



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ  
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ

ΠΑΥΛΟΣ ΡΗΓΑΣ

**ΛΕΚΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΙΚΕΣ ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΣΕ ΚΕΙΜΕΝΑ:  
ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΕΝΝΟΙΩΝ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΠΟ  
ΜΑΘΗΤΕΣ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΛΕΥΚΩΣΙΑ, 2007

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελίδα

ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ .....	i
ΣΥΝΘΕΣΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ .....	ii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	iii
ABSTRACT .....	iv
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ/ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ .....	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	ix
ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι – ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	1
Το Πρόβλημα .....	1
Σημασία της Έρευνας .....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ .....	7
Η Αναλογική Σκέψη Σύμφωνα με τη Γνωστική Ψυχολογία .....	10
Δομικό Μοντέλο των Σταδίων της Αναλογικής Σκέψης του Piaget .....	11
Το Έργο .....	12
Τα Στάδια Ανάπτυξης της Αναλογικής Σκέψης .....	13
Θεωρία των Συστατικών Στοιχείων της Αναλογικής Σκέψης του Sternberg .....	15
Τα Συστατικά Στοιχεία .....	15
Το έργο .....	15
Θεωρία της Δομικής Χαρτογράφησης των Αναλογιών της Gentner .....	17
Το Έργο .....	19
Η Αναλογική Σκέψη στη Διδασκαλία της Γλώσσας και των Μαθηματικών .....	22
Η Αναλογική Σκέψη στη Διδασκαλία της Γλώσσας .....	22
Η Αναλογική Σκέψη στη Διδασκαλία των Μαθηματικών .....	24
Η Αναλογική Σκέψη στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών .....	26
Χρήση Αναλογιών Κατά τη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών .....	28
Το Γενικό Μοντέλο Διδασκαλίας Αναλογιών .....	29
Το Μοντέλο Διδασκαλίας με τη Χρήση Αναλογιών .....	30
Το Μοντέλο Αναλογιών Γεφύρωσης .....	31
Το Μοντέλο Πολλαπλών Αναλογιών .....	31
Το Μοντέλο Μαθητο-Παραγόμενων Αναλογιών .....	33

Το Μοντέλο Αφηγηματικών Αναλογιών .....	33
Το Μοντέλο Σκέψης στη Βάση Γνωστών Περιπτώσεων ...	34
Έρευνες που μελέτησαν τη χρήση αναλογιών σε κείμενα, κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών .....	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ III – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ .....	45
Οι Συμμετέχοντες στην Έρευνα .....	45
Διαδικασία Συλλογής Δεδομένων .....	46
Πιλοτική Έρευνα .....	58
Ερευνητικά Ερωτήματα .....	59
Ανάλυση των Δεδομένων .....	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	63
Πιλοτική Έρευνα .....	63
Επιδόσεις των Μαθητών στα Προ-Πειραματικά Δοκίμια .....	68
Γενικές Διαπιστώσεις .....	68
Στατιστική Ανάλυση .....	71
Αποτελέσματα Αλληλεπιδράσεων .....	71
Κύρια Αποτελέσματα .....	75
Επιδόσεις των Μαθητών στα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια .....	77
Συνολική Επίδοση (ΣΥΝΕ) .....	77
Στατιστική Ανάλυση .....	78
Αποτελέσματα Αλληλεπιδράσεων .....	79
Κύρια Αποτελέσματα .....	80
Επιδόσεις των Μαθητών στα Τέσσερα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια Χωριστά .....	81
Στατιστική Ανάλυση .....	83
Αποτελέσματα Αλληλεπιδράσεων .....	83
Κύρια Αποτελέσματα .....	85
Συμπληρωματικές Ποιοτικές Αναλύσεις για τα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια .....	89
Ηλικία (Τάξη) και Συμπερασματικές Ερωτήσεις (ΣΕ) .....	89
Ηλικία (Τάξη) και Ερωτήσεις για το Ανάλογο του Ματιού (ΕΑΜ) .....	92
Πειραματική Ομάδα και Συμπερασματικές Ερωτήσεις (ΣΕ) .....	94
Πειραματική Ομάδα και Ερωτήσεις για το Ανάλογο του Ματιού (ΕΑΜ) .....	96
Επιδόσεις των Μαθητών στα Αργοπορημένα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια .....	99
Γενικές Διαπιστώσεις .....	99
Στατιστική Ανάλυση για το δοκίμιο με τις EMN .....	101
Αποτελέσματα Αλληλεπίδρασης (Μεταξύ Ομάδων).....	102

Κύρια Αποτελέσματα για τις Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο με τις EMN .....	103
Στατιστική Ανάλυση για το Δοκίμιο με τις ΣΕ .....	106
Κύρια Αποτελέσματα για τις Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο με τις ΣΕ .....	106
Συμπληρωματικές Ποιοτικές Αναλύσεις για τα Αργοπορημένα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια .....	109
Ηλικία (Τάξη) και Συμπερασματικές Ερωτήσεις (ΣΕ) .....	109
Πειραματική Ομάδα και Συμπερασματικές Ερωτήσεις (ΣΕ) .....	112
Πρόβλεψη των Επιδόσεων των Μαθητών στα Μετα-Πειραματικά και στα Αργοπορημένα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια .....	115
Συσχετίσεις Μεταξύ των Κυριοτέρων Μεταβλητών .....	115
Στατιστική Ανάλυση για τα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια .....	118
Αποτελέσματα για τα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια .....	118
Στατιστική Ανάλυση για τα Αργοπορημένα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια .....	122
Αποτελέσματα για τα Αργοπορημένα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια .....	122
Επαναληπτική Στατιστική Ανάλυση για τα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια .....	124
Αποτελέσματα Επαναληπτικής Στατιστικής Ανάλυσης για τα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια .....	124
Επαναληπτική Στατιστική Ανάλυση για τα Αργοπορημένα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια .....	127
Αποτελέσματα Επαναληπτικής Στατιστικής Ανάλυσης για τα Αργοπορημένα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια .....	127
Γενικές Διαπιστώσεις .....	128
ΚΕΦΑΛΑΙΟ V – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	130
Κύρια Συμπεράσματα και Παιδαγωγική Αξία της Έρευνας .....	130
Συμπεράσματα από την Πιλοτική Έρευνα .....	130
Συμπεράσματα από τις Επιδόσεις των Μαθητών στα Διάφορα Δοκίμια .....	131
Συμπεράσματα Ποιοτικής Ανάλυσης .....	142
Πρόβλεψη των Επιδόσεων των Μαθητών .....	143
Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα .....	145
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	149
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α .....	159
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β .....	161
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ .....	167
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ .....	172
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε .....	175

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ.....	178
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ .....	183
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η .....	188
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Θ .....	192

Παύλος Ρήγας

## ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

Νίκος Βαλανίδης (Επόπτης)  
Αναπληρωτής καθηγητής – Πανεπιστήμιο Κύπρου .....

Κωνσταντίνος Παπαναστασίου  
Αναπληρωτής καθηγητής – Πανεπιστήμιο Κύπρου .....

Χαρούλα Αγγελή  
Επίκουρη καθηγήτρια – Πανεπιστήμιο Κύπρου .....

Παύλος Ρήγας

## ΣΥΝΘΕΣΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

Κωνσταντίνος Παπαναστασίου (Πρόεδρος)  
Αναπληρωτής καθηγητής – Πανεπιστήμιο Κύπρου

Νίκος Βαλανίδης (Επόπτης, Μέλος)  
Αναπληρωτής καθηγητής – Πανεπιστήμιο Κύπρου

Χαρούλα Αγγελή (Μέλος)  
Επίκουρη καθηγήτρια – Πανεπιστήμιο Κύπρου

Παναγιώτης Κόκκοτας (Μέλος)  
Καθηγητής – Εθνικόν και Καποδιστριακόν Πανεπιστήμιο Αθηνών

Διομήδης Μακρουλής (Μέλος)  
Καθηγητής – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Παύλος Ρήγας

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών έδειξαν ότι οι αναλογίες οδηγούν σε αποτελεσματική επεξεργασία αφηρημένων εννοιών, που πολλές φορές είναι δύσκολο να κατανοηθούν από μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Αυτό φυσικά προϋποθέτει ότι ο μαθητής μπορεί να αντιπαραβάλλει τα στοιχεία, και κυρίως τις σχέσεις που χαρακτηρίζουν μια γνωστή έννοια (βάση), με τα στοιχεία και τις σχέσεις που χαρακτηρίζουν μια άγνωστη έννοια (στόχος). Η παρούσα έρευνα διερεύνησε τη συμβολή λεκτικών και εικονικών αναλογιών για την κατανόηση αφηρημένων επιστημονικών εννοιών, από παιδιά Δημοτικού σχολείου Στην έρευνα έλαβαν μέρος 714 μαθητές (374 αγόρια και 340 κορίτσια Δ', Ε' και Στ' τάξης) από 40 τάξεις δημοτικών σχολείων αστικής και αγροτικής περιοχής της Κύπρου. Οι μαθητές έδωσαν αρχικά πληροφορίες για τα δημογραφικά τους στοιχεία και συμπλήρωσαν τέσσερα προ-πειραματικά δοκίμια (το δοκίμιο με τις προοδευτικές μήτρες του Raven, δύο από τα μέρη του δοκιμίου μέτρησης της εργαζόμενης μνήμης μαθητών των Pickering και Gathercole (2001) και ένα δοκίμιο αναλογικής σκέψης). Ακολούθως, οι μαθητές κάθε τάξης χωρίστηκαν τυχαία σε τρεις ομάδες (δύο πειραματικές ομάδες και μια ομάδα ελέγχου). Όλοι οι μαθητές μελέτησαν κείμενα που αφορούσαν τη χρησιμότητα των λευκών αιμοσφαιρίων, τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης και τη δομή και λειτουργία του κυττάρου. Τα κείμενα που μελέτησαν οι μαθητές της ομάδας ελέγχου δεν περιείχαν αναλογίες, ενώ οι μαθητές της πρώτης πειραματικής ομάδας μελέτησαν κείμενα με ενσωματωμένες γραπτές (λεκτικές) αναλογίες και οι μαθητές της δεύτερης κείμενα με λεκτικές και εικονικές αναλογίες (διπλές αναλογίες). Οι μαθητές, αφού επέστρεψαν τα κείμενα που μελέτησαν, απάντησαν σε δοκίμια με ερωτήσεις μνήμης και συμπερασματικές ερωτήσεις. Ζητήθηκε επίσης από τους μαθητές να επιλέξουν ανάμεσα από τέσσερις συσκευές, που η λειτουργία τους παρουσιάστηκε διαγραμματικά, εκείνη που, κατά τη γνώμη τους, αποτελούσε το κατάλληλο ανάλογο για τη λειτουργία του ματιού και να δικαιολογήσουν την απάντησή τους. Μετά την πάροδο δύο μηνών, οι μαθητές απάντησαν ξανά στις ίδιες ερωτήσεις μνήμης και τις συμπερασματικές ερωτήσεις. Με τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων της έρευνας, εντοπίστηκαν ορισμένες στατιστικά σημαντικές αλληλεπιδράσεις στις επιδόσεις των μαθητών, αλλά τόσο η ποσοτική, όσο και η ποιοτική ανάλυση, έδειξαν ότι οι μαθητές που μελέτησαν τα κείμενα με τις διπλές αναλογίες είχαν καλύτερες επιδόσεις από τους υπόλοιπους μαθητές στην μετα-πειραματική και την αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση. Βρέθηκε επίσης ότι οι μεγαλύτεροι μαθητές είχαν στατιστικά καλύτερες επιδόσεις από τους μικρότερους μαθητές, αλλά δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιδόσεων αγοριών και κοριτσιών. Ακόμη βρέθηκε ότι η ηλικία και οι επιδόσεις των μαθητών στα τέσσερα προ-πειραματικά δοκίμια και το μορφωτικό επίπεδο του πατέρα είχαν σημαντική συμβολή στην πρόβλεψη των επιδόσεων των μαθητών τόσο στα μετα-πειραματικά όσο και στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια. Τα αποτελέσματα της έρευνας υποδεικνύουν την αποτελεσματικότητα των διπλών κυρίως αναλογιών για τη διδασκαλία αφηρημένων επιστημονικών εννοιών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση και την ανάγκη για συστηματικότερη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας των αναλογιών (λεκτικών και εικονικών) με παρεμβάσεις μεγαλύτερης διάρκειας, ή με αξιοποίηση τεχνολογικών εργαλείων και των δυνατοτήτων τους. Προβάλλεται επίσης η ανάγκη για συστηματική αξιοποίηση των αναλογιών στην προ-υπηρεσιακή και την ενδο-υπηρεσιακή επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, αλλά και στα αναλυτικά προγράμματα και τα διδακτικά εγχειρίδια, αφού οι αναλογίες φαίνεται να αποτελούν ένα ισχυρό μαθησιακό εργαλείο.

**Λέξεις κλειδιά:** Αναλογική σκέψη, γενική νοητική ικανότητα, εργαζόμενη μνήμη, θεωρία διπλής κωδικοποίησης, λεκτικές και εικονικές αναλογίες



## ABSTRACT

Previous research evidence indicates that the use of analogies can facilitate the comprehension of abstract concepts by primary school pupils. The facilitating effect of analogies depends on learners' ability to easily identify similarities between the elements and the relations that describe a well known concept (*base*), and the elements and the relations that describe an unknown concept (*target*). The present study investigated the extent to which the use of textual and pictorial analogies can facilitate primary school pupils' comprehension of abstract scientific concepts. The sample consisted of 714 fourth-, fifth-, and sixth-grade students (374 boys and 340 girls) from 40 intact classes from urban and rural areas. The pupils provided initially their demographic data and were then administered four pre-tests, the Raven's progressive matrices test, two parts from the working memory test battery for children (Pickering & Gathercole, 2001), and an analogical reasoning test. The students from each intact class were randomly divided into 3 equal groups (two experimental groups and a control group). All students studied textual materials relating to the use of white blood cells, the process of photosynthesis and the structure of the animal cell. The students of the control group studied textual materials without any analogies, while the students of the first and second experimental groups studied texts with either only textual, or with textual and pictorial analogies, respectively. The students, after returning the respective textual materials, were administered a test including memory and inferential questions. They were also asked to select, among four devices whose their functioning was presented diagrammatically, a device that could be the best analogy for the functioning of the eye. After two months, students were administered another test that included only the same memory and inferential questions. Statistical analysis of the data identified some interaction effects among the independent variables of the study. The quantitative and qualitative analysis of the collected data clearly indicated that the students that studied texts with double analogies had significantly better achievement than all the other students in the post-tests and the delayed post-test. Older students also performed significantly better than younger students, and there was no significant difference between the performance of boys and girls. Students' performance on both the post-tests and the delayed post-test could be significantly predicted by their achievement on the four pre-tests and their father education. The overall results indicate that the combined effect of textual and pictorial analogies contributed significantly to primary school pupils' comprehension of abstract scientific concepts. The results also point to the need for a more systematic attempt to investigate the effectiveness of analogies (textual and pictorial) using more extensive interventions, or investing on modern technologies' affordances. It also raises the need for effective use of analogies for teachers' pre- and in-service training, and for the transformation of the school curriculum and books by inserting and integrating different analogies within them.

**Key words:** Analogical reasoning, dual-coding theory, general mental ability, textual and pictorial analogies, working memory.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διατριβή αποτελεί την ολοκλήρωση τριών κύκλων σπουδών στο Πανεπιστήμιο Κύπρου, με ενδιάμεσο σταθμό το Πανεπιστήμιο του Reading στο Ηνωμένο Βασίλειο. Όλα αυτά τα χρόνια είχα την τύχη να έχω την πολύτιμη επιστημονική και ηθική στήριξη των καθηγητών μου, αλλά και την αμέριστη συμπαράσταση των αγαπημένων μου προσώπων.

Από την πρώτη μέρα που πάτησα το πόδι μου στο Πανεπιστήμιο Κύπρου, για να ξεκινήσω τις προπτυχιακές σπουδές μου στο τμήμα Επιστημών της Αγωγής, μέχρι σήμερα, πιστοί συμπαραστάτες μου ήταν οι γονείς μου Αντρέας και Λουίζα Ρήγα. Θα ήθελα έτσι τις αρχικές μου ευχαριστίες να τις απευθύνω σε όλα τα άτομα της οικογένειάς μου, και κυρίως στους γονείς μου, που πίστεψαν σε εμένα και με βοήθησαν να ολοκληρώσω τις σπουδές μου. Η συναισθηματική στήριξή τους ήταν πολύτιμη για μένα, κυρίως στις δύσκολες στιγμές όπου είχα την ανάγκη παρότρυνσης, ενθάρρυνσης και θετικής ενίσχυσης.

Σημαντικό ρόλο στην ολοκλήρωση των σπουδών μου έπαιξε και ο ακαδημαϊκός/επιστημονικός σύμβουλός μου, Αναπληρωτής Καθηγητής στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Δρ. Νίκος Βαλανίδης. Θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την πολύτιμη βοήθεια που μου πρόσφερε καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου και κυρίως κατά τη διεξαγωγή της έρευνας και τη συγγραφή της διδακτορικής διατριβής μου. Υπήρξε για μένα ο καθηγητής, ο καθοδηγητής, ο σύμβουλος, αλλά κυρίως ο φίλος ο οποίος πάντα με συμβούλευε πώς να αντιμετωπίσω τα προβλήματα που παρουσιάζονταν κατά τη φοίτησή μου στο Πανεπιστήμιο Κύπρου.

Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω και τα άλλα τέσσερα μέλη της πενταμελούς επιτροπής αξιολόγησης της διατριβής μου, τον Αναπληρωτή Καθηγητή Δρ. Κωνσταντίνο Παπαναστασίου, την Επίκουρη Καθηγήτρια Δρ. Χαρούλα Αγγελή, τον Καθηγητή Δρ. Παναγιώτη Κόκκοτα και τον Καθηγητή Δρ. Διομήδη Μακρουλή, για την πολύτιμη καθοδήγηση και ανατροφοδότηση που μου πρόσφεραν στη συγγραφή της διδακτορικής διατριβής μου.

Θερμές ευχαριστίες θέλω να απευθύνω και στους διευθυντές, στο διδακτικό προσωπικό, αλλά και στους μαθητές των σχολείων για την κατανόησή, την προθυμία και την εμπιστοσύνη τους προκειμένου να μπορέσω να πραγματοποιήσω την έρευνά μου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους φίλους μου που στάθηκαν δίπλα μου όλα αυτά τα χρόνια. Η βοήθεια και η ενθάρρυνσή τους ήταν πολύτιμη, διότι με γέμιζε πάντα με αυτοπεποίθηση, κουράγιο και δύναμη για να συνεχίσω.

Παύλος Ρήγας

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ/ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ

	Σελίδα
Σχήμα 1. Θεωρία Επεξεργασίας Πληροφοριών .....	2
Σχήμα 2. Διαδικασία Εννοιολογικής Αλλαγής .....	3
Σχήμα 3. Σχηματικές Αναλογίες που Χρησιμοποίησε ο Sternberg .....	16
Σχήμα 4. Το Μοντέλο της Αναλογικής Σκέψης .....	18
Σχήμα 5. Οι Τρεις Ιστορίες Χαρτογράφησης της Gentner .....	20
Σχήμα 6. Κάρτες από ένα Τυπικό Πείραμα με "Λέξεις Κλειδιά" .....	22
Σχήμα 7. Σχηματική Αναπαράσταση της Θεωρίας της Διπλής Κωδικοποίησης του Ραϊνίο .....	37
Σχήμα 8. Μοντέλα Διδασκαλίας για τη Χρήση Αναλογιών στην Τάξη .....	39
Σχήμα 9: Παράδειγμα από το Δοκίμιο Προοδευτικές Μήτρες του Raven .....	48
Σχήμα 10. Διπλή Αναλογία (Λεκτική και Εικονική) .....	55
Σχήμα 11. Αλληλεπίδραση στις Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο ΓΝΙ, που Οφείλεται στις Ανεξάρτητες Μεταβλητές "Φύλο" και "Τύπος Σχολείου" .....	73
Σχήμα 12. Αλληλεπίδραση στις Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο ΑΣ, που Οφείλεται στις Ανεξάρτητες Μεταβλητές "Τάξη" και "Τύπος Σχολείου" .....	73
Σχήμα 13. Αλληλεπίδραση στις Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο ΓΝΙ, που Οφείλεται στις Ανεξάρτητες Μεταβλητές "Τάξη" και "Τύπος Σχολείου" .....	74
Σχήμα 14. Αλληλεπίδραση στις Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο ΙΕΜΑ, που Οφείλεται στις Ανεξάρτητες Μεταβλητές "Τάξη" και "Τύπος Σχολείου" .....	74
Σχήμα 15. Αλληλεπίδραση στη ΣΥΝΕ των Μαθητών, που Οφείλεται στις Ανεξάρτητες Μεταβλητές "Τάξη" και "Πειραματική Ομάδα" .....	79
Σχήμα 16. Αλληλεπίδραση στο Δοκίμιο με τις ΕΜΝ, που Οφείλεται στις Ανεξάρτητες Μεταβλητές "Τάξη" και "Πειραματική Ομάδα" .....	84
Σχήμα 17. Αλληλεπίδραση στο Δοκίμιο με τις ΕΑΜ, που Οφείλεται στις Ανεξάρτητες Μεταβλητές "Τάξη" και "Πειραματική Ομάδα" .....	85

Σχήμα 18. Αλληλεπίδραση στη Διαφορά των Επιδόσεων των Μαθητών στο Αργοπορημένο Μετα-Πειραματικό και στο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο (Gain Scores) με τις EMN, που Οφείλεται στις Ανεξάρτητες Μεταβλητές "Τάξη" και "Πειραματική Ομάδα" .....	103
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Παύλος Ρήγας

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Σελίδα

Πίνακας 1. Επιστημονικές Έννοιες και Έννοιες από την Καθημερινότητα των Κειμένων με Λεκτικές Αναλογίες .....	53
Πίνακας 2. Βαθμολογίες των Ερωτήσεων των Μετα-Πειραματικών Δοκιμίων .....	57
Πίνακας 3. Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο ΑΣ .....	69
Πίνακας 4. Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο ΓΝΙ .....	69
Πίνακας 5. Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο ΙΕΜΑ .....	70
Πίνακας 6. Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο ΙΕΜΛ .....	70
Πίνακας 7. Πολλαπλή Ανάλυση Διασποράς 2(Φύλο) X 3(Τάξη) X 2(Είδος Σχολείου) με Εξαρτημένες Μεταβλητές τις Επιδόσεις των Μαθητών στα Προ-Πειραματικά Δοκίμια .....	72
Πίνακας 8. Ανάλυση Post Hoc με τη Μέθοδο Scheffe για την Ανεξάρτητη Μεταβλητή "Τάξη" .....	76
Πίνακας 9. Συνολική Επίδοση των Μαθητών στα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια .....	78
Πίνακας 10. Ανάλυση Διασποράς, 2(Φύλο) X 3(Τάξη) X 3(Πειραματική Ομάδα) με Εξαρτημένη Μεταβλητή τη Συνολική Επίδοση (ΣΥΝΕ) των Μαθητών στα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια .....	79
Πίνακας 11. Ανάλυση Post Hoc με τη Μέθοδο Scheffe για την ΕΜ (ΣΥΝΕ) σε Σχέση με την ΑΜ "Τάξη" .....	80
Πίνακας 12. Ανάλυση Post Hoc με τη Μέθοδο Scheffe για την ΕΜ (ΣΥΝΕ) σε Σχέση με την ΑΜ "Πειραματική Ομάδα" .....	80
Πίνακας 13. Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο με τις ΕΜΝ .....	81
Πίνακας 14. Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο με τις ΣΕ .....	82
Πίνακας 15. Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο με τις ΕΑΜ .....	82
Πίνακας 16. Πολλαπλή Ανάλυση Διασποράς 2(Φύλο) X 3(Τάξη) X 3(Πειραματική Ομάδα) με Εξαρτημένες Μεταβλητές (ΕΜ) τις Επιδόσεις των Μαθητών στα Τρία Μετα-Πειραματικά Δοκίμια .....	84
Πίνακας 17. Ανάλυση Post Hoc με τη Μέθοδο Scheffe για τις ΕΜ (ΕΜΝ, ΣΕ, ΕΑΜ) σε σχέση με την "Τάξη" .....	86

Πίνακας 18. Ανάλυση Post Hoc με τη Μέθοδο Scheffe για τις EM (EMN, ΣΕ, EAM) σε σχέση με την AM "Πειραματική Ομάδα" .....	88
Πίνακας 19. Δείγματα Απαντήσεων Μαθητών Διαφορετικών Ηλικιών (Τάξεων) σε ΣΕ των Μετα-Πειραματικών Δοκιμών .....	90
Πίνακας 20. Δείγματα Απαντήσεων Μαθητών Διαφορετικών Ηλικιών (Τάξεων) στις EAM των Μετα-Πειραματικών Δοκιμών .....	93
Πίνακας 21. Δείγματα Απαντήσεων Μαθητών Διαφορετικών Ομάδων σε ΣΕ των Μετα-Πειραματικών Δοκιμών .....	95
Πίνακας 22. Δείγματα Απαντήσεων Μαθητών Διαφορετικών Ομάδων στις EAM των Μετα-Πειραματικών Δοκιμών .....	97
Πίνακας 23. Επιδόσεις των Μαθητών στο Αργοπορημένο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο με τις EMN .....	100
Πίνακας 24. Επιδόσεις των Μαθητών στο Αργοπορημένο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο με τις ΣΕ .....	101
Πίνακας 25. Ανάλυση Διασποράς με Επαναλαμβανόμενες Μετρήσεις 2(φύλο) X 3(τάξη) X 3(πειραματική ομάδα) για τις Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο με τις EMN .....	102
Πίνακας 26. Ανάλυση Post Hoc με τη Μέθοδο Scheffe για τις Διαφορές των Επιδόσεων των Μαθητών στο Αργοπορημένο Μετα-Πειραματικό και στο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο (Gain Scores) με τις EMN, σε Σχέση με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή "Τάξη" .....	105
Πίνακας 27. Ανάλυση Post Hoc με τη Μέθοδο Scheffe για τις Διαφορές των Επιδόσεων των Μαθητών στο Αργοπορημένο Μετα-Πειραματικό και στο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο (Gain Scores) με τις EMN, σε Σχέση με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή "Πειραματική Ομάδα" .....	105
Πίνακας 28. Ανάλυση Διασποράς με Επαναλαμβανόμενες Μετρήσεις 2(Φύλο) X 3(Τάξη) X 3(Πειραματική Ομάδα) για τις Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο με τις ΣΕ .....	106
Πίνακας 29. Ανάλυση Post Hoc με τη Μέθοδο Scheffe για τις Διαφορές των Επιδόσεων των Μαθητών στα Αργοπορημένα Μετα-Πειραματικά και στα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια (Gain Scores) με τις ΣΕ, σε Σχέση με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή "Τάξη" .....	108
Πίνακας 30. Ανάλυση Post Hoc με τη Μέθοδο Scheffe για τις Διαφορές των Επιδόσεων των Μαθητών στα Αργοπορημένα Μετα-Πειραματικά και στα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια (Gain Scores) με τις ΣΕ, σε Σχέση με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή "Πειραματική Ομάδα" .....	108
Πίνακας 31. Δείγματα Απαντήσεων Μαθητών Διαφορετικών Ηλικιών (Τάξεων) σε ΣΕ των Αργοπορημένων Μετα-Πειραματικών Δοκιμών .....	110

Πίνακας 32. Δείγματα Απαντήσεων Μαθητών Διαφορετικών Ομάδων σε ΣΕ των Αργοπορημένων Μετα-Πειραματικών Δοκιμίων .....	113
Πίνακας 33. Συσχετίσεις Μεταξύ των Κυριότερων Μεταβλητών της Έρευνας .....	116
Πίνακας 34. Ανάλυση Πολλαπλής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή τη ΣΥΝΕ .....	119
Πίνακας 35. Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή την Επίδοση των Μαθητών στο Δοκίμιο με τις EMN .....	119
Πίνακας 36. Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή την Επίδοση των Μαθητών στο Δοκίμιο με τις ΣΕ .....	120
Πίνακας 37. Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή την Επίδοση των Μαθητών στο Δοκίμιο με τις ΕΑΜ .....	120
Πίνακας 38. Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή τη ΣΥΝΕ των Μαθητών στα Αργοπορημένα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια .....	122
Πίνακας 39. Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή την Επίδοση των Μαθητών στο Αργοπορημένο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο με τις EMN .....	123
Πίνακας 40. Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή την Επίδοση των Μαθητών στο Αργοπορημένο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο με τις ΣΕ .....	123
Πίνακας 41. Επαναληπτική Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή τη ΣΥΝΕ .....	125
Πίνακας 42. Επαναληπτική Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή την Επίδοση των Μαθητών στο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο με τις EMN .....	125
Πίνακας 43. Επαναληπτική Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή την Επίδοση των Μαθητών στο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο με τις ΣΕ .....	126
Πίνακας 44. Επαναληπτική Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή την Επίδοση των Μαθητών στο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο με τις ΕΑΜ .....	126
Πίνακας 45. Επαναληπτική Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή τη ΣΥΝΕ των Μαθητών στα Αργοπορημένα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια .....	127



Πίνακας 46. Επαναληπτική Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή την Επίδοση των Μαθητών στο Αργοπορημένο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο με τις EMN .....	128
Πίνακας 47. Επαναληπτική Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή την Επίδοση των Μαθητών στο Αργοπορημένο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο με τις ΣΕ .....	128

Παύλος Ρήγας

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

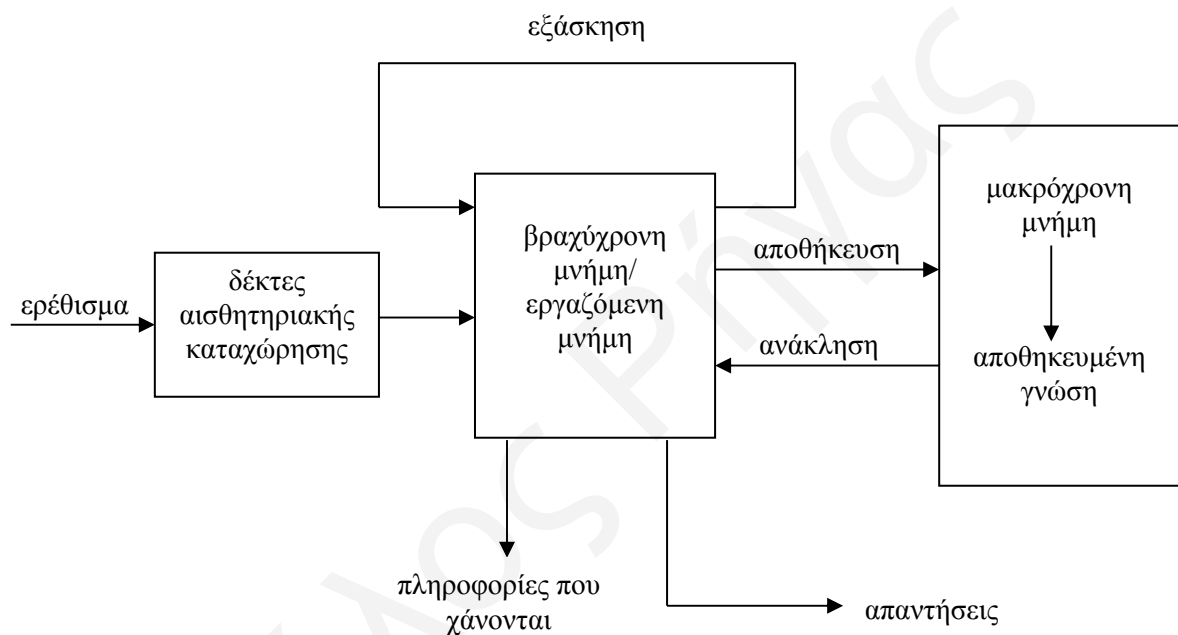
### Το Πρόβλημα

Η εκθετική αύξηση της γνώσης και οι πολλαπλές εφαρμογές της μετασχηματίζουν με πρωτόγνωρους ρυθμούς το κοινωνικό, πολιτισμικό, τεχνολογικό και φυσικό περιβάλλον στο οποίο ζούμε. Αυτό ενισχύει σε σημαντικό βαθμό τη σημασία και τη συμβολή της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών για τη γενική εκπαίδευση των μαθητών και σηματοδοτεί την ανάγκη για εμπλουτισμό και αξιοποίηση των δυνατοτήτων της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών με αποδοτικότερες προσεγγίσεις, ώστε να υποβοηθείται η ολόπλευρη και συνολική ανάπτυξη των μαθητών.

Σύμφωνα με τις σύγχρονες αντιλήψεις, οι μαθητές δεν πρέπει να είναι παθητικοί αποδέκτες πληροφοριών που προσφέρονται έτοιμες από τον εκπαιδευτικό, αφού το μυαλό τους δεν αντιμετωπίζεται ως άγραφος χάρτης (*tabula rasa*), που μπορεί να γεμίσει με επιστημονικές έννοιες. Αντιθέτως, ο μαθητής αναγνωρίζεται ως άτομο που φέρνει μαζί του στο σχολείο γνώσεις που απέκτησε από προηγούμενες εμπειρίες του. Αυτό σημαίνει ότι ο μαθητής διαθέτει προϋπάρχουσες γνώσεις, οι οποίες μπορεί να αποτελέσουν πολύτιμο υπόβαθρο για τη διδασκαλία. Χρησιμοποιώντας τις γνώσεις που είναι ήδη αποθηκευμένες στο μυαλό του μαθητή, ο εκπαιδευτικός οφείλει να δημιουργεί το κατάλληλο μαθησιακό περιβάλλον μέσα στο οποίο ο μαθητής θα υποβοηθηθεί να οικοδομήσει τις νέες έννοιες. Δηλαδή, πρέπει να ενθαρρύνει το μαθητή να φέρει στην επιφάνεια αυτά που είναι σχετικά με την έννοια που θα διδάχτει και στη συνέχεια να προσαρμόζει το μάθημα με τέτοιο τρόπο, ώστε οι αποθηκευμένες πληροφορίες να αποτελούν τη βάση για την οικοδόμηση των νέων εννοιών. Η προσέγγιση αυτή βασίζεται στη θεωρία του "οικοδομισμού", λόγω του ότι αξιοποιούνται οι γνώσεις που ήδη κατέχουν οι μαθητές ως δομικά στοιχεία της νέας έννοιας.

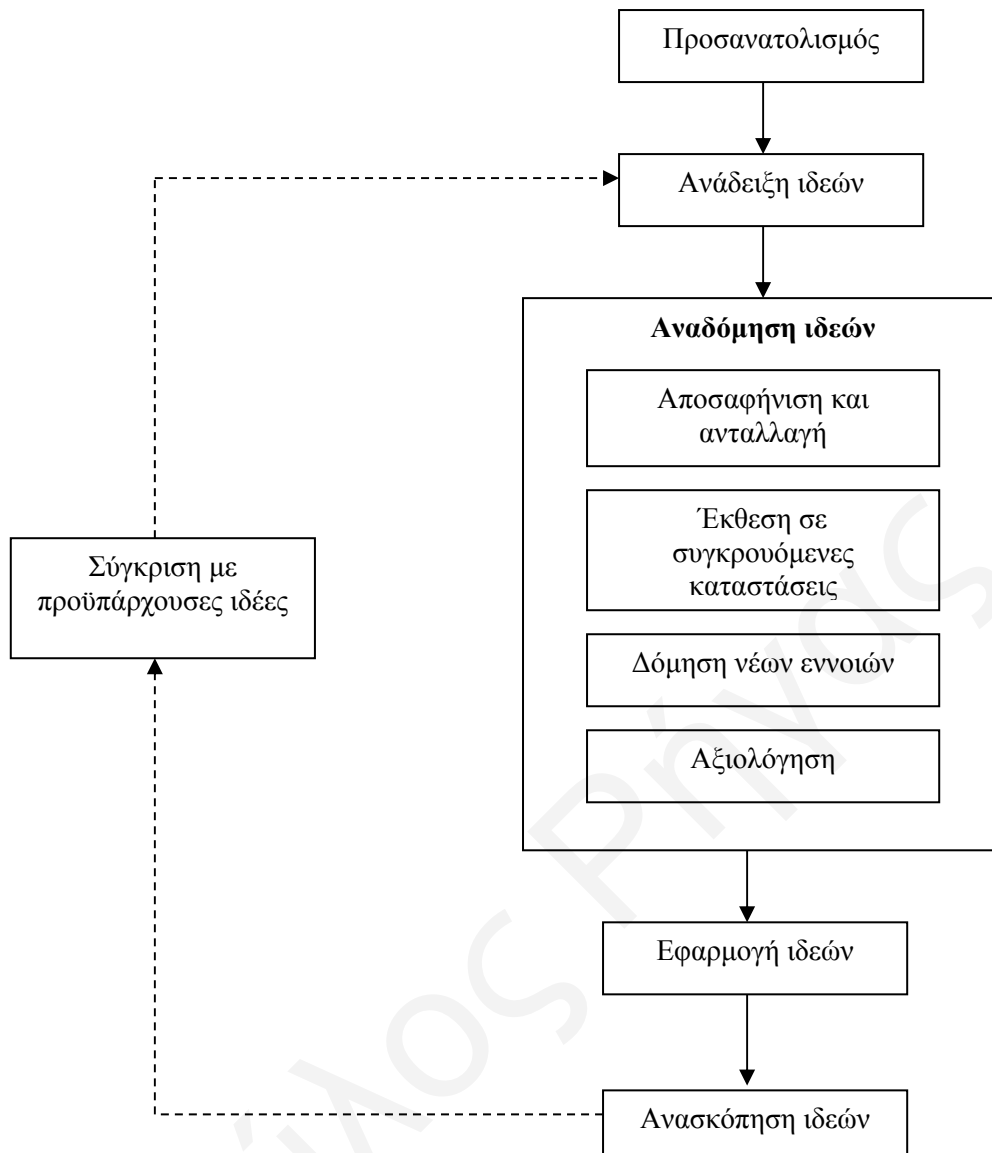
Οι Benjafield (1993), Hamilton και Ghatala (1994) και Solso (2001), αναφέρουν ότι η διαδικασία της μάθησης περιγράφεται από τη θεωρία επεξεργασίας πληροφοριών. Σύμφωνα με το Σχήμα 1, αρχικά οι πληροφορίες του εξωτερικού κόσμου αναπαρίστανται στην αρχική τους μορφή στους δέκτες αισθητηριακής καταχώρησης. Οι πληροφορίες αυτές χάνονται, εκτός αν περάσουν στη βραχύχρονη μνήμη του ατόμου, που σύμφωνα με τον Miller (1956) η χωρητικότητά της είναι πολύ μικρή ( $7 \pm 2$  μονάδες πληροφορίας - chunks) και ο χρόνος της μέγιστης διάρκειας διατήρησής τους εκεί είναι 20 – 30

δευτερόλεπτα (Baddeley 1986, 1999). Η βραχύχρονη μνήμη ονομάζεται και εργαζόμενη μνήμη (Hamilton και Ghatala, 1994), γιατί εκεί το άτομο συγκρατεί προσωρινά κάποιες πληροφορίες για να τις αξιολογήσει και να τις επεξεργαστεί. Στην εργαζόμενη μνήμη ενεργοποιούνται και οι στρατηγικές ανάκλησης πληροφοριών και λύσης προβλήματος. Λόγω της μικρής χωρητικότητάς της, αν οι πληροφορίες που γίνονται αντικείμενα επεξεργασίας στην εργαζόμενη μνήμη δεν αποθηκευτούν στη μακρόχρονη μνήμη, τότε χάνονται. Όσες πληροφορίες καταχωρηθούν στη μακρόχρονη μνήμη, παραμένουν για πάντα εκεί και αποτελούν πια τις προϋπάρχουσες γνώσεις του ατόμου.



Σχήμα 1. Θεωρία Επεξεργασίας Πληροφοριών (Solso, 2001)

Οι προσπάθειες των τελευταίων χρόνων για εποικοδομητική μάθηση εστιάζονται στη σημασία της γνωστικής σύγκρουσης και συνεπώς της εννοιολογικής αλλαγής (Carey, 1985· Lawson, 1995). Η εννοιολογική αλλαγή αναφέρεται στην αποσταθεροποίηση των προϋπαρχουσών εννοιών που ήδη κατέχει ο μαθητής και στην εναρμόνισή τους με τις έννοιες που διδάσκονται στο σχολείο. Αυτή όμως είναι μια πολύ δύσκολη διαδικασία, διότι όπως υποστηρίζουν οι Gilbert, Osborne και Fensham (1982), οι ιδέες των μαθητών θα αλλάξουν μόνο όταν δε θα είναι αρκετές για να δώσουν εξηγήσεις σε νέα δεδομένα. Η διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής, όπως προτείνεται από την Driver (1989), φαίνεται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2. Διαδικασία Εννοιολογικής Αλλαγής (Driver, 1989)

Με βάση αυτή την προοπτική, ο Lawson (1995) υποστηρίζει ότι κατά τη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής, αρχικά οι μαθητές πρέπει να βρεθούν σε μια κατάσταση όπου θα τους δοθεί η ευκαιρία να αναδείξουν τις προϋπάρχουσες ιδέες τους για το θέμα που θα διδαχτεί. Στη συνέχεια, θα επιχειρηθεί αναδόμηση των ιδεών τους, αφού προκληθούν συγκρουόμενες καταστάσεις (γνωστική σύγκρουση). Στόχος της γνωστικής σύγκρουσης είναι η δημιουργία δυσαρέσκειας και συνεπώς αποσταθεροποίηση των προϋπαρχουσών ιδεών των μαθητών. Η Carey (1991) αναφέρει ότι η εννοιολογική αλλαγή υπονοεί ισχυρή αναδόμηση των ιδεών, δηλαδή διαφοροποίηση, συγχώνευση και αλλαγή των οντολογικών ιδιοτήτων των ιδεών. Η εννοιολογική αλλαγή δεν ολοκληρώνεται όμως με την αναδόμηση των ιδεών. Ακολουθεί η εφαρμογή των νέων ιδεών, για να εντοπίσουν τις αλλαγές και να

συγκρίνουν τις νέες ιδέες τους με εκείνες που είχαν προτού αρχίσει η διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής. Αν οι μαθητές καταφέρουν να περάσουν από όλα αυτά τα στάδια, δηλαδή όπως ανέφερε ο Piaget (Hamilton & Ghatala, 1994) να περάσουν από τα στάδια της *αφομοίωσης* (αναγνώριση από το μαθητή ότι η νέα γνώση ή η πληροφορία ταιριάζει στην προϋπάρχουσα γνωστική δομή), της *διαταραχής της γνωστικής ισορροπίας* (κατάσταση διαταραχής της γνωστικής δομής του μαθητή) και της *προσαρμογής* (μεταβολή της γνωστικής δομής του μαθητή ώστε να γίνει αφομοιώσιμη η νέα γνώση), τότε μόνο η προϋπάρχουσα γνώση έχει αλλάξει και έχει εναρμονιστεί με τη νέα.

Στην οικοδομιστική προσέγγιση βασίζεται και η διδασκαλία με τη χρήση *αναλογιών*, η οποία λαμβάνει υπόψη τα χαρακτηριστικά στοιχεία της ηλικίας των μαθητών και τους βοηθά να οικοδομήσουν τις επιστημονικές έννοιες με αποτελεσματικό τρόπο. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι οι μαθητές που φοιτούν στο δημοτικό σχολείο ανήκουν στο στάδιο συγκεκριμένων λειτουργιών, και επομένως οι νέες πληροφορίες που προσφέρονται σε αυτούς πρέπει να μη χαρακτηρίζονται από αφηρημένα στοιχεία (Benjafield, 1993). Οι μαθητές της ηλικίας αυτής δεν μπορούν να κατανοήσουν έννοιες, που δεν έχουν συγκεκριμένη εφαρμογή και χρήση. Ο Lawson (1993) αναφέρει ότι οι επιστημονικές έννοιες διακρίνονται σε περιγραφικές και αφηρημένες. Οι περιγραφικές έννοιες μπορούν να γίνουν κατανοητές, λόγω του ότι μπορούν να εντοπιστούν δραστηριότητες που έχουν σχέση με την παρατήρηση του περιβάλλοντος των μαθητών. Οι αφηρημένες όμως έννοιες αποτελούν επινοήσεις των επιστημόνων. Αυτό σημαίνει ότι δεν μπορούν να εντοπιστούν στο ευρύτερο περιβάλλον των μαθητών, με αποτέλεσμα να είναι και πολύ δύσκολο να γίνουν κατανοητές. Ο Duit (1991) υποστηρίζει ότι ένας αποτελεσματικός τρόπος παρουσίασης αφηρημένων εννοιών στους μαθητές είναι οι αναλογίες, διότι αυξάνουν την κατανόηση προσφέροντας στους μαθητές συνδέσεις μεταξύ των επιστημονικών γνώσεων και των εμπειριών τους, και βοηθώντας τους να επεξεργαστούν αφηρημένες έννοιες. Σύμφωνα με τους Duit, Roth, Komorek και Wilbers (2001), Kurtz, Miao και Gentner (2001) και Chiu και Lin (2005), οι αναλογίες μπορούν να αποτελέσουν ένα αποτελεσματικό μέσο εννοιολογικής αλλαγής, διότι προσφέρουν στους μαθητές ευκαιρίες να αναδομήσουν τις τυχόν παρανοήσεις που είχαν για μια συγκεκριμένη επιστημονική έννοια. Συγκεκριμένα, όταν παρουσιαστεί στους μαθητές μια αναλογία, τότε αυτοί ελέγχουν αυθόρμητα αν υποθέσεις της έννοιας *βάσης* ισχύουν για την έννοια *στόχος*, και αντίστροφα (May, Hammer & Roy, 2006). Ταυτόχρονα, οι αναλογίες συνεισφέρουν στους ψυχολογικούς παράγοντες που υποβοηθούν τη μάθηση. Προσφέρουν στους μαθητές ανακούφιση και σιγουριά, διότι τους βοηθούν να συνδέσουν το δικό τους κόσμο με τον

κόσμο των θεωριών και των αφηρημένων εννοιών (Dagher, 1994), ενώ ταυτόχρονα τους υποβοηθούν μέσα από συγκεκριμένες έννοιες να σχηματίσουν γενικά σχήματα (Duit, 1991).

Οι Harrison και Treagust (2006) υποστηρίζουν ότι όταν οι μαθητές μελετούν μια νέα έννοια, μπορεί να επιτευχθεί ουσιαστική μάθηση, όταν εντοπίσουν και χρησιμοποιήσουν συνδέσεις μεταξύ του νέου περιεχομένου και της προϋπάρχουσας γνώσης τους. Αυτή η διαδικασία είναι ιδιαίτερα πολύτιμη κατά τη διαδικασία της διερεύνησης, όπου οι μαθητές οικοδομούν συνδέσεις μεταξύ των γνώσεων που ήδη κατέχουν και της επιστημονικής έννοιας που μελετούν. Οι αναλογίες διεγείρουν το ενδιαφέρον των μαθητών και τους προσφέρουν κίνητρα για να οικοδομήσουν τη νέα έννοια (Harrison, 2006). Συνεπώς, η χρήση των αναλογιών βρίσκεται στην καρδιά της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Όταν μια αναλογία κριθεί κατάλληλη για χρήση, τότε οι μαθητές οικοδομούν εύκολα τη νέα έννοια, διότι βασίζονται σε ήδη γνωστές και οικείες έννοιες που έχουν αποθηκευμένες στη μακροπρόθεσμη μνήμη τους.

Με βάση αυτή την προοπτική, σκοπός της έρευνας ήταν να διερευνηθεί κατά πόσο η χρήση αναλογιών μπορεί όντως να υποστηρίξει τη μάθηση επιστημονικών εννοιών σε μαθητές δημοτικού σχολείου. Πιο συγκεκριμένα, μελετήθηκε κατά πόσο η χρήση αναλογιών σε γραπτά κείμενα, που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στο μάθημα της επιστήμης, μπορούσε να βελτιώσει τη μάθηση σε σχέση με παραδοσιακά επιστημονικά κείμενα. Ακόμη μελετήθηκε κατά πόσο οι παράγοντες "φύλο", "ηλικία" και "τύπος σχολείου" επηρεάζουν στις επιδόσεις των μαθητών, ενώ ταυτόχρονα έγινε προσπάθεια να εντοπιστούν οι παράγοντες εκείνοι που προβλέπουν τις επιδόσεις των μαθητών.

