V., Smith, J.A.L., Desmond, J.E., Glover, G.H. & Gabrieli, J.D.E. (1997). Neural Substrates of Fluid Reasoning: An fMRI Study of Neocortical Activation during Performance of the Raven's Progressive Matrices Test, *Cognitive Psychology*, 33, 43–63
- Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants Part 1, *On the Horizon*, 9, (5), 1 – 6
- Pridmore, P., & Bendelow, G. (1995). Images of health: exploring beliefs of children using the 'draw-and-write' technique, *Health Education Journal*, 54, 473-488
- Posner, M.G., Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of scientific conception: toward theory of conceptual change, *Science Education*, 66, 211-227

- Prokop, P., & Fancovicová, J. (2006). Students' ideas about the human body: Do they really draw what they know? *Journal of Baltic Science Education*, 2, (10), 86-95.
- Purnell, K. N., Solman, R. T., & Sweller, J. (1991). The effects of technical illustrations on cognitive load. *Instructional Science*, 20, 443–462.
- Ramadas, J., & Nair, U. (1996). The system idea as a tool in understanding conceptions about the digestive system. *International Journal of Science Education*, 18 (3), 355-368.
- Raven, J. (2000). The Raven's Progressive Matrices: Change and Stability over Culture and Time. *Cognitive Psychology*, 41, 1–48, doi:10.1006/cogp.1999.0735
- Reeve, S., & Bell, P. (2009). Children's self-documentation and understanding of the concepts 'healthy' and 'unhealthy'. *International Journal of Science Education*, 31 (14), 1953-1974
- Reiss, M., & Tunnicliffe, S. (2001). Students' understandings of human organs and organ systems, *Research in Science Education*, 31, 383-399
- Reiss, M.J., Tunnicliffe, S.D., Andersen, A.M., A. Bartoszeck, A., Carvalho, G.C., Chen, S.Y., Jarman, R., Jónsson, S., Manokore, V., Marchenko, N., Mulemwa, J., Novikova, T., Otuka, J., Teppa, S., & Rooy, W.V. (2002). An international study of young peoples' drawings of what is inside themselves. *Journal of Biological Education*, 36, 58-64.
- Renkl, A., & Atkinson, R. K. (2007). Interactive learning environments: contemporary issues and trends. An introduction to the special issue. *Educational Psychology Review*, 19, 235-238.
- Rennie, L.J., & Jarvis, T. (1995). Children's choice of drawings to communicate their ideas about technology. *Research in Science Education*, 25, 239-252
- Richardson, D. R. (2000). Comparison of naïve and experienced students of elementary physiology on performance in an advanced course, *Advances in Physiology Education*, 23, 91-95
- Richland, L.E., Morrison, R.G., & Holyoak, K.J. (2006). Children's development of analogical reasoning: Insights from scene analogy problems. *Journal of Experimental Child Psychology*, 94, (3), 249–273
- Ronan, C.A. (1983). *The Cambridge illustrated history of the world's science*. New York: Cambridge University Press
- Roth, W.-M. (2004). INTRODUCTION: "Activity Theory and Education: An Introduction", *Mind, Culture, and Activity*, 11, (1), 1-8, DOI: 10.1207/s15327884mca1101\_1
- Roth, W.-M., Bowen, G. M., & McGinn, M. K. (1999). Differences in graph-related practices between high school biology textbooks and scientific ecology journals. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, (9), 977–1019.