### **Σημασία της Έρευνας**

Η έρευνα αυτή φιλοδοξεί να συμβάλει στην παγκόσμια ερευνητική προσπάθεια μελέτης της χρήσης αναλογιών στη διδασκαλία των επιστημονικών εννοιών. Τα αποτελέσματα της έρευνας θα προσφέρουν πολύτιμη πληροφόρηση για εναλλακτικούς τρόπους διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών στο δημοτικό σχολείο.

Η χρήση αναλογιών σε κείμενα είναι ένας δημιουργικός τρόπος παρουσίασης επιστημονικών εννοιών, που δεν εντοπίζεται στα βιβλία του μαθήματος της Επιστήμης στη δημοτική εκπαίδευση. Συνεπώς, θα μελετηθεί κατά πόσο επιστημονικές έννοιες που διδάσκονται στις δύο τελευταίες τάξεις του δημοτικού σχολείου, αλλά και στις πρώτες

τάξεις του γυμνασίου, μπορούν να γίνουν κατανοητές από παιδιά που φοιτούν στη Δ', Ε' και Στ' τάξη, με τη χρήση απλών (λεκτικών) και διπλών (λεκτικών και εικονικών) αναλογιών. Τα πορίσματα της παρούσας ερευνητικής προσπάθειας θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναδόμηση των Αναλυτικών Προγραμμάτων και για τη βελτίωση των διδακτικών προσεγγίσεων που προτείνονται για το μάθημα της Επιστήμης στο δημοτικό σχολείο.

Η έρευνα αυτή μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί στην προετοιμασία εκπαιδευτικών, τόσο της πρωτοβάθμιας όσο και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Μέσα από τα αποτελέσματά της μπορεί να προσφέρει πλούσια πληροφόρηση για την αποτελεσματική εκπαίδευση μελλοντικών εκπαιδευτικών στον τομέα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Ακόμη μπορεί να βοηθήσει στην ενδοϋπηρεσιακή επιμόρφωση των εκπαιδευτικών όλων των βαθμίδων, με στόχο τη βελτίωση των διδακτικών προσεγγίσεών τους στην τάξη.

Τέλος, παρόλο που η παρούσα έρευνα γίνεται στα πλαίσια της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, εντούτοις έχει άμεση σχέση με τη γνωστική ψυχολογία και μπορεί να προσφέρει πολύτιμη πληροφόρηση για τη σημασία των αναλογιών και τη χρήση μοντέλων στη μαθησιακή διαδικασία και τη γνωστική ανάπτυξη.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Η θεωρία του οικοδομισμού περιγράφει τη μάθηση ως μια ενεργή και συνεχή διαδικασία, όπου το άτομο παίρνει πληροφορίες από το περιβάλλον του και οικοδομεί προσωπική ερμηνεία, βασισμένη σε προϋπάρχουσες γνώσεις και εμπειρίες (Driver & Bell, 1986· Driver, Squires, Rushworth & Wood-Robinson, 2000). Σύμφωνα με τον οικοδομισμό, αποτελεσματική μάθηση συμβαίνει μόνο όταν το άτομο κατανοήσει τη νέα πληροφορία, οπότε αποκτά αξία και μπορεί να χρησιμοποιηθεί μελλοντικά ως βάση για την οικοδόμηση νέων εννοιών. Για να γίνει όμως αυτό, το άτομο πρέπει να εντοπίσει αποτελεσματικές συνδέσεις μεταξύ των νέων εννοιών και των προϋπαρχουσών γνώσεων που είναι αποθηκευμένες στη μακροπρόθεσμη μνήμη του (Lawson, 1993· Lawson, 1994· Glynn, 1991). Σύμφωνα με τους Goswami (1992) και Lakoff και Johnson (1980), οι φιλόσοφοι του εικοστού αιώνα υποστηρίζουν ότι αποτελεσματικοί τρόποι οικοδόμησης νέων εννοιών είναι η χρήση μοντέλων, μεταφορών και αναλογιών στη διδασκαλία, που σύμφωνα με πολλούς ερευνητές (Duit, 1991· Greca & Moreira, 2000· Harrison & Treagust, 1996), μπορούν να αποτελέσουν μεταγνωστικά εργαλεία στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών.

Ένα "μοντέλο" αποτελεί την αναπαράσταση μιας ιδέας, ενός αντικειμένου, ενός γεγονότος, μιας διαδικασίας ή ενός συστήματος (Gilbert & Boulter, 2000). Το "νοητικό μοντέλο" είναι μια ανθρώπινη γνωστική δομή (Ritchie, Tobin & Hook, 1997· Smit & Finegold, 1995) που χρησιμοποιείται για την περιγραφή και επεξήγηση φαινομένων που δε θα μπορούσαν να ερμηνευθούν άμεσα. Οι Ogborn και Martins (1996) υποστηρίζουν ότι τα μοντέλα παίζουν σημαντικό ρόλο στη μελέτη των φυσικών επιστημών. Ταυτόχρονα, σύμφωνα με τους Penner, Giles, Lehrer και Shauble (1997), πολλοί επιστήμονες ασχολούνται με τη δημιουργία και εξέταση νοητικών μοντέλων. Ένα γνωστό, άλλωστε, νοητικό μοντέλο από την ιστορία των φυσικών επιστημών είναι εκείνο του Rutherford, ο οποίος χρησιμοποίησε το νοητικό μοντέλο του ηλιακού συστήματος για την ερμηνεία της δομής του ατόμου. Από την άλλη, οι "αναλογίες" αποτελούν υποσύνολο των μοντέλων, αφού προσφέρουν στο άτομο τη σύγκριση μεταξύ δύο εννοιών που έχουν κάποιες ομοιότητες μεταξύ τους (Coll, France & Taylor, 2005). Συχνά χρησιμοποιούνται από τους επιστήμονες για να ερμηνεύσουν πολύπλοκες επιστημονικές έννοιες, αλλά και για να αναπτύξουν τα νοητικά μοντέλα τους.



Οι έννοιες "μεταφορά" και "αναλογία" χρησιμοποιούνται με τέτοιο τρόπο που πολλές φορές μπορεί να θεωρηθούν συνώνυμες. Όμως, όπως αναφέρουν οι Aubusson, Harrison και Ritchie (2006), μπορεί να γίνει διάκριση μεταξύ των δύο όρων διότι σε μια μεταφορά η έννοια A είναι μια έννοια B, ενώ σε μια αναλογία η έννοια A μοιάζει με μια έννοια B. Για παράδειγμα, όταν χρησιμοποιηθεί η μεταφορά "ο μαθητής είναι tabula rasa", υπονοείται ότι ο μαθητής δεν έχει καθόλου προϋπάρχουσες γνώσεις για το θέμα πριν έρθει στο σχολείο. Από την άλλη, όταν χρησιμοποιηθεί η αναλογία "ο μαθητής μοιάζει με σφουγγάρι", αυτό υποδηλώνει ότι ο μαθητής και το σφουγγάρι έχουν κοινά χαρακτηριστικά, αφού και οι δύο μπορούν να απορροφήσουν κάτι (νερό ή γνώσεις, αντίστοιχα), ενώ ταυτόχρονα υπάρχουν και διαφορές μεταξύ τους. Μια άλλη διαφορά μεταξύ των εννοιών "μεταφορά" και "αναλογία" αφορά το είδος των συγκρίσεων που γίνεται στην κάθε μια. Στη μεταφορά, οι συγκρίσεις είναι άδηλες, ενώ στην αναλογία είναι φανερές. Οι Lakoff και Johnson (1980) υποστηρίζουν ότι η μεταφορά καθορίζει τους τρόπους σκέψης και ενέργειας του ατόμου, χωρίς να γίνεται αντιληπτό πώς κάποια στοιχεία της μεταφοράς το επηρεάζουν. Αντιθέτως στην αναλογία, οι συγκρίσεις μεταξύ δύο εννοιών δίνονται και είναι εμφανώς αντιληπτές. Από την άλλη η χρήση των μεταφορών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών συνδέεται με απόψεις για τη διδασκαλία (π.χ., ο δάσκαλος είναι ο καπετάνιος του караβιού), ενώ οι αναλογίες συνδέονται περισσότερο με την ερμηνεία του περιεχομένου της επιστήμης (π.χ., το ανθρώπινο σώμα μοιάζει με μια μηχανή). Παρόλο που οι διαφορές που αναφέρθηκαν υποστηρίζουν ότι οι μεταφορές και οι αναλογίες είναι δύο διαφορετικές έννοιες, εντούτοις, δημιουργείται και ένα άλλο πρόβλημα που αφορά τη σχέση που έχουν μεταξύ τους. Σύμφωνα με τον Duit (1991), όλες οι αναλογίες μπορούν να θεωρηθούν μεταφορές και όλες οι μεταφορές μπορούν να θεωρηθούν αναλογίες. Αντίθετα, σύμφωνα με τους Aubusson, Harrison και Ritchie (2006), όλες οι αναλογίες είναι μεταφορές, αλλά όλες οι μεταφορές δεν μπορούν να θεωρηθούν αναλογίες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μια αναλογία παρουσιάζει φανερές συσχετίσεις μεταξύ δύο εννοιών, και άρα μπορεί ταυτόχρονα να είναι και μια μεταφορά. Στην αντίθετη περίπτωση, μια μεταφορά δεν είναι απαραίτητο να παρουσιάζει φανερές συσχετίσεις (μπορεί να είναι άδηλες), με αποτέλεσμα να μη θεωρείται ότι αποτελεί μια αναλογία.

Η αναλογική σκέψη αποτελεί κεντρικό στοιχείο στην ανθρώπινη νόηση. Αποτελεί ένα εργαλείο μέσω του οποίου το άτομο μπορεί να ερμηνεύει και να κατανοεί άγνωστες έννοιες, αντιπαραβάλλοντας τις με έννοιες ήδη γνωστές και κατανοητές. Σύμφωνα με τις Goswami (1992) και Yanowitz (2001a), η αναλογική σκέψη όχι μόνο συνεισφέρει στην

κατανόηση νέων εννοιών, αλλά ταυτόχρονα βοηθά και την καλλιέργεια της επιστημονικής σκέψης και την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης. Ο Polya (1985) έρχεται να ενισχύσει την άποψη αυτή, υποστηρίζοντας ότι οι αναλογίες διαποτίζουν την ανθρώπινη νόηση, τον καθημερινό λόγο και τα συμπεράσματα που αντλούνται μέσα από την επίλυση μιας προβληματικής κατάστασης, όπως επίσης και τους τρόπους καλλιτεχνικής έκφρασης, αλλά και τα σημαντικότερα επιστημονικά επιτεύγματα.

Η σημασία της αναλογικής σκέψης φαίνεται και μέσα από ιστορικά κείμενα της επιστήμης. Σύμφωνα με την Goswami (1992), πολλές κλασικές επιστημονικές ανακαλύψεις έγιναν με τη χρήση αναλογιών. Ένα από τα πιο διάσημα παραδείγματα είναι εκείνο του Αρχιμήδη (3<sup>ος</sup> αι. π.Χ.), όταν του ζητήθηκε να ανακαλύψει κατά πόσο το στέμμα του βασιλιά κατασκευάστηκε με καθαρό χρυσάφι ή αν περιείχε προσμίξεις άλλων μετάλλων. Παρόλο που η πυκνότητα του χρυσού ήταν γνωστή, το στέμμα είχε τόσο πολύπλοκο σχήμα που ήταν δύσκολο να μετρηθεί ο όγκος του, με αποτέλεσμα να είναι δύσκολο να διακριβωθεί κατά πόσο ήταν όντως κατασκευασμένο από καθαρό χρυσάφι. Σύμφωνα με τον μαθηματικό τύπο, η πυκνότητα του υλικού ενός αντικειμένου είναι ίση με το πηλίκο της μάζας διά του όγκου του ( $\rho = m / V$ ). Τη μάζα του στέμματος μπόρεσε πολύ εύκολα να την υπολογίσει, χρησιμοποιώντας μια ζυγαριά. Όμως, λόγω του ότι δεν μπορούσε να υπολογίσει τον όγκο του στέμματος, ήταν αδύνατο να χρησιμοποιήσει τη μαθηματική σχέση για να ανακαλύψει αν το στέμμα ήταν κατασκευασμένο από καθαρό χρυσάφι. Απογοητευμένος από την αδυναμία του να λύσει το πρόβλημα αυτό, ο Αρχιμήδης εγκατέλειψε τις προσπάθειες και αποφάσισε να πάει σπίτι του. Πηγαίνοντας σπίτι του, μπήκε στην μπανιέρα του για να πάρει το μπάνιο του και τότε συνειδητοποίησε ότι υπήρχε μια αναλογία μεταξύ του όγκου του νερού που εκτοπιζόταν από το σώμα του καθώς βυθιζόταν στο νερό της μπανιέρας, με τον όγκο του νερού που θα εκτόπιζε το στέμμα αν βυθιζόταν σε μια ποσότητα νερού. Με αυτό τον τρόπο κατάφερε να μετρήσει τον όγκο του στέμματος και να μελετήσει κατά πόσο το στέμμα ήταν φτιαγμένο από άτοφιο χρυσάφι.

Μια άλλη γνωστή αναλογία είναι εκείνη που πρότεινε ο Κέπλερ χρησιμοποιώντας έννοιες από τη θρησκεία για να εξηγήσει την κίνηση των πλανητών. Σύμφωνα με τον Gordon (1979), ο Κέπλερ είχε αντιπαραβάλει τον ήλιο, τα αστέρια και το διάστημα με το Θεό (Πατέρα), τον Υιό και το Άγιο Πνεύμα. Σύμφωνα με την αναλογία αυτή, ο ήλιος βρίσκεται στη μέση των κινούμενων αστεριών και, παρόλο που δεν κινείται, αυτός είναι η πηγή της κίνησης, όπως ακριβώς συμβαίνει και στην περίπτωση του Θεού. Ο Θεός διασκορπίζει την

κινητήρια δύναμή του μέσω ενός μέσου που περιέχει κινούμενα σώματα. Το μέσο αυτό είναι το Άγιο Πνεύμα. Αυτή η αναλογία οδήγησε τον Κέπλερ στη διατύπωση μιας λειτουργικής θεωρίας για την ουράνια μηχανική, η οποία στη συνέχεια είχε ως αποτέλεσμα τη διατύπωση του νόμου της βαρύτητας από το Νεύτωνα (Κουλαϊδής, 2002).

Η ανακάλυψη του Κέπλερ υποδεικνύει ακόμη μια σημαντική πτυχή για τη σημασία των αναλογιών στην ιστορία της επιστήμης. Οι περισσότερες ανακαλύψεις δεν έγιναν από το μηδέν. Αντιθέτως, η κύρια γνωστική προετοιμασία είχε ήδη γίνει στο παρελθόν και απλώς ήταν θέμα χρόνου κάποιος να εντοπίσει την αναλογική σύνδεση μεταξύ των εννοιών. Παρόλα αυτά, οι ερευνητές των επιστημονικών εννοιών βοήθησαν σημαντικά στην ιστορία της επιστήμης, αφού οι αναλογίες που διατύπωσαν πρόσφεραν ένα εντελώς νέο τρόπο αντιμετώπισης των φαινομένων που είχαν μελετηθεί από προηγούμενους επιστήμονες.

Αυτή η τόσο ωφέλιμη προσφορά των αναλογιών στην ανθρώπινη νόηση, έχει αναγνωριστεί και από τους γνωστικούς ψυχολόγους, που υποστηρίζουν ότι η ανθρώπινη νόηση δε λειτουργεί πάντα στη βάση γενικών, και χωρίς περιεχόμενο, συμπερασματικών κανόνων. Αντιθέτως, τις περισσότερες φορές είναι συνδεδεμένη με συγκεκριμένες ομάδες γνώσεων και επηρεάζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από το περιεχόμενο στο οποίο εμφανίζεται (Vosniadou, 1989· Goswami, 1991). Από αυτό συνεπάγεται ότι η μάθηση δεν αποτελεί απλή προσθήκη νέων εννοιών στην τράπεζα γνώσεων που ήδη υπάρχουν αποθηκευμένες στον εγκέφαλο του ανθρώπου. Η μάθηση εξαρτάται πολύ από την ικανότητα του ατόμου να εντοπίζει σχετικές ομάδες γνώσεων, που υπάρχουν ήδη στη μακροπρόθεσμη μνήμη του, έτσι που να μπορεί αυτές τις γνώσεις να τις χρησιμοποιεί ως βάση για τη μάθηση μιας νέας άγνωστης έννοιας (Mayo, 2001· Reed, 1999· Thagard, 1996). Η διαδικασία αυτή επιχειρείται από πολλούς εκπαιδευτικούς που, στην προσπάθειά τους να βοηθήσουν τους μαθητές τους να κατανοήσουν καλύτερα κάποιες έννοιες, χρησιμοποιούν τις αναλογίες (Lawson, 1994· Dagher, 1995a, 1998· Mastrilli, 1997), χωρίς όμως αυτή η προσέγγιση αυτή να γίνεται ενσυνείδητα.

### **Η Αναλογική Σκέψη Σύμφωνα με τη Γνωστική Ψυχολογία**

Η αναλογική σκέψη απασχόλησε πολύ τους ερευνητές της γνωστικής ψυχολογίας, αφού η χρήση των αναλογιών στη διαδικασία της μάθησης είναι εμφανής κατά τη διδασκαλία νέων εννοιών. Έχει παρατηρηθεί ότι η χρήση των αναλογιών διευκολύνει επίσης την κωδικοποίηση και την οργάνωση της γνώσης, βοηθά την ευκολότερη πρόσβαση και

ανάκληση των γνώσεων από τη μακροπρόθεσμη μνήμη και συνεισφέρει στην αποσταθεροποίηση των παρανοήσεων (Mason, 2004). Ανάλογα με τον τρόπο που μελετήθηκε η αναλογική σκέψη, οι γνωστικοί ψυχολόγοι διατύπωσαν τρεις κύριες θεωρίες. Σύμφωνα με τις Goswami (1991) και Dagher (1995a), η πρώτη θεωρία είναι εκείνη που ανέπτυξε ο Piaget και ονομάζεται «Δομικό Μοντέλο των Σταδίων της Αναλογικής Σκέψης» (Structural Stage Model of Analogical Reasoning), η δεύτερη είναι εκείνη που ανέπτυξε ο Sternberg και ονομάζεται «Θεωρία των Συστατικών Στοιχείων της Αναλογικής Σκέψης» (Componential Theory of Analogical Reasoning) και η τρίτη είναι εκείνη που ανέπτυξε η Gentner και ονομάζεται «Θεωρία της Δομικής Χαρτογράφησης των Αναλογιών» (Structure-Mapping Theory of Analogy).

### **Δομικό Μοντέλο των Σταδίων της Αναλογικής Σκέψης του Piaget**

Στη θεωρία αυτή ο Piaget σύνδεσε την αναλογική σκέψη με την εξελικτική νοητική ανάπτυξη του ατόμου (Goswami, 1991). Χρησιμοποιώντας δικά του έργα και διεξάγοντας κλινικές συνεντεύξεις με μικρά παιδιά, ο Piaget (Inhelder & Piaget, 1958) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα παιδιά αναπτύσσονται γνωστικά περνώντας από τέσσερα στάδια νοητικής ανάπτυξης. Σε κάθε στάδιο, το άτομο παρουσιάζει ένα συγκεκριμένο τρόπο σκέψης και συμπεριφοράς, που αντικατοπτρίζει μια συγκεκριμένη γνωστική οργάνωση και δομή (Anderson, 1995). Αυτές οι δομές οδηγούν το άτομο σε συγκεκριμένες αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον, με αποτέλεσμα να το οδηγούν σε εντελώς διαφορετικές θεωρήσεις για τον κόσμο. Αφού περάσει από το ένα στάδιο στο άλλο, το άτομο δεν επιστρέφει πίσω, αφού το προηγούμενο στάδιο παύει να υπάρχει γι' αυτό και ενσωματώνεται με το επόμενο. Όλα τα άτομα περνούν από τα ίδια στάδια σε συγκεκριμένες ηλικίες και κανένα στάδιο δεν μπορεί να παραλειφθεί (Furth, 1997).

Σύμφωνα με τους Inhelder και Piaget (1958), το πρώτο στάδιο είναι το *αισθησιοκινητικό* (από τη γέννηση μέχρι την ηλικία των 2 χρονών). Κατά το στάδιο αυτό, 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 χρονών), κατά το οποίο το άτομο αρχίζει να σκέφτεται με σύμβολα, να αναπτύσσει γλωσσικό κώδικα επικοινωνίας και να ενεργεί διαισθητικά παρά λογικά. Παρόλα αυτά, η σκέψη του εξακολουθεί να είναι πολύ εγωκεντρική. Το τρίτο στάδιο είναι το στάδιο της *συγκεκριμένης λογικής ακέψης* (από την ηλικία των 7 μέχρι την ηλικία των 11 χρονών), κατά το οποίο το άτομο βασίζεται σε πραγματικά και συγκεκριμένα πράγματα για να λύσει ένα πρόβλημα. Στο στάδιο αυτό, το άτομο αρχίζει να

εγκαταλείπει τον εγωκεντρισμό του σταδίου της συγκεκριμένης λογικής σκέψης, συνειδητοποιώντας ότι εκτός από τη δική του θεώρηση των πραγμάτων υπάρχει και η άποψη των άλλων, ενώ αναπτύσσει και αντιστρεψιμότητα της σκέψης (Goswami, 1992). Στο στάδιο αυτό, το άτομο μπορεί ακόμη να λύσει προβλήματα που αφορούν τη διατήρηση ποσοτήτων ή την ταξινόμηση εννοιών. Τέλος, ο Piaget (Inhelder & Piaget, 1958) πίστευε ότι, όταν το άτομο φτάσει στο στάδιο της *τυπικής λογικής σκέψης* (11 χρονών και άνω), μπορεί να σκέφτεται λογικά και αφηρημένα, αναπτύσσει την επιστημονική σκέψη και μπορεί να αξιολογήσει τον τρόπο σκέψης του. Σε αυτό το στάδιο, το άτομο αναπτύσσει μια πολύ σημαντική δεξιότητα, τη μεταγνωστική ικανότητα.

Με βάση τη θεωρία του Piaget, η ανάπτυξη της αναλογικής σκέψης αναπτύσσεται στο στάδιο της τυπικής λογικής σκέψης, διότι θεώρησε ότι είναι μια πολύ ανεπτυγμένη ικανότητα, που δεν μπορεί να υπάρχει σε κατώτερα στάδια (Dagher, 1995a· Goswami, 1998). Υποστήριξε επίσης ότι ένα παιδί που βρίσκεται σε κατώτερα στάδια, μπορεί, πολύ σπάνια, να λύσει προβλήματα αναλογιών και οφείλεται σε καθαρά τυχαία συνδυαστική σκέψη και όχι σε αναλογική σκέψη (Goswami, 2001). Για να μπορέσει ένα παιδί να αναπτύξει την αναλογική σκέψη, πρέπει πρώτα να περάσει από μια περίοδο όπου στο στάδιο της συγκεκριμένης λογικής σκέψης θα εκτεθεί επανειλημμένα σε αφηρημένα ερεθίσματα που θα προάγουν την καλλιέργεια της συνδυαστικής σκέψης. Ο Piaget (Goswami, 1992) για να διατυπώσει τα στάδια της αναλογικής σκέψης, εφάρμοσε το ακόλουθο έργο.

### Το Έργο

Ο Piaget και οι συνεργάτες του χρησιμοποίησαν ένα ευφύες έργο με εικόνες που ήταν βασισμένο στο κλασικό έργο αναλογιών της μορφής  $\alpha:\beta::\gamma:\delta$  (ο παράγοντας  $\alpha$  έχει μια σχέση με τον παράγοντα  $\beta$ , η οποία χρησιμοποιείται για να εντοπιστεί ο παράγοντας  $\delta$  που πρέπει να αντιστοιχεί με τον παράγοντα  $\gamma$  με τον ίδιο τρόπο που αντιστοιχεί ο  $\alpha$  με τον  $\beta$ ). Με αυτό τον τρόπο μπόρεσε να διερευνήσει την αναλογική σκέψη ακόμη και πολύ μικρών παιδιών, ηλικίας πέντε χρονών, που δεν μπορούσαν να διαβάσουν κείμενα.

Αρχικά ζητούσε από το παιδί να τοποθετήσει τις εικόνες σε ζευγάρια που να έχουν μια σχέση. Με αυτή την οδηγία διερεύνησε κατά πόσο μπορούσε να συσχετίσει σωστά τους παράγοντες  $\alpha$  και  $\beta$ , αλλά και τους παράγοντες  $\gamma$  και  $\delta$ . Αυτές οι συσχετίσεις ονομάστηκαν "κατώτερου επιπέδου" συσχετίσεις σε αντίθεση με τις αναλογικές "ανωτέρου επιπέδου"

συσχετίσεις, όπου το άτομο μπορεί να μεταφέρει τη σχέση που υπάρχει μεταξύ του παράγοντα  $\alpha$  και  $\beta$  στους παράγοντες  $\gamma$  και  $\delta$ .

Στη συνέχεια, ζητούσε από το παιδί να τοποθετήσει τις εικόνες σε ομάδες των τεσσάρων με τρόπο που να έχουν την ίδια αντιστοιχία μεταξύ τους. Με αυτή την οδηγία, διερεύνησε κατά πόσο τα παιδιά μπορούσαν να σχηματίσουν αναλογίες. Οι εικόνες απεικόνιζαν αντικείμενα και μέρη αντικειμένων, όπως ο σκύλος, το τρίχωμα, το πουλί και τα φτερά. Αν το παιδί δεν κατάφερε να αντιστοιχίσει τα ζευγάρια των εικόνων, τότε ο ερευνητής του έδινε κατευθυντήριες γραμμές. Για παράδειγμα, για το ζευγάρι *πουλί:φτερά*, ο ερευνητής έλεγε στα παιδιά "Ποιο πράγμα ζεσταίνει το πουλί;" Το παιδί απαντούσε "Τα φτερά." Στη συνέχεια, ο ερευνητής έβαζε ακριβώς από κάτω από την εικόνα του πουλιού την εικόνα του σκύλου. Τότε ρωτούσε το παιδί: "Ποια εικόνα να βάλουμε κάτω από την εικόνα φτερά;" Το παιδί έπρεπε να διαλέξει μεταξύ όλων των άλλων εικόνων του έργου. Αν συνέχιζε να έχει δυσκολίες, τότε ο ερευνητής του έδινε τρεις εικόνες μόνο, από τις οποίες έπρεπε να διαλέξει τη σωστή. Αν το παιδί έβρισκε τη σωστή εικόνα, τότε έπρεπε να διερευνηθεί κατά πόσο μπορούσε να διαφοροποιήσει τις αναλογίες και να αντικρούσει παραδείγματα που δεν έδιναν ορθές αναλογίες. Μόνο τότε μπορούσε ο ερευνητής να αποφασίσει κατά πόσο το παιδί ανέπτυξε την αναλογική σκέψη.

### Τα Στάδια Ανάπτυξης της Αναλογικής Σκέψης

Σύμφωνα με τις επιδόσεις των παιδιών στο προηγούμενο έργο, ο Piaget μπόρεσε να διατυπώσει τα τρία στάδια ανάπτυξης της αναλογικής σκέψης (Goswami, 1992).

(α) Στάδιο I (προ-λογικό στάδιο). Στο στάδιο αυτό, οι απαντήσεις των παιδιών είναι εγωκεντρικές και οι συσχετίσεις που προτείνουν μεταξύ των παραγόντων  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  και  $\delta$  είναι πολύ ιδιόμορφες. Ο Piaget εντόπισε δύο υποστάδια στο Στάδιο I. Στο Στάδιο IA, τα παιδιά είναι εντελώς ανίκανα να προτείνουν οποιουδήποτε είδους κατώτερου επιπέδου συσχετίσεις. Για παράδειγμα, στην αναλογία *πουλί:φτερό::σκύλος: .....* ένα παιδί διάλεξε το *αυτοκίνητο* τις επιλογές *αυτοκίνητο*, *τρίχωμα*, *ηλεκτρική σκούπα*, επειδή ο σκύλος μπαίνει στο αυτοκίνητο. Ο εγωκεντρισμός δεν άφησε το παιδί να εντοπίσει έστω και κατώτερου επιπέδου σχέσεις. Στο Στάδιο IB, κάποια παιδιά μπορούν να προτείνουν ορθές κατώτερου επιπέδου συσχετίσεις, αλλά δεν μπορούν να σχηματίσουν αναλογίες. Για παράδειγμα, στην ίδια αναλογία που αναφέρθηκε προηγουμένως, ένα παιδί συμπλήρωσε στον παράγοντα  $\delta$  την ορθή απάντηση (*τρίχωμα*), δικαιολόγησε την επιλογή του λέγοντας ότι ο σκύλος τρώει το πουλί και αυτά εκεί είναι τα φτερά του. Συνεπώς, ο Piaget

υποστήριξε ότι στο Στάδιο I τα παιδιά δεν μπορούν να σχηματίσουν οποιαδήποτε μορφή αναλογίας ή ότι δεν άρχισε η ανάπτυξη της αναλογικής σκέψης.

(β) Στάδιο II (στάδιο συγκεκριμένης λογικής σκέψης). Κατά το δεύτερο στάδιο της ανάπτυξης της αναλογικής σκέψης, τα παιδιά έχουν περισσότερη επιτυχία σε έργα αναλογίας. Και στο στάδιο αυτό, ο Piaget εντόπισε δύο υποστάδια. Στο Στάδιο IIA τα παιδιά μπορούν κάποτε να σχηματίσουν ανωτέρου επιπέδου συσχετίσεις με τη διαδικασία της "δοκιμής και πλάνης". Στο στάδιο όμως αυτό, τα παιδιά δεν μπορούν να αποκλείσουν λανθασμένα αντιπαραδείγματα για τον παράγοντα  $\delta$ , που καταστρέφουν εντελώς την αναλογία. Για παράδειγμα στην αναλογία *πουλί:φτερό::σκύλος: .....* ένα παιδί υποστήριξε ότι το πουλί και ο σκύλος είναι ζώα, που φανερώνει ότι είχε σχηματίσει μια ανωτέρου επιπέδου σχέση στο μυαλό του. Παρόλα αυτά δεν μπορούσε να κάνει την ορθή επιλογή για τον παράγοντα  $\delta$ . Στο στάδιο IIB, τα παιδιά μπορούν να βρουν τη λύση στην αναλογία και να αποκλείσουν τα λανθασμένα αντιπαραδείγματα, αλλά χωρίς συνέπεια.

(γ) Στάδιο III (στάδιο τυπικής λογικής σκέψης). Στο στάδιο αυτό, τα παιδιά παρουσιάζουν πλήρως ανεπτυγμένη αναλογική ικανότητα. Τα παιδιά μπορούν πλέον να εντοπίζουν και να χρησιμοποιούν ανώτερου επιπέδου συσχετίσεις και είναι σε θέση να φαντάζονται εναλλακτικές επιτρεπτές συσχετίσεις χωρίς δυσκολία. Είναι επίσης ικανά να συνειδητοποιούν ότι οι αναλογίες μπορούν να εκφραστούν και με μαθηματικές σχέσεις. Είναι επομένως φανερό ότι στα στάδια που πρότεινε ο Piaget αντανακλάται η γενική θεωρία του για την γνωστική ανάπτυξη (παραλείπεται το αισθησιοκινητικό στάδιο). Για τον Piaget η αναλογική σκέψη δεν αναπτύσσεται παρά μόνο στο στάδιο της τυπικής λογικής σκέψης και ποτέ στα προηγούμενα δύο στάδια (Zeitoun, 1984).

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 (Inhelder & Piaget, 1958), 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.

## **Θεωρία των Συστατικών Στοιχείων της Αναλογικής Σκέψης του Sternberg**

Η θεωρία αυτή προτάθηκε από το Sternberg (1985) και τους συνεργάτες του οι οποίοι ασχολήθηκαν πολύ με τις διάφορες μορφές σκέψης. Η προσέγγιση της θεωρίας των Συστατικών Στοιχείων είναι εντελώς διαφορετική από εκείνη του Piaget, διότι στόχος των συγκεκριμένων ερευνητών ήταν να εντοπίσουν τα διαφορετικά συστατικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για την αναλογική σκέψη. Μελετώντας την αναλογική σκέψη, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι διαφορές που παρατηρούνται ηλικιακά στα παιδιά δεν οφείλονται σε εξελικτικούς παράγοντες, αλλά στην ικανότητα που έχουν τα παιδιά να χρησιμοποιούν τα συστατικά στοιχεία.

### **Τα Συστατικά Στοιχεία**

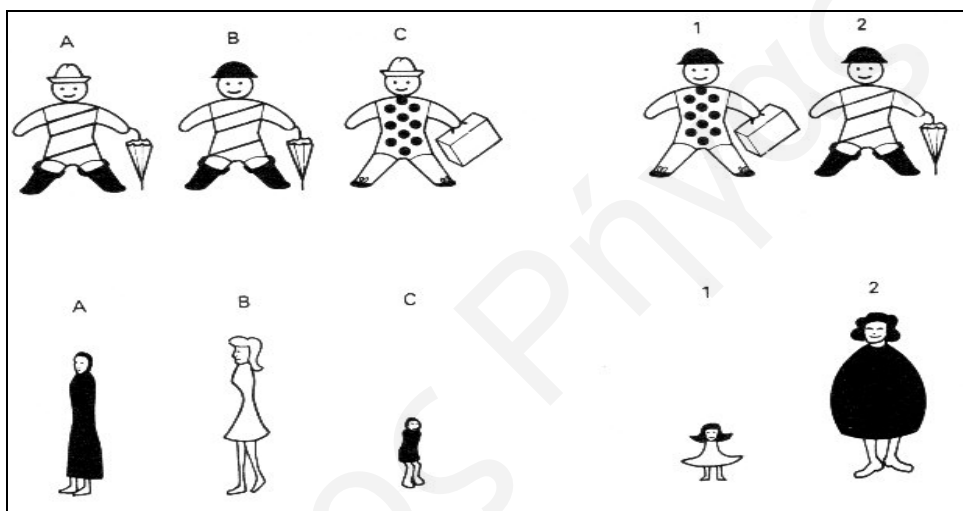
Ο Sternberg (1985) πρότεινε ότι υπάρχουν έξι συστατικά στοιχεία που συνθέτουν την αναλογική σκέψη, κατά την επεξεργασία κλασικών αναλογιών. Το πρώτο είναι η *κωδικοποίηση* των όρων της αναλογίας, έτσι που το άτομο να μπορεί να εντοπίζει τις σημασιολογικές επεκτάσεις τους. Το δεύτερο είναι η *εξαγωγή συμπερασματικών σχέσεων* μεταξύ των όρων  $\alpha$  και  $\beta$ . Ακολουθεί η *χαρτογράφηση* (*mapping*) ή ο εντοπισμός της σχέσης μεταξύ του όρου  $\alpha$  και  $\gamma$ . Μια ανάλογη σχέση πρέπει να βρεθεί και για τον όρο  $\beta$ , για να βρεθεί η λύση της αναλογίας (σύνδεση δηλαδή με τον όρο  $\delta$ ). Η αποτελεσματικότητα της συσχέτισης των όρων  $\beta$  και  $\delta$  πρέπει να *δικαιολογηθεί* και τέλος να *ανακοινωθεί η απάντηση*. Ο Sternberg και οι συνεργάτες του (Sternberg & Rifkin, 1979) αποφάσισαν να ελέγξουν τη θεωρία αυτή, ζητώντας από παιδιά ηλικίας 8, 10 και 12 χρόνων να λύσουν αναλογίες με εικόνες της μορφής  $\alpha:\beta::\gamma:\delta$  χρησιμοποιώντας εικόνες.

### **Το Έργο**

Οι εικόνες ήταν δύο ειδών: εκείνες που είχαν διακριτές εξωτερικές ιδιότητες (π.χ., μικρά ανθρωπάκια που διέφεραν στο είδος του καπέλου ή των παπουτσιών που φορούσαν) και εκείνες που είχαν εσωτερικές ιδιότητες (π.χ., φιγούρες που διέφεραν στο φύλο ή στο ύψος). Οι ερευνητές έδειχναν τις φιγούρες στα παιδιά για τους όρους  $\alpha$ ,  $\beta$ , και  $\gamma$ , και ζητούσαν από αυτά να τις μελετήσουν. Στη συνέχεια, τους έδιναν δύο εικόνες για να επιλέξουν μία για τον όρο  $\delta$ . Παράδειγμα από τις φιγούρες που έδειχναν οι ερευνητές στα παιδιά φαίνεται στο Σχήμα 3. Η πρώτη σειρά αναφέρεται στις φιγούρες με τις εξωτερικές ιδιότητες, ενώ η δεύτερη αναφέρεται στις φιγούρες με τις εσωτερικές ιδιότητες. Οι πρώτες τρεις φιγούρες (A, B, C) δίνονταν στα παιδιά, τα οποία καλούνταν να επιλέξουν μια από τις άλλες δύο (1, 2). Τα παιδιά έπρεπε να εντοπίσουν τα κοινά στοιχεία, αλλά και τις διαφορές που είχαν οι φιγούρες A και B και στη συνέχεια να βρουν ποια από τις φιγούρες



1 και 2 είχε τα ίδια κοινά στοιχεία και διαφορές με τη φιγούρα C. Για παράδειγμα, στο Σχήμα 3, στην πρώτη σειρά, οι φιγούρες A και B φορούν κοστούμι με διαγώνιες ρίγες, μαύρες μπότες και κρατούν ομπρέλα. Τα καπέλα τους όμως διαφέρουν στο χρώμα. Άρα, και στο δεύτερο ζευγάρι πρέπει οι φιγούρες να φορούν το ίδιο κοστούμι και τις ίδιες μπότες, να κρατούν το ίδιο αντικείμενο, αλλά πρέπει να φορούν διαφορετικού χρώματος καπέλο. Έτσι, για τη φιγούρα C το παιδί πρέπει να διαλέξει τη φιγούρα 1, που φοράει το ίδιο κοστούμι (με μαύρα στίγματα), τις ίδιες μπότες (άσπρες), και κρατά μια βαλίτσα. Παρόλες τις ομοιότητες, η φιγούρα 1 φοράει μαύρο καπέλο, ενώ η φιγούρα C φοράει άσπρο καπέλο.



Σχήμα 3. Σχηματικές Αναλογίες που Χρησιμοποίησε ο Sternberg (Goswami, 1992)

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπήρξαν πολύ λίγες ποιοτικές εξελικτικές διαφορές στην επίδοση των παιδιών. Απλά τα μεγαλύτερα σε ηλικία, παιδιά έβρισκαν πιο γρήγορα την απάντηση από τα μικρά. Από την άλλη, οι ερευνητές βρήκαν ότι πολλά από τα μικρά παιδιά δυσκολεύονται να εντοπίσουν "ανωτέρου επιπέδου" συσχετίσεις, παρόλο που εντόπισαν "κατωτέρου επιπέδου" συσχετίσεις μεταξύ των όρων. Αυτή η διαπίστωση συνάδει με τα ευρήματα του Piaget, ο οποίος υποστήριξε ότι τα παιδιά της ηλικίας αυτής δεν μπορούν να βρουν απαντήσεις σε κλασικού τύπου αναλογίες, διότι η χαρτογράφηση απαιτεί αναγνώριση μιας ανωτέρου επιπέδου συσχέτισης μεταξύ των δύο σχέσεων.

Στα προβλήματα αυτά υπήρχαν παιδιά που έδωσαν ορθές απαντήσεις για τις αναλογίες. Έτσι, θέλοντας να μελετήσουν γιατί κάποια από τα παιδιά έδωσαν ορθές απαντήσεις, οι ερευνητές μελέτησαν κατά πόσο τα παιδιά σκέφτονται αρχικά συνδυαστικά (Sternberg & Nigro, 1980). Η μελέτη αυτή τους οδήγησε στη διατύπωση ενός μοντέλου κατά το οποίο

τα παιδιά σκέφτονται αρχικά συνδυαστικά και καθώς μεγαλώνουν αρχίζουν να σκέφτονται αναλογικά. Έτσι, το εξελικτικό μοντέλο που προτείνουν ο Sternberg και οι συνεργάτες του αποτελείται από δύο επίπεδα. Στο πρώτο επίπεδο, το οποίο συμπίπτει με το στάδιο των συγκεκριμένων λειτουργιών του Piaget, η λύση δίνεται εν μέρει συνδυαστικά. Η συνδυαστική σκέψη επηρεάζει αλλά δεν υπερκαλύπτει την αναλογική. Συνεπώς, σε αυτό το στάδιο η αναλογική σκέψη δεν είναι απύσχα. Στο δεύτερο επίπεδο, το οποίο συμπίπτει με το στάδιο τυπικών διεργασιών του Piaget, τα παιδιά συσχετίζουν πλήρως το πρώτο μισό της αναλογίας με το δεύτερο μισό, άρα έχουν αναπτύξει την ικανότητά τους να σκέφτονται αναλογικά.

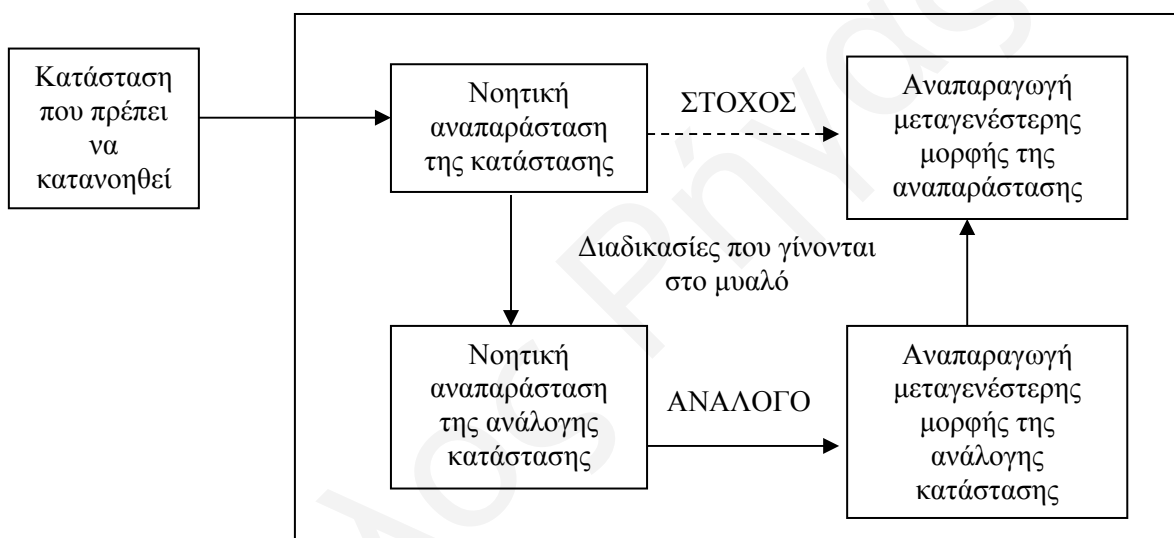
### **Θεωρία της Δομικής Χαρτογράφησης των Αναλογιών της Gentner**

Η θεωρία της Δομικής Χαρτογράφησης της Gentner (1983) βασίζεται στις αναλογίες κατά τη λύση προβλήματος και όχι στις κλασικές αναλογίες του τύπου  $a:b::\gamma:\delta$ . Η χρήση των αναλογιών στη λύση προβλήματος αυξάνει τις πιθανότητες να βρεθεί η λύση, μειώνει το χρόνο για τον εντοπισμό της λύσης και εξοπλίζει τους μαθητές με εφόδια για την κατανόηση μιας ομάδας προβλημάτων (Anderson, 1995).

Η Gentner (1998) αναφέρει χαρακτηριστικά ότι μια αναλογία συνδυάζει παράλληλες σχέσεις μεταξύ διαφορετικών καταστάσεων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως νοητικό μοντέλο για την κατανόηση ενός νέου τομέα. Πιο συγκεκριμένα, το άτομο χαρτογραφεί τη γνώση από ένα τομέα, τη **βάση**, σε ένα άλλο τομέα, το **στόχο**. Η διαδικασία αυτή γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να διατηρείται η συσχετιστική δομή της βάσης όταν τοποθετηθούν τα στοιχεία στο στόχο, που ταυτόχρονα πρέπει να έχουν συσχετιστική συμφωνία 1:1 με τη βάση. Σύμφωνα με τον Thagard (1996) αλλά και τους Krawczyk, Holyoak και Hummel (2004), η αναλογική σκέψη στη θεωρία της Gentner (1983) περιλαμβάνει τέσσερις διαδικασίες: (α) την ανάκληση κατάλληλης βάσης από τη μακροπρόθεσμη μνήμη, για να συγκριθεί με το νέο στόχο, (β) χαρτογράφηση των στοιχείων της βάσης και του στόχου, (γ) εξαγωγή συμπερασμάτων για το στόχο μέσα από τη χαρτογράφησή του με τη βάση και (δ) χρήση της βάσης και του στόχου για τη δημιουργία ενός πιο γενικού σχήματος ή κανονισμού.

Ουσιαστικά κατά την αναλογική σκέψη, το άγνωστο γίνεται γνωστό (Treagust, Duit, Joslin & Landauer, 1992), καθώς οι σχέσεις που χαρακτηρίζουν το γνωστό μεταφέρονται στο άγνωστο (Newton, 2000). Το μοντέλο της αναλογικής σκέψης συνοψίζεται στο Σχήμα 4. Το μεγάλο ορθογώνιο αναπαριστάνει τις διαδικασίες που γίνονται στον εγκέφαλο του

ατόμου. Η κατάσταση που πρέπει να κατανοηθεί, που αποτελεί εξωτερική (από τον εγκέφαλο) δομή, πρέπει αρχικά να αναπαρασταθεί νοητικά στον εγκέφαλο. Δημιουργείται έτσι μια νοητική αναπαράσταση της εξωτερικής δομής η οποία αν επεξεργαστεί απευθείας, τότε υπάρχει περίπτωση να μη γίνει ορθή αναπαραγωγή της μεταγενέστερης μορφής της (κατανόηση). Για αυτό το λόγο στο Σχήμα 4 η διαδρομή αυτή αναπαριστάται με το διακεκομμένο βέλος, διότι πρέπει να αποφεύγεται. Ως εναλλακτική διαδρομή επιλέγεται εκείνη όπου η νοητική αναπαράσταση της κατάστασης συσχετίζεται με γνωστή, για το άτομο, ανάλογη κατάσταση. Αφού γίνει αυτό, αναπαράγεται μια μεταγενέστερη μορφή της ανάλογης κατάστασης η οποία βοηθά στην κατανόηση της αρχικής έννοιας (αναπαραγωγή μεταγενέστερης μορφής της αναπαράστασης).



Σχήμα 4. Το Μοντέλο της Αναλογικής Σκέψης (Newton, 2003)

Η επιτυχία της αναλογικής σκέψης βασίζεται στην ικανότητα του ατόμου να εντοπίζει κοινές συσχετίσεις μεταξύ της βάσης και του στόχου, ανεξαρτήτως των στοιχείων μέσω των οποίων εντοπίζονται οι σχέσεις (Gentner & Jeziorski, 1989). Για παράδειγμα, στην αναλογία μεταξύ του ηλιακού συστήματος και του ατόμου, η σχέση μεταξύ των πλανητών και του ήλιου εντοπίζεται και στη σχέση μεταξύ των ηλεκτρονίων και του πυρήνα. Η σχέση μεταξύ των στοιχείων πλανήτες-ήλιος αντιστοιχεί με τη σχέση των στοιχείων ηλεκτρόνια-πυρήνας, χωρίς τα στοιχεία να έχουν από μόνα τους οποιεσδήποτε ομοιότητες (Gentner & Gentner, 1983). Όμως, για να γίνει αυτό πρέπει πρώτα το άτομο να έχει κατανοήσει πλήρως τη βάση και τις σχέσεις που τη χαρακτηρίζουν. Δηλαδή, στην προκειμένη περίπτωση, πρέπει να κατανοήσει τη λειτουργία του ηλιακού συστήματος, με ιδιαίτερη έμφαση στη σχέση των πλανητών. Από την άλλη, πρέπει το άτομο να κατανοεί

έστω και μερικώς το στόχο, έτσι ώστε να αποφεύγεται η μεταφορά άσχετων ιδιοτήτων της βάσης σε αυτόν (Vosniadou, 1989· Brown, 1989).