- Roth, W.-M. & Lee, Y.-J. (2007). "Vygotsky's Neglected Legacy": Cultural-Historical Activity Theory, *Review of Educational Research*, 77, (2), 186–232 DOI: 10.3102/0034654306298273
- Rowland, G. (2007). Towards a new biology curriculum. *Journal of Biological Education*, 40 (3), 99-101.
- Ruiz, J.R., Rizzo, N.S., Hurtig-Wennlof, A., Ortega, F.B., Warnberg, J., & Sjostrom, M. (2006). Relations of total physical activity and intensity to fitness and fatness in children: the European Youth Heart Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 84, 299–303
- Rule, A.C., & Furletti, C. (2004). Using Form and Function Analogy Object Boxes to Teach Human Body Systems, *School Science and Mathematics*, 104, (4), 155-169
- Russell, M., Bebell, D., O'Dwyer, L., & O'Connor, K. (2003). Examining teacher technology use: implications for pre-service and in-service teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 54, (4), 297–310.
- Sadi, O., & Cakiroglu, J. (2010). Effects of 5E Learning Cycle on Students' Human Circulatory System Achievement, *Journal of Applied Biological Sciences*, 4, (3), 63-67
- Sanders, M. (1993). Erroneous ideas about respiration: The teacher factor. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, (8), 919-934.
- Savva, S.C., Kourides, Y., Hadjigeorgiou, C., & Tornaritis, M.J. (2014α). Overweight and obesity prevalence and trends in children and adolescents in Cyprus 2000-2010, *Obesity Research & Clinical Practice*, 8, 426-434
- Savva, S.C., Tornaritis, M. J., Kolokotroni, O., Chadjigeorgiou, C., Kourides, Y., Karpathios, T., & Yiallourous, P.K. (2014β). High cardiorespiratory fitness is inversely associated with incidence of overweight in adolescence: A longitudinal study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24, 982-989
- Schnotz, W., & Lowe, R. K. (2008). A unified view of learning from animated and static graphics. In R. K. Lowe, & W. Schnotz (Eds.), *Learning with animation: Research and design implications*. New York: Cambridge University Press
- Schramme, T. (2007). A qualified defense of a naturalistic theory of health. *Medicine, Health care and Philosophy*, 10, 11-17
- Seymour, J., & Longden, B. (1991). Respiration – that's breathing isn't it? *Journal of Biological Education*, 25, 177-183
- Sharma, P.V. (1992). *History of Medicine in India (from antiquity to 1000 A.D.)*. New Delhi: Indian National Science Academy
- Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching, *Educational Researcher*, 15, (2), 4-14.

- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57, 1-22
- Schultz, A., & Luckmann, T. (1973). *Structures of the Life World*, London: Heinemann
- Sjöberg, A., Moraesus, L., Yngve, A., Poortvliet, E., Al-Ansari, U., & Lissner, L. (2011). Overweight and obesity in a representative sample of schoolchildren – exploring the urban–rural gradient in Sweden. *Obesity Reviews*, 12, 305–314. DOI: 10.1111/j.1467-789X.2010.00838.x
- Smith, E. L. (1991). A conceptual change model of learning science, in Glynn, S. M., Yeany, R. H., & Britton, B. K. (Eds). *The Psychology of learning Science*, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Smith, L.E., Blakessie, T.D., and Anderson, C.W. (1993). Teaching strategies associated with conceptual change in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, (2), 111–126.
- Solomon, G. E. A., & Johnson, S. C. (2000). Conceptual change in the classroom: Teaching young children to understand biological inheritance. *British Journal of Developmental Psychology*, 18, 81–96.
- Spiro, R. J., Feltovich, P. I., Coulson, R. L., & Anderson, D. K. (1989). Multiple analogies for complex concepts. Antidotes for analogy-induced misconception in advance knowledge acquisition, In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 498-531). Cambridge: Cambridge University Press
- Stark, R., & Gray, D. (1999). Gender preferences in learning science, *International Journal of Science Education*, 21, (6), 633-643, DOI: 10.1080/095006999290480
- Sternberg, R. J., & Nigro. G. (1980). Developmental patterns in the solution of verbal analogies. *Child Development*, 51, 27-38.
- Strauss, A. L., & Corbin, J. (1990). *Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques*. Newbury Park, CA: Sage.
- Strommen, E. (1995). Lion and tigers and bears. Oh my! Children's conceptions of forests and their inhabitants. *Journal of Research in Science teaching*, 32, 683-698
- Sungur, S., & Tekkaya, C. (2003). Students' achievement in human circulatory system unit: the effect of reasoning ability and gender. *Journal of Science Educations and Technology*, 12, 59-64
- Sungur, S., Tekkaya, C., & Geban, O. (2001). The contribution of conceptual change texts accompanied by concept mapping to students' understanding of the human circulatory system. *School Science and Mathematics*, 101, (2), 91-101.
- Sweller, J., & Sweller, S. (2006). Natural information processing systems. *Evolutionary Psychology*, 4, 434–458.
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251–295.



- Tabachnick, B.G., & Fidell, L.S. (1989). *Using multivariate statistics*. New York: Harper & Row Publishers
- Tamir, P. (1985). Causality and teleology in high school biology, *Research in Science and Technological Education*, 3, 19-28
- Tamir, P., & Zohar, A. (1991). Anthropomorphism and Teleology in Reasoning about Biological Phenomena, *Science Education* 75, (1), 57-67
- Tanner, K., & Allen, D. (2005). Approaches to Biology Teaching and Learning: Understanding the wrong answers – teaching toward conceptual change. *Cell Biology Education*, 4, 112–117.
- Texeira, F.M. (2000). What happens to the food we eat? Children's conceptions of the structure and function of the digestive system, *International Journal of Science Education*, 22, (5), 507-520, <http://dx.doi.org/10.1080/095006900289750>
- Thomas N., & O’Kane C. (2000). Discovering what children think: Connections between research and practice, *British Journal of Social Work* 30, 819–835.
- Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1994). The nature and extent of analogies in secondary chemistry textbooks. *Instructional Science*, 22, 61-74
- Toepperwein, M.A., Pruski, L.A., Blalock, C.L., Lemelle, O.R., & Lichtenstein, M.J. (2008). Getting the word out: Teaching middle-school children about cardiovascular disease, *Journal of Clinical Lipidology*, 2, 179–188
- Treagust, D. F., & Harrison, A. G. (1993). Teaching with analogies: A case study in grade-10 optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 1291-1307
- Treagust, D. F., Harrison, A. G. & Venville, G.J. (1998). Teaching science effectively with analogies: An approach for preservice and inservice teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 9, (2), 85-101
- Tsai, C-C. (2007). Teachers’ Scientific epistemological views: the coherence with instruction and students’ views. *Science Education*, 91, 222-243
- Tunncliffe, S., & Reiss, M. (1999). Students’ understandings about animal skeletons, *International Journal of Science Education*, 21, (11), 1187-1200.
- Tunncliffe, S.D., & Reiss, M.J. (2000). Building a Model of the Environment: how do children see Plants? *Journal of Biological Education*, 34, (4), 172-177
- Tunncliffe, S., & Ueckert, C. (2007). Teaching biology – the great dilemma, *Journal of Biological Education*, 41, (2), 51-52
- Tversky, B., & Bauer Morrison, J. (2002). Animation: can it facilitate? *International Journal of Human-Computer Studies*, 57, 247–262. DOI:10.1006/ijhc.1017
- Valanides, N. (2000a). Primary Student Teachers’ Understanding of the Particulate Nature of Matter and its Transformations During Dissolving. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1, (2), 249-262

- Valanides, N. (2000β). Changing Pre-school Children's Conceptions of the Day/Night Cycle. *International Journal of Early Years Education*, 8, (1), 27-39
- Valanides, N. (2000γ). Primary Student Teachers' Understanding of the Process and Effects of Distillation. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1,(3), 355-364
- Valanides, N. (2010). Analysis of interview data using the constant comparative method. In S. Rodrigues (Ed.), *Using analytical frameworks for classroom research* (pp. 59-71). NY: Routledge
- Valanides, N., & Angeli, C. (2008). Professional development for computer-enhanced learning: A case study with science teachers. *Research in Science and Technological Education*, 26, (1), 3–12.
- Valanides, N., Nicolaidou, A. & Eilks, I. (2003). Understanding of Oxidation and Combustion: using action research to improve teachers' practical knowledge and teaching practice. *Research in Science & Technological Education*, 21,(2), 159-175
- Van Merriënboer, J. J. G., Kester, L., & Paas, F. (2006). Teaching complex rather than simple tasks: Balancing intrinsic and germane load to enhance transfer of learning. *Applied Cognitive Psychology*, 20, 343–352.
- Van Merriënboer, J. J. G., & Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. *Educational Psychology Review*, 17, 147–177.
- Van Steensel, R. (2006). Relations between socio-cultural factors, the home literacy environment and children's literacy development in the first years of primary education. *Journal of Research in Reading*, 29 (4), 367-382
- Vosniadou, S. (1991). Designing curricula for conceptual restructuring: Lessons from the study of Knowledge acquisition in Astronomy, *Journal of Curriculum Studies*, 23, (3), 219-237
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change, *Learning and Instruction*, 4, (1), 45–69
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Vygotsky, L. S., (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (1994). Research on alternative conceptions in science, in Gabel, D. (Ed.) *Handbook of research on science teaching and learning*, (pp. 177-210), New York: MacMillan.
- Watters, J., & Ginns, I. (2000). Developing motivation to teach elementary science: Effect of collaborative and authentic learning practices in pre-service education. *Journal of Science teacher Education*, 11, 301-321.