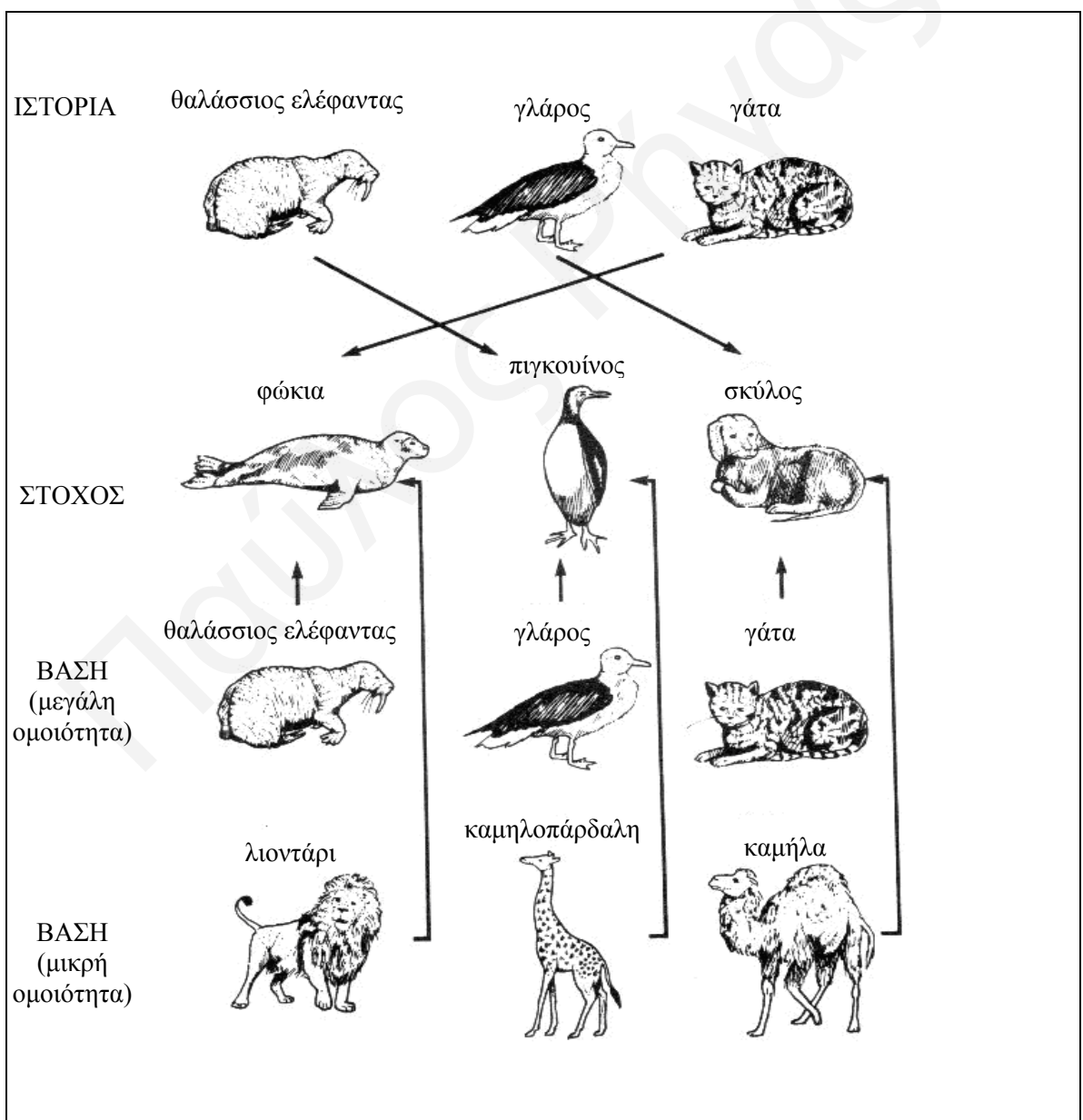
Σύμφωνα με την Gentner (1989) και τους Holyoak, Gentner και Kokinov (2001), σημαντικό στοιχείο της θεωρίας αυτής είναι η *δομική ευθυγράμμιση* μεταξύ των δύο τομέων (βάσης και στόχου). Αυτή η ευθυγράμμιση χαρακτηρίζεται από *δομικό παραλληλισμό* (συστηματικές "μία προς μία" αντιστοιχίσεις των στοιχείων που χαρτογραφούνται) και από την *αρχή της συστηματοποίησης*. Σύμφωνα με την αρχή της συστηματοποίησης, το άτομο προτιμά να χαρτογραφεί συνδεδεμένα συστήματα από σχέσεις που αποτελούνται από ανωτέρου επιπέδου συσχετίσεις (σχέσεις μεταξύ των σχέσεων) με συμπερασματικές έννοιες, δηλαδή αιτιολογικές, μαθηματικές και λειτουργικές σχέσεις, σε αντίθεση με κατώτερου επιπέδου συσχετίσεις ή απομονωμένα στοιχεία. Οι ανωτέρου επιπέδου συσχετίσεις, σύμφωνα με τους Holyoak, Gentner και Kokinov (2001), εντοπίζονται σε παραδείγματα όπως αυτό με την αντιστοίχιση της ροής των ηλεκτρονίων με τη ροή ανθρώπων σε μια υπόγεια σήραγγα με πολυκοσμία. Όταν προστεθεί μια αντίσταση στο ηλεκτρικό κύκλωμα, τότε προκαλείται μείωση της ροής των ηλεκτρονίων, όπως μειώνεται η ροή των ανθρώπων όταν τοποθετείται στη σήραγγα μια στενή πύλη (ανωτέρου επιπέδου συσχέτιση).

Η Goswami (1991) αναφέρει ότι η Gentner πιστεύει ότι τα μικρά παιδιά τείνουν να μην αναπτύσσουν ενδιαφέρον στις σχέσεις μεταξύ της βάσης και του στόχου. Όταν προσπαθούν να λύσουν ένα πρόβλημα με αναλογίες, συνήθως αναζητούν τις ομοιότητες μεταξύ των επιμέρους στοιχείων. Τα παιδιά δεν μπορούν να βρουν τις σχέσεις μεταξύ βάσης και στόχου, είτε λόγω του ότι δεν κατέχουν το θέμα, είτε λόγω του ότι δεν έχουν τη συσχετιστική ικανότητα. Οι Gentner και Tourin (1986) προσπάθησαν να βρουν πότε μπορούν τα παιδιά να ενεργοποιήσουν την αρχή της συστηματοποίησης.

### **Το Έργο**

Οι Gentner και Tourin (1986) σχεδίασαν ένα έργο με ιστορίες, όπου τα παιδιά έπρεπε να μεταφέρουν την πλοκή από μια ομάδα με χαρακτήρες ζώων σε μια άλλη (Σχήμα 5). Κάποιες από τις ιστορίες είχαν στο τέλος ένα ηθικό δίδαγμα, της μορφής "η γάτα συνειδητοποίησε ότι δεν έπρεπε να είναι ζηλιάρα." Οι ερευνητές ανέμεναν ότι, αν γινόταν χρήση της αρχής της συστηματοποίησης, η χαρτογράφηση θα γινόταν πολύ πιο εύκολα.

Για να μελετήσουν το ρόλο της επιφανειακής σχέσης στη λύση του προβλήματος, τα ζώα που χρησιμοποιήθηκαν στην ιστορία της βάσης και του στόχου παρουσίαζαν είτε μεγάλη ομοιότητα στην εμφάνιση (π.χ., θαλάσσιος ελέφαντας και φώκια), είτε μικρή ομοιότητα στην εμφάνιση (π.χ., θαλάσσιος ελέφαντας και λιοντάρι). Τα παιδιά άκουσαν την ιστορία της βάσης και υποδύθηκαν ρόλους. Στη συνέχεια έπρεπε να μεταφέρουν την ιστορία με το θαλάσσιο ελέφαντα, που είχε το ρόλο του ήρωα, το γλάρο, που είχε το ρόλο του φίλου και τη γάτα, που είχε το ρόλο του κατεργάρη, σε μια νέα ομάδα ζώων (π.χ., φώκια, πιγκουίνος, σκύλος), με τους ίδιους ρόλους και χωρίς να αλλάξουν τη συσχετιστική της δομή. Η ιστορία έπρεπε να έχει την ίδια πλοκή, δηλαδή τα γεγονότα και οι συμπεριφορές των ζώων έπρεπε να ήταν τα ίδια, αλλά οι πρωταγωνιστές έπρεπε να αλλάξουν.



Σχήμα 5. Οι Τρεις Ιστορίες Χαρτογράφησης της Gentner (Goswami, 1992)

Οι ερευνητές βρήκαν ότι τα παιδιά μπορούσαν να φτιάξουν πιο εύκολα δική τους ανάλογη ιστορία, με τα ζώα που παρουσίαζαν μεγάλη ομοιότητα (φώκια, πιγκουίνος και σκύλος) με εκείνα που παρουσιάστηκαν στην ιστορία. Τα ζώα που παρουσίαζαν μικρή ομοιότητα (λιοντάρι, καμηλοπάρδαλη, καμήλα) με εκείνα της αρχικής ιστορίας, δυσκόλεψαν τα παιδιά στη διατύπωση δικής τους ιστορίας. Συνεπώς, η μεταφορά της ιστορίας ήταν πιο εύκολη στα ζώα με μεγάλη ομοιότητα στην εμφάνιση, παρά σε εκείνα που είχαν μικρή ομοιότητα στην εμφάνιση. Τα παιδιά δυσκολεύτηκαν να δημιουργήσουν δική τους ιστορία και όταν οι ερευνητές ζήτησαν από τα παιδιά να αλλάξουν τους ρόλους στα ζώα. Για παράδειγμα, στην ιστορία που δινόταν, ο ήρωας ήταν ο θαλάσσιος ελέφαντας. Στη δική τους ιστορία, αντί ο ήρωας να είναι η φώκια, οι ερευνητές ζήτησαν από τα παιδιά να βάλουν τον γλάρο. Η αλλαγή αυτή επηρέασε αρνητικά τα παιδιά με αποτέλεσμα να δυσκολευτούν ακόμη περισσότερο σε σχέση με τη δραστηριότητα, όπου τους ζητήθηκε να φτιάξουν ιστορία με μικρής ομοιότητας ζώα. Όταν δηλαδή τους ζητήθηκε να αντικαταστήσουν το θαλάσσιο ελέφαντα με το γλάρο, τότε οι μαθητές αδυνατούσαν να προσαρμόσουν την ιστορία στο νέο πρωταγωνιστή.

Νεότερες έρευνες αντικρούουν τη δεύτερη διαπίστωση της Gentner, δηλαδή ότι μικρότερα παιδιά δεν έχουν τη συσχετιστική ικανότητα. Διάφοροι ερευνητές (Holyoak, Junn & Billman, 1984· Brown, Kane & Echols, 1986) διαπίστωσαν στις έρευνές τους ότι πολύ μικρά παιδιά (ηλικίας 3-4 ετών) μπορούσαν να λύνουν προβλήματα με αναλογίες, με την προϋπόθεση ότι το θέμα δεν είναι εντελώς άγνωστο. Άρα, τα παιδιά μικρής ηλικίας δεν μπορούν να λύσουν πιο δύσκολα προβλήματα με αναλογίες λόγω των περιορισμένων γνώσεων που έχουν. Αν όμως έρθουν σε επαφή με θέματα που είναι κατανοητά για αυτά, τότε μπορούν να χρησιμοποιούν την αναλογική σκέψη τους και να λύνουν τα προβλήματα αυτά.

Η *Θεωρία της Δομικής Χαρτογράφησης των Αναλογιών* της Gentner χρησιμοποιήθηκε για τη δόμηση λογισμικού υλικού για προσομοιώσεις των αναλογικών χαρτογραφήσεων και συμπερασμάτων - πρόγραμμα SME (Falkenhainer, Forbus & Gentner, 1989) και των αναλογικών ανακλήσεων - πρόγραμμα MAC/ FAC (Forbus, Gentner & Law, 1995· Forbus, 2001). Ακόμη χρησιμοποιήθηκε και σε εντελώς διαφορετικούς τομείς, όπως η λήψη αποφάσεων (Markman & Medin, 1995· Markman & Moreau, 2001) και η γνωστική ανάπτυξη (Gentner & Medina, 1997).

## Η Αναλογική Σκέψη στη Διδασκαλία της Γλώσσας και των Μαθηματικών

### Η Αναλογική Σκέψη στη Διδασκαλία της Γλώσσας

Κατά την ανάγνωση άγνωστων λέξεων, οι μαθητές χρησιμοποιούν αναλογίες μεταξύ του συλλαβισμού και του ήχου μιας λέξης. Όταν για παράδειγμα έρθουν σε επαφή με τη λέξη "fight" φτιάχνουν μια σχέση συλλαβισμού-ήχου της λέξης, την οποία αντιπαραβάλλουν με τη σχέση συλλαβισμού-ήχου μιας λέξης που ήδη κατέχουν και παρουσιάζει ομοιότητες με αυτή. Διαλέγουν για παράδειγμα τη λέξη "light". Για να προφέρουν σωστά την άγνωστη λέξη πρέπει αρχικά να αναγνωρίσουν ότι οι λέξεις έχουν μια κοινή συλλαβιστική ακολουθία (-ight) και στη συνέχεια να συνειδητοποιήσουν ότι έχουν και κοινό ήχο. Αφού γίνει αυτό, απλά πρέπει να τοποθετήσουν στην αρχή της λέξης το γράμμα "f", το οποίο δεν μπορεί να αποδοθεί από την αναλογία (Goswami, 1992).

Στις έρευνες της Goswami (1986, 1988), βρέθηκε ότι μαθητές ηλικίας 5-6 ετών, μπορούσαν εύκολα να δημιουργούν δικές τους αναλογίες για να προφέρουν σωστά λέξεις με κοινή συλλαβιστική ακολουθία. Σύμφωνα με το Σχήμα 6, δόθηκε στους μαθητές μια "λέξη κλειδί," (π.χ., beak), που αντιπροσώπευε τη βάση της αναλογίας. Στη συνέχεια ζητήθηκε από τους μαθητές να διαβάσουν ανάλογες λέξεις που είτε είχαν κοινή συλλαβιστική ακολουθία με τη λέξη "beak" στην αρχή (π.χ., bean, bead, beat), είτε στο τέλος (π.χ., peak, weak, speak). Όσοι μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν αναλογίες για να αποκωδικοποιήσουν νέες λέξεις, τότε μαθαίνοντας τη λέξη κλειδί "beak" μπορούσαν να συμπεράνουν την προφορά των λέξεων που είχαν κοινή συλλαβιστική ακολουθία με αυτή. Για να επιβεβαιωθεί ότι οι μαθητές μπορούσαν να διαβάσουν μόνο τις λέξεις που είχαν κοινή συλλαβιστική ακολουθία με τη λέξη "beak", δόθηκαν στα παιδιά να διαβάσουν και άλλες λέξεις (π.χ., bank, bask) που δε θεωρήθηκαν ανάλογες με τη λέξη κλειδί (λέξεις ελέγχου).

Κοινή συλλαβιστική ακολουθία στην αρχή		Κοινή συλλαβιστική ακολουθία στο τέλος	
λέξη κλειδί beak	λέξη κλειδί beak	λέξη κλειδί beak	λέξη κλειδί beak
ανάλογη λέξη bean	λέξη ελέγχου bask	ανάλογη λέξη peak	λέξη ελέγχου bank

Σχήμα 6. Κάρτες από Ένα Τυπικό Πείραμα με "Λέξεις Κλειδιά" (Goswami, 1992)

Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής έδειξαν ότι οι μαθητές μπορούσαν να διαβάσουν άγνωστες, αλλά ανάλογες λέξεις με τη λέξη κλειδί. Δεν μπορούσαν όμως να διαβάσουν μη-ανάλογες λέξεις που αποτελούσαν τις λέξεις ελέγχου. Έρευνες που είχαν σχέση με τη χρήση των αναλογιών στην ανάγνωση άγνωστων λέξεων (αναλογική αποκωδικοποίηση) έγιναν και από άλλους ερευνητές, όπως τους March, Friedman, Welch και Desberg (1980).

Εκείνο που ήταν σημαντικό από τις έρευνες αυτές ήταν το γεγονός ότι κάποιοι μαθητές, παρόλο που αφομοίωσαν τη λέξη κλειδί, εντούτοις δεν μπορούσαν να αποκωδικοποιήσουν τις άγνωστες λέξεις που τους δίνονταν. Αυτό οφειλόταν, σύμφωνα με την Goswami (1992), στο γεγονός ότι αυτοί οι μαθητές αδυνατούσαν να χαρτογραφήσουν τις σχέσεις μεταξύ της βάσης (λέξη κλειδί) και του στόχου (άγνωστες λέξεις). Δεν μπορούσαν, δηλαδή να εντοπίσουν τις ομοιότητες μεταξύ της λέξης που τους ήταν ήδη γνωστές με εκείνες που τους δίνονταν προς μελέτη.

Πέρα από την ανάγνωση άγνωστων λέξεων, η χρήση αναλογιών βοηθά πολύ και την κατανόηση άγνωστων κειμένων που πολλές φορές μπορεί να περιέχουν δυσνόητα νοήματα. Οι Bean, Singer και Cowen (1985) υποστηρίζουν ότι όταν δοθεί σε ένα άτομο μια πρόταση με άγνωστο επιστημονικό περιεχόμενο, είναι πολύ πιθανό να μη γίνει κατανοητή. Αντιθέτως, όταν η έννοια της πρότασης αυτής συσχετιστεί με μια έννοια από την καθημερινότητα, τότε είναι πολύ αυξημένες οι πιθανότητες να κατανοηθεί το περιεχόμενο της πρότασης. Συγκεκριμένα, όταν δοθούν σε ένα μαθητή οι προτάσεις *“τα μόρια συγκρούονται μεταξύ τους”* και *“τα μόρια συγκρούονται μεταξύ τους, όπως οι μπάλες του μπιλιάρδου στην αρχή ενός παιχνιδιού”*, τότε είναι πιο πιθανό να κατανοήσουν ότι υπάρχει σύγκρουση μέσα από τη δεύτερη πρόταση παρά μέσα από την πρώτη. Η χρήση των αναλογιών στην κατανόηση δύσκολων εννοιών μέσα από κείμενα, θεωρείται πολύ ευεργετική και από τον Simons (1984). Πρότεινε την έννοια του μπισκότου ως κατάλληλο ανάλογο για την κατανόηση της δομής της ύλης. Συγκεκριμένα, είχε αντιπαραβάλει το μπισκότο με το υλικό ενός αντικειμένου, τα ψίχουλα του μπισκότου με τα μόρια και τα συστατικά του μπισκότου με τα άτομα.

Οι Vosniadou και Ortony (1983) μελέτησαν κατά πόσο μαθητές ηλικίας 6-8 ετών μπορούσαν να κατανοήσουν το περιεχόμενο κειμένων που αναφέρονταν στην ανθρωπολογία. Βρήκαν ότι οι μαθητές που μελέτησαν κείμενα που περιείχαν αναλογίες, μπορούσαν να ανακαλέσουν περισσότερες πληροφορίες από τη μακροπρόθεσμη μνήμη



τους, ενώ παράλληλα μπορούσαν να δώσουν καλύτερες απαντήσεις σε ερωτήσεις που αναφέρονταν σε πραγματικά στοιχεία.

Πολλές φορές όμως κάποιες αναλογίες αποτυγχάνουν να μεταδώσουν το σωστό νόημα. Σύμφωνα με τους Spiro, Feltovich, Coulson και Anderson (1989), αναλογίες που χρησιμοποιήθηκαν κυρίως σε κείμενα βιβλίων ιατρικής, οδήγησαν τους φοιτητές στη δόμηση λανθασμένων νοητικών σχημάτων για τη λειτουργία των οργάνων του ανθρώπινου σώματος. Ένα από τα παραδείγματα που αναφέρονται είναι εκείνο της συσχέτισης της καρδιάς με το μπαλόκι. Για να γίνει κατανοητή η μορφή μιας καρδιάς που σταμάτησε να λειτουργεί, δίνεται ως ανάλογο ένα ξεφούσκωτο μπαλόκι. Οι φοιτητές, έχοντας υπόψη τους τη συσχέτιση αυτή, χαρτογραφούν την μορφή αλλά και την αιτιολογική λειτουργία από το μπαλόκι στην καρδιά. Συνεπώς συμπεραίνουν ότι το καρδιακό τοίχωμα παύει να είναι τεντωμένο μετά την παύση της λειτουργίας της καρδιάς, με τον ίδιο τρόπο που σταματά να είναι τεντωμένο το μπαλόκι, όταν αρχίζει να χάνει αέρα.

#### **Η Αναλογική Σκέψη στη Διδασκαλία των Μαθηματικών**

Οι αναλογίες χρησιμοποιούνται ευρέως κατά τη διδασκαλία των Μαθηματικών, όπου συχνά έχουν συγκεκριμένη μορφή. Για παράδειγμα, η χρήση του υλικού Dienes στις πρώτες τάξεις του δημοτικού σχολείου, είναι πολύ διαδεδομένη για να αντιληφθούν οι μαθητές την έννοια του αριθμού, ή για να μπορέσουν να συνδυάσουν τις αφηρημένες έννοιες της πρόσθεσης και της αφαίρεσης με την πραγματικότητα. Ο Hughes (1986) έκανε μια έρευνα με μαθητές ηλικίας 5-7 ετών, όπου τους ζητούσε να αναπαραστήσουν με κύβους τις πράξεις  $3+4=7$  και  $6-2=4$ . Προς μεγάλη έκπληξή του, πολλοί μαθητές δεν μπόρεσαν να το κάνουν αυτό, δηλαδή να βάλουν 3 κύβους και στη συνέχεια ακόμη 4 και να γίνουν 7. Έχοντας υπόψη του τα αποτελέσματα αυτά, αμφισβήτησε τη χρησιμότητα των κύβων ως κατάλληλες αναλογίες για τη λύση πράξεων, αφού οι μαθητές δεν μπορούν να εντοπίζουν τους μετασχηματισμούς μεταξύ αφηρημένων και συγκεκριμένων αναπαραστάσεων του ίδιου προβλήματος. Η Goswami (1991) αναφέρει ότι αυτό δεν ισχύει διότι προηγούμενες έρευνες έδειξαν ότι αν οι μαθητές εντοπίσουν τις σχέσεις στις οποίες βασίζεται μια αναλογία, τότε οι μετασχηματισμοί δεν επηρεάζουν το αποτέλεσμα. Συνεπώς, η δυσκολία στο χειρισμό των κύβων ίσως να οφείλεται στη μη αποτελεσματικότητα του συγκεκριμένου υλικού, ή στο χρόνο που είχαν οι μαθητές για να χειριστούν τέτοιου είδους υλικά. Στις πρώτες τάξεις του δημοτικού σχολείου, οι μαθητές χρειάζονται πολλή εξάσκηση για να αντιληφθούν ότι ένας συγκεκριμένος αριθμός κύβων αντιπροσωπεύει συγκεκριμένο αφηρημένο αριθμό (Hughes, 1986).

Η αδυναμία των μαθητών να χειριστούν με ευχέρεια τους κύβους Dienes κατά την αναπαράσταση των αριθμών, μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα κατά τη χρήση των κύβων για την εκτέλεση απλών πράξεων. Οι Resnick και Omanson (1987) μελέτησαν κατά πόσο μαθητές 8 ετών μπορούσαν να εκτελέσουν αφαιρέσεις χρησιμοποιώντας κύβους Dienes, ενώ ταυτόχρονα έγραφαν τα στάδια που ακολουθούσαν για να βρουν το αποτέλεσμα. Αρχικά ζητήθηκε από τους μαθητές να συμμετέχουν σε διάφορες δραστηριότητες, όπως να "διαβάσουν" διάφορες αναπαραστάσεις που έγιναν με τους κύβους Dienes ή να αναπαραστήσουν αριθμούς χρησιμοποιώντας τα αντικείμενα ή να παρουσιάσουν τον ίδιο αριθμό με διαφορετικούς τρόπους (π.χ., ο αριθμός 12 μπορεί να αναπαρασταθεί με μια ράβδο=1 δεκάδα και 2 μικρούς κύβους=2 μονάδες ή με 12 μικρούς κύβους=12 μονάδες). Ζητήθηκε επίσης από τους μαθητές να συγκρίνουν την αξία του ίδιου ψηφίου που βρισκόταν σε διαφορετική θέση σε δύο αριθμούς (π.χ., η αξία του ψηφίου 3 στον αριθμό 23 και στον αριθμό 322) ή να αφαιρέσουν δύο αριθμούς εντοπίζοντας ποια ήταν η αξία των δανειζόμενων ψηφίων (π.χ. στην αφαίρεση 322-129 γίνεται δανεισμός μιας δεκάδας από το ψηφίο 2 του αριθμού 322).

Οι Resnick και Omanson (1987) βρήκαν ότι οι μαθητές μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν σωστά τους κύβους Dienes για να βρουν αποτελέσματα αφαίρεσης, αλλά οι επιδόσεις τους στις γραπτές αφαιρέσεις ήταν πολύ χαμηλές. Συνεπώς, οι μαθητές δεν μπορούσαν να συνειδητοποιήσουν την αντιστοίχιση μεταξύ της αφαίρεσης με τους κύβους Dienes και της γραπτής αφαίρεσης. Αυτό σημαίνει ότι οι μαθητές δεν μπορούσαν να χαρτογραφήσουν τις σχέσεις που εντοπίζονταν στις δύο ενέργειες (χρήση πραγματικού υλικού και επεξεργασία αφηρημένων εννοιών για την αφαίρεση αριθμών) και κατέφευγαν σε κατώτερου επιπέδου συσχετίσεις, όπου προσπαθούσαν να βρουν σχέσεις μεταξύ των στοιχείων των δύο ενεργειών (κύβοι-αριθμοί). Για να ξεπεραστεί αυτή η αδυναμία, σύμφωνα με την Goswami (1992), οι ερευνητές αποφάσισαν να προτείνουν μια τεχνική που ονομάζεται "διδασκαλία χαρτογράφησης." Σε κάθε βήμα της αφαίρεσης, οι ερευνητές ζητούσαν από τους μαθητές να χρησιμοποιούν τους κύβους Dienes και ταυτόχρονα να καταγράφουν τη σκέψη τους χρησιμοποιώντας μαθηματικά σύμβολα. Αυτή η σταδιακή αντιστοίχιση των σχέσεων μεταξύ των δύο ενεργειών αναμενόταν ότι θα βοηθούσε τους μαθητές να εντοπίσουν τις σχέσεις μεταξύ της χρήσης των πραγματικών αντικειμένων και της εκτέλεσης της γραπτής αφηρημένης πράξης.

Προς μεγάλη έκπληξη των ερευνητών, οι μαθητές δεν μπόρεσαν να κάνουν χαρτογράφηση με ανωτέρου επιπέδου συσχετίσεις. Δηλαδή, δεν μπόρεσαν με μεταφέρουν τις σχέσεις που

εντόπιζαν κατά τη χρήση του υλικού Dienes στη γραπτή πράξη της αφαίρεσης. Ο λόγος ήταν ότι οι μαθητές εφάρμοζαν κάποιες αυτοματοποιημένες τεχνικές τις οποίες είχαν αποθηκευμένες στη μακροπρόθεσμη μνήμη τους, παρόλο που είχαν εκτεθεί στη χρήση πραγματικών υλικών. Οι μαθητές αντιμετώπιζαν τις δύο ενέργειες ως εντελώς ανεξάρτητες, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να εντοπίσουν τις κοινές σχέσεις που υπήρχαν στις δύο ενέργειες. Έχοντας υπόψη τους τα αποτελέσματα αυτά, οι Resnick και Omanson (1987) έθεσαν τον προβληματισμό ότι το υλικό Dienes ίσως να μην είναι κατάλληλη αναλογία για την εκτέλεση πράξεων, κάτι που άλλωστε υποστήριξε και ο Hughes (1986) για την αναπαράσταση των αριθμών.

### **Η Αναλογική Σκέψη στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών**

Ο Lawson (1993) αναφέρει ότι υπάρχουν δύο είδη επιστημονικών εννοιών. Υπάρχουν οι *περιγραφικές έννοιες*, όπως οι έννοιες που αναφέρονται στις φάσεις της ύλης, τις οποίες ο εκπαιδευτικός μπορεί να τις εντοπίσει και να τις υποδείξει στους μαθητές μέσα από την παρατήρηση του ευρύτερου περιβάλλοντός τους. Από την άλλη όμως, υπάρχουν και οι *αφηρημένες έννοιες*, όπως η έννοια του ατόμου ή του γονιδίου, οι οποίες δεν μπορούν να εντοπιστούν στο μαθησιακό ή ευρύτερο περιβάλλον. Αποτελούν δημιουργικές "εφευρέσεις" των επιστημόνων, που μπορεί να υπάρχουν ή να μην υπάρχουν, και ανήκουν σε επεξηγηματικά γνωστικά συστήματα, όπως είναι οι θεωρίες.

Από τη στιγμή που οι αφηρημένες επιστημονικές έννοιες δεν μπορούν να εντοπιστούν στο ευρύτερο περιβάλλον του μαθητή, τίθεται το ερώτημα κατά πόσο η εκπαιδευτική πράξη μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να τις κατανοήσουν. Η Pittman (1999), οι Dunbar και Blanchette (2001) και η Mason (2004) αναφέρουν ότι η χρήση αναλογιών έχει αναγνωριστεί ως ένα ουσιώδες γνωστικό εργαλείο, που χρησιμοποιείται από τους επιστήμονες στις διερευνήσεις τους, αλλά και από τους μαθητές στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν πολύπλοκα φαινόμενα. Στα πλαίσια της εκπαιδευτικής πράξης, διαμορφώνονται αναλογίες μεταξύ δύο εννοιών, όταν οι δομικές σχέσεις που είναι παρούσες στις έννοιες μπορούν 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. Ένα πολύ γνωστό παράδειγμα είναι η αναλογία που προτάθηκε για τη διδασκαλία της έννοιας της ροής των ηλεκτρονίων σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Η προσέγγιση αυτή παρουσιάζεται από το Hewitt (1987), ο οποίος υποστηρίζει ότι μια εποικοδομητική διδακτική αναλογία είναι εκείνη που συσχετίζει τη ροή του νερού μέσα σε ένα

υδροσωλήνα με τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος σε ένα καλώδιο. Στην προσέγγιση αυτή, τα επιμέρους στοιχεία (π.χ., ο υδροσωλήνας στη βάση και το καλώδιο στο στόχο) είναι εντελώς διαφορετικά, αλλά οι δομικές σχέσεις των δύο εννοιών είναι οι ίδιες και εξυπηρετούν την κατανόηση της ροής του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα στα καλώδια. Η χρήση ανάλογων συνδέσεων στην τάξη αποτελούν κίνητρο για μάθηση (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 μακροπρόθεσμη μνήμη και να ανακληθούν για την επεξεργασία συγγενικών εννοιών. Για παράδειγμα, στην περίπτωση με την αναλογία που προτείνει ο Hewitt (1987), οι μαθητές μπορούν πιο εύκολα μελλοντικά να ανακαλέσουν τις απαραίτητες πληροφορίες για τη λειτουργία του ηλεκτρικού κυκλώματος και να συμπεράνουν τι αναμένεται να γίνει αν η αντίσταση σε ένα κύκλωμα αυξηθεί. Αυτό σημαίνει ότι όταν οι μαθητές έχουν να αντιμετωπίσουν πολύπλοκα και αφηρημένα συστήματα εννοιών, είναι απαραίτητη η χρήση αναλογιών, διότι μπορούν να προσφέρουν στους μαθητές όχι μόνο μία, αλλά πολλές διαφορετικές εξηγήσεις για τη δομή και τη λειτουργία τους (Thagard, 1992· Lawson, 1993· Glynn, 1997· Paris & Glynn, 2004). Θα μπορούσε κάποιος να αντιπαραβάλει την εκπαιδευτική διαδικασία με τους κανόνες ενός παιχνιδιού. Για να μπορέσει ένα παιδί να ξεκαθαρίσει μέσα του τι πρέπει να κάνει, θα ήταν καλό να αντιπαραβάλει τους νέους κανόνες με εκείνους που ήδη κατέχει. Έτσι, η εκπαιδευτική διαδικασία αποκτά νόημα και γίνεται πιο ελκυστική και ενδιαφέρουσα (Brown, 1989).

Όμως για να είναι αποτελεσματική η μάθηση, πρέπει οι αναλογίες που χρησιμοποιούνται στην εκπαιδευτική πράξη να είναι κατάλληλες. Οι Glynn και Takahashi (1998) αναφέρουν ότι πολλές από τις αναλογίες που παρουσιάζονται στα βιβλία των Φυσικών Επιστημών είναι αναποτελεσματικές, οδηγώντας τους μαθητές σε σύγχυση παρά στην κατανόηση. Συνεπώς, οι συγγραφείς των βιβλίων αυτών πρέπει να έχουν υπόψη τους κάποιες κατευθυντήριες γραμμές για τη διατύπωση αποτελεσματικών αναλογιών.

Οι English και Halford (1995) χρησιμοποίησαν τρία κριτήρια για τη διατύπωση αναλογιών κατά τη διδασκαλία νέων εννοιών στα μαθηματικά, που ήταν βασισμένα στη θεωρία της Gentner (1983): (α) Το πρώτο κριτήριο αναφέρεται στη *σαφήνεια της βάσης*. Η βάση πρέπει να είναι απόλυτα γνωστή και κατανοητή από το μαθητή, γιατί αν δεν συμβαίνει αυτό, τότε είναι πολύ πιθανό να δημιουργηθούν παρανοήσεις ή ελλειπίες αναπαραστάσεις στο μυαλό του για τη νέα έννοια. (β) Το δεύτερο κριτήριο αναφέρεται στη *σαφήνεια της χαρτογράφησης*. Πρέπει να απουσιάζουν διφορούμενες καταστάσεις κατά τη

χαρτογράφηση των εννοιών. Ο μαθητής πρέπει να μπορεί να εντοπίζει εύκολα τα στοιχεία που μπορούν να χαρτογραφηθούν από τη βάση στο στόχο. Αυτό μπορεί να γίνει πιο εύκολα αν η αναλογία αναπαρασταθεί διαγραμματικά, έτσι που ο μαθητής να διευκολυνθεί να εντοπίσει τις απαραίτητες συνδέσεις. (γ) Το τρίτο κριτήριο αναφέρεται στη *γνωστική συνέπεια*. Οι σχέσεις που χαρτογραφούνται από τη βάση στο 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 Iding (1997) υποστηρίζει ότι τα τρία αυτά κριτήρια ισχύουν και κατά τη διατύπωση αναλογιών για τη διδασκαλία νέων εννοιών στην επιστήμη.

Εκτός όμως από τα κριτήρια αυτά, οι Halpern, Hansen και Reifer (1990) εντόπισαν μέσα από την έρευνά τους ότι οι αναλογίες που χρησιμοποιούν εντελώς διαφορετικές έννοιες (στη βάση και στο στόχο) βοηθούν περισσότερο στην κατανόηση, αλλά και στη διατήρηση της νέας έννοιας στη μακροπρόθεσμη μνήμη. Όταν η βάση και ο στόχος διαφέρουν τόσο πολύ (όσον αφορά τα στοιχεία που τους αποτελούν), χρειάζεται περισσότερη κωδικοποίηση που απαιτεί βαθύτερο επίπεδο επεξεργασίας. Έτσι, γίνεται αναδόμηση σχημάτων, με αποτέλεσμα η έννοια να αποκτά χαρακτηριστική θέση στη μνήμη και η ανάκληση της νέας έννοιας γίνεται πολύ πιο εύκολα. Άρα, όσο πιο πολύ απέχουν οι έννοιες (βάση και στόχος), αλλά έχουν όμοιες σχέσεις μεταξύ τους, τόσο πιο αποτελεσματική θεωρείται η αναλογία.

Η διδασκαλία με τη χρήση αναλογιών, σύμφωνα με τους Spiro κ.ά. (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 αντιμετωπίσουν 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.

### **Χρήση Αναλογιών Κατά τη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών**

Η χρήση των αναλογιών στην εκπαιδευτική πράξη έχει προταθεί από πολλούς ερευνητές ως αποτελεσματικός τρόπος διδασκαλίας. Στη βιβλιογραφία, αναφέρονται διάφορα μοντέλα που προτάθηκαν, που παρόλο που παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες μεταξύ τους, εντούτοις το κάθε ένα δίνει έμφαση σε διαφορετικούς παράγοντες. Τα μοντέλα αυτά

αναγνωρίζουν τη σημασία της προϋπάρχουσας γνώσης που είναι αποθηκευμένη στη μακροπρόθεσμη μνήμη του ατόμου και τονίζουν τη σημασία της προσφοράς του εκπαιδευτικού στη διαμεσολάβηση για την απόκτηση της νέας επιστημονικής γνώσης (Dagher, 1998).

Το *Γενικό Μοντέλο Διδασκαλίας Αναλογιών* (General Model of Analogy Teaching – GMAT) του Zeitoun (1984) διατυπώθηκε επειδή την ίδια εποχή που η σημασία της χρήσης των αναλογιών στην κατανόηση πολύπλοκων εννοιών είχε ήδη αναγνωριστεί και έπρεπε να δοθούν κάποιες κατευθυντήριες γραμμές για τους εκπαιδευτικούς, που θα χρησιμοποιούσαν αυτή την πρωτοποριακή μέθοδο στην τάξη. Είναι ένα περιεκτικό μοντέλο το οποίο περιλαμβάνει εννέα στάδια με αρκετές λεπτομέρειες. Τα στάδια αυτά είναι τα εξής:

(α) Μέτρηση των χαρακτηριστικών των μαθητών που έχουν σχέση με την αναλογική σκέψη, με την ικανότητα να χειρίζονται οπτικές αναπαραστάσεις ή έργα που απαιτούν πολύπλοκες γνωστικές λειτουργίες – το στάδιο αυτό είναι προαιρετικό.

(β) Αξιολόγηση προηγούμενης γνώσης που κατέχουν οι μαθητές, όσον αφορά την αναγνώριση κατά πόσο οι αναλογίες είναι χρήσιμες ή όχι. Αυτό μπορεί να γίνει με συζήτηση στην τάξη, κλινικές συνεντεύξεις ή γραπτά ερωτηματολόγια.

(γ) Ανάλυση των διδακτικών μέσων που περιέχουν τη νέα έννοια, με σκοπό να βρεθεί κατά πόσο περιέχουν ή όχι αναλογίες. Αν δεν υπάρχουν, τότε ο εκπαιδευτικός πρέπει να δημιουργήσει μια αναλογία ή να προσπαθήσει να εντοπίσει μια κατάλληλη αναλογία μέσα από τη βιβλιογραφία.

(δ) Αξιολόγηση της καταλληλότητας της αναλογίας, έχοντας υπόψη κατά πόσο η βάση που προτείνεται είναι γνωστή και όχι τόσο πολύπλοκη στη χρήση της. Θα ήταν καλό να γίνεται μια πιλοτική έρευνα με λίγα παιδιά, για να εντοπιστεί κατά πόσο η αναλογία που προτείνεται είναι κατάλληλη ή όχι για χρήση με όλη την τάξη.

(ε) Εντοπισμός των χαρακτηριστικών στοιχείων της αναλογίας σε σχέση με τα χαρακτηριστικά στοιχεία των μαθητών. Αυτό θα βοηθήσει τον εκπαιδευτικό να αποφασίσει κατά πόσο είναι ορθή η επιλογή της ή όχι, για τους συγκεκριμένους μαθητές.

(στ) Επιλογή διδακτικής στρατηγικής και μέσου παρουσίασης. Οι στρατηγικές που προτείνονται είναι η μαθητοκεντρική διδασκαλία, η δασκαλοκεντρική διδασκαλία και η αφηγηματική διδασκαλία. Όσον αφορά το μέσο παρουσίασης, η αναλογία μπορεί να παρουσιαστεί γραπτά, προφορικά από τον ίδιο το δάσκαλο, μέσα από ακρόαση από μαγνητοφωνημένο κείμενο ή παρακολούθηση από τηλεόραση με οπτικογραφημένη παράσταση, με επίδειξη, με παιχνίδι, με μοντέλα, με γραφικές παραστάσεις και με εικόνες.

(ζ) Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, εντοπίζοντας τις νέες γνώσεις των μαθητών για τη νέα επιστημονική έννοια και εντοπισμός παρανοήσεων που πιθανόν να είναι προϊόν της χρήσης της αναλογίας (κάποιες αναλογίες μπορεί να είναι αναποτελεσματικές και να οδηγήσουν στη δημιουργία παρανοήσεων).

(η) Επανάληψη των σταδίων, μετά από την αξιολόγηση του κάθε σταδίου ξεχωριστά, για να προσδιοριστεί κατά πόσο χρειαζόταν περισσότερη συζήτηση, ή μια διαφορετική έννοια που θα εξυπηρετούσε το ρόλο της βάσης, ή μια διαφορετική στρατηγική.

Παρόλο που η πληρότητα του μοντέλου αυτού αποτελεί ένα από τα μεγάλα πλεονεκτήματά του, εντούτοις έχει και ένα μεγάλο και σημαντικό μειονέκτημα. Σύμφωνα με την Dagher (1998), τα πολλά στάδια που έχει, το καθιστούν πολύ δύσκολο για να εφαρμοστεί. Μεταγενέστερα μοντέλα πρότειναν λιγότερα στάδια, με στόχο να περιοριστούν τα μειονεκτήματα του Γενικού Μοντέλου Διδασκαλίας Αναλογιών.

Το *Μοντέλο Διδασκαλίας με τη Χρήση Αναλογιών* (Teaching With Analogies – TWA) του Shawn Glynn και των συνεργατών του (Duit, 1991) είναι βασισμένο στη θεωρία της Gentner. Αποτελεί προϊόν της έρευνας από μια πληθώρα αναλογιών που χρησιμοποιούνται από υποδειγματικούς δασκάλους και συγγραφείς διδακτικών εγχειριδίων. Οι Glynn, Britton, Semrud-Clikeman, και Muth, (1989) και ο Glynn (1991) διερεύνησαν κατά πόσο οι αναλογίες μπορούν όντως να βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση αφηρημένων εννοιών. Η προσπάθεια αυτή έγινε διότι, σε προηγούμενες έρευνες, βρέθηκε ότι η αυθαίρετη εφαρμογή αναλογιών σε κείμενα απέτυχε, προκαλώντας πολλές παρανοήσεις (Harrison & Treagust, 1994). Έτσι, ακολούθησαν μια καθαρά οικοδομιστική προσέγγιση, βασιζόμενοι σε προηγούμενες γνώσεις και εμπειρίες των μαθητών που ήταν καταχωρημένες στη μακροπρόθεσμη μνήμη. Σύμφωνα με διάφορους ερευνητές (Glynn κ.ά. 1989· Glynn 1991· Glynn, Duit, & Thiele 1995), η αναλογία λειτουργεί ως επεξηγηματική διαδικασία όταν αντιπαραβάλλει τις νέες έννοιες με άλλες γνωστές έννοιες και αρχές. Από την άλλη, λειτουργεί πολύ καλύτερα ως δημιουργική διαδικασία όταν υποβοηθά τη λύση ήδη υπαρχόντων προβλημάτων, τον προσδιορισμό νέων προβλημάτων και την παραγωγή υποθέσεων. Ο Thagard (1992) προέκτεινε την τοποθέτηση αυτή και υποστήριξε ότι η αναλογική σκέψη μπορεί να επηρεάζεται από το λόγο που χρησιμοποιείται, να εξυπηρετεί την επίλυση νέων προβλημάτων (δεδομένου ότι έχουν λυθεί παρόμοια προβλήματα στο παρελθόν) και τέλος να υποβοηθά την κατανόηση νέων εννοιών που δεν έχουν ομοιότητες με την προηγούμενη γνώση.

Η μέθοδος αυτή χαρακτηρίζεται από κατευθυντήριες γραμμές που δεν επιτρέπουν αποκλίσεις κατά την οικοδόμηση ή χρήση αναλογιών. Σε αυτό το μοντέλο, ισχύει η τοποθέτηση που εισηγήθηκε η Gentner (1983), να μεταφερθούν δηλαδή οι σχέσεις που χαρακτηρίζουν μια γνωστή έννοια (**βάση**) σε μια άγνωστη (**στόχος**). Αν η βάση και ο στόχος μοιράζονται κάποια όμοια στοιχεία, τότε μπορεί να δημιουργηθεί μια αναλογία. Η διαδικασία αυτή περιέχει, σύμφωνα με τους Glynn και Takahashi (1998), έξι βήματα: (α) παρουσίαση της έννοιας **στόχος**, (β) ανάκληση της έννοιας **βάση**, (γ) προσδιορισμός ομοιοτήτων μεταξύ των σχέσεων των επιμέρους στοιχείων των εννοιών, (δ) νοητική χαρτογράφηση ομοιοτήτων, (ε) άντληση συμπερασμάτων για τις συσχετιζόμενες έννοιες και (στ) εντοπισμός σημείων, όπου η αναλογία δε λειτουργεί σωστά.

Το *Μοντέλο Αναλογιών Γεφύρωσης* (Bridging Analogies Model) των Brown και Clement (1989) εστιάζεται στις διαισθητικές αντιλήψεις των μαθητών που βοηθούν στην καθοδήγηση της σκέψης τους μέσω προσεκτικά επιλεγμένων διαδοχικών αναλογιών, που η κάθε μια προσθέτει στοιχεία και βελτιώνει την προηγούμενη, μέχρι οι μαθητές να μπορέσουν να φτάσουν στην επιστημονική γνώση. Οι ερευνητές αναφέρουν τέσσερις σημαντικές προϋποθέσεις για την αποτελεσματική χρήση του μοντέλου: (α) οι μαθητές πρέπει να διαθέτουν την έννοια της γεφύρωσης των ιδεών, (β) αν οι μαθητές αποτύχουν να εντοπίσουν την αναλογική σχέση της γέφυρας και του στόχου, πρέπει να δημιουργηθούν συνδέσεις που να τους βοηθούν στη χρήση της έννοιας της γεφύρωσης των ιδεών, (γ) οι συνδέσεις μεταξύ της βάσης και του στόχου είναι πιο εύκολο να γίνουν μέσω ενός διαδραστικού εκπαιδευτικού περιβάλλοντος, (δ) οι μαθητές πρέπει να αντιμετωπίζουν την έννοια στόχος με τέτοιο τρόπο που η επιστημονική έννοια να γίνει για αυτούς πιο αληθοφανής και πιο αποδεκτή. Η Clement (1993) εφάρμοσε το μοντέλο αυτό σε μια τάξη και βρήκε σημαντική ποιοτική και ποσοτική βελτίωση στην κατανόηση των μαθητών. Οι μαθητές που ανήκαν στην πειραματική ομάδα έδειξαν να κατανοούν τις περιπτώσεις γεφύρωσης, παρόλο που αρχικά μερικοί από αυτούς δεν εντόπιζαν ότι η γέφυρα και ο στόχος βρίσκονταν σε αναλογία. Από την άλλη, οι μαθητές ασχολούνταν με περισσότερα επιχειρήματα και παρήγαγαν δικές τους αναλογίες γεφύρωσης, αλλά και επιστημονικά ερωτήματα.

Το *Μοντέλο Πολλαπλών Αναλογιών* (Multiple Analogies Model) των Spiro, κ.ά (1989) προτάθηκε για να αντικρουστούν οι περιορισμοί που παρουσίαζε η χρήση αναλογιών που περιείχε μόνο μια χαρτογράφηση μεταξύ της βάσης και του στόχου. Η προσέγγισή τους αποτελείται από σκόπιμη και συστηματική χρήση διαδοχικών αναλογιών που η κάθε μία



προσθέτει στοιχεία στην προηγούμενη και εξουδετερώνει την πιθανή εμφάνιση παρανοήσεων. Η διαδικασία του συνεχούς ραφινάρισματος προσφέρει στους μαθητές μηχανισμούς αυτοδιόρθωσης, που ελαχιστοποιούν την πιθανότητα εμφάνισης παρανοήσεων. Το πιο σημαντικό στοιχείο του μοντέλου αυτού είναι η επιλογή ομάδας πολλαπλών αναλογιών, οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους και η κάθε μία διορθώνει τις αρνητικές πτυχές των προηγούμενων.