- Weinstock, M. P., Neuman, Y., & Glassner, A. (2006). Identification of Informal Reasoning Fallacies as a Function of Epistemological Level, Grade Level, and Cognitive Ability, *Journal of Educational Psychology*, 98, (2), 327-341
- Weld, J., & Funk, L. (2005). "I'm not the science type": Effect of an inquiry biology content course on pre-service elementary teachers' intentions about teaching science. *Journal of Science Teacher Education*, 16, 189-204.
- Wellman, H.M., & Gelman, S.A. (1992). Cognitive development: foundational theories of core domains, *Annual Review of Psychology*, 43, 337-375
- Wells, J. (2007). Key design factors in durable instructional technology professional development. *Journal of Technology and Teacher Education*, 15, (1), 101-122.
- Wenner, G. (1993). Relationship between science knowledge levels and beliefs toward science instruction held by pre-service elementary teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 2, 461-468.
- White, C.W., Albanese, M. A., Anderson, E. E., & Caplan, R. M. (1977). The status of cardiovascular health knowledge among sixth, seventh, and eighth grade children, *Circulation*, 56, 480-484.
- Whitelegg, E. (1996). Gender effects in science classrooms. In G. Welford, J. Osborne and P. Scott (Eds), *Research in Science Education in Europe*. London: Falmer.
- Wiggins, G., & McTighe, J. (2005). *Understanding by design*, Alexandria, Virginia, USA: Association for Supervision and Curriculum Development
- Windschitl, M. (2001). Using simulations in the middle school: Does assertiveness of dyad partners influence conceptual change? *Science Education*, 23, (1), 17-32
- Windschitl, M., & Andre, T. (1998). Using Computer Simulations to Enhance Conceptual Change: The Roles of Constructivist Instruction and Student Epistemological Beliefs, *Journal of Research in Science Teaching*, 35, (2), 145-160
- Wittrock, M.C. (1989). Generative processes of comprehension. *Educational Psychologist*, 24, 345-376
- Wouters, P., Paas, F., & Van Merriënboer, J. J. G. (2008). How to Optimize Learning From Animated Models: A Review of Guidelines Based on Cognitive Load. *Review of Educational Research*, 78, (3), 645-675
- Wu, H.-K., & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88, 465-492.
- Yip, D.Y. (1998 $\alpha$ ). Identification of misconceptions in novice biology teachers and remedial strategies for improving biology learning, *International Journal of Science Education*, 20, 461-477
- Yip, D.Y. (1998 $\beta$ ). Teachers' misconceptions of the circulatory system, *Journal of Biological Education*, 32, (3), 207-216

Yip, C.W. (2009). Causal and teleological explanations in biology, *Journal of Biological Education*, 43, (4), 149-151

Zook, K. B. (1991). Effects of analogical processes on learning and misrepresentation. *Educational Psychology Review*, 3, 41-72

### **Ελληνική**

Αγγελή, Χ. & Βαλανίδης, Ν. (2002). Αντισταθμισμένο Γνωστικό Φορτίο από την Ενσωμάτωση της Τεχνολογίας στη Μαθησιακή Διαδικασία: Εφαρμογή στην Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών Δημοτικής Εκπαίδευσης, στο Α. Δημητρακοπούλου (Επιμ.) «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση», Τόμος Β', Πρακτικά 3ου Συνεδρίου ΕΤΠΕ, 26-29/9/2002, (σελ. 27-36). Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ρόδος: ΚΑΣΤΑΝΙΩΤΗ

Αδάμου, Α. (2007). Ανησυχητικές διαστάσεις λαμβάνει η παιδική παχυσαρκία, *Εφ. Πολίτης*, 25/11/2007

Αλεξόπουλος, Μ., & Χατζηλοΐζου, Λ. (2014). *Εκπαιδευτική Τεχνολογία: Αυξημένες απαιτήσεις, μηδενική στήριξη*, Ανακτήθηκε στις 2/2/2015 από: <http://www.paideia-news.com/index.php?id=109&hid=15039&url=Εκπαιδευτική-Τεχνολογία:-Αυξημένες-απαιτήσεις,-μηδενική-στήριξη>

Αργύρης, Ι., Κοτσιφάκη, Ε., Μάργαρης, Ν., Μάρκου, Σ., Παπαδόπουλος, Ν., Παπαφίλης, Α., Παταργιάς, Θ., & Σέκερης, Κ., (1998). *Βιολογία Γ' Λυκείου*, Αθήνα: ΟΕΔΒ

Διγγελίδης, Ν., Θεοδωράκης, Ι., Ζέτου, Ε., & Δήμας, Ι. (2006). *Φυσική Αγωγή Ε & ΣΤ Δημοτικού. Βιβλίο εκπαιδευτικού*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2013). *Η Ευρωπαϊκή Ένωση με απλά λόγια: Δημόσια Υγεία*. Λουξεμβούργο: Υπηρεσία Εκδόσεων της Ε.Ε.