Παρόλο που το Μοντέλο Πολλαπλών Αναλογιών φαίνεται να μοιάζει με το Μοντέλο Αναλογιών Γεφύρωσης, εντούτοις έχουν μια σημαντική διαφορά. Σύμφωνα με την Dagher (1998), το μοντέλο των Spiro κ. ά. (1989) υποστηρίζει ότι η επιλογή των διαδοχικών αναλογιών καθορίζεται από το βαθμό διόρθωσης της προηγούμενης αναλογίας από την επόμενη, ενώ το μοντέλο των Brown και Clement (1989) υποστηρίζει ότι η επιλογή καθορίζεται από το βαθμό που συνεισφέρουν στην αναδόμηση των διαισθητικών αντιλήψεων των μαθητών.

Πολλαπλές αναλογίες χρησιμοποίησαν στις έρευνές τους οι Chiu και Lin (2005) και οι Harrison και De Jong (2005). Οι Chiu και Lin (2005) χρησιμοποίησαν το μοντέλο των πολλαπλών αναλογιών, για να εξετάσουν κατά πόσο επηρεάζει τη μάθηση πολύπλοκων επιστημονικών εννοιών όπως το ηλεκτρικό κύκλωμα. Χρησιμοποίησαν διάφορες αναλογίες για να παρουσιάσουν τις έννοιες του κυκλώματος με παράλληλη σύνδεση και σύνδεση σε σειρά. Στην έρευνα συμμετείχαν μαθητές Δ' τάξης και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση των αναλογιών όχι μόνο προώθησε τη σε βάθος κατανόηση επιστημονικών εννοιών, αλλά ταυτόχρονα βοήθησε τους μαθητές να αναθεωρήσουν τις παρανοήσεις που είχαν πριν την παρέμβαση. Ανάλογη ήταν και η έρευνα των Harrison και De Jong (2005) οι οποίοι μελέτησαν τη χρήση του μοντέλου των πολλαπλών αναλογιών κατά τη διδασκαλία της χημικής ισορροπίας σε μαθητές γυμνασίου. Παρακολούθησαν το μάθημα και μέσα από συνεντεύξεις πριν και μετά τη διδασκαλία βρήκαν ότι οι περισσότεροι μαθητές εντόπισαν τα κύρια χαρακτηριστικά της χημικής ισορροπίας. Σημαντικό στοιχείο της έρευνας αυτής είναι το γεγονός ότι ο εκπαιδευτικός είχε πρόθεση να παρουσιάσει στους μαθητές τους περιορισμούς της κάθε αναλογίας και να δικαιολογήσει έτσι την αναγκαιότητα της χρήσης πολλαπλών αναλογιών. Αυτό δεν έγινε, αλλά οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι είναι ένα πολύ ωφέλιμο στοιχείο για την εκπαιδευτική διαδικασία, διότι οι μαθητές καλλιεργούν τις μεταγνωστικές δεξιότητές τους και συνεπώς μαθαίνουν να επιλέγουν μόνο εκείνα τα στοιχεία που είναι χρήσιμα και απαραίτητα για την κατανόηση της νέας έννοιας.

Το *Μοντέλο Μαθητο-Παραγόμενων Αναλογιών* (Student-Generated Analogies Model) προτάθηκε αρχικά από το Zeitoun (1984), αλλά αναπτύχθηκε από τον Wong (1993a, 1993b), ο οποίος ασχολήθηκε με τις αναλογίες που παρήγαγαν φοιτητές που σπούδαζαν για να γίνουν εκπαιδευτικοί. Η διδασκαλία, σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, απαιτεί παρουσίαση ενός νέου θέματος ή γεγονότος στους μαθητές, το οποίο απεικονίζει μια σειρά από επιστημονικές έννοιες. Οι μαθητές καλούνται με τη σειρά τους να παράγουν και να τροποποιήσουν ερμηνείες για ένα φαινόμενο. Ο εκπαιδευτικός παίζει το ρόλο του συντονιστή και οι μαθητές ακολουθούν τρία επαναλαμβανόμενα βήματα, προτού προχωρήσουν στο τέταρτο: (α) αρχικά επεξηγούν το φαινόμενο, (β) στη συνέχεια παράγουν τις δικές τους αναλογίες για να πετύχουν καλύτερη κατανόηση του φαινομένου, (γ) εφαρμόζουν την αναλογία στο φαινόμενο εντοπίζοντας τις ομοιότητες και τις διαφορές και (δ) συμμετέχουν σε συζήτηση στην τάξη, όπου μελετούν κατά πόσο η αναλογία που επέλεξαν ήταν κατάλληλη για την ερμηνεία του φαινομένου. Σύμφωνα με τις έρευνες του Wong (1993a, b) μέσα από τη διαδικασία αυτή οι συμμετέχοντες μπόρεσαν να ξεκαθαρίσουν, να αξιολογήσουν και να τροποποιήσουν τις αρχικές ερμηνείες τους για το φαινόμενο. Από την άλλη, η διαδικασία αυτή, αναγκάζει τους μαθητές να ανακαλέσουν την προηγούμενη γνώση από τη μακροπρόθεσμη μνήμη τους και να τη συνδέσουν με τη νέα κατάσταση. Μέσα από την ενεργή συμμετοχή τους στο μάθημα, οι ίδιοι οι μαθητές φτιάχνουν τις γέφυρες μεταξύ της βάσης και του στόχου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι αναλογίες να είναι πιο αποτελεσματικές για αυτούς, λόγω του ότι αποτελούν δικό τους δημιούργημα.

Το *Μοντέλο Αφηγηματικών Αναλογιών* (Narrative Analogies Model) προτάθηκε από την Dagher (1995b) η οποία πρότεινε ότι ο δάσκαλος χρησιμοποιεί μια δυναμική βάση για να επεξηγήσει κάποιες έννοιες του στόχου, αλλά σε αντίθεση με τις αναλογίες γεφύρωσης και τις πολλαπλές αναλογίες, η αναλογία δίνεται μέσα από την αφήγηση μιας ιστορίας. Το μοντέλο αυτό περιέχει συστατικά στοιχεία από τα προηγούμενα μοντέλα, όπως η επιλογή γνωστής βάσης, ανάπτυξη πολλαπλών χαρτογραφήσεων, ανακάλυψη συνδέσεων, οικοδόμηση διαισθητικών αντιλήψεων και εμπλουτισμός της προυπάρχουσας γνώσης που είναι αποθηκευμένη στη μακροπρόθεσμη μνήμη. Το προοδευτικό στοιχείο αυτής της προσέγγισης είναι η παρουσίαση της αναλογίας μέσα από την αφήγηση μιας ιστορίας, που σύμφωνα με τον Bruner (1990), είναι πολύ αποτελεσματικό, διότι με αυτό τον τρόπο η νέα γνώση είναι πιο εύκολο να γίνει κατανοητή από τους μαθητές. Μέσα από τη διαδικασία αυτή, οι μαθητές μπορούν εύκολα να εντοπίζουν τις λεπτομέρειες και να οικοδομούν τις ενεργές συνδέσεις μεταξύ της βάσης και του στόχου. Η Dagher (1998) αναφέρει ότι δεν

υπάρχει κατάλληλος μηχανισμός εντοπισμού αναλογιών για τη δημιουργία αφηγηματικών αναλογιών. Για αυτό προτείνει μια σειρά από καθοδηγητικές ερωτήσεις που μπορούν να βοηθήσουν στην επιλογή και χρήση κατάλληλων αναλογιών που θα ενσωματωθούν στην ιστορία.

(α) Εντοπισμός της σημασίας: Τι είναι πιο σημαντικό σε αυτό το θέμα; Για ποιο λόγο είναι σημαντικό; Στο θέμα αυτό υπάρχουν δύσκολες έννοιες που απαιτούν περισσότερη επεξήγηση μέσω γνωστών εμπειριών των μαθητών;

(β) Εντοπισμός δυαδικών αντιθέτων (περιστατικά από την προσωπική εμπειρία των μαθητών, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κατάλληλες αναλογικές καταστάσεις για τις έννοιες που μελετώνται): Ποια δυαδικά αντίθετα περιγράφουν και εκφράζουν καλύτερα τη σημασία του θέματος; Ποια περιστατικά που αφορούν τους μαθητές μπορούν να δομηθούν έτσι που να δημιουργήσουν κατάλληλες αναλογικές συνδέσεις με το θέμα; Είναι αυτά τα παράλληλα γεγονότα αρκετά ευέλικτα για να υποβοηθήσουν την ανάπτυξη των εννοιών του στόχου;

(γ) Οργάνωση περιεχομένου σε μορφή ιστορίας: Ποιο περιεχόμενο εκφράζει καλύτερα τα δυαδικά αντίθετα, έτσι που να παρέχει πρόσβαση στο θέμα; Ποιο περιεχόμενο εκφράζει καλύτερα το θέμα σε μια αναπτυσσόμενη μορφή ιστορίας; Πώς θα έπρεπε ο τομέας βάση να δομηθεί, έτσι που να εκφράζει καλύτερα το μηχανισμό που διερευνάται;

(δ) Συμπεράσματα: Ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος επίλυσης των δραματικών συγκρούσεων που υπάρχουν στα δυαδικά αντίθετα; Ποιο βαθμός παρέμβασης μεταξύ των αντιθέτων πρέπει να αναζητηθεί; Ποιο είναι το καλύτερο σενάριο μετακίνησης από τα στοιχεία της ιστορίας στις έννοιες του στόχου;

(ε) Αξιολόγηση: Πώς μπορεί κάποιος να ξέρει αν το θέμα έγινε κατανοητό, αν έχει γίνει αντιληπτή η σημασία του και αν το περιεχόμενο έχει μαθευτεί; Σε ποιο σημείο η ιστορία-αναλογία έχει υποβοηθήσει ή έχει περιπλέξει την κατανόηση των εννοιών;

Το *Μοντέλο Σκέψης στη Βάση Γνωστών Περιπτώσεων* (Case-based Reasoning Model) προτάθηκε από τον Kolodner (1997), ο οποίος υποστήριξε ότι το μοντέλο αυτό προσφέρει στους μαθητές ευκαιρίες να επιλύουν προβλήματα για τα οποία πρέπει να επινοούν λύσεις βασισμένες στις δικές τους εμπειρίες, αλλά και σε εκείνες των συμμαθητών τους. Με αυτό τον τρόπο, οι μαθητές μπορούν να οδηγούνται σε χρήσιμα συμπεράσματα, δηλαδή μπορούν να εντοπίζουν θέματα στα οποία πρέπει να αποδίδουν περισσότερη σημασία, να δημιουργούν ένα σχέδιο για τον τρόπο που θα εργαστούν και να εντοπίζουν τις επιπτώσεις των λύσεων που προτείνουν. Αυτή η προσέγγιση παρακινεί τους μαθητές και προκαλεί το

ενδιαφέρον τους, διότι τους επιτρέπει να μετακινούνται από το συγκεκριμένο στο αφηρημένο και αντίστροφα, ελέγχοντας και ραφινάροντας τις ιδέες τους καθώς προτείνουν νέες λύσεις. Αναγκάζονται επομένως να αξιολογούν τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους και να εντοπίζουν ποιες είναι χρήσιμες και ποιες όχι. Ο στόχος του μοντέλου αυτού είναι να υποστηρίξει τους μαθητές να κωδικοποιούν και στη συνέχεια να έχουν πρόσβαση στις εμπειρίες τους, αλλά και να βελτιώνουν την αντίληψή τους για λειτουργικές ομοιότητες μεταξύ των στοιχείων των συστημάτων. Η Dagher (1995) υποστηρίζει ότι στην περίπτωση της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, η επιτυχία της χρήσης του μοντέλου αυτού εξαρτάται απόλυτα από το περιεχόμενο και την διαθεσιμότητα των κατάλληλων γνωστικών πόρων που θα υποστηρίξουν τη διερεύνηση του περιεχομένου.

Οι Thiele και Treagust (1994) μελέτησαν τα είδη των αναλογιών που χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί στην τάξη και διαπίστωσαν ότι οι περισσότεροι από αυτούς χρησιμοποιούν αυθόρμητες αναλογίες, οι οποίες συχνά πηγάζουν από προσωπικές εμπειρίες τους ή από δική τους μελέτη του θέματος. Από την άλλη, οι Treagust και Harrison (1993) βρήκαν ότι ένας ικανός εκπαιδευτικός μπορεί να ενσωματώνει αυτή την τόσο επαναστατική μέθοδο διδασκαλίας στη διδακτική πράξη, προσφέροντας εναλλακτικούς τρόπους κατανόησης των επιστημονικών εννοιών.

Όμως, όπως κάθε μέθοδος διδασκαλίας έχει τους περιορισμούς της, το ίδιο συμβαίνει και με τη χρήση των αναλογιών. Η σωστή επιλογή των αναλογιών δεν επιβεβαιώνει τον προσανατολισμό των υποκειμένων στην επιθυμητή επιστημονική κατανόηση. Οι Gilbert (1989) και Thiele και Treagust (1994) αναφέρουν χαρακτηριστικά ότι 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 το κείμενο. Αυτό οφείλεται κυρίως στην αναποτελεσματικότητα των κειμένων και την άγνοια των συγγραφέων των διδακτικών βιβλίων για τη σωστή διατύπωση της αναλογίας. Αν μια αναλογία δεν επιτυγχάνει το στόχο της, αυτό σημαίνει ότι δεν ακολουθήθηκαν οι κατάλληλες συστηματικές προδιαγραφές κατά τη δημιουργία τους. Τέτοιες αναλογίες αποτυγχάνουν να προδιαγράψουν τις σχέσεις μεταξύ **στόχου** και **βάσης** (αναλόγου), με αποτέλεσμα να προκαλούν σύγχυση στο μυαλό των μαθητών.

Η αναποτελεσματικότητα κειμένων με αναλογίες μπορεί να οφείλεται ακόμη και στην απουσία ενός άλλου σημαντικού παράγοντα, της οπτικής αναπαράστασης της αναλογίας

(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. Αυτό είναι άλλωστε που υποστήριξε, σύμφωνα με το Solso (2001), και ο Vygotsky. Όταν ο μαθητής τύχει της κατάλληλης καθοδήγησης, τότε μπορεί να προχωρήσει παρακάτω και να κατακτήσει έννοιες που προηγουμένως θεωρούσε πολύ δύσκολες. Μπορεί δηλαδή να προχωρήσει στην επόμενη ζώνη εγγύτερης ανάπτυξης του (Benjafield, 1993), κάτι που δε θα μπορούσε να το κάνει από μόνος του.

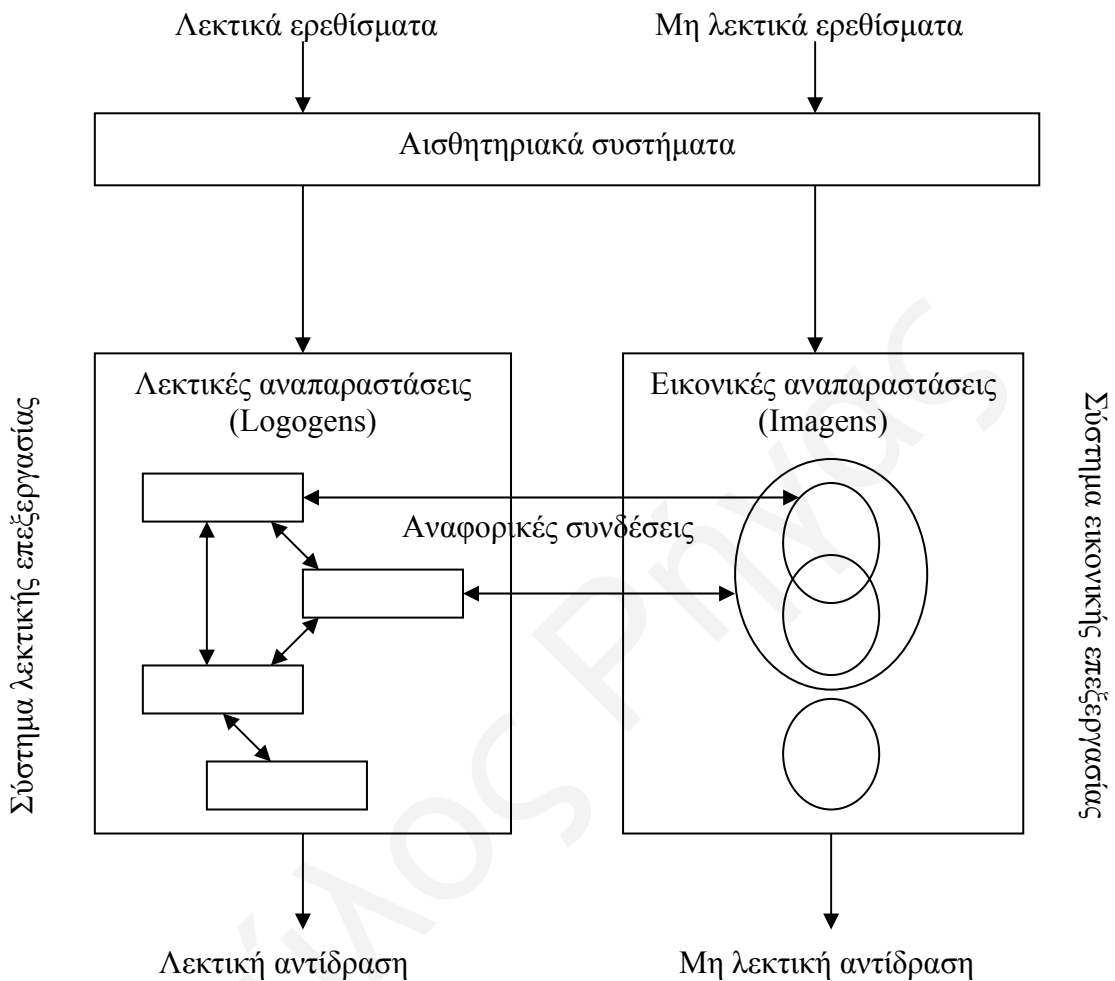
Ένα μέσο που προωθεί τη μάθηση δύσκολων εννοιών, οι οποίες μπορεί να τοποθετούνται σε μια ανώτερη ζώνη εγγύτερης ανάπτυξης των μαθητών, είναι οι διπλές αναλογίες (λεκτικές και εικονικές). Σύμφωνα με τους Glynn και Takahashi (1998), οι διπλές αναλογίες ενεργοποιούν τόσο τις λεκτικές όσο και τις εικονικές νοητικές διεργασίες του ατόμου. Με την ενεργοποίησή τους, αυτές οι νοητικές διεργασίες υποστηρίζουν η μια την άλλη και έτσι προσφέρεται στο μαθητή ένα πλούσιο περιεχόμενο για μάθηση.

Την άποψη αυτή ενισχύει η θεωρία της διπλής κωδικοποίησης του Paivio (1971, 1986) ο οποίος επισήμανε τη σημασία της εικονικής νοητικής διεργασίας κατά τη μάθηση. Στην έρευνά του ο Paivio (1971, 1986) ζήτησε από φοιτητές να κατατάξουν κάποια ουσιαστικά σε στήλες, έχοντας υπόψη τους την ικανότητα των ουσιαστικών να δημιουργούν μια εικόνα στο μυαλό τους (π.χ., νοητική εικόνα ή ήχος ή άλλη αισθητηριακή εικόνα). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι κάποιες λέξεις χαρακτηρίζονται περισσότερο από εικονικές ιδιότητες από κάποιες άλλες που έχουν περισσότερο λεκτικές ιδιότητες.

Σύμφωνα με τη θεωρία της διπλής κωδικοποίησης του Paivio (1971, 1986), στο μυαλό ενός ατόμου υπάρχουν λεκτικά και μη λεκτικά συστήματα που αποτελούν διαφορετικούς τρόπους αναπαράστασης μιας έννοιας. Οι σχέσεις των δύο συστημάτων φαίνονται στο Σχήμα 7.

Σύμφωνα με το Σχήμα 7 οι νεοεισερχόμενες πληροφορίες μπορεί να είναι είτε λεκτικές είτε μη λεκτικές. Αφού προσληφθούν από τα αισθητηριακά συστήματα, οι πληροφορίες αυτές μπορούν να αναπαρασταθούν είτε λεκτικά είτε μη λεκτικά. Σύμφωνα με τον Paivio (1986) όταν ενεργοποιείται το σύστημα λεκτικής επεξεργασίας, δημιουργούνται λεκτικές αναπαραστάσεις (*logogens*), ενώ όταν ενεργοποιείται το σύστημα εικονικής επεξεργασίας, δημιουργούνται νοητικές εικόνες ή εικονικές αναπαραστάσεις (*imagens*) Αυτά τα δύο συστήματα αναπαραστάσεων έχουν αλληλοσυνδέσεις που ονομάζονται αναφορικές

συνδέσεις. Με αυτό τον τρόπο μια λεκτική περιγραφή ενός αντικειμένου μπορεί να αναδείξει μια νοητική εικόνα του αντικειμένου και το αντίστροφο. Μια νοητική εικόνα μπορεί να αναδείξει μια λεκτική περιγραφή ενός αντικειμένου.



Σχήμα 7. Σχηματική Αναπαράσταση της Θεωρίας της Διπλής Κωδικοποίησης του Ραϊβίο (Benjafield, 1993)

Ο Ραϊβίο (1991) υποστηρίζει ότι η 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 θεωρία της διπλής κωδικοποίησης του Ραϊβίο (1971, 1986), έχει σημαντική αξία για την εκπαιδευτική διαδικασία, αφού υποστηρίζει ότι οι έννοιες, κυρίως οι αφηρημένες, δεν πρέπει να παρουσιάζονται στους μαθητές μόνο με μια μορφή. Παρουσιάζοντας τις νέες έννοιες με πολλαπλούς τρόπους (π.χ., λεκτικούς και εικονικούς), όλοι οι γνωστικοί τύποι μαθητών, είτε αυτοί ονομάζονται οπτικοί τύποι, είτε ονομάζονται ακουστικοί τύποι,

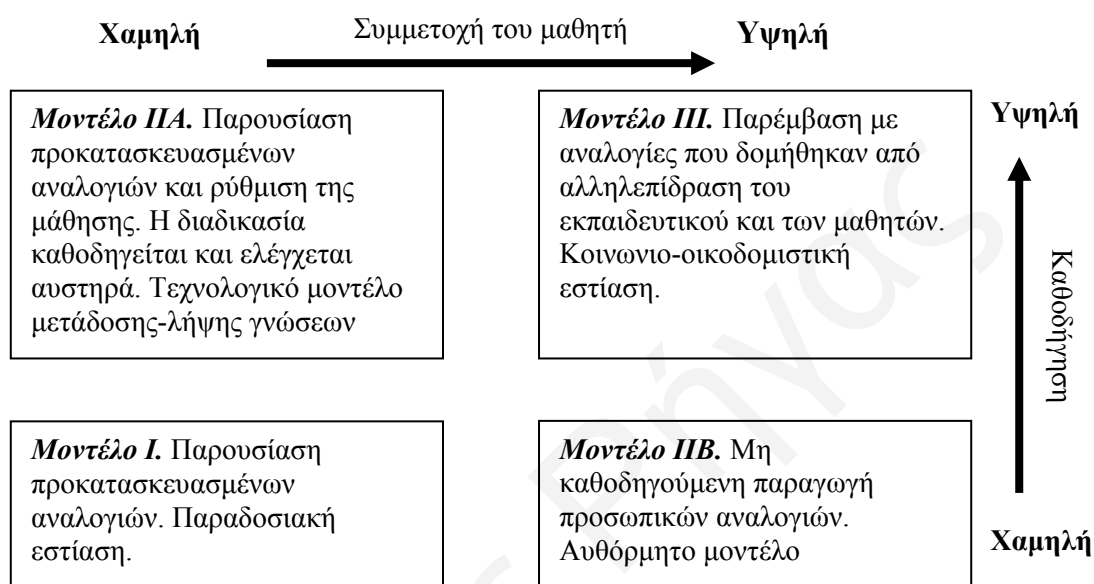
μπορούν να τις προσλάβουν χωρίς να δημιουργείται πρόβλημα στην κατανόηση. Ταυτόχρονα, η προσέγγιση αυτή βοηθά όλους τους μαθητές αφού η πληροφόρηση που τους δίνεται είναι πολύ πιο πλούσια από την απλή περιγραφική παρουσίαση μιας έννοιας.

Η θεωρία της συνδυασμένης επεξεργασίας πληροφοριών - *conjunct processing theory* (Kulhavy, Stock & Kealy, 1993) υποστηρίζει 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 αποθηκευτούν στη μακροπρόθεσμη μνήμη. Οι Angeli και Valanides (2004) αναφέρουν ότι οι εικονικές αναπαραστάσεις μπορούν να συνεισφέρουν στη μάθηση για δύο λόγους. Πρώτο, η αποθήκευση πληροφοριών με διπλή κωδικοποίηση (λεκτική και εικονική), μπορεί να διευκολύνει την απομνημόνευσή τους, διότι προσφέρει στο άτομο δύο μονοπάτια πρόσβασης στις πληροφορίες, οι οποίες είναι καταχωρημένες στη μακροπρόθεσμη μνήμη. Δεύτερο, οι εικονικές αναπαραστάσεις μπορούν να προσεγγιστούν και να επεξεργαστούν ως μία οντότητα, ενώ αντίθετα οι λεκτικές αναπαραστάσεις είναι οργανωμένες ιεραρχικά και μπορούν να επεξεργαστούν μόνο με συγκεκριμένη ακολουθία.

Εκτός από την αποτελεσματικότητα της ίδιας της αναλογίας, διάφοροι ερευνητές (Zook, 1991· Wong, 1993a,b· Cosgrove, 1995· Pittman, 1999) υποστηρίζουν ότι στη δόμηση κατάλληλων αναλογιών πρέπει να έχουν ενεργή συμμετοχή και οι ίδιοι οι μαθητές. Άλλοι ερευνητές (Oliva, Azcarate & Navarrete, 2007· Dagher, 1995a), αναφέρουν χαρακτηριστικά ότι η παραγωγή κατάλληλων αναλογιών επιτυγχάνεται με την ενεργό συμμετοχή τόσο των μαθητών όσο και των εκπαιδευτικών. Σε μια τέτοια περίπτωση ο εκπαιδευτικός μπορεί να εντοπίσει τις αδυναμίες, τις παραλείψεις ή ακόμη και τις δυσκολίες που μπορεί να περιέχει μια αναλογία, και, με την κατάλληλη ανατροφοδότηση από τους μαθητές, να την προσαρμόσει στα καινούρια δεδομένα.

Η δόμηση κατάλληλων αναλογιών είναι ένα σημαντικό βήμα προς την κατανόηση νέων επιστημονικών εννοιών, αλλά δεν είναι αρκετό. Ορισμένοι ερευνητές (Iding, 1997· Jarman, 1996· Newton & Newton, 1995· Thiele & Treagust, 1995), υποστηρίζουν ότι για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα της μάθησης, ο εκπαιδευτικός πρέπει να λειτουργεί ως ρυθμιστής και καθοδηγητής για την κατανόηση της αναλογίας.

Παρόλο που τα αποτελέσματα των ερευνών σημειώνουν τη σημασία της συμμετοχής των μαθητών στην παραγωγή των αναλογιών, αλλά και το ρόλο του εκπαιδευτικού ως ρυθμιστή/ καθοδηγητή στη χρήση τους, εντούτοις η πραγματικότητα είναι πολύ διαφορετική. Οι Ολίνα κ.ά. (2007) προτείνουν διάφορα διδακτικά μοντέλα για τη χρήση των αναλογιών στην τάξη, ανάλογα με τη συμμετοχή των μαθητών και το ρόλο του εκπαιδευτικού. Τα μοντέλα αυτά συνοψίζονται στο Σχήμα 8.



Σχήμα 8. Μοντέλα Διδασκαλίας για τη Χρήση Αναλογιών στην Τάξη (Ολίνα, κ.ά., 2007)

Το *Μοντέλο Ι* χαρακτηρίζεται από χαμηλό επίπεδο, τόσο όσον αφορά τη συμμετοχή των μαθητών όσο και την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού. Γίνεται απλή παρουσίαση της αναλογίας που προτείνει ο εκπαιδευτικός ή το βιβλίο. Η μάθηση με τη χρήση αναλογιών αντιμετωπίζεται ως απλή μετάδοση πληροφοριών από το δάσκαλο στο μαθητή, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οποιεσδήποτε άλλες εσωτερικές διεργασίες του ατόμου. Το *Μοντέλο ΙΙΑ* χαρακτηρίζεται από υψηλό επίπεδο καθοδήγησης από μέρους του εκπαιδευτικού, αλλά από χαμηλό επίπεδο συμμετοχής των μαθητών στη διαδικασία παραγωγής των αναλογιών. Ο εκπαιδευτικός δρα ως ρυθμιστής της διαδικασίας, που όμως έχει αυστηρό χαρακτήρα λόγω του ότι γνωρίζει ότι η επεξεργασία της αναλογίας μπορεί να οδηγήσει σε διαφορετικές ερμηνείες από την αναμενόμενη. Το *Μοντέλο ΙΙΒ* χαρακτηρίζεται από χαμηλή καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό, αλλά από υψηλή συμμετοχή των μαθητών στη δόμηση των αναλογιών. Σε αυτή την περίπτωση, η ευθύνη βρίσκεται στον ίδιο το μαθητή, ο οποίος επινοεί ελεύθερα δικές του αναλογίες χωρίς κανένα έλεγχο, προσανατολισμό ή καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό. Τέλος, το *Μοντέλο ΙΙΙ* χαρακτηρίζεται τόσο από υψηλή καθοδήγηση όσο και από υψηλή συμμετοχή των μαθητών. Η διαδικασία αυτή προωθεί την



κοινωνιο-οικοδομιστική προσέγγιση στη μάθηση νέων επιστημονικών εννοιών. Η κατανόηση και η εσωτερίκευση νοημάτων από μια αναλογία επιτυγχάνονται μέσα από αλληλεπίδραση των μαθητών και του εκπαιδευτικού. Έτσι, οι μαθητές δημιουργούν προσωπικές δομές, οι οποίες είναι απόλυτα κατανοητές για τους ίδιους.

### **Έρευνες που Μελέτησαν τη Χρήση Αναλογιών σε Κείμενα, Κατά τη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών**

Πολλές είναι οι έρευνες που ασχολήθηκαν με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με τη χρήση γραπτών αναλογιών. Οι περισσότερες από αυτές αφορούσαν διδασκαλία που γινόταν σε φοιτητές πανεπιστημίου και μελετούσαν κατά πόσο οι αναλογίες επηρέαζαν τη συμπερασματική σκέψη των εμπλεκομένων. Συγκεκριμένα, οι Halpern κ.ά. (1990) διερεύνησαν κατά πόσο φοιτητές κατανοούσαν πιο εύκολα επιστημονικές έννοιες μέσα από γραπτά κείμενα που περιείχαν αναλογίες. Υπήρχαν δύο ομάδες, από τις οποίες η μια είχε διαβάσει κείμενα με ενσωματωμένες αναλογίες και η άλλη κείμενα χωρίς αναλογίες. Ακολούθως, οι δύο ομάδες έπρεπε να απαντήσουν σε ερωτήσεις που βασίζονταν σε πληροφορίες από τα κείμενα (εδώ μελετήθηκε κατά πόσο επηρεάζεται ο παράγοντας μνήμη) και σε συμπερασματικές ερωτήσεις (εδώ μελετήθηκε κατά πόσο τα κείμενα βοηθούσαν στην κατανόηση των εννοιών και οι φοιτητές μπορούσαν να επεκτείνουν τη σκέψη τους). Ήταν φανερό ότι οι φοιτητές που χρησιμοποίησαν τα αναλογικά κείμενα είχαν καλύτερα αποτελέσματα και στους δύο τύπους ερωτήσεων. Αυτή η διαπίστωση έρχεται να συμφωνήσει με εκείνη της Gentner (1983) η οποία υποστηρίζει ότι οι αναλογίες μπορούν να οδηγήσουν τα άτομα σε αλυσιδωτές συμπερασματικές δομές για την επιστημονική έννοια (στόχος).

Μια άλλη έρευνα που ασχολήθηκε με φοιτητές πανεπιστημίου είναι των Paris και Glynn (2004), οι οποίοι έδωσαν σε φοιτητές παιδαγωγικού τμήματος να μελετήσουν τρεις επιστημονικές έννοιες μέσα από γραπτά κείμενα. Οι φοιτητές μελέτησαν κείμενα χωρίς αναλογίες, με απλές αναλογίες (μόνο με κείμενο) και με διπλές αναλογίες (αναλογίες που αποτελούνται από κείμενο και εικόνα). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι διπλές αναλογίες βελτίωσαν την επιστημονική γνώση αλλά και τις στάσεις των φοιτητών στην Επιστήμη. Ανάλογη έρευνα (McDaniel & Donnelly, 1996), έδειξε ότι οι φοιτητές που μελέτησαν κείμενα με αναλογίες, όπου σε αυτά ήταν σημειωμένες κάποιες λέξεις κλειδιά, είχαν καλύτερα αποτελέσματα, τόσο σε ερωτήσεις απομνημόνευσης όσο και σε συμπερασματικές ερωτήσεις. Αναλογίες σε κείμενα χρησιμοποίησαν και οι Clement και Yanowitz (2003), για να μελετήσουν κατά πόσο φοιτητές ψυχολογίας μπορούσαν να κατανοήσουν δύσκολες επιστημονικές έννοιες. Συγκεκριμένα στην έρευνα αυτή,

μελετήθηκε κατά πόσο κείμενα με αναλογίες μπορούν να βελτιώσουν την κατανόηση και τη συμπερασματική σκέψη για αιτιακούς μηχανισμούς που βρίσκονται στη νέα επιστημονική έννοια. Μια ομάδα μελέτησε ένα φανταστικό ψευδο-επιστημονικό κείμενο (στόχος) με τη βοήθεια ενός ανάλογου κειμένου βάσης (που ήταν πάλι φανταστικό), το οποίο χαρακτηριζόταν από τις ίδιες αιτιακές δομές με το κείμενο του στόχου. Μια δεύτερη ομάδα μελέτησε το κείμενο του στόχου με τη βοήθεια μιας αφηρημένης δήλωσης που χαρακτήριζε τις αιτιακές δομές του στόχου και τέλος μια τρίτη ομάδα μελέτησε απλά το κείμενο του στόχου χωρίς επιπρόσθετες πληροφορίες. Τα αποτελέσματα ήταν εντυπωσιακά, αφού μόνο οι φοιτητές της πρώτης ομάδας μπορούσαν να συμπεριλάβουν στις απαντήσεις τους συμπερασματικές πληροφορίες που περιλαμβάνονταν στους αιτιακούς μηχανισμούς του στόχου. Αυτό σημαίνει ότι αναλογίες, στις οποίες το κείμενο βάσης χαρακτηρίζεται από αιτιακούς μηχανισμούς που αντιστοιχούν με εκείνους του κειμένου στόχου, προωθούν καλύτερη αναπαράσταση των αιτιακών δομών του κειμένου στόχου. Τα αποτελέσματά των ερευνών αυτών επιβεβαιώνουν τη χρησιμότητα των αναλογιών στη διδασκαλία των επιστημονικών εννοιών στο πανεπιστήμιο.

Σημαντικές είναι και οι έρευνες που έγιναν με παιδιά γυμνασίου. Οι Bean, Searles, Singer και Cowen (1990) διερεύνησαν κατά πόσο ενσωματωμένες λεκτικές αναλογίες σε κείμενα μπορούσαν να παίξει σημαντικό ρόλο στην κατανόηση, όταν μαθητές γυμνασίου μελετούσαν μια επιστημονική έννοια. Η αναλογία που χρησιμοποιήθηκε ήταν διπλή (κείμενο και εικόνα), και αντιστοιχούσε τα κύρια χαρακτηριστικά του αναλόγου (ένα εργοστάσιο) με εκείνα της έννοιας στόχου (το ζωικό κύτταρο). Τα κύρια χαρακτηριστικά που διερευνούσαν ήταν οι λειτουργίες των οργανιδίων του κυττάρου. Οι ερευνητές χώρισαν τους μαθητές σε τέσσερις ομάδες (μια ομάδα ελέγχου και τρεις πειραματικές ομάδες). Οι μαθητές της ομάδας ελέγχου απλά μελέτησαν ένα κείμενο με λεκτική αναλογία. Οι μαθητές της πρώτης πειραματικής ομάδας μελέτησαν ένα "οδηγό", ο οποίος έδειχνε τις αντιστοιχίες μεταξύ των οργανιδίων του κυττάρου και των βασικών σημείων λειτουργίας του εργοστασίου. Οι μαθητές της δεύτερης πειραματικής ομάδας εργάστηκαν με τον ίδιο τρόπο που εργάστηκαν οι μαθητές της πρώτης πειραματικής ομάδας, ενώ ταυτόχρονα παρακολούθησαν μια διάλεξη, όπου έγινε παρουσίαση των οργανιδίων του κυττάρου και τονίστηκαν οι αντιστοιχίες με το ανάλογο (εργοστάσιο), αλλά δεν είχαν στη διάθεσή τους την εικονική αναλογία. Τέλος, οι μαθητές της τρίτης πειραματικής ομάδας εργάστηκαν με τον ίδιο τρόπο που εργάστηκαν εκείνοι της δεύτερης πειραματικής ομάδας, με τη διαφορά ότι αυτοί είχαν στη διάθεσή τους και την εικονική αναλογία (διπλή αναλογία). Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η παρουσία της εικονικής αναλογίας

βοήθησε πολύ περισσότερο στην κατανόηση των λειτουργιών των οργανιδίων του κυττάρου.

Ανάλογη ήταν και η έρευνα των Glynn και Takahashi (1998), οι οποίοι χρησιμοποίησαν το ίδιο ανάλογο (εργοστάσιο) για τη διδασκαλία της λειτουργίας του κυττάρου, με ανάλογα αποτελέσματα. Όλα τα παιδιά που μελέτησαν το κείμενο με τη διπλή αναλογία, φάνηκε ότι είχαν καλύτερα αποτελέσματα στην κατανόηση της λειτουργίας των οργανιδίων του κυττάρου. Ακόμη, φάνηκε ότι μετά από την πάροδο δύο εβδομάδων, μπορούσαν να συγκρατήσουν όσα έμαθαν για το κύτταρο σε σύγκριση με τους μαθητές της ίδιας ηλικίας που εργάστηκαν με κείμενα χωρίς αναλογίες.

Σε μια άλλη έρευνα, η Pittman (1999) διερεύνησε κατά πόσο μαθητές γυμνασίου μπορούσαν να κατανοήσουν τη διαδικασία της πρωτεϊνοσύνθεσης μέσα από παραδοσιακή διδασκαλία και αν, στη συνέχεια, μέσα από την παρουσίαση απλών αναλογιών, που δεν είχαν σχέση με το θέμα, μπορούσαν να δημιουργήσουν τις δικές τους αναλογίες. Η ερευνήτρια ενδιαφέρθηκε πολύ να δει αν ο παράγοντας φύλο έπαιζε κάποιο ρόλο στην ανάκληση της διαδικασίας της πρωτεϊνοσύνθεσης σε σχέση με την παραγωγή δικών τους αναλογιών για καλύτερη κατανόηση. Αρχικά φάνηκε ότι τα κορίτσια είχαν καλύτερα αποτελέσματα στις παραδοσιακές μορφές αξιολόγησης, όπου δε χρειαζόταν να συσχετίσουν τη νέα έννοια με τις δικές τους αναλογίες. Όμως στη συνέχεια, όταν έγινε η σύνδεση με τις αναλογίες που παρήγαγαν οι ίδιοι οι μαθητές, τα αγόρια μπορούσαν πιο εύκολα να ανακαλέσουν τη διαδικασία της πρωτεϊνοσύνθεσης, διότι απλά τα κορίτσια δεν μπορούσαν να εμπιστευτούν τις δικές τους ερμηνείες. Υποστήριξαν ότι προτιμούσαν να τους είχαν δοθεί οι αναλογίες από το δάσκαλο, διότι με αυτό τον τρόπο ήξεραν ότι θα έκαναν τις σωστές συσχετίσεις. Το σημαντικό συμπέρασμα της έρευνας αυτής ήταν το γεγονός ότι οι ίδιοι μαθητές μπορούσαν πια να παράγουν δικές τους αναλογίες για μια επιστημονική έννοια. Ακόμη, όπως υποστηρίζουν οι Dunbar και Blanchette (2001), οι αυθόρμητες αναλογίες τείνουν να έχουν μια πιο ισχυρή δομή από τις δοσμένες αναλογίες, οι οποίες τις περισσότερες φορές βασίζονται σε υπερφυσικά χαρακτηριστικά, που δεν αρμόζουν στην κατάσταση επικοινωνίας. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να δίνονται ευκαιρίες στους μαθητές να σχεδιάζουν τις δικές τους αναλογίες, διότι προσφέρουν στους μαθητές βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών και συνεπώς είναι πιο πιθανό να αποθηκευτούν στη μακροπρόθεσμη μνήμη χωρίς παρανοήσεις.

Οι έρευνες που έγιναν για να εξετάσουν τη χρήση αναλογιών στο δημοτικό σχολείο είναι πολύ περιορισμένες και ασχολήθηκαν κυρίως με καταστάσεις λύσης προβλήματος (π.χ., Brown, 1989· Goswami, 1991). Στις συγκεκριμένες έρευνες, δινόταν μια περιγραφική ιστορία (πηγή), όπου ο πρωταγωνιστής έλυνε με κάποιο τρόπο το πρόβλημα. Ο μαθητής έπρεπε να εντοπίσει τον τρόπο που έλυνε ο ήρωας το πρόβλημα και να λύσει με ανάλογο τρόπο το δικό του πρόβλημα. Σε αυτές τις περιπτώσεις όμως, δεν έγινε διερεύνηση κατά πόσο οι μαθητές μπορούσαν να επιλύσουν συμπερασματικά έργα χρησιμοποιώντας αναλογίες. Η Yanowitz (2001b) διερεύνησε, στη δική της έρευνα, κατά πόσο κείμενα με αναλογίες επηρέαζαν την κατανόηση επιστημονικών εννοιών (λειτουργία των λευκών αιμοσφαιρίων, λειτουργία των ενζύμων, σχέση μυρμηγκιών και αφίδων, λειτουργία μιτοχονδρίων) μεταξύ μαθητών του δημοτικού σχολείου. Στην έρευνα αυτή, έλαβαν μέρος μαθητές από την Γ' μέχρι την Στ' τάξη του δημοτικού σχολείου. Χρησιμοποιήθηκαν κείμενα προηγούμενων ερευνών τα οποία όμως τροποποιήθηκαν για να ανταποκρίνονται στο επίπεδο των παιδιών του δημοτικού σχολείου. Κάποιοι μαθητές από κάθε τάξη εργάστηκαν με κείμενα με ενσωματωμένες λεκτικές αναλογίες, δηλαδή η κάθε επιστημονική έννοια συνδεόταν με μια έννοια από την καθημερινότητα, ενώ κάποιοι άλλοι εργάστηκαν με κείμενα χωρίς αναλογίες. Η έρευνα αποτελείτο από δύο πειραματισμούς. Στον πρώτο πειραματισμό, οι μαθητές της Δ' και της Στ' τάξης μελέτησαν μόνοι τους τα κείμενα, ενώ στο δεύτερο πειραματισμό τα κείμενα διαβάστηκαν στους μαθητές της Γ' και της Ε' τάξης από την ερευνήτρια. Η ερευνήτρια διάβασε τα κείμενα με τις αναλογίες μόνο μια φορά, ενώ τα κείμενα χωρίς τις αναλογίες τα διάβασε δύο φορές έτσι ώστε ο χρόνος ενασχόλησης των μαθητών των δύο ομάδων με τα κείμενα να είναι περίπου ο ίδιος. Αφού τελείωνε η μελέτη/ ανάγνωση του κάθε κειμένου, η ερευνήτρια ζητούσε από τους μαθητές να της πουν με δικά τους λόγια τι θυμούνταν από το κείμενο (οι μαθητές δεν είχαν πια στη διάθεσή τους τα κείμενα). Αμέσως μετά η ερευνήτρια έθετε τη συμπερασματική ερώτηση στους μαθητές. Η όλη διαδικασία μαγνητοφωνήθηκε και αναλύθηκε στη συνέχεια. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές που χρησιμοποίησαν τα κείμενα με τις αναλογίες είχαν καλύτερη επίδοση, τόσο σε ερωτήσεις απομνημόνευσης, όσο και σε συμπερασματικές ερωτήσεις για τις επιστημονικές έννοιες, ενώ καλύτερες επιδόσεις είχαν και οι μεγαλύτεροι σε ηλικία μαθητές, δηλαδή οι μαθητές της Ε' και της Στ' τάξης. Η έρευνα αυτή τονίζει την αξία της χρήσης αναλογιών για την καλλιέργεια της συμπερασματικής σκέψης των μαθητών. Συγκεκριμένα, η χρήση αναλογιών βοήθησε τους μαθητές να σχηματίσουν ένα ανεπτυγμένο νοητικό μοντέλο για τις γενικές επιστημονικές αρχές, το οποίο στη συνέχεια τους επέτρεψε να προβλέψουν τα αποτελέσματα στις αλλαγές του μοντέλου (Gentner & Gentner, 1983· Halford, 1993· Halpern κ.ά., 1990).

Τα αποτελέσματα όλων των ερευνών δείχνουν τη σημασία της χρήσης των αναλογιών σε κείμενα σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Όταν μια επιστημονική έννοια παρουσιαστεί με κατάλληλες αναλογίες, δηλαδή αναλογίες που ανταποκρίνονται στο νοητικό τους επίπεδο, τότε μπορεί πολύ εύκολα να γίνει κατανοητή, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να εξαλείψει τις οποιεσδήποτε παρανοήσεις που μπορεί να είχαν οι μαθητές. Οι αναλογίες μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να καταχωρήσουν πιο εύκολα τις έννοιες αυτές στη μακροπρόθεσμη μνήμη τους (κάνουν συνδέσεις με τις προσωπικές τους εμπειρίες), ενώ ταυτόχρονα μπορούν να τους οδηγήσουν σε συμπερασματικό συλλογισμό, ο οποίος είναι πολύτιμος για την καλλιέργεια της κριτικής σκέψης τους.

Παύλος Ρήγας

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙΙ

### ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε κατά στάδια, όπως φαίνεται από την περιγραφή που ακολουθεί. Μετά την επιλογή του δείγματος, έγινε συλλογή δεδομένων που αφορούσαν τα δημογραφικά στοιχεία των μαθητών και απάντησαν σε ερωτήσεις που αφορούσαν τη γενική νοητική ικανότητα, την ικανότητα της εργαζόμενης μνήμης και την αναλογική σκέψη τους, με τη χορήγηση τριών προ-πειραματικών δοκιμίων (πρώτο στάδιο). Στη συνέχεια, όλα τα παιδιά που συμμετείχαν στην έρευνα μελέτησαν κείμενα με επιστημονικές έννοιες. Τα παιδιά ήταν χωρισμένα σε τρεις ομοιογενείς ομάδες και μελέτησαν κείμενα επιστημονικών εννοιών που περιείχαν ή όχι αναλογίες (δεύτερο στάδιο). Στο τρίτο στάδιο που ακολούθησε χορηγήθηκαν τα μετα-πειραματικά δοκίμια (ερωτήσεις μνήμης, συμπερασματικές ερωτήσεις και ερωτήσεις εντοπισμού κατάλληλου αναλόγου για μια επιστημονική λειτουργία) και, στο τελευταίο στάδιο, τα δύο πρώτα μετα-πειραματικά δοκίμια (ερωτήσεις μνήμης και συμπερασματικές ερωτήσεις) χορηγήθηκαν ξανά στα παιδιά μετά την πάροδο δύο μηνών (αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση).