Κασινίδου, Κ. (2008). Απειλή για την Κύπρο οι «ασθένειες αφθονίας», *Εφ. Ο Φιλελεύθερος*, αρ. φύλλου 17345, 30/1/2008

Κόμης, Β., (2004). *Εισαγωγή στις εκπαιδευτικές εφαρμογές των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών*, Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Κουρίδης, Γ., Τορναρίτης, Μ., Κουρτίδης, Χ., Σάββα, Σ., Χατζηγεωργίου, Χ., & Σιαμούνη, Μ. (2000). Η παχυσαρκία σε παιδιά ηλικίας 11-12 ετών στην Κύπρο. Σημαντική αύξηση τα τελευταία 8 χρόνια, *Παιδιατρική*, 63, 137-144

Πιέρος, Γ. (2012). *Ικανότητες επιχειρηματολογίας μαθητών δημοτικού σχολείου*, Διδακτορική Διατριβή, Λευκωσία: Πανεπιστήμιο Κύπρου

Ρήγας, Π. (2007). *Λεκτικές και εικονικές αναλογίες σε κείμενα: Κατανόηση εννοιών των φυσικών επιστημών από μαθητές δημοτικού σχολείου*, Διδακτορική Διατριβή, Λευκωσία: Πανεπιστήμιο Κύπρου

- Σάββα, Σ., Τορναρίτης, Μ. Χατζηγεωργίου, Χ., Κουρίδης, Γ.Α., Σιαμούνη, Μ., & Επιφανίου-Σάββα, Μ. (1999). Αυξημένη συχνότητα πολλαπλών προδιαθεσικών παραγόντων καρδιαγγειακών νοσημάτων σε παιδιά 11-12 ετών στην Κύπρο, *Παιδιατρική*, 468-473.
- Σολωμονίδου, Χ., (2006). *Νέες τάσεις στην εκπαιδευτική τεχνολογία, Εποικοδομητισμός και σύγχρονα περιβάλλοντα μάθησης*. Αθήνα: Μεταίχιμο.
- Τζιμογιάννης, Α., (2002). Διδακτική Πληροφορικής, Προγράμματα Σπουδών και Διδακτικές Πρακτικές στο Ενιαίο Λύκειο, στο Δημητρακοπούλου, Α. (Επιμ.) «*Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση*», Πρακτικά 3<sup>ου</sup> Συνεδρίου ΕΤΠΕ, (σελ. 229-238), Ρόδος: Καστανιώτης
- Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού, (1997α). *Πρώτα βήματα στην Επιστήμη Στ' τάξη – βιβλίο για το δάσκαλο*, Λευκωσία: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων
- Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού, (1997β). *Πρώτα βήματα στην Επιστήμη Στ' τάξη – βιβλίο μαθητή*, Λευκωσία: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων
- Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού, (2010). *Αναλυτικά Προγράμματα για τα Δημόσια Σχολεία της Κυπριακής Δημοκρατίας*, Λευκωσία: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων
- Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού, (2012). *Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας και Νέα Αναλυτικά Προγράμματα*, Ανακτήθηκε στις 3/2/2015 από:  
[http://www.schools.ac.cy/klimakio/Themata/ensomatosi\\_tpe/analytiko\\_programma/va\\_sikes\\_arches\\_ensomatosi\\_tpe\\_sta\\_nap.pdf](http://www.schools.ac.cy/klimakio/Themata/ensomatosi_tpe/analytiko_programma/va_sikes_arches_ensomatosi_tpe_sta_nap.pdf)
- [Το Βήμα] (2014). *Αναστρέψιμη νόσος η παχυσαρκία – Αίτια και τρόποι αντιμετώπισης της*. Ανακτήθηκε στις 27/11/2014, από:  
<http://www.tovima.gr/society/article/?aid=604713>.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΧΡΙΣΤΙΑΝΑ Μ. ΧΡΙΣΤΟΥ

ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΑΘΗΤΩΝ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΜΑΘΗΤΗ/ΤΡΙΑΣ.....

ΤΑΞΗ:.....ΣΧΟΛΕΙΟ:.....ΗΜΕΡ.: .....