#### Οι Συμμετέχοντες στην Έρευνα

Οι μαθητές που έλαβαν μέρος στην έρευνα προέρχονταν από τις τάξεις Δ', Ε' και Στ', έξι σχολείων της Κύπρου από τις επαρχίες Λευκωσίας, Λάρνακας και Ελεύθερης Αμμοχώστου. Τρία σχολεία ήταν αστικά και τρία προέρχονταν από την ύπαιθρο. Οι μαθητές από κάθε τμήμα κατανεμήθηκαν με τυχαίο τρόπο στην ομάδα ελέγχου (ΟΕ) και σε δύο άλλες πειραματικές ομάδες. Ο διαχωρισμός έγινε με βάση τον αύξοντα αριθμό που είχαν οι μαθητές στον κατάλογο της τάξης. Συγκεκριμένα, ο πρώτος μαθητής, του τμήματος Δ'1, του πρώτου σχολείου, τοποθετήθηκε στην ΟΕ, ο δεύτερος στην πρώτη πειραματική ομάδα (ΠΟ<sub>1</sub>) και ο τρίτος στη δεύτερη πειραματική ομάδα (ΠΟ<sub>2</sub>). Αυτή η κατανομή συνεχίστηκε για όλα τα τμήματα σε όλα τα σχολεία. Όλοι οι μαθητές που συμμετείχαν ήταν 714 (Δ' τάξη=235, Ε' τάξη=210, Στ' τάξη=269). Λόγω του ότι κάποιοι μαθητές δε συμμετείχαν σε όλα τα στάδια της έρευνας (απουσίαζαν κατά τη συμπλήρωση κάποιων δοκιμίων), οι επιδόσεις τους στα υπόλοιπα δοκίμια δε χρησιμοποιήθηκαν στη στατιστική ανάλυση που ακολούθησε (πειραματική θνησιμότητα – experimental mortality). Συγκεκριμένα, αφαιρέθηκαν οι περιπτώσεις εκείνες των μαθητών που δε συμπλήρωσαν τα δοκίμια της μετα-πειραματικής εξέτασης. Συνεπώς, ο τελικός αριθμός

των μαθητών που οι επιδόσεις τους λήφθηκαν υπόψη για τις στατιστικές αναλύσεις της έρευνας ήταν 697 (Δ' τάξη=229, Ε' τάξη=203, Στ' τάξη=265).

### **Διαδικασία Συλλογής Δεδομένων**

Αρχικά, όλοι οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν ένα έντυπο όπου ανέφεραν τα δημογραφικά τους στοιχεία. Στη συνέχεια, συμπλήρωσαν τα τέσσερα προ-πειραματικά δοκίμια που μετρούσαν τη γενική νοητική ικανότητα, την ικανότητα εργαζόμενης μνήμης και την αναλογική σκέψη τους. Στη συνέχεια, οι μαθητές της ΟΕ μελέτησαν τα τρία κείμενα χωρίς τις αναλογίες. Οι μαθητές της ΠΟ<sub>1</sub> μελέτησαν τα ίδια κείμενα με ενσωματωμένες σε αυτά λεκτικές αναλογίες, ενώ οι μαθητές της ΠΟ<sub>2</sub> μελέτησαν τα ίδια κείμενα που είχαν μελετήσει οι μαθητές της ΠΟ<sub>1</sub>, αλλά τα κείμενα συνοδεύονταν και με σχηματική απεικόνιση της κάθε αναλογίας ξεχωριστά (διπλές αναλογίες). Στη συνέχεια, κατά την μετα-πειραματική εξέταση, οι μαθητές και των τριών ομάδων κλήθηκαν να απαντήσουν ερωτηματολόγια με κλειστού και ανοικτού τύπου ερωτήσεις οι οποίες αφορούσαν τις επιστημονικές έννοιες που παρουσιάζονταν στα κείμενα. Τέλος, μετά από δύο μήνες (αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση), οι τρεις ομάδες απάντησαν τα ίδια ερωτηματολόγια που απάντησαν στη μετα-πειραματική εξέταση.

Τα δημογραφικά στοιχεία (βλέπε Παράρτημα Α) ήταν ομαδοποιημένα σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος αφορούσε τις ατομικές πληροφορίες για τον κάθε μαθητή, όπου κλήθηκαν να αναφέρουν το ονοματεπώνυμό τους, την τάξη και το σχολείο στο οποίο φοιτούσαν, την επαρχία στην οποία κατοικούσαν και τέλος την ημερομηνία γέννησής τους. Στο δεύτερο μέρος, το οποίο αφορούσε πληροφορίες για την οικογένειά τους, έπρεπε να σημειώσουν το επίπεδο μόρφωσης του πατέρα και της μητέρας τους και να αναφέρουν τον αριθμό των ατόμων της οικογένειάς τους.

Στη συνέχεια χορηγήθηκαν τα δοκίμια της προ-πειραματικής εξέτασης. Για τη μέτρηση της γενικής νοητικής ικανότητας των μαθητών χρησιμοποιήθηκε το δοκίμιο με τις προοδευτικές μήτρες του Raven (Raven's Progressive Matrices Test). Το δοκίμιο αυτό δομήθηκε για να μετρά τη γενική γνωστική ικανότητα του ατόμου, ή τον παράγοντα *g* της θεωρίας του Spearman (Kaplan & Saccuzzo, 1997). Σύμφωνα με τον Raven (2000) τα δύο κύρια συστατικά στοιχεία του παράγοντα *g* είναι: (α) η ικανότητα του ατόμου να δίνει ερμηνεία σε καταστάσεις που προκαλούν σύγχυση, δηλαδή η ικανότητα του ατόμου να παράγει υψηλού επιπέδου, συνήθως μη λεκτικά, σχήματα που κάνουν πιο εύκολο το χειρισμό πολύπλοκων καταστάσεων (*eductive ability*), και (β) η ικανότητα του ατόμου να

αφομοιώνει, να ανακαλεί και να αναπαράγει πληροφορίες που ήταν σαφείς και αποτέλεσαν μέσο επικοινωνίας μεταξύ δύο ατόμων (*reproductive ability*). Ο Jensen (1998) αναφέρει ότι σε διάφορες παραγοντικές αναλύσεις, όταν έγινε σύγκριση των προοδευτικών μητρών του Raven με άλλα δοκίμια, βρέθηκε ότι είχαν τη μεγαλύτερη φόρτιση με τον παράγοντα *g* του Spearman. Οι Lynn, Allik, Puliman και Laidra (2004) υποστηρίζουν ότι οι προοδευτικές μήτρες του Raven έχουν καθιερωθεί διεθνώς ως το καλύτερο δοκίμιο μέτρησης της αφηρημένης ή μη λεκτικής νοητικής ικανότητας, κάτι που θεωρείται ότι αποτελεί την ουσία του παράγοντα *g* της θεωρίας του Spearman. Η χορήγηση του δοκιμίου αυτού δοκιμάστηκε από πολλούς ερευνητές σε όλο τον κόσμο και για αυτό, στη σημερινή του μορφή, θεωρείται ως το καταλληλότερο δοκίμιο που μπορεί να δώσει μετρήσεις για τη γενική νοητική ικανότητα του ατόμου (Abdel-Khalek & Raven, 2006).

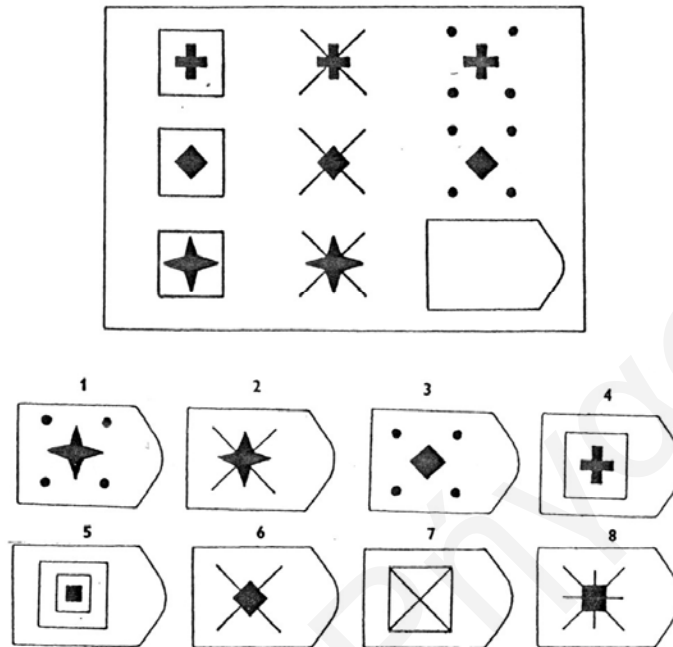
Το δοκίμιο με τις προοδευτικές μήτρες του Raven αποτελείται από πέντε μέρη (A, B, C, D και E) τα οποία χαρακτηρίζονται από κλιμακωτή δυσκολία (π.χ., το τρίτο μέρος είναι πιο δύσκολο από το δεύτερο, αλλά πιο εύκολο από το τέταρτο). Κλιμακωτή δυσκολία παρουσιάζεται και μέσα σε κάθε μέρος, δηλαδή η πρώτη άσκηση είναι ευκολότερη από τη δεύτερη και η δεύτερη ευκολότερη από την τρίτη. Κάθε μέρος αποτελείται από δώδεκα ερωτήματα και κάθε μαθητής καλείται να επιλέξει τη σωστή απάντηση ανάμεσα από έξι ή οκτώ εναλλακτικές επιλογές. Στα πρώτα δύο μέρη, οι απαντήσεις που δίνονται για επιλογή είναι έξι, ενώ στα τρία τελευταία οι απαντήσεις που δίνονται για επιλογή είναι οκτώ. Σε κάθε ερώτημα, δίνεται μια εικόνα από την οποία έχει αποκοπεί, ή δεν παρουσιάζεται τμήμα της, και ο μαθητής καλείται να επιλέξει την ορθή απάντηση που θα συμπληρώνει την εικόνα ή που θα ολοκληρώνει ένα μοτίβο. Κάθε φορά, ο μαθητής καλείται να λαμβάνει υπόψη του όλα τα στοιχεία του ερωτήματος, για να μπορεί να εντοπίσει την ορθή απάντηση. Ένα παράδειγμα από το συγκεκριμένο δοκίμιο φαίνεται στο Σχήμα 9, που αναπαριστάνει το ερώτημα έξι από την τέταρτη ομάδα ερωτημάτων (D6).

Στο Σχήμα 9, ο μαθητής καλείται 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. Στη δεύτερη σειρά, υπάρχει ένας ρόμβος ο οποίος παρουσιάζεται με το ίδιο μοτίβο. Συνεπώς, το μοτίβο πρέπει να επαναλαμβάνεται και στην τρίτη σειρά. Εφόσον πρώτο είναι το αστεράκι μέσα στο πλαίσιο και δεύτερο είναι το αστεράκι που διαγράφεται με τις δύο γραμμές, τότε στην κενή θέση αντιστοιχεί το αστεράκι που περιβάλλεται από τα



τέσσερα στίγματα. Με αυτή τη λογική, η ορθή απάντηση για την ερώτηση αυτή είναι η επιλογή 1.

D 6



Σχήμα 9: Παράδειγμα από το Δοκίμιο Προοδευτικές Μήτρες του Raven

Σύμφωνα με τη θεωρία επεξεργασίας πληροφοριών (Solso, 2001), η μνημονική λειτουργία είναι ιδιαίτερα σημαντική για κάθε άτομο. Χωρίς αυτή, δε θα μπορούσε να αποθηκεύσει και να ανακαλέσει πληροφορίες, που έγιναν αντιληπτές από τις αισθήσεις του και, αφού έτυχαν επεξεργασίας, αποθηκεύτηκαν στη μακρόχρονη μνήμη του. Όπως υποστηρίζεται από τον Ebbinghaus (Βοσνιάδου, 2001), οι πληροφορίες που μπορεί να συγκρατήσει ένας άνθρωπος είναι μόνο επτά. Ο Miller (1956), κατάφερε να προσδιορίσει το εύρος του πεδίου χωρητικότητας της εργαζόμενης μνήμης ( $7 \pm 2$  μονάδες πληροφορίας - chunks) και ο Baddeley (1986· 1999) να μετρήσει το χρόνο της μέγιστης διάρκειας διατήρησης των πληροφοριών στην εργαζόμενη μνήμη που είναι 20 – 30 δευτερόλεπτα. Τα ευρήματα αυτά υποδεικνύουν ότι στην εργαζόμενη μνήμη μόνο λίγες πληροφορίες διατηρούνται και για πολύ λίγο χρονικό διάστημα. Αν οι πληροφορίες δεν αποθηκευθούν στη μακρόχρονη μνήμη του ατόμου, τότε χάνονται.

Για τη μέτρηση της ικανότητας της εργαζόμενης μνήμης των μαθητών χρησιμοποιήθηκε μέρος από το Δοκίμιο Μέτρησης Εργαζόμενης Μνήμης Μαθητών (Working Memory Test Battery for Children των Pickering & Gathercole, 2001), το οποίο έχει μεταφραστεί και

σταθμιστεί στα Ελληνικά από τη Χρυσόχου (2006). Το δοκίμιο αυτό αποτελείται από μια σειρά έργων που αξιολογούν το φωνολογικό κύκλωμα και το κεντρικό σύστημα ελέγχου της εργαζόμενης μνήμης. Το φωνολογικό κύκλωμα αξιολογείται με τέσσερα έργα: ανάκληση ψηφίων, σύγκριση καταλόγου λέξεων, ανάκληση καταλόγου λέξεων και ανάκληση καταλόγου ψευδολέξεων. Το κεντρικό σύστημα ελέγχου αξιολογείται με τρία έργα: ανάκληση λέξεων σε προτάσεις, ανάκληση αριθμητικών μετρήσεων και αντιστροφή ανάκλησης ψηφίων.

Για τις ανάγκες της συγκεκριμένης έρευνας χρησιμοποιήθηκαν μόνο δύο από τα έργα που απαρτίζουν το δοκίμιο (και τα δύο έργα ανήκουν σε εκείνα που αξιολογούν το φωνολογικό κύκλωμα), τα οποία κρίθηκε ότι είναι σχετικά με την έρευνα αυτή (βλέπε Παράστημα Β). Χρησιμοποιήθηκε το τμήμα ανάκλησης ψηφίων, το οποίο αποτελείται από ένα δοκιμαστικό μέρος στην αρχή και από εννέα μέρη με έξι καταλόγους ψηφίων. Στο πρώτο μέρος, κάθε κατάλογος αποτελείται από ένα ψηφίο. Στο δεύτερο μέρος, τα ψηφία του κάθε καταλόγου γίνονται δύο και η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι το ένατο μέρος το οποίο αποτελείται από καταλόγους εννέα ψηφίων. Το δοκίμιο αυτό, λόγω του ότι χορηγήθηκε σε μεγάλες ομάδες μαθητών και όχι ατομικά, χορηγήθηκε με τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή σε άθικτες τάξεις. Πιο συγκεκριμένα, ετοιμάστηκε μια παρουσίαση στο λογισμικό Power Point, η οποία προβλήθηκε στους μαθητές στην τάξη. Κάθε ψηφίο παρουσιαζόταν λεκτικά και οπτικά με τον ίδιο τρόπο και με συχνότητα ένα ψηφίο κάθε δευτερόλεπτο. Αυτό έγινε για να μην παρατηρηθούν φαινόμενα ομαδοποίησης των αριθμών (chunking of information). Αν συνέβαινε κάτι τέτοιο, τότε στην περίπτωση που παρουσιάζονταν τα ψηφία 3 και 8, ενώ θα έπρεπε να αντιμετωπιστούν ως δύο μονάδες πληροφορίας, θα αντιμετωπίζονταν ως μία μονάδα πληροφορίας (38-τριάντα οκτώ). Αφού παρουσιάζονταν ένα-ένα κάθε ψηφίο, τότε εξαφανίζονταν από την οθόνη και οι μαθητές καλούνταν στο τέλος να καταγράψουν τα ψηφία που συγκράτησαν στη μνήμη τους σε φύλλο απαντήσεων που τους είχε δοθεί. Η καταγραφή των ψηφίων γινόταν, αφού εξαφανίζονταν όλα τα ψηφία και όχι κατά τη διάρκεια που παρουσιάζονταν, αφού δεν ήταν επιτρεπτή η καταγραφή κατά τη διάρκεια της παρουσίασης. Για κάθε σωστή απάντηση δινόταν ένας βαθμός, ενώ για κάθε λανθασμένη δινόταν βαθμός μηδέν. Ορθή ήταν κάθε απάντηση που κατέγραφε ακριβώς την ομάδα ψηφίων που παρουσιάζονταν κάθε φορά, ενώ λανθασμένη οποιαδήποτε άλλη απάντηση (π.χ., όταν παρουσιάστηκαν τα ψηφία 4 8 3 από τον τρίτο κατάλογο, ορθή θεωρήθηκε μόνο η απάντηση 4 8 3). Συνεπώς, η βαθμολογία που μπορούσε να πάρει ένας μαθητής κυμαινόταν από το μηδέν μέχρι το

πενήντα τέσσερα, αφού το τμήμα ανάκλησης αριθμών είχε ομάδες αριθμών από ένα μέχρι εννέα ψηφία.

Το δεύτερο τμήμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το τμήμα ανάκλησης λέξεων. Αποτελείται από ένα δοκιμαστικό μέρος στην αρχή και από επτά μέρη με έξι καταλόγους λέξεων. Η δομή, ο τρόπος χορήγησης και καταγραφής, αλλά και ο τρόπος βαθμολόγησης του τμήματος αυτού ήταν οι ίδιοι με το τμήμα ανάκλησης ψηφίων. Στο τμήμα ανάκλησης λέξεων, δε λήφθηκε υπόψη η ορθογραφία των λέξεων, διότι θεωρήθηκε ότι η ορθογραφία θα αύξανε το γνωστικό φορτίο της εργαζόμενης μνήμης των μαθητών, αφού θα ήταν αναγκασμένοι να συγκρατήσουν περισσότερες μονάδες πληροφορίας από εκείνες που χρειάζονταν. Λόγω του ότι το τμήμα ανάκλησης λέξεων αποτελείται από επτά μέρη με καταλόγους λέξεων, η βαθμολογία του κάθε μαθητή κυμαινόταν από μηδέν μέχρι σαράντα δύο, αφού υπήρχαν έξι ομάδες λέξεων από μία μέχρι επτά λέξεις.

Η δόμηση του δοκιμίου για τη μέτρηση της αναλογικής σκέψης (βλέπε Παράρτημα Γ) έγινε με βάση το δοκίμιο TARC (Test of Analogical Reasoning in Children) που πρότειναν οι Alexander και Buehl (2004), οι οποίες επηρεάστηκαν από τη θεωρία του Sternberg (1985). Το δοκίμιο TARC στοχεύει στη μέτρηση της αναλογικής σκέψης μαθητών που φοιτούν στο νηπιαγωγείο και στις πρώτες τάξεις του δημοτικού σχολείου. Αποτελείται από 16 ερωτήματα, όπου το κάθε πρόβλημα, λόγω του ότι απευθύνεται σε παιδιά που δεν μπορούν ακόμη να χειριστούν με ευχέρεια το γραπτό κώδικα της γλώσσας, παρουσιάζεται με πλαστικούς κύβους που διαφέρουν στο χρώμα, στο σχήμα και στο μέγεθος. Κάθε πρόβλημα έχει τη μορφή των κλασικών αναλογιών, δηλαδή της μορφής  $\alpha:\beta::\gamma:\delta$ , όπου οι μαθητές καλούνται να εντοπίσουν τον παράγοντα  $\delta$  αφού μελετήσουν προσεκτικά τη σχέση που υπάρχει μεταξύ του παράγοντα  $\alpha$  και  $\beta$ . Αφού το κάνουν αυτό, τότε πρέπει να μεταφέρουν τη σχέση αυτή και στο δεύτερο ζευγάρι ( $\gamma$  και τον άγνωστο παράγοντα  $\delta$ ), για να βρουν την ορθή απάντηση. Η απάντηση επιλέγεται με τη μέθοδο της πολλαπλής επιλογής, αφού δίνονται στα παιδιά τέσσερις επιλογές για να επιλέξουν ποια νομίζουν είναι η ορθή. Κάθε φορά τα παιδιά πρέπει να δικαιολογήσουν γιατί επέλεξαν το συγκεκριμένο κύβο για να συμπληρώσουν την αναλογία. Η βαθμολογία του TARC ξεκινά με κατώτατο βαθμό το μηδέν και ανώτατο το δεκατέσσερα, αφού τα πρώτα δύο προβλήματα χρησιμοποιούνται ως δοκιμαστικά έργα.

Το δοκίμιο που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της έρευνας αυτής, ήταν χωρισμένο σε δύο μέρη και δομημένο με βάση τη φιλοσοφία που βρίσκεται πίσω από τη δόμηση του TARC.

Παρόλο που έχει πολλές ομοιότητες με το TARC, εντούτοις έχει διαφορετική μορφή, λόγω του ότι απευθύνεται σε μεγαλύτερους μαθητές που μπορούν να χειριστούν κατάλληλα το γραπτό κώδικα επικοινωνίας. Αποτελείται από γραπτές κλασικές λεκτικές αναλογίες και οι μαθητές καλούνταν να επιλέξουν την ορθή απάντηση μέσα από τέσσερις διαφορετικές επιλογές. Πιο συγκεκριμένα, το πρώτο μέρος περιείχε δέκα ερωτήματα γραπτών κλασικών λεκτικών αναλογιών. Οι μαθητές καλούνταν να εντοπίσουν τη σωστή απάντηση για τον άγνωστο παράγοντα  $\delta$ , αφού μελετούσαν τη σχέση που είχαν μεταξύ τους οι παράγοντες  $\alpha$  και  $\beta$ . Η επιλογή της ορθής απάντησης έπρεπε να γίνει μέσα από τέσσερις διαφορετικές πιθανές απαντήσεις που προτεινόταν. Οι απαντήσεις που δίνονταν ήταν σχετικές με τον παράγοντα  $\gamma$ , αλλά μόνο μία μπορούσε να επιλεγεί, ώστε να συμπληρώνεται η αναλογία και να παρουσιάζεται μεταξύ των παραγόντων  $\gamma$  και  $\delta$  η ίδια σχέση που παρουσιαζόταν μεταξύ των παραγόντων  $\alpha$  και  $\beta$ .

Στο παράδειγμα που ακολουθεί, η ορθή επιλογή για τη συμπλήρωση της αναλογίας είναι η επιλογή (α):

τρένο : ράγες :: αυτοκίνητο : .....

- (α) δρόμος
- (β) μηχανή
- (γ) βενζίνη
- (δ) τροχοί

Το δεύτερο μέρος, περιείχε πέντε ερωτήματα γραπτών κλασικών λεκτικών αναλογιών, όμως η δυσκολία ήταν μεγαλύτερη από το πρώτο μέρος. Σε αυτό το μέρος, οι μαθητές καλούνταν να βρουν το ζευγάρι των παραγόντων που ολοκλήρωναν την αναλογία και όχι μόνο τον παράγοντα  $\delta$ . Δηλαδή, δινόταν το πρώτο ζευγάρι παραγόντων ( $\alpha$  και  $\beta$ ) και οι μαθητές καλούνταν να εντοπίσουν μέσα από τέσσερις διαφορετικές πιθανές απαντήσεις που προτεινόταν, το κατάλληλο ζευγάρι των παραγόντων  $\gamma$  και  $\delta$ , το οποίο θα συμπλήρωνε την αναλογία. Χρειαζόταν επομένως περισσότερη προσπάθεια, αφού ο παράγοντας  $\gamma$  δε δινόταν από το δοκίμιο. Άρα, οι μαθητές έπρεπε να εντοπίσουν τη σχέση μεταξύ των παραγόντων  $\alpha$  και  $\beta$  και στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας τη σχέση αυτή, να βρουν ποιο από τα ζευγάρια παραγόντων που προτεινόταν ήταν το ορθό για να συμπληρωθεί η αναλογία.

Στο παράδειγμα που ακολουθεί, η ορθή επιλογή για να συμπληρωθεί η αναλογία είναι η επιλογή (β):

κουζίνα : υπνοδωμάτιο :: .....

- (α) ζωγράφος : πίνακας
- (β) δάσκαλος : διευθυντής
- (γ) μάτι : πρόσωπο
- (δ) μαθητής : βιβλίο

Για την αξιολόγηση του δοκιμίου, για κάθε ορθή απάντηση στο πρώτο μέρος του δοκιμίου δινόταν μία μονάδα, ενώ για κάθε λανθασμένη μηδέν. Στο δεύτερο μέρος, για κάθε ορθή απάντηση δινόταν πάλι μία μονάδα, ενώ για κάθε λανθασμένη μηδέν. Συνεπώς, ο βαθμός του κάθε μαθητή κυμαινόταν από τον κατώτατο βαθμό που ήταν το μηδέν μέχρι τον ανώτατο που ήταν το δεκαπέντε, αφού υπάρχουν δέκα ερωτήματα στο πρώτο μέρος και πέντε στο δεύτερο.

Στη συνέχεια όλοι οι μαθητές μελέτησαν τρία κείμενα που παρουσίαζαν επιστημονικές έννοιες από τον τομέα της Βιολογίας (η χρησιμότητα των λευκών αιμοσφαιρίων του αίματος, η διαδικασία της φωτοσύνθεσης και η λειτουργία του κυττάρου). Οι μαθητές της ΟΕ μελέτησαν κείμενα που παρουσίαζαν τις έννοιες με τον παραδοσιακό επιστημονικό τρόπο (βλέπε Παράρτημα Δ), ενώ οι μαθητές της ΠΟι μελέτησαν κείμενα που παρουσίαζαν τις επιστημονικές έννοιες με τη χρήση λεκτικών αναλογιών (βλέπε Παράρτημα Ε). Σε αυτά τα κείμενα, παρουσιάζονταν οι επιστημονικές έννοιες και αντιπαραβάλλονταν με έννοιες από την καθημερινότητα.

Η συγγραφή των κειμένων βασίστηκε στα κριτήρια που αναφέρονται από την Iding (1997) για τη διατύπωση κατάλληλων αναλογιών. Συγκεκριμένα, λήφθηκαν υπόψη οι παράγοντες *σαφήνεια της βάσης, σαφήνεια της χαρτογράφησης και γνωστική συνέπεια*. Ταυτόχρονα λήφθηκε υπόψη η κοινωνιο-γνωστική θεωρία του Vygotsky (Hamilton & Ghatala, 1994), η οποία υποστηρίζει ότι τα έργα που παρουσιάζονται στους μαθητές πρέπει να βρίσκονται στα πλαίσια της *ζώνης επικείμενης ανάπτυξης* τους. Αυτό σημαίνει ότι οι αναλογίες πρέπει να είναι γνωστές στους μαθητές και πρέπει να πηγάζουν μέσα από την καθημερινότητά τους (Glynn, 1991· Treagust, Harrison & Venville, 1998).

Όσον αφορά τη θεωρία στην οποία στηρίχτηκε η συγγραφή των κειμένων, χρησιμοποιήθηκε η *Θεωρία της Δομικής Χαρτογράφησης* της Gentner (1983). Σύμφωνα με αυτή παρουσιάζόταν μια γνωστή έννοια, *η βάση*, η οποία αντιπαραβαλλόταν με την επιστημονική έννοια, *το στόχο*. Μεταξύ των στοιχείων της βάσης και τους στόχου έγινε προσπάθεια να υπάρχει συσχετιστική συμφωνία 1:1. Τα κείμενα είχαν ως στόχο να

βοηθήσουν τους μαθητές να ανακαλέσουν την έννοια της βάσης που είχαν ήδη καταχωρημένη στη μακροπρόθεσμη μνήμη τους, να χαρτογραφήσουν τα στοιχεία της βάσης με εκείνα του στόχου (ανωτέρου επιπέδου σχέσεις), να βγάλουν συμπεράσματα για το στόχο και τέλος να δημιουργήσουν στο μυαλό τους ένα πιο γενικό κανόνα ή σχήμα (Thagard, 1996· Krawczyk, Holyoak & Hummel, 2004).

Οι αναλογίες που προτάθηκαν ήταν οι ακόλουθες: Η χρησιμότητα των λευκών αιμοσφαιρίων αντιπαραβαλλόταν με τη χρησιμότητα του στρατού μιας χώρας, η διαδικασία της φωτοσύνθεσης με τη διαδικασία παραγωγής ψωμιού και η δομή και λειτουργία του κυττάρου με τη δομή και λειτουργία ενός εργοστασίου. Οι επιστημονικές έννοιες και οι αντίστοιχες έννοιες της καθημερινότητας, παρουσιάζονται αναλυτικά στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1

Επιστημονικές Έννοιες και Έννοιες από την Καθημερινότητα των Κειμένων με Λεκτικές Αναλογίες

<i>Κείμενο</i>	<i>Επιστημονική έννοια</i>	<i>Έννοια από την καθημερινότητα</i>
<b>Χρησιμότητα λευκών αιμοσφαιρίων</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Λευκά αιμοσφαίρια</li> <li>• Μικρόβια</li> <li>• Φάρμακα</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Στρατιώτες μιας χώρας</li> <li>• Εχθροί</li> <li>• Ενισχύσεις από συμμαχικές χώρες</li> </ul>
<b>Διαδικασία της φωτοσύνθεσης</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Φωτοσύνθεση</li> <li>• Νερό</li> <li>• Άλατα</li> <li>• Διοξείδιο του άνθρακα</li> <li>• Χλωροφύλλη</li> <li>• Ήλιος</li> <li>• Άμυλο</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Διαδικασία παραγωγής ψωμιού</li> <li>• Νερό</li> <li>• Αλάτι</li> <li>• Αλεύρι</li> <li>• Μαγιά</li> <li>• Θερμότητα φούρνου</li> <li>• Ψωμί</li> </ul>
<b>Λειτουργία του κυττάρου</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Κύτταρο</li> <li>• Πυρήνας</li> <li>• Ριβόσωμα</li> <li>• Συσκευή Golgi</li> <li>• Μιτοχόνδριο</li> <li>• Μεμβράνη</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Εργοστάσιο</li> <li>• Διεύθυνση</li> <li>• Χειριστής μηχανών παραγωγής</li> <li>• Υπεύθυνος συσκευασίας και αποθήκευσης</li> <li>• Υπεύθυνος τροφοδότησης μηχανών με ηλεκτρική ενέργεια</li> <li>• Προστατευτικοί τοίχοι</li> </ul>

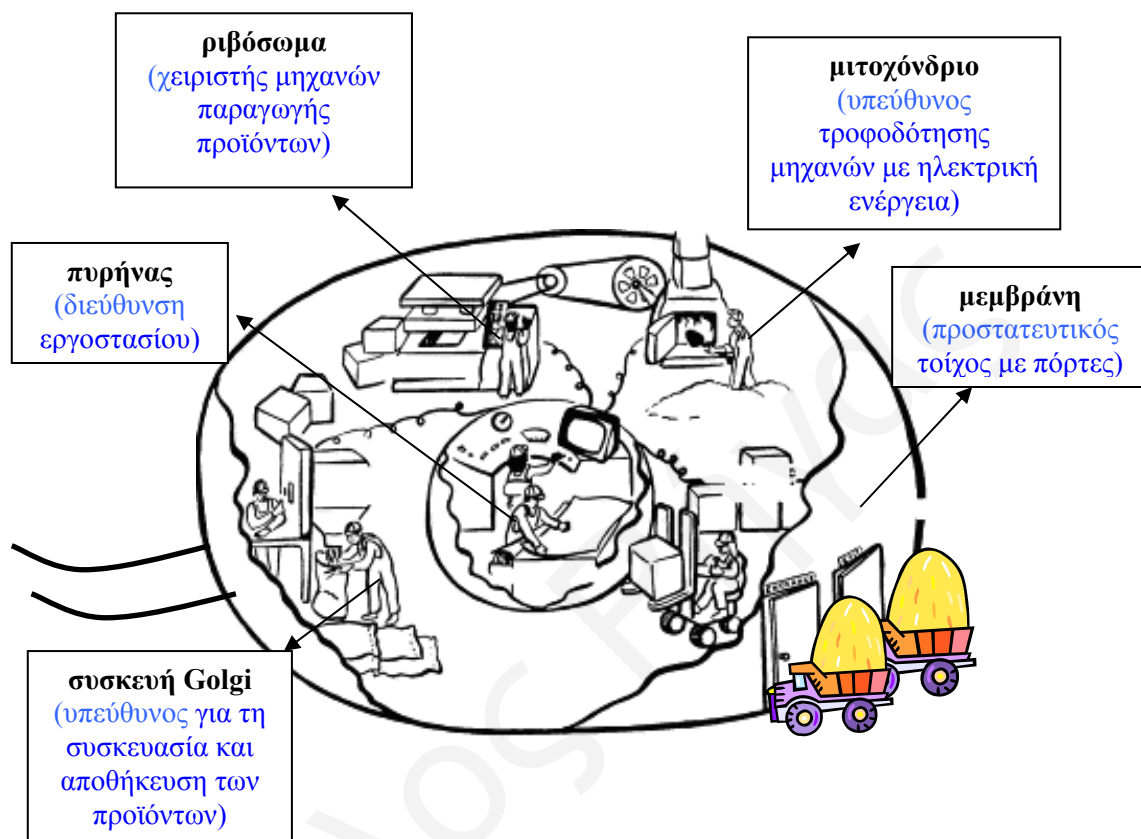
Οι λεκτικές αναλογίες ήταν ενσωματωμένες στα επιστημονικά κείμενα που χρησιμοποιήθηκαν για την ΟΕ. Έγινε προσπάθεια τα κείμενα της ΠΟι να μην υπερβαίνουν κατά πολύ τον αριθμό των λέξεων από εκείνα της ομάδας ελέγχου, έτσι ώστε και οι δύο ομάδες να χρειαστούν περίπου τον ίδιο χρόνο ανάγνωσης των κειμένων. Το κείμενο που ακολουθεί είναι ένα κείμενο με γραπτές αναλογίες που χρησιμοποιήθηκε για

την περιγραφή της χρησιμότητας των λευκών αιμοσφαιρίων. Τα μέρη που παρουσιάζονται με εντονότερο χρώμα αντιστοιχούν με τις ανάλογες έννοιες των λευκών αιμοσφαιρίων και των μικροβίων με το στρατό μιας χώρας ο οποίος αντιμετωπίζει τον εχθρό.

*Το αίμα μας αποτελείται από διάφορα συστατικά, όπως τα ερυθρά αιμοσφαίρια, τα λευκά αιμοσφαίρια, τα αιμοπετάλια και το πλάσμα. Το κάθε συστατικό έχει συγκεκριμένη λειτουργία. Για παράδειγμα, ο οργανισμός μας χρησιμοποιεί τα λευκά αιμοσφαίρια για να καταπολεμήσει κάθε μόλυνση που δημιουργείται από την εισβολή μικροβίων στο σώμα μας. **Όπως ακριβώς μια χώρα χρησιμοποιεί τους στρατιώτες της για να αντιμετωπίζουν τους εχθρούς που κάνουν εισβολή.** Τα λευκά αιμοσφαίρια μπορούν να καταστρέψουν τα μικρόβια που μπαίνουν στον οργανισμό μας, **όπως οι στρατιώτες νικούν τους εχθρούς μιας χώρας.** Όταν όμως τα μικρόβια είναι πολύ ανθεκτικά (δηλαδή αντέχουν πολύ) και επικίνδυνα, τότε ο γιατρός μας δίνει φάρμακα που βοηθούν τα λευκά αιμοσφαίρια στην καταπολέμηση των μολύνσεων. Έτσι, για παράδειγμα ο οργανισμός καταφέρνει να αναρρώσει (να γίνει καλά) από την πνευμονία, μια ασθένεια που μπορεί να οδηγήσει και στο θάνατο, χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα φάρμακα. **Το ίδιο συμβαίνει και στον πόλεμο! Αν ο εχθρός είναι πολύ δυνατός, η μόνη λύση για να μπορέσει μια χώρα να νικήσει τη μάχη είναι να καλέσει ενισχύσεις από άλλες φιλικές χώρες.** Τα λευκά αιμοσφαίρια συνεχίζουν να επιτίθενται στα μικρόβια μέχρι να τα καταστρέψουν, **όπως οι στρατιώτες μιας χώρας συνεχίζουν να πολεμούν μέχρι ο εχθρός να χάσει τις δυνάμεις του.** Όταν γίνει αυτό, η μόλυνση υποχωρεί, όπως υποχωρεί ο εχθρός όταν χάσει τη μάχη.*

Οι μαθητές της ΠΟ<sub>2</sub> μελέτησαν τα ίδια κείμενα, όπως και οι μαθητές της ΠΟ<sub>1</sub>, αλλά τα κείμενα αυτά συνοδεύονταν με διπλή αναλογία (λεκτική και εικονική), αφού χρησιμοποιήθηκαν και λεκτικές και εικονικές αναλογίες στα κείμενα (βλέπε Παράρτημα ΣΤ). Στο Σχήμα 10, φαίνεται η εικόνα που χρησιμοποιήθηκε για τη δομή και λειτουργία του κυττάρου, που αντιπαραβάλλεται με τη δομή και λειτουργία ενός εργοστασίου (οι μαθητές ήδη γνωρίζουν τη λειτουργία ενός εργοστασίου που θα αποτελέσει τη βάση). Είναι ξεκάθαρο ότι η αναλογία είναι ενσωματωμένη στην επιστημονική έννοια με διπλό τρόπο (λεκτικά και εικονικά). Η δόμηση των κειμένων της ΠΟ<sub>2</sub> βασίστηκε και στη θεωρία της διπλής κωδικοποίησης του Ραίνιο (1971), η οποία τονίζει τη σημασία τόσο της λεκτικής περιγραφής, όσο και της εικονικής αναπαράστασης μιας έννοιας. Παρουσιάζοντας τις έννοιες με δύο τρόπους (λεκτικά και εικονικά), οι μαθητές επωφελούνται πολύ περισσότερο, διότι προσλαμβάνουν τις ίδιες πληροφορίες με δύο διαφορετικούς τρόπους. Ακόμη επωφελούνται όλοι οι μαθητές, ανεξάρτητα από το γνωστικό τους τύπο. Από την άλλη, τα κείμενα αυτά δομήθηκαν με βάση και τη θεωρία της συνδυασμένης επεξεργασίας πληροφοριών - conjoint processing theory (Kulhavy, Stock & Kealy, 1993), η οποία υποστηρίζει ότι η ταυτόχρονη παρουσίαση λεκτικών και εικονικών πληροφοριών στην εργαζόμενη μνήμη, διευκολύνει τη δημιουργία συνδέσεων

μεταξύ του κειμένου και της εικόνας και έτσι υποβοηθεί την καλύτερη ανάκληση των πληροφοριών από τη μακροπρόθεσμη μνήμη. Γενικά, αυτή η προσέγγιση, δηλαδή η χρήση διπλών αναλογιών σε κείμενα, προσφέρει στους μαθητές πλούσια πληροφορόρηση που οδηγεί σε πιο αποτελεσματική μάθηση.



Σχήμα 10. Διπλή Αναλογία (Λεκτική και Εικονική) (Glynn & Takahashi, 1998)

Μετά τη μελέτη των κειμένων, κατά τη μετα-πειραματική εξέταση, οι μαθητές και των τριών πειραματικών ομάδων έπρεπε, αφού επιστρέψουν τα κείμενα, να απαντήσουν σε ερωτήσεις κλειστού και ανοικτού τύπου (βλέπε Παράρτημα Ζ). Οι ερωτήσεις κλειστού τύπου ήταν τέσσερις για κάθε κείμενο, ενώ οι ερωτήσεις ανοικτού τύπου ήταν δύο για κάθε κείμενο. Οι ερωτήσεις κλειστού τύπου αφορούσαν την εργαζόμενη μνήμη, ενώ οι ερωτήσεις ανοικτού τύπου αφορούσαν τη συμπερασματική ικανότητα των μαθητών.

Ολοκληρώνοντας τη συμπλήρωση των δοκιμίων με τις ερωτήσεις μνήμης και τις συμπερασματικές ερωτήσεις και των τριών κειμένων, ζητήθηκε από τους μαθητές να απαντήσουν σε δύο ερωτήσεις, όπου έπρεπε να εντοπίσουν τη σωστή αναλογία για τη δομή και λειτουργία του ματιού (βλέπε Παράρτημα Η). Αρχικά, δόθηκε ένα παράδειγμα απλής αναλογίας (το παράδειγμα ήταν αναγκαίο αφού η ΟΕ δεν ασχολήθηκε με κείμενα



που περιείχαν αναλογίες) και στη συνέχεια ένα σχεδιάγραμμα με μια κάθετη τομή του ματιού. Στο σχεδιάγραμμα, υπήρχαν τα βασικά μέρη του ματιού και παρουσιάζονταν η λειτουργία της όρασης. Ακολουθούσε κείμενο που ενίσχυε την εικόνα, περιγράφοντας τη λειτουργία του ματιού και το μηχανισμό της όρασης. Τελειώνοντας την ανάγνωση του κειμένου, τα παιδιά έπρεπε να απαντήσουν σε μια ερώτηση πολλαπλής επιλογής, όπου καλούνταν να επιλέξουν την κατάλληλη αναλογία για τη δομή και λειτουργία του ματιού. Για το σκοπό αυτό έπρεπε να μελετήσουν προσεκτικά ένα άλλο φυλλάδιο (βλέπε Παράρτημα Η), όπου γινόταν απλή περιγραφή της λειτουργίας τεσσάρων συσκευών που λειτουργούν με φακούς (προβολέας διαφανειών, φωτογραφική μηχανή, τηλεσκόπιο και μικροσκόπιο). Οι τέσσερις αυτές συσκευές αποτελούσαν τις τέσσερις εναλλακτικές επιλογές της ερώτησης πολλαπλής επιλογής για την αναλογία του ματιού. Αφού επέλεξαν τη συσκευή που πίστευαν ότι ήταν το καταλληλότερο ανάλογο για το μάτι, στη συνέχεια έπρεπε να δικαιολογήσουν την άποψή τους γράφοντας τους λόγους που τους οδήγησαν στη συγκεκριμένη επιλογή.

Η διαδικασία χορήγησης των κειμένων και των δοκιμών έγινε με τον ακόλουθο τρόπο. Οι μαθητές αφού μελετούσαν το κάθε κείμενο, το επέστρεφαν στον ερευνητή και έπαιρναν το αντίστοιχο δοκίμιο με τις ερωτήσεις, και αφού το συμπλήρωναν, συνέχιζαν με τα υπόλοιπα κείμενα. Στο τέλος, έπαιρναν το σχεδιάγραμμα και το κείμενο που αναφέρεται στη δομή και λειτουργία του ματιού, το φυλλάδιο με την περιγραφή της λειτουργίας των τεσσάρων συσκευών που λειτουργούν με φακούς, και απαντούσαν στις δύο τελευταίες ερωτήσεις. Είναι σημαντικό να σημειωθεί εδώ ότι για τις ερωτήσεις που αφορούσαν την αναλογία στη λειτουργία του ματιού, οι μαθητές είχαν στη διάθεσή τους όλα τα σχετικά φυλλάδια με το θέμα.

Για κάθε ορθή απάντηση στις ερωτήσεις μνήμης δινόταν μια μονάδα, ενώ για κάθε λανθασμένη μηδέν. Άρα, οι ερωτήσεις μνήμης και των τριών κειμένων βαθμολογήθηκαν με κατώτερο βαθμό το μηδέν και ανώτατο το δώδεκα. Για κάθε ορθή απάντηση στις συμπερασματικές ερωτήσεις δίνονταν δύο μονάδες, ενώ για κάθε λανθασμένη μηδέν. Οι συμπερασματικές ερωτήσεις ήταν ανοικτού τύπου και για την κωδικοποίησή τους ετοιμάστηκε για κάθε ερώτηση μια ρήτρα (rubric) με διαφορετικά επίπεδα απαντήσεων που δόθηκαν από τους μαθητές, αλλά και οι αντίστοιχες βαθμολογίες για το κάθε επίπεδο (βλέπε Παράρτημα Θ). Για την κωδικοποίηση, επιλέχθηκαν τυχαία 20 δοκίμια με απαντήσεις των μαθητών, και χρησιμοποιήθηκαν για τον εντοπισμό των επιπέδων της κάθε ρήτρας και των βαθμολογιών τους. Όμως, η κάθε ρήτρα εμπλουτιζόταν και κατά τη

διόρθωση των δοκιμίων. Η διαφοροποίηση στη βαθμολογία των συμπερασματικών ερωτήσεων οφείλεται στο γεγονός ότι οι ερωτήσεις αυτές παρουσιάζουν μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας, αφού οι μαθητές έπρεπε να μελετήσουν προσεκτικά το κείμενο και να συμπεράνουν την απάντηση (η απάντηση δεν προέκυπτε άμεσα από το κείμενο).

Οι βαθμολογίες ήταν οι ίδιες για τις ερωτήσεις και των τριών κειμένων. Συνεπώς, οι συμπερασματικές ερωτήσεις και των τριών κειμένων βαθμολογήθηκαν με κατώτερο βαθμό το μηδέν και ανώτατο το δώδεκα. Για την πρώτη ερώτηση που αναφέρεται στην αναλογία για τη δομή και λειτουργία του ματιού, δινόταν μια μονάδα, αν η απάντηση ήταν ορθή, και μηδέν μονάδες αν ήταν λανθασμένη. Για τη δεύτερη ερώτηση, δίνονταν μηδέν μονάδες για όποια λανθασμένη απάντηση, ενώ δίνονταν τρεις μονάδες για την ορθή απάντηση. Και σε αυτή την ερώτηση δημιουργήθηκε μια ρήτρα με διαφορετικά επίπεδα απαντήσεων που δόθηκαν από τους μαθητές, τα οποία βαθμολογήθηκαν ανάλογα με το βαθμό που οι απαντήσεις ήταν ολοκληρωμένες. Αυτό σημαίνει ότι οι δύο ερωτήσεις για την αναλογία του ματιού βαθμολογήθηκαν με κατώτατο βαθμό το μηδέν και ανώτατο το τέσσερα, ενώ όλο το δοκίμιο (δηλαδή η συνολική επίδοση στις ερωτήσεις μνήμης και στις συμπερασματικές ερωτήσεις των τριών κειμένων, και ερωτήσεις για την αναλογία του ματιού) βαθμολογήθηκε με κατώτατο βαθμό το μηδέν και ανώτατο το είκοσι οκτώ. Στον Πίνακα 2 φαίνονται αναλυτικά οι βαθμολογίες που δόθηκαν στα διαφορετικά είδη ερωτήσεων.

Πίνακας 2

Βαθμολογίες των Ερωτήσεων των Μετα-Πειραματικών Δοκιμίων

<i>Είδος ερώτησης</i>	<i>Σύνολο ερωτήσεων</i>	<i>Κατώτατος – ανώτατος βαθμός για κάθε ερώτηση</i>	<i>Συνολικός βαθμός</i>
Ερώτηση μνήμης	12 (πολλαπλής επιλογής)	0 - 1	0 - 12
Συμπερασματική ερώτηση	6 (ανοικτού τύπου)	0 - 2	0 - 12
Ερώτηση για το ανάλογο του ματιού	1 (πολλαπλής επιλογής)	0 - 1	0 - 1
	1 (ανοικτού τύπου)	0 - 3	0 - 3
<i>Συνολική βαθμολογία δοκιμίων</i>			0 - 28

Μετά από δύο μήνες, πραγματοποιήθηκε το τελευταίο στάδιο, η αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση. Στο στάδιο αυτό, χορηγήθηκαν ξανά τα ίδια δοκίμια που δόθηκαν στη μετα-πειραματική εξέταση (εκτός από το δοκίμιο που αναφέρεται στη δομή και

λειτουργία του ματιού). Η διαφορά από το προηγούμενο στάδιο ήταν ότι τα παιδιά απάντησαν στα δοκίμια χωρίς να μελετήσουν ξανά τα κείμενα. Τα δοκίμια με τις ερωτήσεις μνήμης και τις συμπερασματικές ερωτήσεις συμπληρώθηκαν ξανά από όλα τα παιδιά και των τριών πειραματικών ομάδων (ΟΕ, ΠΟ<sub>1</sub>, ΠΟ<sub>2</sub>). Η αξιολόγηση του δοκιμίου έγινε με τον ίδιο τρόπο που ακολουθήθηκε στο στάδιο της μετα-πειραματικής εξέτασης.

### **Πιλοτική Έρευνα**

Όπως αναφέρθηκε από το Zeitoun (1984), η καταλληλότητα της αναλογίας πρέπει να αξιολογείται μέσω μιας πιλοτικής έρευνας με λίγα παιδιά. Με αυτό τον τρόπο, εντοπίζεται κατά πόσο οι αναλογίες που προτείνονται είναι κατάλληλες για την ηλικία των μαθητών, με σκοπό να χρησιμοποιηθούν στην τάξη.

Τα κείμενα αναλογιών, αλλά και τα δοκίμια που χρησιμοποιήθηκαν, δόθηκαν αρχικά σε μαθητές μιας Δ' τάξης (20 μαθητές) για αξιολόγηση, όσον αφορά τη γλωσσική επάρκεια και συνεπώς τη δυσκολία στην κατανόηση. Η τάξη αυτή δε συμπεριλήφθηκε στο τελικό δείγμα της έρευνας (αποτελέσε μέρος του δείγματος της πιλοτικής φάσης). Οι μαθητές κατέγραψαν τις απόψεις τους για το βαθμό δυσκολίας των κειμένων. Ακόμη ζητήθηκε από τους μαθητές να σημειώσουν άγνωστες, ή δυσνόητες λέξεις και φράσεις, που κατά τη γνώμη τους δυσκόλευαν την κατανόηση. Οι επισημάνσεις των μαθητών χρησιμοποιήθηκαν για βελτίωση των κειμένων, έτσι που να γίνουν πιο εύκολα στην κατανόηση. Αυτή είναι άλλωστε και η τοποθέτηση των Oliva, Azcarate και Navarrete (2007) και Dagher (1995a), οι οποίοι υποστηρίζουν ότι η δόμηση των αναλογιών δεν πρέπει να αποτελεί έργο μόνο του εκπαιδευτικού. Η πληροφόρηση που προσφέρθηκε από τους μαθητές ήταν πολύτιμη για τη σωστή αναδιαμόρφωση των κειμένων, με στόχο την ελαχιστοποίηση των παρανοήσεων που θα μπορούσε να προκαλέσουν τα κείμενα.

Στη συνέχεια, τα διορθωμένα κείμενα δόθηκαν σε μαθητές μιας άλλης Δ' τάξης (22 μαθητές). Στόχος της φάσης αυτής ήταν να διακριβωθεί ο χρόνος μελέτης των κειμένων, αλλά και συμπλήρωσης του δοκιμίου που απαιτείται από τα κείμενα. Μελετήθηκε επίσης κατά πόσο οι μαθητές μπορούσαν άνετα να απαντήσουν τις ερωτήσεις του δοκιμίου, δηλαδή κατά πόσον αντιμετώπιζαν προβλήματα στην κατανόηση των ερωτήσεων ή στον τρόπο συμπλήρωσής τους. Τα αποτελέσματα της φάσης αυτής χρησιμοποιήθηκαν για να καθοριστεί ο χρόνος μελέτης των κειμένων και συμπλήρωσης του δοκιμίου. Ακόμη χρησιμοποιήθηκαν για τη γλωσσική βελτίωση των ερωτήσεων. Και αυτή η τάξη

αποτελέσει μέρος δείγματος της πιλοτικής φάσης και για αυτό δε συμπεριλήφθηκε στο τελικό δείγμα της έρευνας.

### **Ερευνητικά Ερωτήματα**

Με βάση το σκοπό της έρευνας διατυπώθηκαν τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

1. Οι επιδόσεις των αγοριών και των κοριτσιών στην προ-πειραματική εξέταση (δοκίμια γενικής νοητικής ικανότητας, ικανότητα εργαζόμενης μνήμης και αναλογικής σκέψης) ήταν διαφορετικές μεταξύ τους;
2. Οι επιδόσεις των μαθητών διαφορετικών τάξεων στην προ-πειραματική εξέταση (δοκίμια γενικής νοητικής ικανότητας, ικανότητα εργαζόμενης μνήμης και αναλογικής σκέψης) ήταν διαφορετικές μεταξύ τους;
3. Οι επιδόσεις των μαθητών στην προ-πειραματική εξέταση (δοκίμια γενικής νοητικής ικανότητας, ικανότητα εργαζόμενης μνήμης και αναλογικής σκέψης), που φοιτούσαν σε σχολεία διαφορετικής γεωγραφικής θέσης (αστική και αγροτική), ήταν διαφορετικές μεταξύ τους;
4. Υπήρχαν αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις μεταβλητές φύλο, τάξη και γεωγραφική θέση σχολείου, όσον αφορά τις επιδόσεις των μαθητών στην προ-πειραματική εξέταση (δοκίμια γενικής νοητικής ικανότητας, ικανότητα εργαζόμενης μνήμης και αναλογικής σκέψης);
5. Οι συνολικές επιδόσεις (ΣΥΝΕ) των αγοριών και των κοριτσιών στα μετα-πειραματικά δοκίμια (ερωτήσεις μνήμης, συμπερασματικές ερωτήσεις και ερωτήσεις για την αναλογία του ματιού) ήταν διαφορετικές μεταξύ τους;
6. Οι συνολικές επιδόσεις (ΣΥΝΕ) των μαθητών διαφορετικών τάξεων στα μετα-πειραματικά δοκίμια (ερωτήσεις μνήμης, συμπερασματικές ερωτήσεις και ερωτήσεις για την αναλογία του ματιού), ήταν διαφορετικές μεταξύ τους;
7. Οι συνολικές επιδόσεις (ΣΥΝΕ) των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια (ερωτήσεις μνήμης, συμπερασματικές ερωτήσεις και ερωτήσεις για την αναλογία του ματιού), που φοιτούσαν σε σχολεία διαφορετικής γεωγραφικής θέσης (αστική και αγροτική), ήταν διαφορετικές μεταξύ τους;
8. Υπήρχαν αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις μεταβλητές φύλο, τάξη και γεωγραφική θέση σχολείου, όσον αφορά τις συνολικές επιδόσεις των μαθητών (ΣΥΝΕ) στα μετα-πειραματικά δοκίμια (ερωτήσεις μνήμης, συμπερασματικές ερωτήσεις και ερωτήσεις για την αναλογία του ματιού);
9. Οι επιδόσεις των αγοριών και των κοριτσιών στα μετα-πειραματικά δοκίμια (ερωτήσεις μνήμης, συμπερασματικές ερωτήσεις και ερωτήσεις αναλογία για το μάτι) ήταν διαφορετικές μεταξύ τους;

10. Οι επιδόσεις των μαθητών διαφορετικών τάξεων στις ερωτήσεις (μνήμης, συμπερασματικές και αναλογία για το μάτι) ήταν διαφορετικές μεταξύ τους;
11. Οι επιδόσεις των μαθητών στις ερωτήσεις (μνήμης, συμπερασματικές και αναλογία για το μάτι) ήταν διαφορετικές μεταξύ τους σε σχέση με τις τρεις ομάδες μελέτης των κειμένων (ΟΕ, ΠΟ<sub>1</sub>, ΠΟ<sub>2</sub>);
12. Υπήρχαν αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις μεταβλητές φύλο, τάξη και ομάδα μελέτης κειμένου, όσον αφορά τις επιδόσεις των μαθητών στις ερωτήσεις (μνήμης, συμπερασματικές και αναλογία για το μάτι);
13. Οι επιδόσεις των μαθητών στις ερωτήσεις μνήμης κατά τη μετα-πειραματική εξέταση ήταν διαφορετικές από τις επιδόσεις των μαθητών στις ερωτήσεις μνήμης κατά την αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση (μετά την πάροδο δύο μηνών);
14. Οι επιδόσεις των μαθητών στις συμπερασματικές ερωτήσεις κατά τη μετα-πειραματική εξέταση ήταν διαφορετικές από τις επιδόσεις των μαθητών στις συμπερασματικές ερωτήσεις κατά την αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση (μετά την πάροδο δύο μηνών);
15. Σε ποιο βαθμό μπορούσε να προβλεφθεί η επίδοση των μαθητών στη μετα-πειραματική εξέταση (ερωτήσεις μνήμης, συμπερασματικές και αναλογία για το μάτι) από τα δημογραφικά στοιχεία, αλλά και τις επιδόσεις τους στην προ-πειραματική εξέταση (δοκίμια γενικής νοητικής ικανότητας, ικανότητας εργαζόμενης μνήμης και αναλογικής σκέψης);
16. Σε ποιο βαθμό μπορούσε να προβλεφθεί η επίδοση των μαθητών στην αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση (ερωτήσεις μνήμης και συμπερασματικές) από τα δημογραφικά στοιχεία, αλλά και τις επιδόσεις τους στην προ-πειραματική εξέταση (δοκίμια γενικής νοητικής ικανότητας, ικανότητας εργαζόμενης μνήμης και αναλογικής σκέψης);

### **Ανάλυση των Δεδομένων**

Για να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα 1, 2, 3 και 4, χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμός πολλαπλής ανάλυσης διασποράς (MANOVA), 2 (φύλο) X 3 (τάξη) X 2 (είδος σχολείου). Η πρώτη ανεξάρτητη μεταβλητή αναφερόταν στο φύλο (αγόρι ή κορίτσι) των μαθητών, ενώ η δεύτερη αναφερόταν στην τάξη (Δ', Ε' και Στ') στην οποία φοιτούσαν. Η τρίτη μεταβλητή αναφερόταν στο είδος του σχολείου (αστικό ή αγροτικό) στο οποίο φοιτούσαν οι μαθητές.

Ως εξαρτημένες μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν οι επιδόσεις των μαθητών στα τρία αρχικά δοκίμια. Η πρώτη εξαρτημένη μεταβλητή αναφερόταν στην επίδοση των μαθητών στο

δοκίμιο που μετρούσε τη γενική νοητική ικανότητά τους (Raven's Progressive Matrices Test). Η δεύτερη εξαρτημένη μεταβλητή αναφερόταν στην επίδοση των μαθητών στο δοκίμιο που μετρούσε την ικανότητα της εργαζόμενης μνήμης τους σε σχέση με τους αριθμούς, ενώ η τρίτη εξαρτημένη μεταβλητή αναφερόταν στην επίδοση των μαθητών στο δοκίμιο που μετρούσε την ικανότητα της εργαζόμενης μνήμης τους σε σχέση με τις λέξεις. Η τέταρτη εξαρτημένη μεταβλητή αναφερόταν στην επίδοση των μαθητών στο δοκίμιο που μετρούσε την αναλογική σκέψη τους, χρησιμοποιώντας κλασικές αναλογίες.

Ακολούθησε σχεδιασμός ανάλυσης διασποράς (ANOVA), 2 (φύλο) X 3 (τάξη) X 3 (πειραματική ομάδα), για να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα 5, 6, 7 και 8. Οι δύο πρώτες μεταβλητές ήταν όμοιες με εκείνες που αναφέρθηκαν στην ανάλυση που έγινε για να απαντηθούν τα ερωτήματα 1, 2, 3 και 4. Η τρίτη ανεξάρτητη μεταβλητή αναφερόταν στην πειραματική ομάδα (ΟΕ: μελέτησαν κείμενα χωρίς αναλογίες, ΠΟ<sub>1</sub>: μελέτησαν κείμενα με γραπτές αναλογίες, ΠΟ<sub>2</sub>: μελέτησαν κείμενα με γραπτές αναλογίες που συνοδεύονται με διπλές αναλογίες-γραπτές και εικονικές).

Η εξαρτημένη μεταβλητή στη συγκεκριμένη ανάλυση ήταν η συνολική επίδοση (ΣΥΝΕ) των μαθητών στα τρία μετα-πειραματικά δοκίμια (ερωτήσεις μνήμης, συμπερασματικές ερωτήσεις και ερωτήσεις για την αναλογία του ματιού).

Για να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα 9, 10, 11 και 12, χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμός πολλαπλής ανάλυσης διασποράς (MANOVA), 2 (φύλο) X 3 (τάξη) X 3 (πειραματική ομάδα). Οι ανεξάρτητες μεταβλητές ήταν όμοιες με εκείνες που αναφέρθηκαν στην ανάλυση που έγινε για τα ερωτήματα 5, 6, 7 και 8.

Ως εξαρτημένες μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν οι επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο με τις ερωτήσεις που αναφέρονταν στα κείμενα. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη εξαρτημένη μεταβλητή αναφερόταν στην επίδοση των μαθητών στις δώδεκα ερωτήσεις μνήμης και των τριών κειμένων (χρησιμότητα των λευκών αιμοσφαιρίων του αίματος, διαδικασία της φωτοσύνθεσης και λειτουργία του κυττάρου). Η δεύτερη εξαρτημένη μεταβλητή αναφερόταν στην επίδοση των μαθητών στις έξι συμπερασματικές ερωτήσεις και των τριών κειμένων. Η τρίτη εξαρτημένη μεταβλητή αναφερόταν στην επίδοση των μαθητών στις δύο ερωτήσεις για την επιλογή κατάλληλης αναλογίας για τη δομή και λειτουργία του ματιού.

Στη συνέχεια έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων των μαθητών στη μετα-πειραματική εξέταση, με εκείνα της αργοπορημένης μετα-πειραματικής εξέτασης. Η σύγκριση έγινε ξεχωριστά για τις ερωτήσεις μνήμης και ξεχωριστά για τις συμπερασματικές ερωτήσεις. Για να γίνει αυτό και έτσι να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα 13 και 14, χρησιμοποιήθηκαν δύο σχεδιασμοί ανάλυσης διασποράς με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (ANOVA with Repeated Measures), 2 (φύλο) X 3 (τάξη) X 3 (πειραματική ομάδα). Επιλέχθηκε ο σχεδιασμός αυτός διότι μελετήθηκε η επίδοση των ίδιων υποκειμένων, στις ίδιες ερωτήσεις (μνήμης και συμπερασματικές) σε διαφορετική χρονική στιγμή (με διαφορά δύο μηνών).

Χρησιμοποιήθηκε ακόμη σχεδιασμός πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης (Multiple Linear Regression), όπου μελετήθηκε κατά πόσο τα δημογραφικά στοιχεία (μόρφωση πατέρα και μητέρας, επάγγελμα πατέρα και μητέρας, αριθμός ατόμων στην οικογένεια), αλλά και η επίδοση των μαθητών στα τέσσερα προ-πειραματικά δοκίμια (το Ravens Progressive Matrices Test, το Working Memory Test Battery for Children - δοκίμιο ανάκλησης ψηφίων και δοκίμιο ανάκλησης λέξεων - και το δοκίμιο κλασικών αναλογιών) καθόριζαν την εξαρτημένη μεταβλητή, που ήταν η επίδοση των μαθητών στη μετα-πειραματική εξέταση. Η επίδοση των μαθητών στο δοκίμιο αυτό ήταν σύνθετη και προέκυπε από το άθροισμα των επιδόσεων των μαθητών στις ερωτήσεις μνήμης, τις συμπερασματικές ερωτήσεις, αλλά και στις ερωτήσεις που αναφέρονταν στην κατάλληλη αναλογία για τη δομή και λειτουργία του ματιού. Με την ανάλυση αυτή απαντήθηκε το ερευνητικό ερώτημα 15.

Τέλος, χρησιμοποιήθηκε ακόμη ένας σχεδιασμός πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης (Multiple Linear Regression) όπου μελετήθηκε κατά πόσο τα δημογραφικά στοιχεία (μόρφωση πατέρα και μητέρας, επάγγελμα πατέρα και μητέρας, αριθμός ατόμων στην οικογένεια), αλλά και η επίδοση των μαθητών στα τέσσερα προ-πειραματικά δοκίμια (το Ravens Progressive Matrices Test, το Working Memory Test Battery for Children-δοκίμιο ανάκλησης ψηφίων και δοκίμιο ανάκλησης λέξεων-και το δοκίμιο κλασικών αναλογιών) καθόριζαν την εξαρτημένη μεταβλητή, που ήταν η επίδοση των μαθητών στην αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση. Η επίδοση των μαθητών στο δοκίμιο αυτό ήταν σύνθετη και προέκυπε από το άθροισμα των επιδόσεων των μαθητών στις ερωτήσεις μνήμης και τις συμπερασματικές ερωτήσεις κατά την αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση. Με την ανάλυση αυτή απαντήθηκε το ερευνητικό ερώτημα 16.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ IV

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται αρχικά τα αποτελέσματα της πιλοτικής έρευνας και στη συνέχεια αναλύονται τα αποτελέσματα για τις επιδόσεις των μαθητών στα τέσσερα προ-πειραματικά δοκίμια. Ακολουθεί η ανάλυση των αποτελεσμάτων για τις επιδόσεις των μαθητών στα τρία μετα-πειραματικά δοκίμια, αλλά και στα δύο μετα-πειραματικά δοκίμια που επαναχορηγήθηκαν μετά από την πάροδο δύο μηνών (αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση) για τη διαπίστωση της παραμένουσας γνώσης.

#### Πιλοτική Έρευνα

Τα αποτελέσματα της πιλοτικής έρευνας ήταν πολύ χρήσιμα, διότι, από τις πληροφορίες που είχαν συλλεγεί, έγινε η τελική διαμόρφωση των ερευνητικών εργαλείων της μετα-πειραματικής εξέτασης, και αποφασίστηκε ο απαιτούμενος χρόνος για τη μελέτη των κειμένων και χορήγησης των δοκιμίων. Ακόμη, μέσα από την πιλοτική έρευνα, δοκιμάστηκε η καταλληλότητα των αναλογιών που χρησιμοποιήθηκαν στα κείμενα, τα οποία δόθηκαν στους μαθητές κατά τη διάρκεια της παρέμβασης.

Με βάση τις γραπτές πληροφορίες που έδωσαν οι μαθητές μιας Δ' τάξης, που μελέτησαν και τα τρία είδη κειμένων (κείμενα ΟΕ, ΠΟ<sub>1</sub> και ΠΟ<sub>2</sub>), φάνηκε ότι οι περισσότεροι θεωρούσαν τα αρχικά κείμενα εύκολα στην κατανόηση. Οι μαθητές. Οι χαρακτηριστικές απαντήσεις δύο μαθητών (Μ<sub>1</sub> και Μ<sub>4</sub>) από αυτή την τάξη, για τα κείμενα της ΟΕ (ομάδα ελέγχου), είναι ενδεικτικές του βαθμού κατανόησης και των δυσκολιών των μαθητών:

*Μ<sub>1</sub>: Δε βρίσκω τα κείμενα αυτά δύσκολα. Το μόνο που με δυσκόλεψε λίγο, ήταν οι επιστημονικές λέξεις...*

*Μ<sub>4</sub>: Νομίζω ότι τα κείμενα αυτά είναι κατανοητά. Την πρώτη φορά που τα διάβασα ήταν λίγο... δύσκολα, αλλά τη δεύτερη φορά τα κατάλαβα καλύτερα. Με δυσκόλεψαν λίγο κάποιες λέξεις.*

Όσον αφορά τα κείμενα της ΠΟ<sub>1</sub> (πρώτη πειραματική ομάδα), που ήταν όμοια με εκείνα της ΠΟ<sub>2</sub> (δεύτερη πειραματική ομάδα), αλλά δε συνοδεύονταν με εικονική αναπαράσταση, οι μαθητές εξέφρασαν την άποψη ότι ήταν πολύ κατανοητά, όπως προκύπτει και από τις απαντήσεις δύο μαθητών (Μ<sub>5</sub> και Μ<sub>8</sub>) από αυτήν την ομάδα:



*M<sub>5</sub>: Τα κατάλαβα όλα. Ήταν πολύ εύκολα κείμενα. Νομίζω ήταν πιο εύκολα από τα προηγούμενα (της ΟΕ,) διότι σε αυτά υπήρχαν... παρομοιώσεις. Αυτό με έκανε να τα καταλάβω καλύτερα.*

*M<sub>8</sub>: Αυτά τα κείμενα ήταν πιο κατανοητά. Μου άρεσε που κάθε φορά υπήρχε και κάτι που έμοιαζε με την επιστημονική έννοια. Τα κατάλαβα καλύτερα. Δυσκολεύτηκα όμως λίγο να καταλάβω τι σήμαιναν κάποιες λέξεις.*

Από τις απαντήσεις αυτές προκύπτει ότι οι μαθητές βοηθήθηκαν από τις αναλογίες που υπήρχαν στο κείμενο. Θεώρησαν μάλιστα τις αναλογίες ως "παρομοιώσεις" ή "κάτι που έμοιαζε με την επιστημονική έννοια." Αυτή η διαπίστωση βοήθησε τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα τη νέα επιστημονική έννοια και αποτελεί σαφή ένδειξη για το βοηθητικό ρόλο των λεκτικών αναλογιών.

Σημαντικές ήταν και οι αναφορές με τις οποίες ορισμένοι μαθητές σχολίασαν τα κείμενα της ΠΟ<sub>2</sub>, που συνοδεύονταν από διπλές αναλογίες (λεκτικές και εικονικές). Τα δείγματα που ακολουθούν (M<sub>12</sub> και M<sub>20</sub>) είναι ενδεικτικά των αντιδράσεων των μαθητών για τα κείμενα της ΠΟ<sub>2</sub>:

*M<sub>12</sub>: Τα κείμενα αυτά είναι τα ίδια με τα προηγούμενα (της ΠΟ<sub>1</sub>)... Όμως νομίζω είναι πιο εύκολα, διότι υπάρχει και το σχήμα που μου εξηγεί τι γίνεται στο κείμενο.*

*M<sub>20</sub>: Προτιμώ τα κείμενα αυτά, διότι αυτά που λένε τα κείμενα τα δείχνει και το σχήμα. Σίγουρα είναι πιο εύκολα από τα προηγούμενα (της ΠΟ<sub>1</sub>) ή τα πρώτα (της ΟΕ).*

Οι απαντήσεις αυτές δείχνουν ότι οι μαθητές βοηθήθηκαν και από τα δύο είδη αναλογιών και ότι το συνδυασμένο αποτέλεσμα από τις λεκτικές και εικονικές αναλογίες ήταν καλύτερο, αφού, όπως αναφέρει ένας μαθητής (M<sub>12</sub>) "υπάρχει και το σχήμα που μου εξηγεί τι γίνεται στο κείμενο." Το σχόλιο αυτό επιβεβαιώνει τη συμβολή τόσο των λεκτικών όσο και των εικονικών αναλογιών και υποδεικνύει με σαφήνεια τη διπλή επεξεργασία των πληροφοριών, όπως υποστηρίζεται και από τη θεωρία της διπλής κωδικοποίησης του Ραίνιο (1971, 1986). Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, μια έννοια που περιγράφεται σε ένα κείμενο γίνεται πιο εύκολα κατανοητή, όταν περιγράφεται και με άλλους τρόπους, όπως είναι η εικονική αναπαράστασή της.

Πολλοί μαθητές σημείωσαν στα φυλλάδια που τους δόθηκαν κάποιες λέξεις, οι οποίες έγινε προσπάθεια να αντικατασταθούν. Οι περισσότερες λέξεις που εντοπίστηκαν αφορούσαν επιστημονικές έννοιες, που η κατανόησή τους ήταν στόχος της παρέμβασης,

και δεν μπορούσαν να αντικατασταθούν. Για παράδειγμα, οι μαθητές εντόπισαν τη λέξη "φωτοσύνθεση," η οποία δεν μπορούσε όμως να αντικατασταθεί, διότι αυτή την επιστημονική έννοια περιέγραφε το κείμενο. Σε άλλες όμως περιπτώσεις, έγινε προσπάθεια να γίνει καλύτερη περιγραφή της επιστημονικής έννοιας, αλλά να διαφοροποιηθεί η σύνταξη του κειμένου, έτσι ώστε να γίνει περισσότερο κατανοητή η έννοια.

Μελετώντας προσεκτικά τις λέξεις που εντόπισαν οι μαθητές, έγινε αντιληπτό ότι κάποιες από αυτές έπρεπε να διασαφηνιστούν. Έτσι, για παράδειγμα, στο αρχικό κείμενο, για τη λέξη "άμυλο" δε δινόταν μια σαφής ερμηνεία. Συγκεκριμένα, αναφερόταν ότι: "Η φωτοσύνθεση είναι η διαδικασία παραγωγής τροφής (αμύλου) για το φυτό." Στο τελικό κείμενο, η διατύπωση άλλαξε και έγινε πιο συγκεκριμένη, αναφέροντας ότι: "Η φωτοσύνθεση είναι η διαδικασία με την οποία το φυτό παράγει την τροφή του, που ονομάζεται άμυλο."

Η διαφοροποίηση των κειμένων έγινε έχοντας υπόψη και τα κριτήρια που αναφέρει η Iding (1997) για τη δόμηση κατάλληλων αναλογιών στην επιστήμη. Συγκεκριμένα, για τη βελτίωση των κειμένων που περιείχαν αναλογίες, λήφθηκε αρχικά υπόψη ότι η *βάση (έννοια της καθημερινότητας) έπρεπε να χαρακτηρίζεται από σαφήνεια*, έτσι ώστε οι μαθητές να μην αντιμετωπίζουν προβλήματα κατανόησής της. Η βάση έπρεπε να είναι απόλυτα γνωστή και κατανοητή στους μαθητές. Όλοι οι μαθητές που συμμετείχαν στην πιλοτική έρευνα ανέφεραν ότι όλες οι έννοιες της βάσης (στρατός, παραγωγή ψωμιού, λειτουργία εργοστασίου) των κειμένων ήταν απόλυτα κατανοητές και γνωστές. Ταυτόχρονα, η κάθε αναλογία έπρεπε να χαρακτηρίζεται από *σαφήνεια και συνέπεια στη χαρτογράφηση*. Ο κάθε μαθητής έπρεπε να μπορεί να αντιπαραβάλει τα στοιχεία της βάσης με εκείνα του στόχου (επιστημονική έννοια). Για παράδειγμα, έπρεπε να μπορούν να εντοπίσουν με ευκολία την έννοια της βάσης που αντιστοιχούσε στην επιστημονική έννοια "λευκά αιμοσφαίρια" που δεν ήταν άλλη από "το στρατό μιας χώρας," ή να αντιστοιχίσουν τον πυρήνα του κυττάρου με τη "διεύθυνση ενός εργοστασίου," αφού και οι δύο αναλαμβάνουν συντονιστικό και καθοδηγητικό ρόλο.

Παρόλες τις προσπάθειες που έγιναν κατά τη συγγραφή των αρχικών κειμένων, εντούτοις υπήρξαν έννοιες για τις οποίες δεν ήταν σαφής η χαρτογράφηση. Συγκεκριμένα, εντοπίστηκε ένα πρόβλημα στο κείμενο που περιέγραφε τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης. Στο αρχικό κείμενο δεν ήταν ξεκάθαρο με ποια στοιχεία του στόχου αντιστοιχούσαν

ορισμένα στοιχεία της βάσης. Ένας μαθητής (M<sub>10</sub>) σημείωσε χαρακτηριστικά τη δυσκολία αυτή για τον παράγοντα "ήλιος":

*M<sub>10</sub>: Δεν ξέρω με ποιο πράγμα ταιριάζει ο ήλιος... Είναι με τη φωτιά στο φούρνο; Δεν ξέρω...*

Παρόλο που ο μαθητής (M<sub>10</sub>) μπορούσε να βρει την απάντηση αξιοποιώντας τις εμπειρίες του μέσα από το κείμενο, δεν μπορούσε εύκολα να εντοπίσει το στοιχείο της βάσης που αντιστοιχούσε με το στοιχείο "ήλιος." Συνεπώς έγιναν οι κατάλληλες αλλαγές, για να γίνει ξεκάθαρη η σχέση. Συγκεκριμένα, ο παράγοντας "ήλιος" απομονώθηκε και συσχετίστηκε με τον παράγοντα "φούρνος," για να είναι πιο φανερή η σχέση τους. Η συσχέτιση αυτή φαίνεται στο απόσπασμα που ακολουθεί, το οποίο αποτελούσε μέρος του αναθεωρημένου κειμένου που αναφέρεται στη λειτουργία της φωτοσύνθεσης:

*Ένας άλλος παράγοντας που είναι απαραίτητος στην παραγωγή αμύλου είναι ο ήλιος. Αυτό σημαίνει ότι τα φυτά μπορούν να φωτοσυνθέτουν μόνο την ημέρα που είναι παρών ο ήλιος. Και στην περίπτωση του ψωμιού, για να ολοκληρωθεί η διαδικασία, πρέπει να ψήσουμε το ζυμάρι στο φούρνο.*

Τέλος, καταβλήθηκε προσπάθεια ώστε οι σχέσεις που παρουσιάζονταν στα κείμενα, να έχουν γνωστική συνέπεια, δηλαδή, να έχουν συνεκτική δομή έτσι ώστε να μπορούν να αποθηκεύονται πιο εύκολα στη μακρόχρονη μνήμη των μαθητών. Αυτό το στοιχείο είναι απαραίτητο, διότι, σύμφωνα με το Miller (1956), το εύρος του πεδίου χωρητικότητας της εργαζόμενης μνήμης ενός ατόμου είναι περιορισμένο ( $7 \pm 2$  μονάδες πληροφορίας - chunks) και άρα δεν μπορεί να επεξεργαστεί πολλές πληροφορίες ταυτόχρονα. Όταν παρουσιαστούν σε ένα άτομο διάσπαρτες πληροφορίες χωρίς συνεκτική δομή, όπως, για παράδειγμα, η λειτουργία των σωματιδίων του κυττάρου, χωρίς να δίνεται η σχέση μεταξύ τους, τότε το άτομο αυτό καλείται να επεξεργαστεί διαφορετικές μονάδες πληροφορίες. (π.χ., δύο μονάδες πληροφορίας, αν παρουσιάζεται ξεχωριστά η λειτουργία του πυρήνα και του ριβοσώματος). Όταν όμως παρουσιαστεί κάποια σχέση μεταξύ τους, τότε οι μονάδες πληροφορίας μειώνονται. Στο απόσπασμα που ακολουθεί, το οποίο υπήρχε στο κείμενο για τη δομή και λειτουργία του κυττάρου, φαίνεται η σχέση μεταξύ των δύο οργανιδίων:

*Το κύτταρο λειτουργεί με βάση τις εντολές που δίνονται από τον πυρήνα, που βρίσκεται συνήθως στο κέντρο του. Αυτό σημαίνει ότι όλα τα άλλα σωματίδια εκτελούν εντολές που δίνονται από τον πυρήνα. Όμως αυτό συμβαίνει και στο εργοστάσιο, όπου οι εργάτες παίρνουν εντολές από τη διεύθυνση. Για παράδειγμα, τα ριβοσώματα, που είναι κολλημένα σε συγκεκριμένες περιοχές του κυττάρου,*

*παράγουν, με εντολή που δίνεται από τον πυρήνα, τις πρωτεΐνες που είναι ουσίες που συμβάλλουν στη διατήρηση της υγείας του σώματος. Θα μπορούσε κανείς να πει ότι τα ριβοσώματα μοιάζουν με τους χειριστές των μηχανών παραγωγής προϊόντων στο εργοστάσιο.*

Συνεπώς, αν οι πληροφορίες είναι καλά οργανωμένες και έχουν συνεκτική δομή, τότε είναι πολύ πιο εύκολο να αποθηκευτούν στη μακρόχρονη μνήμη. Γι' αυτό σε όλα τα κείμενα έγινε προσπάθεια όλες οι έννοιες να συσχετίζονται μεταξύ τους, έτσι ώστε οι μαθητές να μην είναι αναγκασμένοι να επεξεργάζονται πολλές πληροφορίες ταυτόχρονα. Περιορίστηκαν, δηλαδή, οι ασύνδετες πληροφορίες, έτσι ώστε οι μονάδες πληροφορίας που έπρεπε να επεξεργάζονται ταυτόχρονα οι μαθητές να περιορίζονται και να αποφεύγεται η υπερφόρτωση της εργαζόμενης μνήμης. Με τον περιορισμό του γνωστικού φορτίου, απελευθερώνονται επίσης γνωστικοί πόροι που διατίθενται για την επεξεργασία των πληροφοριών.

Εκτός από τη γλωσσική βελτίωση των κειμένων, έγινε επίσης προσπάθεια να βελτιωθούν γλωσσικά και δομικά και οι ερωτήσεις των δοκιμίων. Γλωσσικά δε χρειάστηκε να γίνουν κάποιες αλλαγές, αφού οι μαθητές δε σημείωσαν ότι χρειαζόταν κάποια αλλαγή. Όμως, οι περισσότεροι μαθητές σημείωσαν ότι θα ήθελαν να αλλάξει ο τύπος των ερωτήσεων και να γίνουν πιο εύκολες στη συμπλήρωσή τους. Στα αρχικά δοκίμια, όλες οι ερωτήσεις (ερωτήσεις μνήμης και συμπερασματικές ερωτήσεις) ήταν ανοικτού τύπου. Αυτό δυσκόλεψε αρκετά τους μαθητές, οι οποίοι υποστήριξαν ότι θα προτιμούσαν οι ερωτήσεις να ήταν κλειστού τύπου (πολλαπλής επιλογής). Συγκεκριμένα ένας μαθητής (M<sub>13</sub>) σημείωσε με έμφαση:

*M<sub>13</sub>: Θα προτιμούσα να μου δίνονταν κάποιες απαντήσεις και να διάλεγα τη σωστή απάντηση. Θα ήταν πιο εύκολο για μένα.*

Αυτό θεωρήθηκε ότι μπορούσε να γίνει στις ερωτήσεις μνήμης, αλλά όχι με τις συμπερασματικές ερωτήσεις, όπου οι απαντήσεις δε βρίσκονταν στα κείμενα και οι μαθητές έπρεπε να εκφράσουν τις δικές τους απόψεις, σύμφωνα πάντα με τα κείμενα. Για παράδειγμα, ενώ αρχικά η πρώτη ερώτηση μνήμης, που αναφερόταν στο κείμενο για τη λειτουργία του κυττάρου, είχε τη μορφή "Ποιο μέρος του κυττάρου δίνει εντολές στα άλλα σωματίδια;" και αναμενόταν από τους μαθητές να απαντήσουν με δικά τους λόγια (ανοικτού τύπου ερώτηση), στη συνέχεια η ερώτηση αυτή άλλαξε και έγινε κλειστού τύπου:

Ποιο μέρος του κυττάρου δίνει εντολές στα άλλα σωματίδια;

- (α) Το μιτοχόνδριο
- (β) Ο πυρήνας
- (γ) Η συσκευή Golgi
- (δ) Το ριβόσωμα

Με ανάλογο τρόπο, όλα τα δοκίμια άλλαξαν και προσαρμόστηκαν με βάση τις εισηγήσεις ή τις δυσκολίες που αντιμετώπισαν οι μαθητές του πρώτου τμήματος της Δ' τάξης, οι οποίοι αποτέλεσαν μέρος του δείγματος της πιλοτικής φάσης.

Όσον αφορά το χρόνο μελέτης των κειμένων και το χρόνο συμπλήρωσης των δοκιμίων, όταν αυτά δόθηκαν στους μαθητές ενός δεύτερου τμήματος της Δ' τάξης (και αυτοί αποτέλεσαν μέρος του δείγματος της πιλοτικής φάσης), βρέθηκε ότι οι περισσότεροι χρειάστηκαν 60 με 80 λεπτά, για να ολοκληρώσουν όλη τη διαδικασία. Στο σημείο αυτό, πρέπει να τονιστεί ότι οι μαθητές της τάξης αυτής μελέτησαν τα διορθωμένα κείμενα που χρησιμοποιήθηκαν στην κύρια έρευνα. Έχοντας υπόψη το συνολικό χρόνο που χρειάστηκαν οι συγκεκριμένοι μαθητές, αποφασίστηκε να δοθεί η ευκαιρία σε όλους τους μαθητές να μελετήσουν τα κείμενα και να συμπληρώσουν τα δοκίμια με μέγιστο χρόνο τα 80 λεπτά.

### **Επιδόσεις των Μαθητών στα Προ-Πειραματικά Δοκίμια**

#### **Γενικές Διαπιστώσεις**

Αρχικά, εξετάστηκαν οι επιδόσεις των μαθητών στα τέσσερα προ-πειραματικά δοκίμια. Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο μέτρησης της αναλογικής σκέψης (ΑΣ) κατά τάξη, φύλο και τύπο σχολείου (αστική ή αγροτική περιοχή). Με ανάλογο τρόπο, στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται οι επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο μέτρησης της γενικής νοητικής ικανότητας (ΓΝΙ) και στους Πίνακες 5 και 6 φαίνονται οι επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο μέτρησης της ικανότητας της εργαζόμενης μνήμης για τους αριθμούς (ΙΕΜΑ) και για τις λέξεις (ΙΕΜΛ), αντίστοιχα.

Από τους Πίνακες 3, 4, 5 και 6, διαφαίνονται κάποιες κοινές τάσεις στις επιδόσεις των μαθητών. Και στα τέσσερα δοκίμια, οι επιδόσεις των μαθητών της αστικής περιοχής φαίνεται ότι ήταν καλύτερες από εκείνες των μαθητών της αγροτικής περιοχής, ανεξαρτήτως φύλου και τάξης στην οποία φοιτούσαν. Ταυτόχρονα, οι επιδόσεις των μαθητών παρουσίαζαν αυξητική τάση με την ηλικία, δηλαδή, οι μαθητές των μεγαλύτερων τάξεων είχαν την τάση να έχουν καλύτερες επιδόσεις από τους μαθητές των μικρότερων

τάξεων. Τέλος, οι επιδόσεις των κοριτσιών φαίνεται ότι ήταν καλύτερες από εκείνες των αγοριών, ανεξαρτήτως τάξης ή τύπου σχολείου στο οποίο φοιτούσαν, με μόνη εξαίρεση το δοκίμιο ΙΕΜΑ.

Πίνακας 3

Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο ΑΣ

Συμμετέχοντες	Αγόρια		Κορίτσια		Σύνολο	
	ΜΟ	ΤΑ	ΜΟ	ΤΑ	ΜΟ	ΤΑ
<b>Αστική περιοχή</b>						
Δ' τάξη (n= 145)	10.81	3.28	11.20	2.90	10.97	3.13
Ε' τάξη (n= 112)	11.11	2.76	11.18	3.13	11.15	2.97
Στ' τάξη (n= 147)	12.52	3.04	13.04	1.92	12.76	2.59
Σύνολο (n= 404)	11.51	3.17	11.85	2.81	11.67	3.00
<b>Αγροτική περιοχή</b>						
Δ' τάξη (n= 75)	9.00	3.41	10.00	3.30	9.40	3.38
Ε' τάξη (n= 88)	10.20	4.11	12.27	3.05	11.24	3.75
Στ' τάξη (n= 112)	10.36	2.85	11.09	3.30	10.73	3.10
Σύνολο (n= 275)	9.89	3.48	11.24	3.31	10.53	3.46
<b>Αστική και Αγροτική Περιοχή</b>						
Δ' τάξη (n= 220)	10.19	3.42	10.80	3.08	10.44	3.29
Ε' τάξη (n= 200)	10.67	3.49	11.62	3.13	11.19	3.32
Στ' τάξη (n= 259)	11.63	3.14	12.15	2.81	11.88	2.99
Σύνολο (n= 679)	10.86	3.39	11.60	3.03	11.21	3.24

Σημείωση: ΜΟ = Μέσος Όρος, ΤΑ= Τυπική Απόκλιση

Πίνακας 4

Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο ΓΝΙ

Συμμετέχοντες	Αγόρια		Κορίτσια		Σύνολο	
	ΜΟ	ΤΑ	ΜΟ	ΤΑ	ΜΟ	ΤΑ
<b>Αστική περιοχή</b>						
Δ' τάξη (n= 145)	40.69	7.91	38.82	7.77	39.90	7.88
Ε' τάξη (n= 110)	39.63	8.98	40.55	6.54	40.16	7.63
Στ' τάξη (n= 146)	44.71	7.72	45.60	6.80	45.12	7.30
Σύνολο (n= 401)	41.98	8.34	41.76	7.58	41.87	7.97
<b>Αγροτική περιοχή</b>						
Δ' τάξη (n= 73)	32.00	12.04	35.87	9.50	33.64	11.13
Ε' τάξη (n= 89)	34.64	11.00	40.96	7.25	37.83	9.77
Στ' τάξη (n= 111)	37.61	10.54	37.02	10.21	37.32	10.33
Σύνολο (n= 273)	35.03	11.30	38.10	9.30	36.50	10.48
<b>Αστική και Αγροτική Περιοχή</b>						
Δ' τάξη (n= 218)	37.79	10.29	37.83	8.46	37.81	9.54
Ε' τάξη (n= 199)	37.19	10.27	40.72	6.81	39.12	8.71
Στ' τάξη (n= 257)	41.76	9.62	41.73	9.49	41.75	9.54
Σύνολο (n= 674)	39.17	10.22	40.28	8.50	39.70	9.44

Σημείωση: ΜΟ = Μέσος Όρος, ΤΑ= Τυπική Απόκλιση

Πίνακας 5

Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο ΙΕΜΑ

Συμμετέχοντες	Αγόρια		Κορίτσια		Σύνολο	
	ΜΟ	ΤΑ	ΜΟ	ΤΑ	ΜΟ	ΤΑ
Αστική περιοχή						
Δ' τάξη (n= 145)	28.95	6.98	26.87	8.73	28.08	7.80
Ε' τάξη (n= 110)	31.33	7.27	32.11	7.28	31.78	7.25
Στ' τάξη (n= 146)	35.37	6.92	35.28	4.84	35.33	6.03
Σύνολο (n= 401)	31.90	7.55	31.55	7.84	31.73	7.68
Αγροτική περιοχή						
Δ' τάξη (n= 73)	27.95	6.72	29.06	5.87	28.42	6.36
Ε' τάξη (n= 89)	29.52	7.77	30.82	4.76	30.18	6.43
Στ' τάξη (n= 111)	32.16	6.89	30.42	7.62	31.30	7.28
Σύνολο (n= 273)	30.10	7.30	30.24	6.34	30.16	6.84
Αστική και Αγροτική Περιοχή						
Δ' τάξη (n= 218)	28.62	6.89	27.61	7.92	28.19	7.34
Ε' τάξη (n= 199)	30.44	7.53	31.58	6.37	31.07	6.92
Στ' τάξη (n= 257)	34.04	7.06	33.09	6.68	33.59	6.88
Σύνολο (n= 674)	31.17	7.49	31.02	7.29	31.10	7.39

Σημείωση: ΜΟ = Μέσος Όρος, ΤΑ= Τυπική Απόκλιση

Πίνακας 6

Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο ΙΕΜΑ

Συμμετέχοντες	Αγόρια		Κορίτσια		Σύνολο	
	ΜΟ	ΤΑ	ΜΟ	ΤΑ	ΜΟ	ΤΑ
Αστική περιοχή						
Δ' τάξη (n= 145)	16.63	5.55	17.39	5.38	16.95	5.47
Ε' τάξη (n= 110)	18.78	5.25	20.03	4.57	19.51	4.88
Στ' τάξη (n= 146)	19.43	5.99	20.90	5.08	20.10	5.62
Σύνολο (n= 401)	18.16	5.78	19.49	5.20	18.80	5.54
Αγροτική περιοχή						
Δ' τάξη (n= 73)	15.40	5.04	16.87	4.46	16.03	4.82
Ε' τάξη (n= 89)	15.27	6.12	18.09	5.24	16.70	5.83
Στ' τάξη (n= 111)	17.07	5.26	17.96	5.72	17.51	5.49
Σύνολο (n= 273)	16.02	5.50	17.75	5.26	16.85	5.45
Αστική και Αγροτική Περιοχή						
Δ' τάξη (n= 218)	16.22	6.89	17.22	5.07	16.64	5.27
Ε' τάξη (n= 199)	17.07	5.93	19.23	4.93	18.25	5.50
Στ' τάξη (n= 257)	18.45	5.80	19.57	5.55	18.98	5.70
Σύνολο (n= 674)	17.30	5.76	18.79	5.29	18.01	5.58

Σημείωση: ΜΟ = Μέσος Όρος, ΤΑ= Τυπική Απόκλιση

Παρά τις γενικές αυτές διαπιστώσεις, υπήρχαν όμως και κάποιες επιμέρους διαφορές. Στον Πίνακα 3, φαίνεται ότι, στην αγροτική περιοχή, οι επιδόσεις των κοριτσιών στο δοκίμιο ΑΣ δεν είχαν αυξητική τάση με την αύξηση της ηλικίας τους. Οι επιδόσεις των κοριτσιών της Ε' τάξης, που φοιτούσαν στην αγροτική περιοχή, εμφανίστηκαν, για παράδειγμα, καλύτερες από εκείνες των κοριτσιών της Στ' τάξης και της Δ' τάξης.

Στον Πίνακα 4, φαίνεται επίσης ότι, στην αστική περιοχή, οι επιδόσεις των αγοριών στο δοκίμιο ΓΝΙ φαίνεται ότι ήταν καλύτερες από εκείνες των κοριτσιών. Το ίδιο παρατηρείται και στον Πίνακα 5 για τις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο ΙΕΜΑ. Καλύτερες φαίνεται ότι ήταν, σύμφωνα με τον Πίνακα 4, και οι επιδόσεις των αγοριών της Στ' τάξης, ανεξαρτήτως τύπου σχολείου στο οποίο φοιτούσαν, σε σύγκριση με εκείνες των κοριτσιών. Στην αγροτική περιοχή, οι επιδόσεις των μαθητών της Ε' τάξης, ανεξαρτήτως φύλου, φαίνεται ότι ήταν καλύτερες από τις επιδόσεις των μαθητών της Δ' και της Στ' τάξης.

### **Στατιστική Ανάλυση**

Για να εξεταστεί κατά πόσο οι διαφορές που υπήρχαν στις επιδόσεις των μαθητών στα τέσσερα αρχικά δοκίμια ήταν στατιστικά σημαντικές, εφαρμόστηκε ανάλυση πολλαπλής διασποράς (MANOVA), 2 (φύλο) X 3 (τάξη) X 2 (είδος σχολείου), με εξαρτημένες μεταβλητές τις επιδόσεις των μαθητών στα τέσσερα προ-πειραματικά δοκίμια. Ο Πίνακας 7 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής.

### **Αποτελέσματα Αλληλεπιδράσεων**

Τα αποτελέσματα του Πίνακα 7 δείχνουν ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση στις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο ΓΝΙ που σχετίζεται με τις ανεξάρτητες μεταβλητές "φύλο" και "τύπος σχολείου,"  $F(1, 645)=5.56, p.=0.019$ . Η φύση της αλληλεπίδρασης γίνεται περισσότερο κατανοητή με προσεκτική εξέταση του Σχήματος 11. Η αλληλεπίδραση φαίνεται ότι οφείλεται στη μεγαλύτερη διαφορά που παρατηρείται μεταξύ των επιδόσεων των αγοριών που φοιτούσαν στην αστική και την αγροτική περιοχή. Η ίδια διαφορά για τα κορίτσια ήταν μικρότερη σε σχέση με αυτή των αγοριών.

Στατιστικά σημαντική ήταν και η αλληλεπίδραση των επιδόσεων των μαθητών στο δοκίμιο ΑΣ,  $F(1, 645)=6.52, p.=0.002$ , όπως φαίνεται και στο Σχήμα 12. Από το Σχήμα 12, φαίνεται ότι μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της Ε' τάξης που φοιτούσαν στην αστική



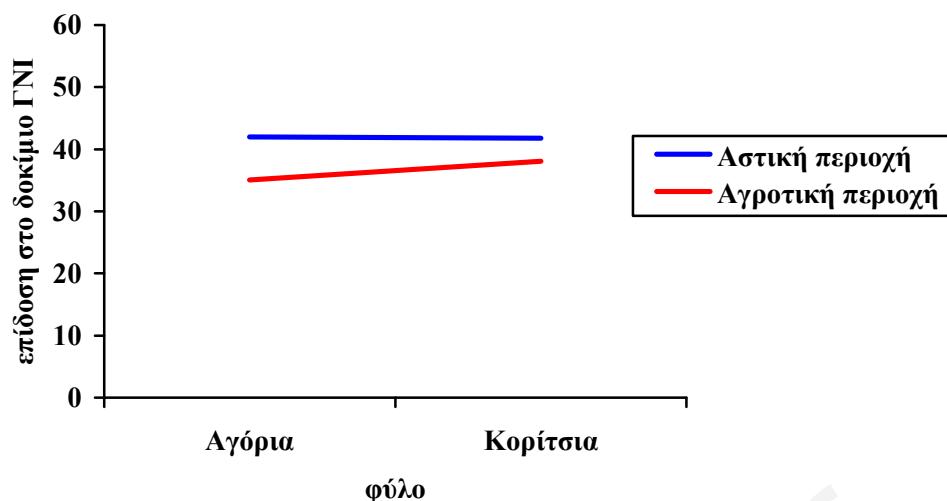
και την αγροτική περιοχή δεν υπήρχαν διαφορές. Η συμπεριφορά όμως των μαθητών της Δ' και της Στ' τάξης ήταν εντελώς διαφορετική. Οι επιδόσεις των μαθητών της Δ' και της Στ' τάξης που φοιτούσαν στην αστική περιοχή διέφεραν από τις αντίστοιχες επιδόσεις των μαθητών που φοιτούσαν στην αγροτική περιοχή και οι διαφορές ευνοούσαν τους μαθητές της αστικής περιοχής.