Επάγγελμα πατέρα: .....

Επάγγελμα μητέρας:.....

Επίπεδο Μόρφωσης Πατέρα:  
(βάλει x όπου ισχύει)

Επίπεδο Μόρφωσης Μητέρας:  
(βάλει x όπου ισχύει)

Δημοτικό (6 χρόνια)

Δημοτικό (6 χρόνια)

Γυμνάσιο (3 χρόνια)

Γυμνάσιο (3 χρόνια)

Λύκειο (3 χρόνια)

Λύκειο (3 χρόνια)

Ανώτερο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα - Σχολή

Ανώτερο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα - Σχολή

1 - ετής φοίτηση

1 - ετής φοίτηση

2 - ετής φοίτηση

2 - ετής φοίτηση

3 - ετής φοίτηση

3 - ετής φοίτηση

Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα

Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα

Πανεπιστήμιο (4 χρόνια)

Πανεπιστήμιο (4 χρόνια)

Πανεπιστήμιο (5 χρόνια)

Πανεπιστήμιο (5 χρόνια)

Μεταπτυχιακές Σπουδές

Μεταπτυχιακές Σπουδές

Μάστερ

Μάστερ

Διδακτορικό

Διδακτορικό

Άλλο.....

Άλλο.....

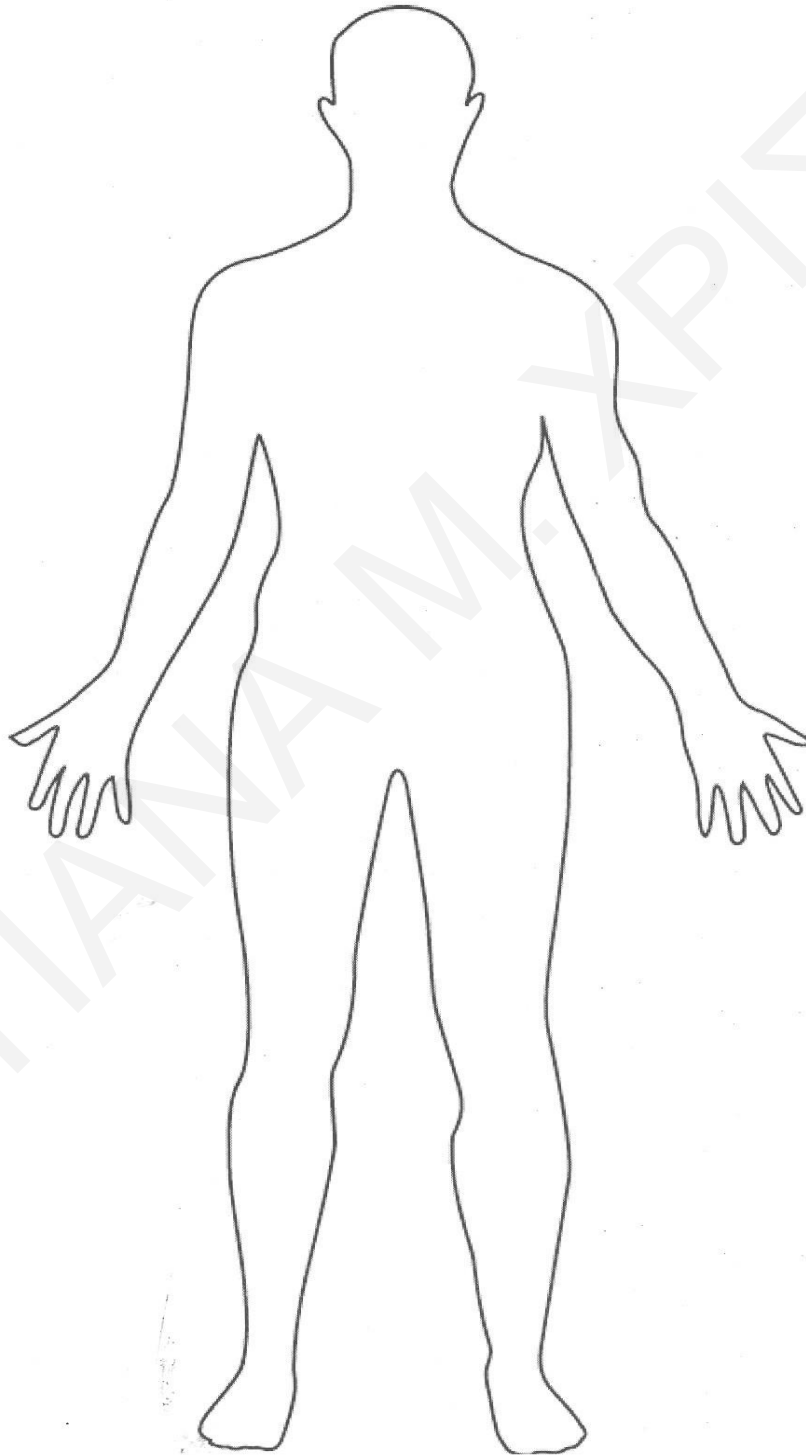
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΧΡΙΣΤΙΑΝΑ Μ. ΧΡΙΣΤΟΥ