Πίνακας 7

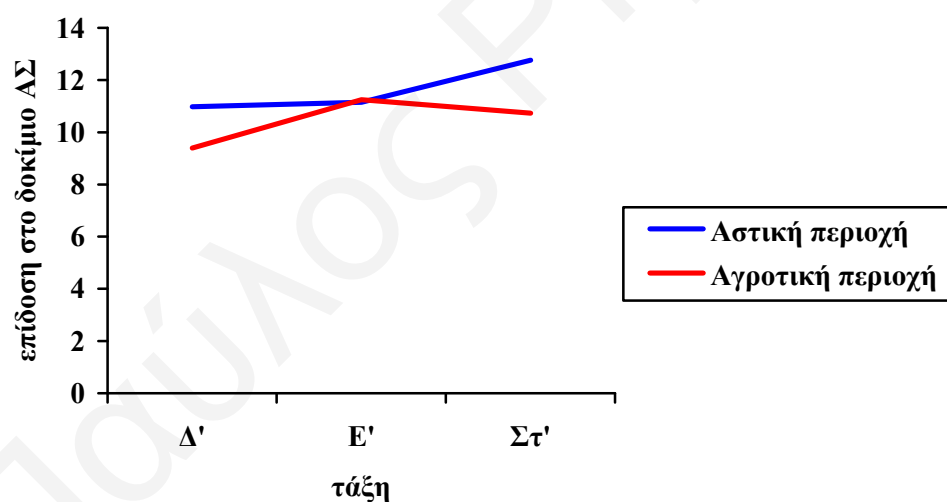
Πολλαπλή Ανάλυση Διασποράς 2(Φύλο) X 3(Τάξη) X 2(Είδος Σχολείου)  
με Εξαρτημένες Μεταβλητές τις Επιδόσεις των Μαθητών στα Προ-Πειραματικά Δοκίμια

<i>AM</i>	<i>EM</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Φύλο	ΑΣ	90.42	1	90.42	9.52	0.002*
	ΓΝΙ	288.23	1	288.23	3.72	0.054
	ΙΕΜΑ	6.79	1	6.79	0.14	0.709
	ΙΕΜΛ	289.52	1	289.52	9.97	0.002*
Τάξη	ΑΣ	222.70	2	111.35	11.72	0.000*
	ΓΝΙ	2188.22	2	1094.11	3.72	0.000*
	ΙΕΜΑ	2782.14	2	1391.07	28.63	0.000*
	ΙΕΜΛ	548.58	2	274.29	9.44	0.000*
Τύπος σχολείου	ΑΣ	199.77	1	199.77	21.03	0.000*
	ΓΝΙ	4357.54	1	4357.54	56.28	0.000*
	ΙΕΜΑ	460.26	1	460.26	9.47	0.002*
	ΙΕΜΛ	676.59	1	676.59	23.29	0.000*
Φύλο X τάξη	ΑΣ	7.71	2	3.86	0.41	0.666
	ΓΝΙ	355.00	2	177.50	2.29	0.102
	ΙΕΜΑ	101.35	2	50.67	1.04	0.353
	ΙΕΜΛ	29.21	2	14.61	0.50	0.605
Φύλο X τύπος σχολείου	ΑΣ	32.90	1	32.90	3.46	0.063
	ΓΝΙ	430.18	1	430.18	5.56	0.019**
	ΙΕΜΑ	25.84	1	25.84	0.53	0.466
	ΙΕΜΛ	19.20	1	19.20	0.66	0.416
Τάξη X τύπος σχολείου	ΑΣ	123.91	2	61.96	6.52	0.002*
	ΓΝΙ	793.54	2	396.77	5.13	0.006*
	ΙΕΜΑ	556.46	2	278.23	5.73	0.003*
	ΙΕΜΛ	124.45	2	62.23	2.14	0.118
Φύλο X τάξη X τύπος σχολείου	ΑΣ	16.46	2	8.23	0.87	0.421
	ΓΝΙ	488.49	2	244.25	3.16	0.043**
	ΙΕΜΑ	147.12	2	73.56	1.51	0.221
	ΙΕΜΛ	124.45	2	18.21	0.63	0.535
error	ΑΣ	6126.83	645	9.50		
	ΓΝΙ	49937.60	645	77.42		
	ΙΕΜΑ	31338.99	645	48.59		
	ΙΕΜΛ	18736.82	645	29.05		
total	ΑΣ	90144.00	657			
	ΓΝΙ	1094295.00	657			
	ΙΕΜΑ	673945.00	657			
	ΙΕΜΛ	233699.00	657			

Σημείωση: AM=Ανεξάρτητη Μεταβλητή, EM=Εξαρτημένη Μεταβλητή  
\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$



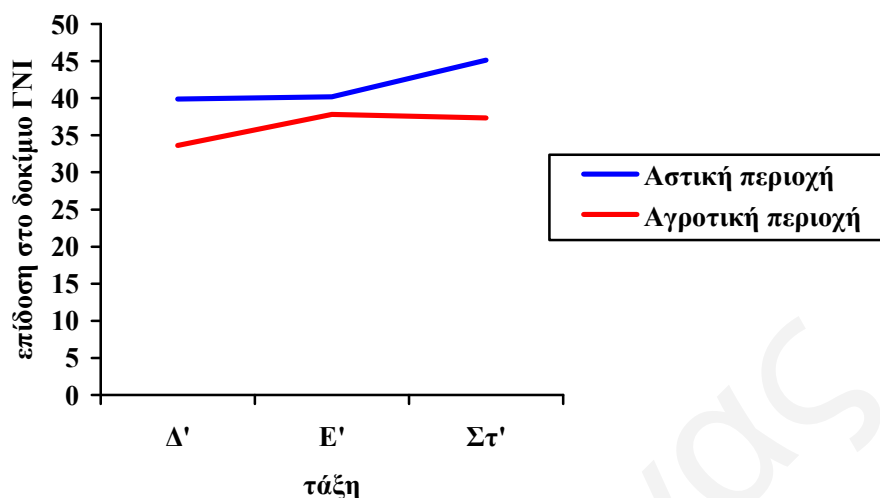
Σχήμα 11. Αλληλεπίδραση στις Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο ΓΝΙ, που Οφείλεται στις Ανεξάρτητες Μεταβλητές "Φύλο" και "Τύπος Σχολείου"



Σχήμα 12. Αλληλεπίδραση στις Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο ΑΣ, που Οφείλεται στις Ανεξάρτητες Μεταβλητές "Τάξη" και "Τύπος Σχολείου"

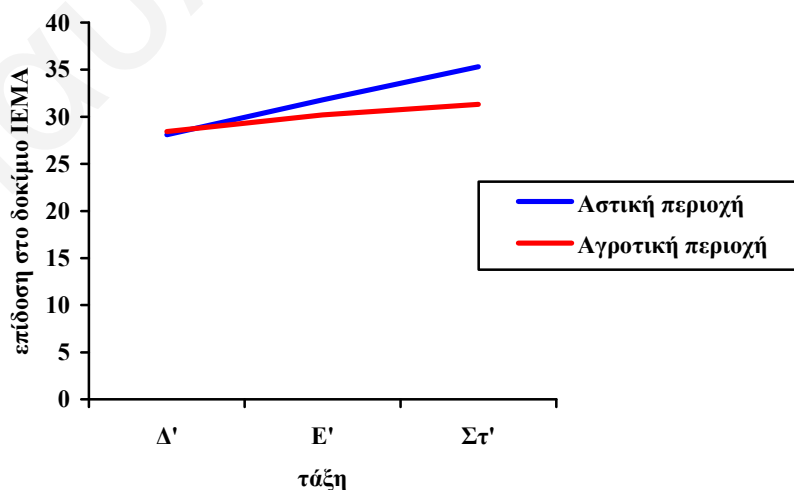
Εντοπίστηκε επίσης στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση στις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο ΓΝΙ, που αφορούσε επίσης τις ανεξάρτητες μεταβλητές "τάξη" και "τύπος σχολείου,"  $F(1, 645)=5.13, p.=0.06$ . Η αλληλεπίδραση παρουσιάζεται στο Σχήμα 13 και έχει την ίδια φύση με την αλληλεπίδραση στο Σχήμα 12. Δηλαδή, οι επιδόσεις των μαθητών της Ε' τάξης που φοιτούσαν στην αστική και στην αγροτική περιοχή είχαν μικρότερες διαφορές μεταξύ τους, ενώ η συμπεριφορά των μαθητών της Δ' και της Στ' τάξης ήταν διαφορετική στις δύο περιοχές. Οι επιδόσεις των μαθητών της αστικής

περιοχής ήταν καλύτερες από τις αντίστοιχες επιδόσεις των μαθητών της αγροτικής περιοχής.



Σχήμα 13. Αλληλεπίδραση στις Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο ΓΝΙ, που Οφείλεται στις Ανεξάρτητες Μεταβλητές "Τάξη" και "Τύπος Σχολείου"

Στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση υπήρχε και μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών στο δοκίμιο ΙΕΜΑ, που αφορούσε τις ίδιες ανεξάρτητες μεταβλητές,  $F(1, 645)=5.73$ ,  $p.=0.003$ . Στο Σχήμα 14 γίνεται σχηματική αναπαράσταση της αλληλεπίδρασης με σκοπό την προσεκτική εξέταση και ερμηνεία της.



Σχήμα 14. Αλληλεπίδραση στις Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο ΙΕΜΑ, που Οφείλεται στις Ανεξάρτητες Μεταβλητές "Τάξη" και "Τύπος Σχολείου"

Από το Σχήμα 14 προκύπτει ότι μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της Δ' τάξης της αστικής και της αγροτικής περιοχής δεν υπήρχαν διαφορές. Όμως, όσο μεγάλωνε η τάξη στην οποία φοιτούσαν οι μαθητές, οι διαφορές μεγάλωναν. Άρα, η αλληλεπίδραση οφείλεται στις αυξανόμενες διαφορές των επιδόσεων μεταξύ των μαθητών της αστικής και της αγροτικής περιοχής, καθώς μεγάλωνε η τάξη στην οποία φοιτούσαν.

Στατιστικά σημαντική ήταν και η αλληλεπίδραση στις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο ΓΝΙ, που αφορούσε τις ανεξάρτητες μεταβλητές "φύλο," "τάξη" και "τύπος σχολείου,"  $F(1, 645)=3.16, p.=0.043$ . Η φύση της αλληλεπίδρασης αυτής φαίνεται ότι σχετίζεται με τις αλληλεπιδράσεις δύο μεταβλητών που έχουν ήδη μελετηθεί. Σύμφωνα με τον Πίνακα 7 δεν υπήρχαν άλλες στατιστικά σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μεταβλητών ως προς τις επιδόσεις των μαθητών στα προ-πειραματικά δοκίμια.

### **Κύρια Αποτελέσματα**

Εκτός από τις στατιστικά σημαντικές αλληλεπιδράσεις, σύμφωνα με τον Πίνακα 7, υπήρχαν και στατιστικά σημαντικές διαφορές (κύρια αποτελέσματα) που είχαν σχέση με τις ανεξάρτητες μεταβλητές "φύλο," "τάξη" και "τύπος σχολείου" (αστική και αγροτική περιοχή), οι οποίες όμως δεν ήταν ομοιόμορφες. Στην περίπτωση της ανεξάρτητης μεταβλητής "φύλο," υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μόνο στις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο αναλογικής σκέψης (ΑΣ),  $F(1, 645)=9.52, p.=0.002$ , και στο δοκίμιο ικανότητας εργαζόμενης μνήμης λέξεων (ΙΕΜΛ),  $F(1, 645)=9.97, p.=0.002$ . Και στα δύο δοκίμια, σύμφωνα με τους Πίνακες 3 και 6, οι επιδόσεις των κοριτσιών ήταν στατιστικά καλύτερες από εκείνες των αγοριών. Αυτό ισχύει για όλες τις τάξεις, για όλες τις πειραματικές ομάδες, αλλά και για τους δύο τύπους σχολείων, αφού δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση που να αφορά τα δοκίμια ΑΣ και ΙΕΜΛ. Στα δοκίμια γενικής νοητικής ικανότητας (ΓΝΙ) και ικανότητας εργαζόμενης μνήμης αριθμών (ΙΕΜΑ) δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των αγοριών και των κοριτσιών.

Στην περίπτωση της ανεξάρτητης μεταβλητής "τάξη," υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές και στα τέσσερα προ-πειραματικά δοκίμια ( $p.<0.01$ ). Για να εντοπιστούν μεταξύ ποιων τάξεων υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, έγινε ανάλυση Post Hoc με τη μέθοδο Scheffe. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής φαίνονται στον Πίνακα 8. Σύμφωνα με τον Πίνακα 8, για την εξαρτημένη μεταβλητή ΙΕΜΑ υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών κάθε δυάδας τάξεων ( $p.<0.01$ ),

με στατιστικά καλύτερες επιδόσεις για κάθε μεγαλύτερη τάξη. Για την εξαρτημένη όμως μεταβλητή ΑΣ υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μόνο μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της Δ' και Στ' τάξης, ενώ για την εξαρτημένη μεταβλητή ΓΝΙ υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά και μεταξύ της Ε' και Στ' τάξης. Στην περίπτωση της εξαρτημένης μεταβλητής ΙΕΜΑ υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ όλων των τάξεων, ενώ για την εξαρτημένη μεταβλητή ΙΕΜΛ δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της Ε' και Στ' τάξης. Η διαφορά που υπήρχε στο δοκίμιο ΑΣ οφείλεται στις καλύτερες επιδόσεις των μαθητών της Στ' τάξης. Στα δοκίμια ΓΝΙ, ΙΕΜΑ και ΙΕΜΛ οι επιδόσεις των μαθητών ήταν στατιστικά καλύτερες για τις μεγαλύτερες τάξεις. Για παράδειγμα, στο δοκίμιο ΙΕΜΑ υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές όχι μόνο μεταξύ των μαθητών της Δ' και Στ' τάξης, αλλά και μεταξύ των μαθητών της Δ' και Ε' τάξης και μεταξύ των μαθητών της Ε' και Στ' τάξης, ευνοώντας πάντα τις μεγαλύτερες τάξεις.

Πίνακας 8

Ανάλυση Post Hoc με τη Μέθοδο Scheffe για τις ΕΜ (ΓΝΙ, ΙΕΜΑ, ΙΕΜΛ, ΑΣ) σε Σχέση με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή "Τάξη"

<i>EM</i>	<i>Τάξη (I)</i>	<i>Τάξη (J)</i>	<i>MD (I-J)</i>	<i>Std. Error</i>	<i>p</i>
ΑΣ	Δ'	Ε'	-0.71	0.31	0.068
		Στ'	-1.39	0.29	0.000*
	Ε'	Δ'	0.71	0.31	0.068
		Στ'	-0.67	0.29	0.072
	Στ'	Δ'	1.39	0.29	0.000*
		Ε'	0.67	0.29	0.072
ΓΝΙ	Δ'	Ε'	-1.44	0.87	0.257
		Στ'	-4.12	0.82	0.000*
	Ε'	Δ'	1.44	0.87	0.257
		Στ'	-2.68	0.84	0.006*
	Στ'	Δ'	4.12	0.82	0.000*
		Ε'	2.68	0.84	0.006*
ΙΕΜΑ	Δ'	Ε'	-2.95	0.69	0.000*
		Στ'	-5.47	0.65	0.000*
	Ε'	Δ'	2.95	0.69	0.000*
		Στ'	-2.52	0.66	0.001*
	Στ'	Δ'	5.47	0.65	0.000*
		Ε'	2.52	0.66	0.001*
ΙΕΜΛ	Δ'	Ε'	-1.64	0.54	0.009*
		Στ'	-2.40	0.50	0.000*
	Ε'	Δ'	1.64	0.54	0.009*
		Στ'	-0.76	0.51	0.340
	Στ'	Δ'	2.40	0.50	0.000*
		Ε'	0.76	0.51	0.340

Σημείωση: EM= Εξαρτημένη Μεταβλητή

\*  $p < 0.01$

Σύμφωνα με τον Πίνακα 7, στατιστικά σημαντικές διαφορές υπήρχαν σε όλα τα προ-πειραματικά δοκίμια για την ανεξάρτητη μεταβλητή "τύπος σχολείου" ( $p < 0.01$ ). Μελετώντας προσεκτικά τους Πίνακες 3, 4, 5 και 6, γίνεται φανερό ότι, και στα τέσσερα προ-πειραματικά δοκίμια, οι στατιστικά σημαντικές διαφορές οφείλονταν στις καλύτερες επιδόσεις των μαθητών που φοιτούσαν στην αστική περιοχή σε σύγκριση με τους μαθητές που φοιτούσαν στην αγροτική περιοχή.

Για την ορθή ερμηνεία των στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των μαθητών της αστικής και αγροτικής περιοχής πρέπει όμως να συνυπολογιστούν και άλλοι παράγοντες. Για παράδειγμα, οι επιδόσεις των μαθητών της αστικής περιοχής στο δοκίμιο ΓΝΙ ήταν στατιστικά καλύτερες από τις αντίστοιχες επιδόσεις των μαθητών της αγροτικής περιοχής. Σύμφωνα όμως με το Σχήμα 11, οι διαφορές αυτές ήταν μεγαλύτερες μεταξύ των επιδόσεων των αγοριών και μικρότερες μεταξύ των επιδόσεων των κοριτσιών. Σύμφωνα επίσης με το Σχήμα 13, οι διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της Δ' τάξης και μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της Στ' τάξης ήταν μεγαλύτερες σε σύγκριση με τις διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της Ε' τάξης, ανεξαρτήτως φύλου. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι σύμφωνα με το Σχήμα 12, η στατιστικά σημαντική διαφορά που παρατηρείται στις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο ΑΣ οφείλεται στις διαφορές, ανεξαρτήτως φύλου, μεταξύ των μαθητών της Δ' τάξης και μεταξύ των μαθητών της Στ' τάξης, που ήταν πολύ μεγαλύτερες σε σύγκριση με εκείνες των μαθητών της Ε' τάξης που ήταν πάρα πολύ μικρές. Η στατιστικά σημαντική διαφορά που παρατηρήθηκε επίσης στο δοκίμιο ΙΕΜΑ οφείλεται περισσότερο, σύμφωνα με το Σχήμα 14, στις καλύτερες επιδόσεις που είχαν μεταξύ τους οι μαθητές της Στ' τάξης που φοιτούσαν στην αστική περιοχή σε σχέση με τις επιδόσεις των αντίστοιχων μαθητών που φοιτούσαν στην αγροτική περιοχή, ενώ η ίδια διαφορά οφείλεται ταυτόχρονα, σε μικρότερο βαθμό, στις καλύτερες επιδόσεις των μαθητών της Ε' τάξης που φοιτούσαν στην αστική περιοχή σε σχέση με τις αντίστοιχες επιδόσεις των μαθητών της Ε' τάξης που φοιτούσαν στην αγροτική περιοχή, ανεξαρτήτως φύλου. Αντίθετα, δεν υπήρχαν διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της Δ' τάξης που φοιτούσαν στην αστική και στην αγροτική περιοχή.

### **Επιδόσεις των Μαθητών στα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια**

#### **Συνολική Επίδοση (ΣΥΝΕ)**

Αρχικά, εξετάστηκε η συνολική επίδοση (ΣΥΝΕ) των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια. Στον Πίνακα 9, φαίνεται η συνολική επίδοση των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια, κατά τάξη, φύλο και τύπο σχολείου. Για τον υπολογισμό της συνολικής επίδοσης

των μαθητών αθροίστηκαν οι επιδόσεις των μαθητών στα τρία δοκίμια με τις ερωτήσεις για τα λευκά αιμοσφαίρια, για τη φωτοσύνθεση και για το κύτταρο καθώς επίσης και οι επιδόσεις τους στις ερωτήσεις για το κατάλληλο ανάλογο του ματιού.

Πίνακας 9

Συνολική Επίδοση των Μαθητών στα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια

Ομάδα	Συμμετέχοντες	Αγόρια		Κορίτσια		Σύνολο	
		ΜΟ	ΤΑ	ΜΟ	ΤΑ	ΜΟ	ΤΑ
ΟΕ	Δ' τάξη (n= 79)	11.04	4.45	10.83	4.37	10.96	4.39
	Ε' τάξη (n= 69)	11.02	4.86	11.00	3.98	11.01	4.36
	Στ' τάξη (n= 90)	13.04	4.53	11.20	3.59	12.20	4.21
	Σύνολο (n= 238)	11.79	4.65	11.03	3.92	11.44	4.34
ΠΟ <sub>1</sub>	Δ' τάξη (n= 76)	9.60	3.18	9.74	2.71	9.66	2.98
	Ε' τάξη (n= 68)	12.75	3.82	13.03	3.78	12.90	3.77
	Στ' τάξη (n= 88)	12.80	4.03	14.10	3.71	13.39	3.92
	Σύνολο (n= 232)	11.64	3.97	12.48	3.89	12.02	3.95
ΠΟ <sub>2</sub>	Δ' τάξη (n= 74)	12.80	3.29	12.27	3.95	12.55	3.60
	Ε' τάξη (n= 66)	12.05	3.59	13.38	4.19	12.77	3.96
	Στ' τάξη (n= 87)	14.24	4.71	14.69	4.45	14.47	4.56
	Σύνολο (n= 227)	13.14	4.03	13.55	4.31	13.35	4.17
Όλες οι ομάδες	Δ' τάξη (n= 229)	11.07	3.91	11.01	3.85	11.04	3.88
	Ε' τάξη (n= 203)	11.95	4.15	12.44	4.09	12.21	4.12
	Στ' τάξη (n= 265)	13.32	4.43	13.37	4.21	13.34	4.32
	Σύνολο (n= 697)	12.15	4.28	12.38	4.17	12.26	4.23

Σημείωση: ΜΟ = Μέσος Όρος, ΤΑ= Τυπική Απόκλιση, ΟΕ=Ομάδα Ελέγχου, ΠΟ<sub>1</sub>=Πρώτη Πειραματική Ομάδα, ΠΟ<sub>2</sub>=Δεύτερη Πειραματική Ομάδα

Από τον Πίνακα 9, φαίνεται ότι οι συνολικές επιδόσεις των μαθητών παρουσίαζαν αυξητική τάση με την ηλικία και ήταν καλύτερες για τα κορίτσια παρά για τα αγόρια. Επιπλέον, φαίνεται ότι οι επιδόσεις των μαθητών της ΠΟ<sub>2</sub>, ανεξαρτήτως φύλου και τύπου σχολείου, ήταν καλύτερες από εκείνες της ΠΟ<sub>1</sub> και οι επιδόσεις των μαθητών της ΠΟ<sub>1</sub> φαίνεται ότι ήταν καλύτερες από εκείνες των μαθητών της ομάδας ΟΕ.

### Στατιστική Ανάλυση

Για να διαπιστωθεί σε ποιες περιπτώσεις οι διαφορές στη συνολική επίδοση (ΣΥΝΕ) που φαίνονται στον Πίνακα 9 ήταν στατιστικά σημαντικές, εφαρμόστηκε ανάλυση διασποράς (ANOVA), 2 (φύλο) X 3 (τάξη) X 3 (πειραματική ομάδα), με εξαρτημένη μεταβλητή τη συνολική επίδοση (ΣΥΝΕ) των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια. Ο Πίνακας 10 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής.

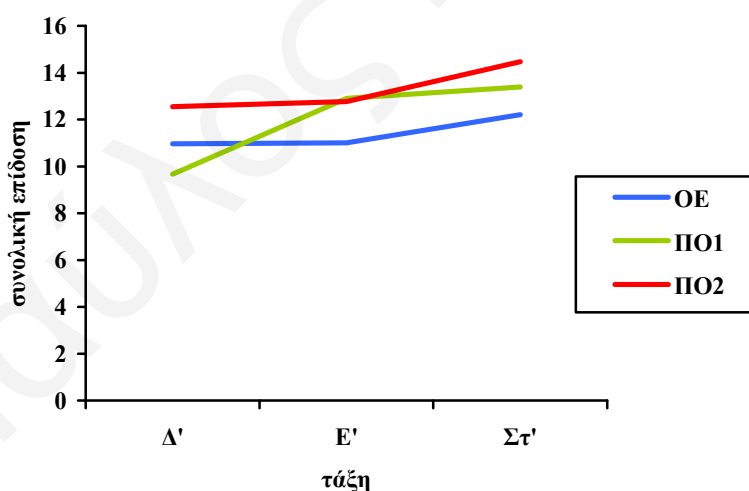
Πίνακας 10

Ανάλυση Διασποράς, 2(Φύλο) X 3(Τάξη) X 3(Πειραματική Ομάδα)  
με Εξαρτημένη Μεταβλητή τη ΣΥΝΕ των Μαθητών

Ανεξάρτητη Μεταβλητή	SS	df	MS	F	p
Φύλο	1.70	1	1.70	0.11	0.746
Τάξη	636.32	2	318.16	19.75	0.000*
Πειραματική Ομάδα	412.15	2	206.07	12.79	0.000*
Φύλο X τάξη	15.21	2	7.61	0.47	0.624
Φύλο X πειραματική ομάδα	53.95	2	26.97	1.68	0.188
Τάξη X πειραματική ομάδα	258.00	4	64.50	4.00	0.003*
Φύλο X τάξη X πειρ. ομάδα	72.36	4	18.09	1.12	0.344
error	10937.27	679	16.11		
total	117159.27	697			

Σημείωση: \*  $p < 0.01$

**Αποτελέσματα Αλληλεπιδράσεων:** Από τον Πίνακα 10, φαίνεται ότι υπήρχε μόνο μία στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση στη ΣΥΝΕ των μαθητών, που αφορούσε τις ανεξάρτητες μεταβλητές "τάξη" και "πειραματική ομάδα",  $F(4, 679) = 4.00$ ,  $p = 0.003$ . Η αλληλεπίδραση αυτή φαίνεται στο Σχήμα 15.



Σχήμα 15. Αλληλεπίδραση στη ΣΥΝΕ των Μαθητών, που Οφείλεται στις Ανεξάρτητες Μεταβλητές "Τάξη" και "Πειραματική Ομάδα"

Από το Σχήμα 15, φαίνεται ότι η αλληλεπίδραση οφείλεται κυρίως στη συμπεριφορά των μαθητών της ΠΟ1. Οι μαθητές της ΠΟ1 που φοιτούσαν στην Δ' τάξη είχαν χαμηλότερες επιδόσεις από τους αντίστοιχους μαθητές της ΟΕ και της ΠΟ2. Στην περίπτωση όμως της Ε' τάξης, οι μαθητές της ΠΟ1 και της ΠΟ2 είχαν σχεδόν τις ίδιες επιδόσεις, ενώ οι επιδόσεις των μαθητών της ΟΕ ήταν χαμηλότερες. Τέλος, οι επιδόσεις των μαθητών της ΠΟ1 που φοιτούσαν στην Στ' τάξη ήταν χαμηλότερες από τις αντίστοιχες επιδόσεις των



μαθητών της ΠΟ<sub>2</sub>, αλλά καλύτερες από εκείνες των μαθητών της ΟΕ. Δεν υπήρχαν όμως άλλες στατιστικά σημαντικές αλληλεπιδράσεις για την εξαρτημένη μεταβλητή ΣΥΝΕ.

**Κύρια Αποτελέσματα:** Αναφορικά με τα κύρια αποτελέσματα της ανάλυσης, ο Πίνακας 10 δείχνει ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των συνολικών επιδόσεων των μαθητών των τριών τάξεων,  $F(2, 679)=19.75$ ,  $p=0.000$ , αλλά και των τριών πειραματικών ομάδων,  $F(2, 679)=12.79$ ,  $p=0.000$ . Για την ανεξάρτητη μεταβλητή "φύλο" δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Για να εξακριβωθεί μεταξύ ποιων τάξεων και ποιων ομάδων υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, έγινε ανάλυση Post Hoc με τη μέθοδο Scheffe. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής για τη μεταβλητή "τάξη" φαίνονται στον Πίνακα 11, ενώ για τη μεταβλητή "πειραματική ομάδα" φαίνονται στον Πίνακα 12.

Πίνακας 11

Ανάλυση Post Hoc με τη Μέθοδο Scheffe για την ΕΜ (ΣΥΝΕ), σε Σχέση με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή "Τάξη"

Τάξη (I)	Τάξη (J)	MD (I-J)	Std. Error	p
Δ'	Ε'	-1.17	0.39	0.010**
	Στ'	-2.3	0.36	0.000*
Ε'	Δ'	1.17	0.39	0.010**
	Στ'	-1.13	0.37	0.011**
Στ'	Δ'	2.3	0.36	0.000*
	Ε'	1.13	0.37	0.011**

Σημείωση: \*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$

Πίνακας 12

Ανάλυση Post Hoc με τη Μέθοδο Scheffe για την ΕΜ (ΣΥΝΕ), σε Σχέση με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή "Πειραματική Ομάδα"

Ομάδα (I)	Ομάδα (J)	MD (I-J)	Std. Error	p
ΟΕ	ΠΟ <sub>1</sub>	-0.58	0.37	0.293
	ΠΟ <sub>2</sub>	-1.91	0.37	0.000*
ΠΟ <sub>1</sub>	ΟΕ	0.58	0.37	0.293
	ΠΟ <sub>2</sub>	-1.33	0.37	0.002*
ΠΟ <sub>2</sub>	ΟΕ	1.91	0.37	0.000*
	ΠΟ <sub>1</sub>	1.33	0.37	0.002*

Σημείωση: \*  $p < 0.01$

Ο Πίνακας 11 δείχνει ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών όλων των τάξεων. Υπήρχε δηλαδή στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ

των επιδόσεων των μαθητών της Δ' τάξης με εκείνους της Ε' τάξης ( $p < 0.05$ ) και με εκείνους της Στ' τάξης ( $p < 0.01$ ), και μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της Ε' και της Στ' τάξης ( $p < 0.05$ ). Σύμφωνα με τον Πίνακα 12, στατιστικά σημαντικές διαφορές υπήρχαν μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της ΠΟ<sub>2</sub> με εκείνες των μαθητών της ΟΕ και της ΠΟ<sub>1</sub> ( $p < 0.01$ ), ευνοώντας τις επιδόσεις των μαθητών της ΠΟ<sub>2</sub>. Δεν υπήρχε όμως στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της ΟΕ και εκείνων των μαθητών της ΠΟ<sub>1</sub>. Είναι επομένως φανερό ότι οι επιδόσεις των μαθητών κατά τάξη ήταν στατιστικά καλύτερες για τις μεγαλύτερες τάξεις (Δ' < Ε' < Στ'), ενώ οι στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των πειραματικών ομάδων δείχνουν ότι στατιστικά καλύτερες επιδόσεις είχαν μόνο οι μαθητές της ΠΟ<sub>2</sub> από εκείνους της ΠΟ<sub>1</sub> και της ΟΕ. Οι επιδόσεις των μαθητών της ΠΟ<sub>1</sub> ήταν μεν υψηλότερες από εκείνες των μαθητών της ΟΕ, αλλά οι διαφορές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές.

### Επιδόσεις των Μαθητών στα Τέσσερα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια Χωριστά

Οι διαφορές που εντοπίστηκαν για τη ΣΥΝΕ των μαθητών δεν μπορούν όμως να δώσουν πλήρεις πληροφορίες για τις διαφορές που σχετίζονται με τις επιδόσεις των μαθητών στα τέσσερα μετα-πειραματικά δοκίμια χωριστά. Επομένως εξετάστηκαν στη συνέχεια οι επιδόσεις των μαθητών σε κάθε ένα από τα τέσσερα μετα-πειραματικά δοκίμια χωριστά.

Πίνακας 13

#### Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο με τις EMN

Ομάδα	Συμμετέχοντες	Αγόρια		Κορίτσια		Σύνολο	
		ΜΟ	ΤΑ	ΜΟ	ΤΑ	ΜΟ	ΤΑ
ΟΕ	Δ' τάξη (n= 79)	7.31	2.91	7.30	2.58	7.30	2.77
	Ε' τάξη (n= 69)	7.61	2.95	7.37	2.02	7.48	2.47
	Στ' τάξη (n= 90)	8.47	2.23	7.07	2.50	7.83	2.45
	Σύνολο (n= 238)	7.82	2.71	7.24	2.35	7.55	2.56
ΠΟ <sub>1</sub>	Δ' τάξη (n= 76)	6.38	2.32	6.45	1.95	6.41	2.16
	Ε' τάξη (n= 68)	8.31	1.86	8.19	1.95	8.25	1.90
	Στ' τάξη (n= 88)	8.19	2.37	8.67	2.22	8.41	2.30
	Σύνολο (n= 232)	7.57	2.39	7.87	2.24	7.71	2.32
ΠΟ <sub>2</sub>	Δ' τάξη (n= 74)	8.62	1.98	8.14	2.55	8.39	2.26
	Ε' τάξη (n= 66)	7.87	2.24	8.42	2.32	8.17	2.28
	Στ' τάξη (n= 87)	8.83	2.42	8.62	2.39	8.72	2.39
	Σύνολο (n= 227)	8.50	2.24	8.41	2.40	8.45	2.32
Όλες οι ομάδες	Δ' τάξη (n= 229)	7.38	2.61	7.33	2.46	7.36	2.54
	Ε' τάξη (n= 203)	7.94	2.38	7.98	2.13	7.96	2.24
	Στ' τάξη (n= 265)	8.48	2.33	8.13	2.47	8.32	2.40
	Σύνολο (n= 697)	7.94	2.49	7.85	2.38	7.90	2.43

Σημείωση: ΜΟ = Μέσος Όρος, ΤΑ= Τυπική Απόκλιση, ΟΕ=Ομάδα Ελέγχου, ΠΟ<sub>1</sub>=Πρώτη Πειραματική Ομάδα, ΠΟ<sub>2</sub>=Δεύτερη Πειραματική Ομάδα

Πίνακας 14

## Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο με τις ΣΕ

Ομάδα	Συμμετέχοντες	Αγόρια		Κορίτσια		Σύνολο	
		ΜΟ	ΤΑ	ΜΟ	ΤΑ	ΜΟ	ΤΑ
ΟΕ	Δ' τάξη (n= 79)	3.15	1.75	3.03	1.88	3.11	1.79
	Ε' τάξη (n= 69)	2.96	2.01	3.08	1.78	3.02	1.87
	Στ' τάξη (n= 90)	3.68	1.84	3.38	1.41	3.54	1.66
	Σύνολο (n= 238)	3.31	1.86	3.18	1.67	3.25	1.77
ΠΟ <sub>1</sub>	Δ' τάξη (n= 76)	2.92	1.34	3.05	1.14	2.97	1.26
	Ε' τάξη (n= 68)	3.64	1.61	3.99	1.94	3.82	1.79
	Στ' τάξη (n= 88)	3.70	1.51	4.28	1.64	3.96	1.59
	Σύνολο (n= 232)	3.40	1.51	3.82	1.69	3.60	1.61
ΠΟ <sub>2</sub>	Δ' τάξη (n= 74)	3.62	1.61	3.50	1.45	3.56	1.52
	Ε' τάξη (n= 66)	3.48	1.48	4.22	2.10	3.89	1.87
	Στ' τάξη (n= 87)	4.31	2.13	4.68	2.13	4.49	2.12
	Σύνολο (n= 227)	3.84	1.82	4.18	1.98	4.01	1.91
Όλες οι ομάδες	Δ' τάξη (n= 229)	3.21	1.60	3.21	1.51	3.21	1.56
	Ε' τάξη (n= 203)	3.36	1.72	3.75	1.99	3.57	1.88
	Στ' τάξη (n= 265)	3.88	1.84	4.12	1.83	3.99	1.84
	Σύνολο (n= 697)	3.50	1.74	3.74	1.83	3.40	1.51

Σημείωση: ΜΟ = Μέσος Όρος, ΤΑ= Τυπική Απόκλιση ΟΕ=Ομάδα Ελέγχου,  
ΠΟ<sub>1</sub>=Πρώτη Πειραματική Ομάδα, ΠΟ<sub>2</sub>=Δεύτερη Πειραματική Ομάδα

Πίνακας 15

## Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο με τις ΕΑΜ

Ομάδα	Συμμετέχοντες	Αγόρια		Κορίτσια		Σύνολο	
		ΜΟ	ΤΑ	ΜΟ	ΤΑ	ΜΟ	ΤΑ
ΟΕ	Δ' τάξη (n= 79)	0.58	0.74	0.50	0.87	0.55	0.79
	Ε' τάξη (n= 69)	0.45	0.91	0.55	0.85	0.51	0.87
	Στ' τάξη (n= 90)	0.89	1.17	0.74	0.99	0.82	1.09
	Σύνολο (n= 238)	0.67	0.97	0.61	0.91	0.64	0.94
ΠΟ <sub>1</sub>	Δ' τάξη (n= 76)	0.30	0.58	0.24	0.46	0.28	0.53
	Ε' τάξη (n= 68)	0.80	0.96	0.85	0.89	0.82	0.91
	Στ' τάξη (n= 88)	0.92	1.05	1.15	1.19	1.02	1.12
	Σύνολο (n= 232)	0.66	0.92	0.79	0.99	0.72	0.95
ΠΟ <sub>2</sub>	Δ' τάξη (n= 74)	0.56	0.81	0.63	0.83	0.60	0.81
	Ε' τάξη (n= 66)	0.70	0.92	0.74	0.83	0.72	0.86
	Στ' τάξη (n= 87)	1.10	1.21	1.40	1.10	1.25	1.16
	Σύνολο (n= 227)	0.80	1.02	0.96	1.00	0.88	1.01
Όλες οι ομάδες	Δ' τάξη (n= 229)	0.48	0.72	0.46	0.76	0.47	0.73
	Ε' τάξη (n= 203)	0.65	0.93	0.71	0.86	0.68	0.89
	Στ' τάξη (n= 265)	0.96	1.14	1.11	1.12	1.03	1.13
	Σύνολο (n= 697)	0.71	0.97	0.79	0.98	0.75	0.97

Σημείωση: ΜΟ = Μέσος Όρος, ΤΑ= Τυπική Απόκλιση, ΟΕ=Ομάδα Ελέγχου,  
ΠΟ<sub>1</sub>=Πρώτη Πειραματική Ομάδα, ΠΟ<sub>2</sub>=Δεύτερη Πειραματική Ομάδα

Στους Πίνακες 13, 14 και 15, παρουσιάζονται οι επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο με τις ερωτήσεις μνήμης (EMN), στο δοκίμιο με τις συμπερασματικές ερωτήσεις (ΣΕ) και στο δοκίμιο με τις ερωτήσεις για το ανάλογο του ματιού (EAM), αντίστοιχα, σε σχέση με το φύλο, την τάξη και την πειραματική ομάδα. Από τους Πίνακες 13, 14 και 15, φαίνεται ότι υπήρχαν κάποιες κοινές τάσεις όσον αφορά τις επιδόσεις των μαθητών στα τρία δοκίμια. Για παράδειγμα, οι επιδόσεις των μαθητών και στα τρία δοκίμια είχαν αυξητική τάση καθώς μεγάλωνε η τάξη στην οποία φοιτούσαν. Από την άλλη, οι επιδόσεις των μαθητών και στα τρία δοκίμια, ανεξαρτήτως τάξης και φύλου, φαίνεται ότι ήταν καλύτερες από την μια πειραματική ομάδα στην άλλη ( $OE < PO_1 < PO_2$ ). Φαίνεται επίσης ότι οι επιδόσεις των κοριτσιών, ανεξαρτήτως τάξης και πειραματική ομάδας, ήταν καλύτερες από εκείνες των αγοριών μόνο στα δοκίμια με τις ΣΕ και με τις EAM, αλλά όχι στο δοκίμιο ΑΣ όπου οι επιδόσεις των αγοριών ήταν καλύτερες.

### **Στατιστική Ανάλυση**

Για να εντοπιστεί κατά πόσο υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις επιδόσεις των μαθητών σε κάθε ένα από τα τρία μετα-πειραματικά δοκίμια, εφαρμόστηκε πολλαπλή ανάλυση διασποράς (MANOVA) 2 (φύλο) X 3 (τάξη) X 3 (πειραματική ομάδα). Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής παρουσιάζονται στον Πίνακα 16.

**Αποτελέσματα Αλληλεπιδράσεων:** Στον Πίνακα 16, εμφανίζονται μόνο δύο στατιστικά σημαντικές αλληλεπιδράσεις στις επιδόσεις των μαθητών, που σχετίζονται με τις ανεξάρτητες μεταβλητές "τάξη" και "πειραματική ομάδα". Η πρώτη αναφέρεται στις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο με τις EMN,  $F(4, 679)=4.68$ ,  $p=.001$ , και η δεύτερη αναφέρεται στις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο με τις EAM,  $F(4, 679)=2.28$ ,  $p=.036$ . Η φύση της αλληλεπίδρασης για τις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο με τις EMN φαίνεται στο Σχήμα 16. Σύμφωνα με το Σχήμα 16, η αλληλεπίδραση που παρατηρήθηκε οφείλεται και πάλι στη συμπεριφορά των μαθητών της  $PO_1$ , και ήταν της ίδιας μορφής με την αλληλεπίδραση που παρατηρήθηκε για τη ΣΥΝΕ των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια. Συγκεκριμένα, οι μαθητές της  $PO_1$  που φοιτούσαν στην Δ' τάξη είχαν χαμηλότερες επιδόσεις από τους αντίστοιχους μαθητές της OE και της  $PO_2$ , κάτι που όμως αλλάζει στις άλλες δύο τάξεις. Στην Ε' τάξη οι επιδόσεις των μαθητών της  $PO_1$  ήταν ίδιες με εκείνες των μαθητών της  $PO_2$  και καλύτερες από τους μαθητές της OE, ενώ στην Στ' τάξη οι επιδόσεις των μαθητών της  $PO_1$  ήταν χαμηλότερες από τις αντίστοιχες επιδόσεις των μαθητών της  $PO_2$ , αλλά καλύτερες από εκείνες των μαθητών της OE. Προκύπτει επομένως ότι η αλληλεπίδραση στο Σχήμα 15 οφείλεται στις επιδόσεις

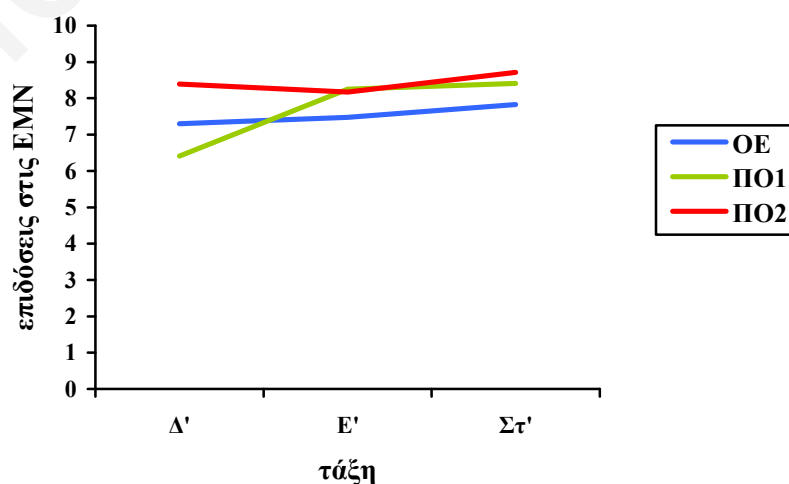
των μαθητών στο δοκίμιο με τις EMN, διότι οι επιδόσεις αυτές εμπεριέχονταν στη ΣΥΝΕ των μαθητών.

Πίνακας 16

Πολλαπλή Ανάλυση Διασποράς 2(Φύλο) X 3(Τάξη) X 3(Πειραματική Ομάδα) με Εξαρτημένες Μεταβλητές τις Επιδόσεις των Μαθητών στα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια

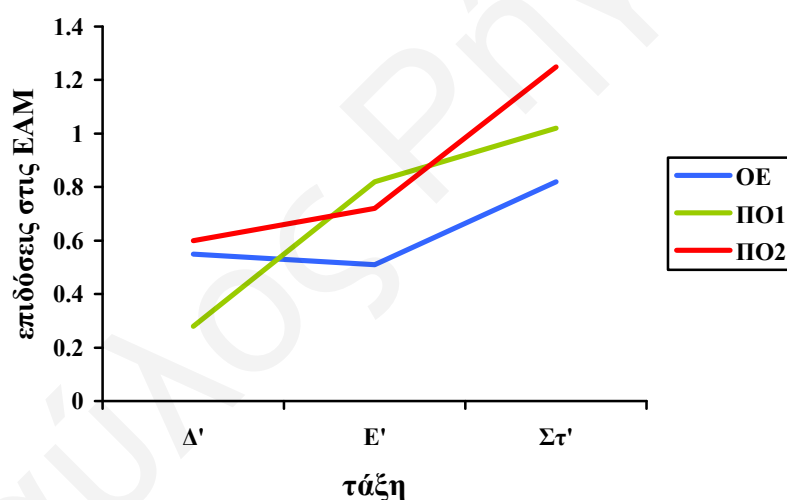
AM	EM	SS	df	MS	F	p
Φύλο	EMN	3.74	1	3.74	0.68	0.410
	ΣΕ	6.27	1	6.27	2.08	0.149
	EAM	0.54	1	0.54	0.61	0.435
Τάξη	EMN	108.36	2	54.18	9.83	0.000*
	ΣΕ	76.00	2	38.00	12.63	0.000*
	EAM	39.40	2	19.70	22.35	0.000*
Πειραματική ομάδα	EMN	10.89	2	5.44	9.16	0.000*
	ΣΕ	64.13	2	32.07	10.66	0.000*
	EAM	6.32	2	3.16	3.58	0.028**
Φύλο X τάξη	EMN	5.51	2	2.76	0.50	0.607
	ΣΕ	5.17	2	2.58	0.86	0.424
	EAM	0.74	2	0.37	0.42	0.658
Φύλο X πειραματική ομάδα	EMN	14.75	2	7.37	1.34	0.263
	ΣΕ	7.28	2	3.64	1.21	0.299
	EAM	0.91	2	0.46	0.52	0.596
Τάξη X πειραματική ομάδα	EMN	103.22	4	25.80	4.68	0.001*
	ΣΕ	17.37	4	4.34	1.44	0.218
	EAM	9.11	4	2.28	2.58	0.036**
Φύλο X τάξη X πειραματική ομάδα	EMN	30.80	4	7.70	1.40	0.233
	ΣΕ	5.15	4	1.29	0.43	0.789
	EAM	1.63	4	0.41	0.46	0.764
error	EMN	3740.89	679	5.51		
	ΣΕ	2042.39	679	3.01		
	EAM	598.40	679	0.88		
total	EMN	47603.00	697			
	ΣΕ	11329.08	697			
	EAM	1046.00	697			

Σημείωση: AM=Ανεξάρτητη Μεταβλητή, EM=Εξαρτημένη Μεταβλητή, \*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$



Σχήμα 16. Αλληλεπίδραση στο Δοκίμιο με τις EMN, που Οφείλεται στις Ανεξάρτητες Μεταβλητές "Τάξη" και "Πειραματική Ομάδα"

Η στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση που βρέθηκε για τις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο με τις ΕΑΜ φαίνεται στο Σχήμα 17 όπου και αυτή φαίνεται να οφείλεται στη διαφορετική συμπεριφορά των μαθητών της ΠΟ<sub>1</sub>, αλλά επιπρόσθετα και στις διαφορές που παρατηρούνται μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της ΟΕ και της ΠΟ<sub>2</sub> που ήταν πολύ μεγαλύτερες για την Ε' και την Στ' τάξη. Συγκεκριμένα, οι επιδόσεις των μαθητών της ΠΟ<sub>1</sub> που φοιτούσαν στη Δ' τάξη ήταν χαμηλότερες από εκείνες των αντίστοιχων μαθητών της ΟΕ και της ΠΟ<sub>2</sub>. Στην περίπτωση της Ε' τάξης, τα αποτελέσματα αντιστρέφονται και οι επιδόσεις των μαθητών της ΠΟ<sub>1</sub> ήταν καλύτερες από εκείνες των μαθητών της ΠΟ<sub>2</sub> και της ΟΕ. Στην Στ' τάξη οι επιδόσεις των μαθητών της ΠΟ<sub>1</sub> ήταν χαμηλότερες από εκείνες της ΠΟ<sub>2</sub>, αλλά καλύτερες από τις αντίστοιχες επιδόσεις των μαθητών της ΟΕ. Οι διαφορές των επιδόσεων των μαθητών στις ΕΑΜ δεν ήταν οι ίδιες μεταξύ της ΠΟ<sub>2</sub> και της ΟΕ. Δεν παρατηρήθηκαν άλλες στατιστικά σημαντικές αλληλεπιδράσεις για τις επιδόσεις των μαθητών στα τρία μετα-πειραματικά δοκίμια.