## ΜΕΡΟΣ Ι

1. Στην ανθρώπινη φιγούρα που φαίνεται στο σχήμα, **σχεδίασε** το κυκλοφορικό σύστημα, για να δείξεις πώς ακριβώς λειτουργεί και πώς κυκλοφορεί το αίμα. **Ονόμασε** τα κύρια μέρη που το αποτελούν και εξήγησε το ρόλο του κάθε μέρους. **Χρησιμοποίησε** χρώμα, εάν το θεωρείς απαραίτητο. **Δικαιολόγησε** τα χρώματα που επέλεξες και **εξήγησε** τυχόν σημειώσεις/επεξηγήσεις που χρησιμοποίησες. (Χρησιμοποίησε και το χώρο της επόμενης σελίδας)



ΧΡΙΣΤΙΑΝΑ Μ. ΧΡΙΣΤΟΥ



## ΜΕΡΟΣ II

Μελέτησε προσεκτικά τα πιο κάτω διαγράμματα.

1.



Στο σχεδιάγραμμα φαίνεται ένα ποτάμι, το οποίο ρέει προς μια κατεύθυνση. Μαζί με το νερό ταξιδεύουν κορμοί δέντρων και άλλα μικρότερα αντικείμενα, όπως φύλλα δέντρων και άλλα.

Α. Υπάρχουν καθόλου αντιστοιχίες με το κυκλοφορικό σύστημα; Δικαιολόγησε.

---

---

---

---

---

---

---

---

Β. Το ποτάμι στη φύση ρέει συνήθως προς μια κατεύθυνση: από τις ορεινές περιοχές προς τις πεδινές. Ισχύει κάτι αντίστοιχο στο κυκλοφορικό σύστημα; Δικαιολόγησε.

---

---

---

---

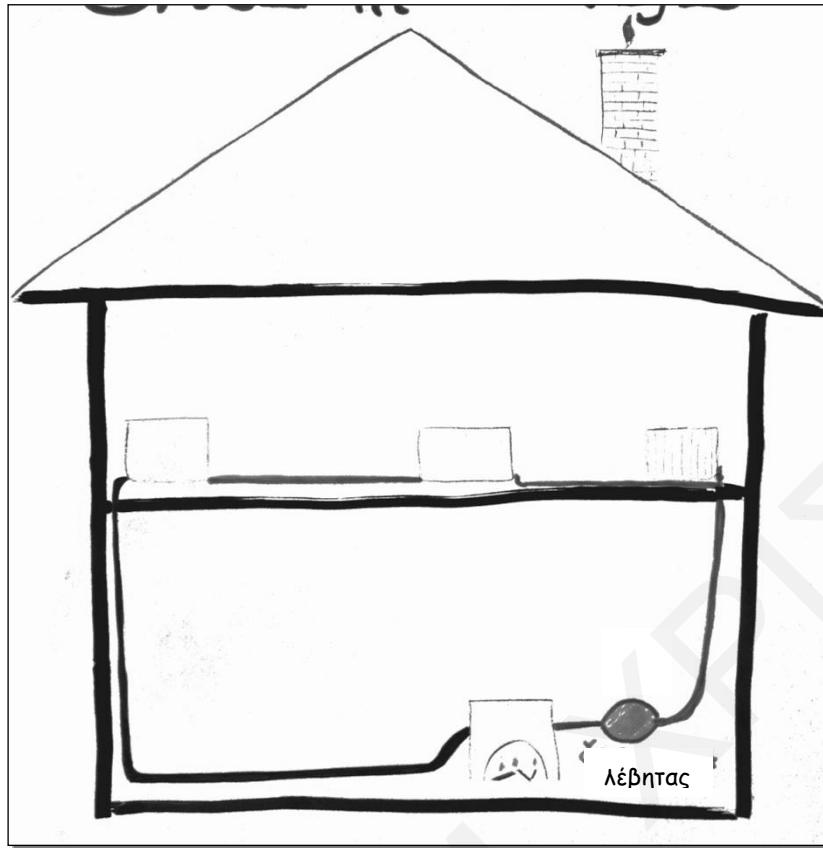
---

---

---

---

2.



Το σχεδιάγραμμα παρουσιάζει το σύστημα κεντρικής θέρμανσης ενός σπιτιού. Το νερό θερμαίνεται στο λέβητα και απ' εκεί διακλαδώνεται στα διάφορα μέρη του σπιτιού, ώστε η θερμότητα να διαχέεται, να διαδίδεται δηλαδή, παντού.

A. Υπάρχουν καθόλου αντιστοιχίες με το κυκλοφορικό σύστημα; Εξήγησε.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

B. Αντιπροσωπεύεται πλήρως το κυκλοφορικό σύστημα με το πιο πάνω σχήμα ή μήπως υπάρχουν και αναντιστοιχίες; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

---

---

---

---

Όνομα: ..... Σχολείο:..... Τάξη: .....

### ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ

1. Να εξηγήσεις τι σημαίνει για σένα κάθε μια από τις ακόλουθες έννοιες:

- (α) Φλέβα:

---

---

---

- (β) Αρτηρία:

---

---

---

- (γ) Κυκλοφορία του αίματος:

---

---

---

- (δ) Τριχοειδή αγγεία:

---

---

---

- (ε) Αιμοφόρα αγγεία:

---

---

---

Ακολουθεί μια σειρά ερωτημάτων. Διάβασε με προσοχή το κάθε ερώτημα και δώσε λεπτομερείς και σαφείς απαντήσεις

2.



Ουφ! Κουράστηκα στη σημερινή προπόνηση! Η καρδιά μου κτυπά τόσο δυνατά που νομίζω πως θα πεταχτεί έξω...

Τι συμβαίνει στην καρδιά του κοριτσιού; Μήπως έχει κάποιο πρόβλημα; Πώς εξηγείς αυτό που νιώθει;

---

---

---

---

---

---

---

---

---

3. Γιατί έχουμε αίμα; Από τι αποτελείται το αίμα;

---

---

---

---

---

---

---

---

4. Λέμε πως το αίμα «κυκλοφορεί». Τι σημαίνει αυτό; Πού κυκλοφορεί;

---

---

---

---

---

---

---

---

5. «Το αίμα μεταφέρει πολλά απαραίτητα συστατικά».

Τι ακριβώς μεταφέρει το αίμα και πού; Είναι απαραίτητο να συμβαίνει αυτό;

---

---

---

---

---

---

---

---

6. Το αίμα έχει και άλλους ρόλους; Ποιοι είναι αυτοί; Εξήγησε.

---

---

---

---

---

---

---

---





9. Γιατί χρειάζεται να αναπνέουμε;

---

---

---

---

---

---

---

10.



*Το πεπτικό σύστημα ΔΕΝ αποτελεί μέρος του κυκλοφορικού συστήματος.*

*Αυτό το καταλαβαίνω.*

*Ο δάσκαλος ισχυρίζεται όμως, πώς το αίμα μεταφέρει θρεπτικές ουσίες σε όλα τα μέρη του σώματος. Πώς γίνεται αυτό;*

*Πού βρίσκει το αίμα τις θρεπτικές ουσίες;*

Τι θα απαντούσες σε αυτό το παιδί;

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



Μιχάλης



Ηλίας

11. Ο Μιχάλης και ο Ηλίας είναι 40 χρόνων, έχουν περίπου το ίδιο σωματικό βάρος και την ίδια σωματική διάπλαση. Η φύση της εργασίας τους είναι εντελώς διαφορετική. Η καρδιά τους θα είναι η ίδια; **Εξήγησε.**

---

---

---

---

---

---

---

---

12. Η Σοφία συνηθίζει να τρέφεται με έτοιμα «γρήγορα φαγητά», διότι δεν έχει πολύ χρόνο. Η Μαρία προτιμά να τρώει περισσότερα φρούτα και λαχανικά, διότι λέει πως είναι πιο «υγιεινά για την καρδιά». Έχει δίκιο η Μαρία; Πώς σχετίζεται η διατροφή με την καρδιά και την υγεία της; **Εξήγησε** την άποψή σου.

---

---

---

---

---

---

---

---