Σχήμα 17. Αλληλεπίδραση στο Δοκίμιο με τις ΕΑΜ, που Οφείλεται στις Ανεξάρτητες Μεταβλητές "Τάξη" και "Πειραματική Ομάδα"

**Κύρια Αποτελέσματα:** Ο Πίνακας 16 δείχνει επίσης ότι υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τριών τάξεων ( $p < 0.01$ ). Ταυτόχρονα, στατιστικά σημαντικές διαφορές υπήρχαν και μεταξύ των τριών πειραματικών ομάδων (για τα δοκίμια με τις ΕΜΝ και στις ΣΕ το επίπεδο σημαντικότητας ήταν  $p < 0.01$ , ενώ για το δοκίμιο με τις ΕΑΜ το επίπεδο σημαντικότητας ήταν  $p < 0.05$ ). Αντιθέτως, σε κανένα από τα δοκίμια δεν εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επιδόσεων των αγοριών και των κοριτσιών.

Για να διερευνηθεί μεταξύ ποιων τάξεων και ποιων πειραματικών ομάδων υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές, έγινε ανάλυση Post Hoc με τη μέθοδο Scheffe. Τα

αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής, για την ανεξάρτητη μεταβλητή "τάξη," φαίνονται στον Πίνακα 17. Από τον Πίνακα 17, φαίνεται ότι στα δοκίμια με τις ΣΕ και τις ΕΑΜ υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της Στ' τάξης με την Δ' τάξη ( $p < 0.01$ ), που ευνοούσαν την Στ' τάξη. Ταυτόχρονα υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της Στ' τάξης με την Ε' τάξη για το δοκίμιο με τις ΣΕ ( $p < 0.05$ ), αλλά και για το δοκίμιο με τις ΕΑΜ ( $p < 0.01$ ), που πάλι ευνοούσαν την Στ' τάξη. Αυτό σημαίνει ότι οι επιδόσεις των μαθητών της Στ' τάξης, τόσο στο δοκίμιο με τις ΣΕ, όσο και στο δοκίμιο με τις ΕΑΜ, ήταν στατιστικά καλύτερες από τις αντίστοιχες επιδόσεις των μαθητών της Δ' και της Ε' τάξης. Αντιθέτως μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της Δ' και της Ε' τάξης, στα δοκίμια με τις ΣΕ και τις ΕΑΜ, δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Πίνακας 17

Ανάλυση Post Hoc με τη Μέθοδο Scheffe για τις EM (EMN, ΣΕ, ΕΑΜ) σε Σχέση με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή "Τάξη"

EM	Τάξη (I)	Τάξη (J)	MD (I-J)	Std. Error	p
EMN	Δ'	E'	-0.60	0.23	0.029**
		Στ'	-0.96	0.21	0.000*
	E'	Δ'	0.60	0.23	0.029**
		Στ'	-0.36	0.22	0.266
	Στ'	Δ'	0.96	0.21	0.000*
		E'	0.36	0.22	0.266
ΣΕ	Δ'	E'	-0.36	0.17	0.097
		Στ'	-0.79	0.16	0.000*
	E'	Δ'	0.36	0.17	0.097
		Στ'	-0.42	0.16	0.033**
	Στ'	Δ'	0.79	0.16	0.000*
		E'	0.42	0.16	0.033**
ΕΑΜ	Δ'	E'	-0.21	0.09	0.071
		Στ'	-0.56	0.08	0.000*
	E'	Δ'	0.21	0.09	0.071
		Στ'	-0.35	0.09	0.000*
	Στ'	Δ'	0.56	0.08	0.000*
		E'	0.35	0.09	0.000*

Σημείωση: EM= Εξαρτημένη Μεταβλητή  
\* $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$

Στο δοκίμιο με τις EMN οι επιδόσεις των μαθητών της Δ' τάξης ήταν επίσης στατιστικά χαμηλότερες, τόσο από τις επιδόσεις των μαθητών της Ε' τάξης ( $p < 0.05$ ) όσο και από τις επιδόσεις των μαθητών της Στ' τάξης ( $p < 0.05$ ). Μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της Ε' και της Στ' τάξης δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Ανάλογα ήταν και τα ευρήματα της Yanowitz (2001b), η οποία εντόπισε ότι οι μαθητές της Στ' τάξης του

δημοτικού σχολείου είχαν καλύτερες επιδόσεις από τους μαθητές της Δ' τάξης, τόσο σε δοκίμιο με ερωτήσεις μνήμης, όσο και σε δοκίμιο με συμπερασματικές ερωτήσεις. Παρόμοια ήταν τα ευρήματα και των Glynn και Takahashi (1998), οι οποίοι όταν δίδαξαν μια επιστημονική έννοια (ζωικό κύτταρο), χρησιμοποιώντας το μοντέλο TWA (Teaching with Analogies Model – Μοντέλο Διδασκαλίας Με Αναλογίες). Στην έρευνα αυτή βρέθηκε ότι οι μεγαλύτεροι σε ηλικία μαθητές γυμνασίου μπορούσαν να κατανοήσουν πιο εύκολα μια επιστημονική έννοια από μαθητές μικρότερης ηλικίας.

Τα ευρήματα τόσο για τις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο με τις EMN, όσο και για εκείνες των μαθητών στο δοκίμιο με τις ΣΕ και τις ΕΑΜ, τείνουν να συμφωνήσουν με το *Δομικό Μοντέλο των Σταδίων της Αναλογικής Σκέψης* του Piaget (Goswami, 1991). Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, η αναλογική σκέψη των μαθητών αναπτύσσεται στο στάδιο της τυπικής λογικής σκέψης (11 χρονών και άνω), δηλαδή περίπου στην ηλικία των μαθητών που φοιτούν στη Στ' τάξη. Παρόλα αυτά, θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι έννοιες που παρουσιάστηκαν στους μαθητές ήταν αφηρημένες, και άρα η καλύτερη επίδοση των μεγαλύτερων μαθητών ίσως να οφειλόταν περισσότερο στην ικανότητά τους να χειρίζονται πιο εύκολα κείμενα με αφηρημένες έννοιες, παρά στο γεγονός ότι δεν είχε αναπτυχθεί η αναλογική σκέψη τους. Αυτό άλλωστε υποστήριξαν και άλλοι ερευνητές (Goswami & Brown, 1989), οι οποίοι μέσα από τις ερευνητικές τους προσπάθειες έδειξαν ότι η αναλογική σκέψη των μαθητών αρχίζει να αναπτύσσεται σε πολύ μικρές ηλικίες (τριών χρονών). Συνεπώς, θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι οι μαθητές αναπτύσσουν την αναλογική σκέψη τους σε μικρότερες ηλικίες και απλά αρχίζουν να χειρίζονται ορθά αναλογίες με αφηρημένες έννοιες στο στάδιο της τυπικής λογικής σκέψης.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης Post Hoc με τη μέθοδο Scheffe, για την ανεξάρτητη μεταβλητή "πειραματική ομάδα," παρουσιάζονται στον Πίνακα 18. Από τον Πίνακα 18, φαίνεται ότι στο δοκίμιο με τις EMN (ερωτήσεις μνήμης), αλλά και στο δοκίμιο με τις ΣΕ (συμπερασματικές ερωτήσεις), υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της ΠΟ<sub>2</sub> σε σχέση εκείνες των μαθητών της ΟΕ ( $p < 0.01$ ), που ευνοούσε τη ΠΟ<sub>2</sub>. Υπήρχε επίσης στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της ΠΟ<sub>2</sub> και της ΠΟ<sub>1</sub> στο δοκίμιο με τις EMN ( $p < 0.01$ ), αλλά και στο δοκίμιο με τις ΣΕ ( $p < 0.05$ ), που ευνοούσε επίσης τη ΠΟ<sub>2</sub>. Αντίθετα, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της ΟΕ και της ΠΟ<sub>1</sub>. Τα αποτελέσματα αυτά αποτελούν ένδειξη για το συνδυασμένο αποτέλεσμα που οφείλεται στις διπλές αναλογίες. Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν και άλλοι ερευνητές (Bean,



Searles, Singer & Cowen, 1990· Glynn & Takahashi, 1998· Paris & Glynn, 2004), οι οποίοι συμπέραναν ότι οι διπλές αναλογίες (λεκτικές και εικονικές) βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών.

Πίνακας 18

Ανάλυση Post Hoc με τη Μέθοδο Scheffe για τις EM (EMN, ΣΕ, ΕΑΜ)  
σε Σχέση με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή "Πειραματική Ομάδα"

<i>EM</i>	<i>Ομάδα (I)</i>	<i>Ομάδα (J)</i>	<i>MD (I-J)</i>	<i>Std. Error</i>	<i>p</i>
EMN	OE	ΠΟ <sub>1</sub>	-0.15	0.22	0.781
		ΠΟ <sub>2</sub>	-0.90	0.22	0.000*
	ΠΟ <sub>1</sub>	OE	0.15	0.22	0.781
		ΠΟ <sub>2</sub>	-0.75	0.22	0.003*
	ΠΟ <sub>2</sub>	OE	0.90	0.22	0.000*
		ΠΟ <sub>1</sub>	0.75	0.22	0.003*
ΣΕ	OE	ΠΟ <sub>1</sub>	-0.35	0.16	0.093
		ΠΟ <sub>2</sub>	-0.77	0.16	0.000*
	ΠΟ <sub>1</sub>	OE	0.35	0.16	0.093
		ΠΟ <sub>2</sub>	-0.42	0.16	0.037**
	ΠΟ <sub>2</sub>	OE	0.77	0.16	0.000*
		ΠΟ <sub>1</sub>	0.42	0.16	0.037**
ΕΑΜ	OE	ΠΟ <sub>1</sub>	-0.08	0.09	0.659
		ΠΟ <sub>2</sub>	-0.24	0.09	0.021**
	ΠΟ <sub>1</sub>	OE	0.08	0.09	0.659
		ΠΟ <sub>2</sub>	-0.16	0.09	0.177
	ΠΟ <sub>2</sub>	OE	0.24	0.09	0.021**
		ΠΟ <sub>1</sub>	0.16	0.09	0.177

Σημείωση: EM= Εξαρτημένη Μεταβλητή, OE=Ομάδα Ελέγχου, ΠΟ<sub>1</sub>=Πρώτη Πειραματική Ομάδα, ΠΟ<sub>2</sub>=Δεύτερη Πειραματική Ομάδα, \*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$

Παρόλο που, σύμφωνα με τον Πίνακα 13, οι επιδόσεις των μαθητών της ΠΟ<sub>1</sub> στο μεταπειραματικό δοκίμιο με τις EMN ήταν υψηλότερες από εκείνες των μαθητών της ΟΕ, εντούτοις οι διαφορές αυτές δεν ήταν στατιστικά σημαντικές. Κάτι παρόμοιο συμβαίνει, σύμφωνα με τον Πίνακα 14, και με τις επιδόσεις των μαθητών της ΠΟ<sub>1</sub> στο μεταπειραματικό δοκίμιο με τις ΣΕ, σε σχέση με τις αντίστοιχες επιδόσεις των μαθητών της ΟΕ.

Στην περίπτωση του δοκίμιου με τις ΕΑΜ, οι μαθητές της ΠΟ<sub>2</sub> είχαν στατιστικά καλύτερες επιδόσεις από τις επιδόσεις των μαθητών της ΟΕ ( $p < 0.05$ ). Δεν υπήρχαν όμως στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της ΠΟ<sub>2</sub> και των αντίστοιχων επιδόσεων των μαθητών της ΠΟ<sub>1</sub>, αλλά ούτε μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της ΠΟ<sub>1</sub> με τις επιδόσεις των μαθητών της ΟΕ, παρόλο που, σύμφωνα με τον Πίνακα 15 οι επιδόσεις των μαθητών της ΠΟ<sub>2</sub> στο μεταπειραματικό δοκίμιο με τις ΕΑΜ, ήταν

υψηλότερες τόσο από τις επιδόσεις των μαθητών της ΠΟ<sub>1</sub>, όσο και από τις επιδόσεις των μαθητών της ΟΕ. Είναι φανερό ότι λόγω της εξάσκησης με τη χρήση κειμένων με διπλές αναλογίες, οι μαθητές της ΠΟ<sub>2</sub> μπόρεσαν να απαντήσουν καλύτερα στις ΕΑΜ. Ο Anderson (1995) αναφέρει ότι η χρήση αναλογιών στη λύση προβλήματος δίνει περισσότερα εφόδια στους μαθητές να λύσουν πιο εύκολα και πιο γρήγορα όχι μόνο ένα συγκεκριμένο πρόβλημα, αλλά και άλλα παρόμοια προβλήματα. Η Pittman (1999) βρήκε στην έρευνά της ότι μαθητές γυμνασίου, που εργάστηκαν με λεκτικές αναλογίες στο παρελθόν, μπορούσαν να παραγάγουν δικές τους αναλογίες για μια επιστημονική έννοια. Ανάλογα αποτελέσματα βρήκε και ο Wong (1993a, 1993b). Τα αποτελέσματα αυτά δεν επιβεβαιώθηκαν στην παρούσα έρευνα, αφού βρέθηκε ότι η εξάσκηση των μαθητών με τη χρήση κειμένων με λεκτικές αναλογίες δεν οδήγησε στην ορθή επιλογή του κατάλληλου ανάλογου για τη λειτουργία του ματιού. Επομένως, οι μαθητές του δημοτικού σχολείου, λόγω του ότι ίσως δεν έχουν πλήρως ανεπτυγμένη αναλογική σκέψη, δεν μπορούν να επεξεργαστούν εύκολα αφηρημένες επιστημονικές έννοιες, όπου απουσιάζει εικονική αναπαράστασή τους. Συνεπώς, η εξάσκησή τους με τις γραπτές αναλογίες δεν ήταν τόσο αποτελεσματική όσο η εξάσκηση των μαθητών που εργάστηκαν στη ΠΟ<sub>2</sub> και για αυτό δεν υπήρχε διαφοροποίηση στις επιδόσεις των μαθητών της ΠΟ<sub>1</sub> σε σχέση με την ΟΕ.

### **Συμπληρωματικές Ποιοτικές Αναλύσεις για τα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια**

Στη συνέχεια παρατίθενται κάποιες από τις απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές στις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου στο δοκίμιο με τις ΣΕ και στο δοκίμιο με τις ΕΑΜ. Η ανάλυση αυτή κρίθηκε αναγκαία, για να διακριβωθεί σύγκλιση ή απόκλιση των ποιοτικών με τα ποσοτικά δεδομένα (triangulation of data).

### **Ηλικία (Τάξη) και Συμπερασματικές Ερωτήσεις (ΣΕ)**

Οι διαφορές που εντοπίστηκαν για τις επιδόσεις των μαθητών από διαφορετικές τάξεις στο δοκίμιο με τις ΣΕ φαίνονται και στις απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές. Οι περισσότεροι μαθητές της Στ' τάξης έδιναν ολοκληρωμένες απαντήσεις, σε αντίθεση με τους μικρότερους μαθητές που απαντούσαν με λιγότερα στοιχεία. Στον Πίνακα 19, παρουσιάζονται δείγματα από τις απαντήσεις που έδωσαν μαθητές της Δ', της Ε' και της Στ' τάξης από την ΠΟ<sub>2</sub>, που φοιτούσαν σε σχολείο αστικής περιοχής. Κρίθηκε αναγκαίο να επιλεγούν δείγματα απαντήσεων μόνο από μαθητές της ΠΟ<sub>2</sub>, διότι έδωσαν τις πιο ανεπτυγμένες απαντήσεις και έτσι ήταν πιο εφικτή η σύγκριση και ο εντοπισμός των διαφορών μεταξύ των επιδόσεων μαθητών διαφορετικών τάξεων.

Πίνακας 19

Δείγματα Απαντήσεων Μαθητών Διαφορετικών Ηλικιών (Τάξεων) σε ΣΕ των Μετα-Πειραματικών Δοκιμών

Ερώτηση	Απάντηση		
	Δ' τάξη	Ε' τάξη	Στ' τάξη
<b>Κείμενο: Λευκά αιμοσφαίρια</b>			
1. Τι θα συνέβαινε, αν ο οργανισμός είχε λιγότερη από την κανονική ποσότητα λευκών αιμοσφαιρίων στο αίμα;	<b>M321A:</b> Θα αρρωσταίναμε συνέχεια.	<b>M367A:</b> Θα αρρωστήσει και μπορεί να πεθάνει.	<b>M116K:</b> Ο οργανισμός θα ηττηθεί, διότι τα μικρόβια θα εισέλθουν στον οργανισμό και έτσι υπάρχει κίνδυνος να πάθει μεγάλο κακό. Μπορεί να πεθάνει, γι' αυτό χρειάζεται να πάρει φάρμακα.
2. Τι θα συνέβαινε αν βρισκόσουν σε ένα απομονωμένο νησί, όπου δεν υπάρχουν φαρμακεία, κι εισέβαλλε στον οργανισμό σου ένα πολύ ανθεκτικό, επικίνδυνο και θανατηφόρο μικρόβιο;	<b>M15K:</b> Θα είχαμε πολύ μεγάλο πρόβλημα. Θα νικούσαν σίγουρα τα μικρόβια.	<b>M213A:</b> Θα ήμουν πάρα πολύ άρρωστος και αν έμενα κι άλλες μέρες έτσι θα κινδύνευα να πεθάνω.	<b>M381A:</b> Τα μικρόβια θα άρχιζαν να πολλαπλασιάζονται όλο και πιο πολύ μέχρι που τα λευκά αιμοσφαίρια θα καταστρέφονταν και ο οργανισμός, αν δεν έπαιρνε φάρμακα, θα πέθαινε.
<b>Κείμενο: Φωτοσύνθεση</b>			
1. Τι θα συνέβαινε στα φυτά, αν για κάποιο λόγο ο ήλιος εξαφανιζόταν;	<b>M318A:</b> Αν ο ήλιος εξαφανιζόταν τότε τα φυτά θα ξεραίνονταν.	<b>M235K:</b> Δε θα γινόταν η διαδικασία της φωτοσύνθεσης.	<b>M420K:</b> Αν ο ήλιος εξαφανιζόταν για πάντα, τα φυτά δε θα μπορούσαν να παράγουν την τροφή τους κι έτσι δε θα μπορούσαν να ζήσουν, αφού η τροφή τους χρειάζεται ζέστη για να γίνει όπως το ψωμί.
2. Γιατί οι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι τα φυτά είναι τόσο απαραίτητα στη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας;	<b>M207K:</b> Γιατί μας δίνουν οξυγόνο.	<b>M76A:</b> Γιατί μας προσφέρουν οξυγόνο, για να ζήσουμε.	<b>M104K:</b> Γιατί τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση εκτός από το άμυλο παράγουν και οξυγόνο, που και τα δύο είναι πολύ απαραίτητα.
<b>Κείμενο: Κύτταρο</b>			
1. Ποιο από τα σωματίδια του κυττάρου είναι το πιο σημαντικό και γιατί;	<b>M45K:</b> Ο πυρήνας.	<b>M378K:</b> Ο πυρήνας γιατί αυτός δίνει τις εντολές στο κύτταρο.	<b>M95A:</b> Σίγουρα ο πυρήνας. Χωρίς εκείνον όλα τα άλλα σωματίδια δε θα έπαιρναν εντολές κι έτσι το κύτταρο θα αχρηστευόταν.
2. Τι θα συνέβαινε, αν σταματούσαν να δουλεύουν τα μιτοχόνδρια, τα σωματίδια που είναι υπεύθυνα για την παραγωγή ενέργειας στο κύτταρο;	<b>M167K:</b> Δε θα μπορούσε να λειτουργεί το κύτταρο.	<b>M350A:</b> Το κύτταρο θα σταματούσε να δουλεύει και θα πεθάνουμε.	<b>M408A:</b> Τα κύτταρα δε θα λειτουργούσαν, διότι όπως το εργοστάσιο δε δουλεύει χωρίς ενέργεια, έτσι και τα κύτταρα. Άρα, δε θα δούλευε σωστά ο οργανισμός.

Σημείωση: Μ=Μαθητής/ Μαθήτρια, Α=Αγόρι, Κ=Κορίτσι

Ο κάθε μαθητής αντιπροσωπεύεται με ένα κωδικό. Αρχικά παρουσιάζεται το γράμμα M=μαθητής/ μαθήτρια, στη συνέχεια δίνεται ο αριθμός του μαθητή που χρησιμοποιήθηκε κατά την κωδικοποίηση των αποτελεσμάτων για τη στατιστική ανάλυση και τέλος σημειώνεται το γράμμα A=αγόρι ή το γράμμα K=κορίτσι. Για παράδειγμα, η κωδική ονομασία M95A αντιστοιχεί στο μαθητή 95 που ήταν αγόρι. Για τη βαθμολόγηση των ανοιχτού τύπου απαντήσεων χρησιμοποιήθηκαν οι ρήτρες του Παραρτήματος Θ.

Ένα παράδειγμα για το είδος των απαντήσεων των μαθητών, σε σχέση με την τάξη στην οποία φοιτούσαν, στην ερώτηση: *“Γιατί οι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι τα φυτά είναι τόσο απαραίτητα στη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας;”* είναι το ακόλουθο:

***Δ' τάξη - M207K:** Γιατί μας δίνουν οξυγόνο.*

***Ε' τάξη - M76A:** Γιατί μας προσφέρουν οξυγόνο, για να ζήσουμε.*

***Στ' τάξη - M104K:** Γιατί τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση εκτός από το άμυλο παράγουν και οξυγόνο, που και τα δύο είναι πολύ απαραίτητα.*

Οι απαντήσεις των τριών μαθητών (M207K, M76A και M104K) δείχνουν μια διαβάθμιση όσον αφορά την πληρότητα της απάντησης. Η μαθήτρια της Δ' τάξης (M207K) απάντησε πολύ συνοπτικά αναφέροντας μόνο έναν παράγοντα για την αναγκαιότητα των φυτών, που ήταν το οξυγόνο. Η απάντηση αυτή βαθμολογήθηκε μόνο με 0,5 μονάδα, διότι θεωρήθηκε ελλιπής (δεν περιλάμβανε την παραγωγή αμύλου και τη συμβολή των φυτών στη διατροφική αλυσίδα). Αντίθετα, ο μαθητής της Ε' τάξης (M76A) απάντησε σημειώνοντας τον ίδιο παράγοντα (το οξυγόνο), αλλά ενίσχυσε την απάντησή του με ακόμη ένα στοιχείο που ήταν η χρησιμότητα του οξυγόνου στον άνθρωπο. Λόγω του ότι πρόσθεσε ακόμη ένα σημαντικό στοιχείο, η απάντηση θεωρήθηκε πιο ολοκληρωμένη από την προηγούμενη, με αποτέλεσμα να βαθμολογηθεί με 1 μονάδα. Σε αντίθεση με τη μαθήτρια της Δ' τάξης (M207K) και το μαθητή της Ε' τάξης (M76A), η μαθήτρια της Στ' τάξης (M104K) έδωσε πιο ολοκληρωμένη απάντηση, διότι σημείωσε και τα δύο προϊόντα της φωτοσύνθεσης (άμυλο και οξυγόνο), ενώ ταυτόχρονα τόνισε ότι είναι και τα δύο πολύ απαραίτητα για τους ζωντανούς οργανισμούς. Γι' αυτό το λόγο η απάντηση αυτή βαθμολογήθηκε με 1,5 μονάδα. Δε δόθηκαν 2 μονάδες στην απάντηση της μαθήτριας της Στ' τάξης (M104K) λόγω του ότι δεν έκανε αναφορά στον τρίτο σημαντικό λόγο της σημασίας των φυτών για τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας, που είναι η συμμετοχή τους στη διατροφική αλυσίδα. Ανάλογες διαφορές υπήρχαν σχεδόν σε όλες τις απαντήσεις των μαθητών, όπως προκύπτει και από ένα άλλο ενδεικτικό παράδειγμα για συμπερασματική ερώτηση που

αναφερόταν σε διαφορετική επιστημονική έννοια (η ερώτηση αυτή αφορούσε το κείμενο για τη δομή και λειτουργία του κυττάρου).

Συγκεκριμένα, στην ερώτηση: *“Τι θα συνέβαινε, αν σταματούσαν να δουλεύουν τα μιτοχόνδρια, τα σωματίδια που είναι υπεύθυνα για την παραγωγή ενέργειας στο κύτταρο;”* οι απαντήσεις τριών μαθητών διαφορετικών τάξεων ήταν οι ακόλουθες:

***Δ' τάξη - M167K:** Δε θα μπορούσε να λειτουργεί το κύτταρο.*

***Ε' τάξη - M350A:** Το κύτταρο θα σταματούσε να δουλεύει και θα πεθάνουμε.*

***Στ' τάξη - M408A:** Τα κύτταρα δε θα λειτουργούσαν, διότι όπως το εργοστάσιο δε δουλεύει χωρίς ενέργεια, έτσι και τα κύτταρα. Άρα, δε θα δούλευε σωστά ο οργανισμός.*

### **Ηλικία (Τάξη) και Ερωτήσεις για το Ανάλογο του Ματιού (EAM)**

Στον Πίνακα 20, παρουσιάζονται δείγματα απαντήσεων των μαθητών στις EAM, που μαρτυρούν ότι όντως υπήρχαν διαφορές στις απαντήσεις των μαθητών της Στ' τάξης με τις απαντήσεις των μαθητών των μικρότερων τάξεων. Τα δείγματα των απαντήσεων είναι από μαθητές της ΠΟ<sub>2</sub> που φοιτούσαν στην Στ' τάξη σε σχολείο αστικής περιοχής. Ενδεικτικά παρατίθενται οι απαντήσεις τριών μαθητών, ενός μαθητή από τη Δ' τάξη (M39A), μιας μαθήτριας από την Ε' τάξη (M231K) και μιας μαθήτριας από την Στ' τάξη (M140K).

***Δ' τάξη - M39A:** Γιατί η φωτογραφική μηχανή κάνει τα ίδια με το μάτι μας.*

***Ε' τάξη - M231K:** Γιατί όταν φωτογραφίζεις κάτι, αυτό φαίνεται πάνω στο φιλμ αντεστραμμένο και μικρότερο.*

***Στ' τάξη - M140K:** Όταν θέλουμε να δούμε κάτι, ακτίνες από το αντικείμενο περνούν μέσα από την κόρη του ματιού μας και φτάνουν στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Εκεί η εικόνα του αντικειμένου εμφανίζεται μικρότερη και αντεστραμμένη. Μετά μεταφέρεται με το οπτικό νεύρο στον εγκέφαλο και έτσι μπορούμε να δούμε την εικόνα στις κανονικές της διαστάσεις και όρθια. Έτσι, γίνεται και με τη φωτογραφική μηχανή. Ακτίνες από το αντικείμενο περνούν από το φακό της φωτογραφικής και η εικόνα σχηματίζεται μικρότερη και αντεστραμμένη στο φιλμ. Όταν εμφανίσουμε το φιλμ, η εικόνα παρουσιάζεται όρθια και σε φυσιολογικές διαστάσεις.*

Στις ερωτήσεις αυτές, οι μαθητές έπρεπε να εντοπίσουν τη συσκευή που, κατά τη γνώμη τους, ο τρόπος λειτουργίας της αποτελούσε την καταλληλότερη αναλογία για τη λειτουργία του ματιού και να δικαιολογήσουν την απάντησή τους. Πολλοί μαθητές της Στ' τάξης μπόρεσαν να βρουν την ορθή απάντηση και να τη δικαιολογήσουν, σε αντίθεση με τους μικρότερους μαθητές, που, όσοι από αυτούς βρήκαν την απάντηση (ήταν λίγοι), δεν μπορούσαν να τη δικαιολογήσουν.

Πίνακας 20

Δείγματα Απαντήσεων Μαθητών Διαφορετικών Ηλικιών (Τάξεων) στις ΕΑΜ των Μετα-Πειραματικών Δοκιμιών (Παράδειγμα Α')

<i>Ερώτηση</i>	<i>Απάντηση</i>		
	<i>Δ' τάξη</i>	<i>Ε' τάξη</i>	<i>Στ' τάξη</i>
<p><b>Κείμενο: Λειτουργία του ματιού</b></p> <p>Ποιας από τις ακόλουθες συσκευές πιστεύεις ότι η λειτουργία της μπορεί να είναι η κατάλληλη αναλογία για τη λειτουργία του ματιού;</p> <p>(α) προβολέας διαφανειών (β) φωτογραφική μηχανή (γ) τηλεσκόπιο (δ) μικροσκόπιο</p> <p>Να δικαιολογήσεις για ποιο λόγο επέλεξες τη συγκεκριμένη συσκευή.</p>	<p><b>M39A:</b> Η φωτογραφική μηχανή.</p> <p><b>Δικαιολόγηση:</b> Γιατί η φωτογραφική μηχανή κάνει τα ίδια με το μάτι μας.</p>	<p><b>M231K:</b> Η φωτογραφική μηχανή.</p> <p><b>Δικαιολόγηση:</b> Γιατί, όταν φωτογραφίζεις κάτι, αυτό φαίνεται πάνω στο φιλμ αντεστραμμένο και μικρότερο. Έτσι γίνεται και στο μάτι μας.</p>	<p><b>M140K:</b> Η φωτογραφική μηχανή.</p> <p><b>Δικαιολόγηση:</b> Όταν θέλουμε να δούμε κάτι, ακτίνες από το αντικείμενο περνούν μέσα από την κόρη του ματιού μας και φτάνουν στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Εκεί η εικόνα του αντικειμένου εμφανίζεται μικρότερη και αντεστραμμένη. Μετά μεταφέρεται με το οπτικό νεύρο στον εγκέφαλο και έτσι μπορούμε να δούμε την εικόνα στις κανονικές της διαστάσεις και όρθια. Έτσι, γίνεται και με τη φωτογραφική μηχανή. Ακτίνες από το αντικείμενο περνούν από το φακό της φωτογραφικής και η εικόνα σχηματίζεται μικρότερη και αντεστραμμένη στο φιλμ. Όταν εμφανίσουμε το φιλμ, η εικόνα παρουσιάζεται όρθια και σε φυσιολογικές διαστάσεις.</p>
	<p><b>M201K:</b> Η φωτογραφική μηχανή.</p> <p><b>Δικαιολόγηση:</b> Γιατί, το αντικείμενο που θέλουμε να δούμε, φωτίζεται από μια πηγή φωτός και οι ακτίνες περνούν μέσα από το φακό του ματιού μας.</p>	<p><b>M353A:</b> Η φωτογραφική μηχανή.</p> <p><b>Δικαιολόγηση:</b> Γιατί στη φωτογραφική μηχανή, όταν θέλουμε να βγάλουμε μια φωτογραφία, θα πρέπει να φωτίζεται από μια πηγή φωτός και στη συνέχεια η εικόνα του αντικειμένου σχηματίζεται πάνω στο φιλμ αντεστραμμένη και μικρότερη.</p>	<p><b>M104K:</b> Η φωτογραφική μηχανή.</p> <p><b>Δικαιολόγηση:</b> Γιατί στη φωτογραφική μηχανή η εικόνα φωτίζεται από την πηγή φωτός και σχηματίζεται στο φιλμ αντεστραμμένη και μικρότερη. Έπειτα έρχεται σε όρθια (ίσια) θέση και σε φυσιολογικές διαστάσεις όπως, ακριβώς γίνεται και στο μάτι.</p>

Σημείωση: Μ=Μαθητής/ Μαθήτρια, Α=Αγόρι, Κ=Κορίτσι

Ο μαθητής της Δ' τάξης (M39A) εντόπισε μόνο μια χαμηλού επιπέδου σχέση (ότι η φωτογραφική μοιάζει με το μάτι όσον αφορά τη λειτουργία της) μεταξύ των δύο εννοιών (της βάσης και του στόχου), με αποτέλεσμα να βαθμολογηθεί μόνο με 0,5 μονάδα. Η μαθήτρια της Ε' τάξης (M231K) πρόσθεσε και άλλα στοιχεία στην απάντησή της αναφέροντας και μια ανωτέρου επιπέδου συσχέτιση (η αντίστροφη και μικρότερη εμφάνιση της εικόνας στο φιλμ και στο μάτι). Λόγω των επιπρόσθετων στοιχείων, η απάντηση βαθμολογήθηκε με 1 μονάδα. Αντίθετα με το μαθητή της Δ' τάξης (M39A) και τη μαθήτρια της Ε' τάξης (M231K), η μαθήτρια της Στ' τάξης (M140K) έδωσε μια εκτενή απάντηση όπου παρουσίαζε όλες τις ανωτέρου επιπέδου σχέσεις μεταξύ των εννοιών της βάσης και του στόχου, με αποτέλεσμα να βαθμολογηθεί με 3 μονάδες. Συγκεκριμένα ανέφερε τον τρόπο σχηματισμού μιας εικόνας στον αμφιβληστροειδή χιτώνα, αντιπαραβάλλοντας της λειτουργία αυτή με το σχηματισμό μιας εικόνας στο φιλμ της φωτογραφικής μηχανής. Ταυτόχρονα, ανέφερε ότι η εικόνα που σχηματίζεται είναι και στις δύο περιπτώσεις αντίστροφη και μικρότερη από την πραγματική, ενώ υποστήριξε ότι η μετατροπή της εικόνας στις φυσικές της διαστάσεις θα γίνει στον εγκέφαλο ή κατά την εμφάνιση του φιλμ.

### **Πειραματική Ομάδα και Συμπερασματικές Ερωτήσεις (ΣΕ)**

Στον Πίνακα 21, παρουσιάζονται δείγματα απαντήσεων για τις ΣΕ σε σχέση με την πειραματική ομάδα που εργάστηκαν οι μαθητές. Οι απαντήσεις αυτές δόθηκαν από μαθητές της Στ' τάξης, που φοιτούσαν σε σχολείο αστικής περιοχής. Το είδος των απαντήσεων που έδωσαν ενισχύει τις διαφορές που παρατηρήθηκαν. Συγκεκριμένα, οι μαθητές της δεύτερης πειραματικής ομάδας (ΠΟ<sub>2</sub>) έδωσαν πιο ολοκληρωμένες απαντήσεις από τους μαθητές της ομάδας ελέγχου (ΟΕ) και της πρώτης πειραματικής ομάδας (ΠΟ<sub>1</sub>).

Στη συνέχεια παρατίθενται απαντήσεις μαθητών για την ερώτηση "Τι θα συνέβαινε αν ο οργανισμός είχε λιγότερη από την κανονική ποσότητα λευκών αιμοσφαιρίων στο αίμα;" Παρουσιάζονται η απάντηση ενός μαθητή της ΟΕ (M403A), μιας μαθήτριας της ΠΟ<sub>1</sub> (M287K) και μιας μαθήτριας της ΠΟ<sub>2</sub> (M390K).

**ΟΕ - M403A:** Θα μπορούσαν πιο εύκολα να εισέλθουν τα μικρόβια.

**ΠΟ<sub>1</sub> - M287K:** Ο οργανισμός δε θα μπορούσε να αντιμετωπίσει τα μικρόβια και θα χρειαζόταν να του χορηγηθεί αντιβίωση.

**ΠΟ<sub>2</sub> - M390K:** Θα ήταν πιο εύκολο στα μικρόβια να με μολύνουν, γιατί δε θα είχα αρκετά λευκά αιμοσφαίρια για να με προστατεύσουν, και αν δεν πήγαινα στο γιατρό επειγόντως, μπορεί και να πεθάνω.

Πίνακας 21

## Δείγματα Απαντήσεων Μαθητών Διαφορετικών Ομάδων σε ΣΕ των Μετα-Πειραματικών Δοκιμών

Ερώτηση	Απάντηση		
	ΟΕ	ΠΟ <sub>1</sub>	ΠΟ <sub>2</sub>
<b>Κείμενο: Λευκά αιμοσφαίρια</b>			
1. Τι θα συνέβαινε, αν ο οργανισμός είχε λιγότερη από την κανονική ποσότητα λευκών αιμοσφαιρίων στο αίμα;	<b>M403A:</b> Θα μπορούσαν πιο εύκολα να εισέλθουν τα μικρόβια.	<b>M287K:</b> Ο οργανισμός δε θα μπορούσε να αντιμετωπίσει τα μικρόβια και θα χρειαζόταν να του χορηγηθεί αντιβίωση. Διαφορετικά θα πέθαινε.	<b>M390K:</b> Θα ήταν πιο εύκολο στα μικρόβια να με μολύνουν, γιατί δε θα είχα αρκετά λευκά αιμοσφαίρια, για να με προστατεύσουν και αν δεν πήγαινα στο γιατρό επειγόντως, μπορεί και να πεθάνω.
2. Τι θα συνέβαινε, αν βρισκόσουν σε ένα απομονωμένο νησί, όπου δεν υπάρχουν φαρμακεία, κι εισέβαλλε στον οργανισμό σου ένα πολύ ανθεκτικό, επικίνδυνο και θανατηφόρο μικρόβιο;	<b>M135K:</b> Ο οργανισμός θα πέθαινε.	<b>M139K:</b> Το πιο πιθανό είναι ότι θα πεθάνω, εκτός αν ο οργανισμός μου είναι δυνατός και καταφέρει να καταπολεμήσει τα μικρόβια.	<b>M408A:</b> Μάλλον θα πέθαινα, γιατί τα λευκά αιμοσφαίρια δε θα κατάφερναν να νικήσουν το θανατηφόρο μικρόβιο.
<b>Κείμενο: Φωτοσύνθεση</b>			
1. Τι θα συνέβαινε στα φυτά, αν για κάποιο λόγο ο ήλιος εξαφανιζόταν;	<b>M307K:</b> Τα φυτά δε θα μπορούσαν να ζήσουν και θα μαραίνονταν.	<b>M109K:</b> Τα φυτά θα ήταν πάρα πολύ δύσκολο να φτιάξουν άμυλο και οξυγόνο κι έτσι θα μαραίνονταν.	<b>M425K:</b> Αν εξαφανιζόταν ο ήλιος, τότε το φυτό δε θα μπορούσε να παράγει άμυλο. Ο ήλιος βοηθάει στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Χωρίς άμυλο το φυτό θα πέθαινε.
2. Γιατί οι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι τα φυτά είναι τόσο απαραίτητα στη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας;	<b>M280A:</b> Επειδή τα φυτά είναι σαν τον πνεύμονα της γης και παράγουν οξυγόνο.	<b>M380A:</b> Γιατί τα φυτά παράγουν οξυγόνο και άμυλο. Αυτά τα δύο χρειάζονται σε όλους τους οργανισμούς.	<b>M140K:</b> Γιατί τα φυτά προσφέρουν οξυγόνο και τροφή και συμβάλλουν στη διατροφική αλυσίδα.
<b>Κείμενο: Κύτταρο</b>			
1. Ποιο από τα σωματίδια του κυττάρου είναι το πιο σημαντικό και γιατί;	<b>M102K:</b> Ο πυρήνας.	<b>M273K:</b> Ο πυρήνας που βρίσκεται στο κέντρο. Αυτός δίνει τις εντολές.	<b>M405A:</b> Ο πυρήνας, γιατί αυτός δίνει εντολές και ελέγχει τι θα γίνει και τι δε θα γίνει στο κύτταρο.
2. Τι θα συνέβαινε, αν σταματούσαν να δουλεύουν τα μιτοχόνδρια, τα σωματίδια που είναι υπεύθυνα για την παραγωγή ενέργειας στο κύτταρο;	<b>M412A:</b> Το κύτταρο θα πέθαινε.	<b>M282A:</b> Θα σταματούσαν να δουλεύουν τα κύτταρα και ο οργανισμός θα εξασθενούσε.	<b>M420K:</b> Σιγά σιγά θα είχαμε πρόβλημα στην υγεία μας, αφού τα κύτταρα δε θα λειτουργούσαν σωστά λόγω έλλειψης ενέργειας.

Σημείωση: Μ=Μαθητής/ Μαθήτρια, Α=Αγόρι, Κ=Κορίτσι, ΟΕ=Ομάδα Ελέγχου, ΠΟ<sub>1</sub>=Πρώτη Πειραματική Ομάδα, ΠΟ<sub>2</sub>=Δεύτερη Πειραματική Ομάδα



Η απάντηση του μαθητή που εργάστηκε στην ΟΕ (M403A) ήταν ελλιπής, διότι αναφέρθηκε μόνο στην εύκολη είσοδο των μικροβίων στον οργανισμό μας. Γι' αυτό το λόγο, η απάντησή του βαθμολογήθηκε, με 0,5 μονάδα. Η απάντηση που έδωσε η μαθήτρια που εργάστηκε στην ΠΟ<sub>1</sub> (M287K) ήταν πιο ολοκληρωμένη από εκείνη του μαθητή της ΟΕ, διότι σημείωσε την αδυναμία του οργανισμού να αντιμετωπίσει τα μικρόβια, ενώ ταυτόχρονα τόνισε την αναγκαιότητα να χορηγηθεί στον ασθενή αντιβίωση (φαρμακευτική αγωγή). Παρόλα αυτά δεν συμπεριέλαβε όλα τα στοιχεία που αναμενόταν να συμπεράνει με βάση το κείμενο. Η απάντησή της βαθμολογήθηκε με 1 μονάδα. Την πιο ολοκληρωμένη απάντηση έδωσε η μαθήτρια που εργάστηκε στη ΠΟ<sub>2</sub> (M390K). Εκτός του ότι ανέφερε τη σημασία των λευκών αιμοσφαιρίων για την προστασία του οργανισμού, σημείωσε και τη συνέπεια (θάνατος) της κατάστασης αυτής, σε περίπτωση που ο οργανισμός δεν τύχαινε ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης. Η απάντηση αυτή βαθμολογήθηκε με 2 μονάδες, αφού ήταν ολοκληρωμένη.

Ανάλογες ήταν και οι διαφορές μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση "Τι θα συνέβαινε στα φυτά, αν για κάποιο λόγο ο ήλιος εξαφανιζόταν;" που αναφέρεται σε διαφορετική επιστημονική έννοια (διαδικασία της φωτοσύνθεσης). Τα δείγματα των απαντήσεων που ακολουθούν επιβεβαιώνουν τις διαφορές που εντοπίστηκαν πριν:

**ΟΕ - M307K:** Τα φυτά δε θα μπορούσαν να ζήσουν και θα μαραίνονταν.

**ΠΟ<sub>1</sub> - M109K:** Τα φυτά θα ήταν πάρα πολύ δύσκολο να φτιάξουν άμυλο και οξυγόνο κι έτσι θα μαραίνονταν.

**ΠΟ<sub>2</sub> - M425K:** Αν εξαφανιζόταν ο ήλιος, τότε το φυτό δε θα μπορούσε να παράγει άμυλο. Ο ήλιος βοηθάει στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Χωρίς άμυλο το φυτό θα πέθαινε.

### **Πειραματική Ομάδα και Ερωτήσεις για το Ανάλογο του Ματιού (EAM)**

Στον Πίνακα 22 παρουσιάζονται δείγματα απαντήσεων που έδωσαν μαθητές Στ' τάξης της αστικής περιοχής για τις ΕΑΜ. Οι απαντήσεις αυτές ενισχύουν τη διαπίστωση ότι υπήρχαν διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της ΠΟ<sub>2</sub>, και των μαθητών των άλλων δύο πειραματικών ομάδων (ΟΕ, ΠΟ<sub>1</sub>). Οι περισσότεροι μαθητές της ΟΕ δεν εντόπισαν την ορθή συσκευή, που η λειτουργία της μπορεί να αποτελέσει κατάλληλη αναλογία για τη λειτουργία του ματιού, ενώ όσοι την εντόπισαν δεν έδωσαν ολοκληρωμένη δικαιολόγηση. Αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι οι μαθητές αυτοί δεν εργάστηκαν με κείμενα με αναλογίες και δεν είχαν σαφή κατανόηση των αναλογιών.

Πίνακας 22

Δείγματα Απαντήσεων Μαθητών Διαφορετικών Ομάδων στις ΕΑΜ των Μετα-Πειραματικών Δοκιμιών

<i>Ερώτηση</i>	<i>Απάντηση</i>		
	<i>ΟΕ</i>	<i>ΠΟ<sub>1</sub></i>	<i>ΠΟ<sub>2</sub></i>
<p><b>Κείμενο: Λειτουργία του ματιού</b></p> <p>Ποιας από τις ακόλουθες συσκευές πιστεύεις ότι η λειτουργία της μπορεί να είναι η κατάλληλη αναλογία για τη λειτουργία του ματιού;</p> <p>(α) προβολέας διαφανειών (β) φωτογραφική μηχανή (γ) τηλεσκόπιο (δ) μικροσκόπιο</p> <p>Να δικαιολογήσεις για ποιο λόγο επέλεξες τη συγκεκριμένη συσκευή.</p>	<p><b>M111K:</b> Η φωτογραφική μηχανή.</p> <p><b>Δικαιολόγηση:</b> Επειδή όταν βγάζουμε μια φωτογραφία, αυτή σχηματίζεται μικρότερη και ανάποδη, όπως συμβαίνει ακριβώς με το μάτι όταν βλέπει ένα μήλο.</p>	<p><b>M407A:</b> Η φωτογραφική μηχανή.</p> <p><b>Δικαιολόγηση:</b> Διότι η φωτογραφική σχηματίζει την εικόνα του αντικειμένου που φωτογραφίσαμε μικρότερη και αντεστραμμένη. Όταν όμως εμφανίσουμε το φιλμ, τότε η εικόνα παρουσιάζεται στην κανονική θέση και μέγεθός της. Έτσι γίνεται και στο μάτι.</p>	<p><b>M405A:</b> Η φωτογραφική μηχανή.</p> <p><b>Δικαιολόγηση:</b> Γιατί, όπως μας λέει το κείμενο, η εικόνα του μήλου σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή χιτώνα μικρή και αντίστροφη, όπως ακριβώς γίνεται στη φωτογραφική μηχανή στο φιλμ. Μετά, η εικόνα του μήλου μεταφέρεται στον εγκέφαλο και παίρνει τις πραγματικές της διαστάσεις. Το ίδιο συμβαίνει και όταν εμφανιστεί το φιλμ.</p>
	<p><b>M289K:</b> Η φωτογραφική μηχανή.</p> <p><b>Δικαιολόγηση:</b> Διότι η λειτουργία της φωτογραφικής μηχανής είναι η ίδια με τη λειτουργία του ματιού.</p>	<p><b>M287K:</b> Η φωτογραφική μηχανή.</p> <p><b>Δικαιολόγηση:</b> Το αντικείμενο που βλέπουμε φωτίζεται από αλλού. Οι ακτίνες που στέλνονται από το αντικείμενο κατευθύνονται προς το μάτι μας. Εκεί η εικόνα σχηματίζεται ανάποδη και μικρότερη. Το μάτι μας και η φωτογραφική μηχανή έχουν κοινά "εργαλεία," που τα κάνουν να λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο.</p>	<p><b>M381A:</b> Η φωτογραφική μηχανή.</p> <p><b>Δικαιολόγηση:</b> Όταν θέλουμε να δούμε ένα μήλο, τότε ακτίνες από το μήλο κατευθύνονται προς το μάτι μας. Οι ακτίνες μπαίνουν στο μάτι μας στη συνέχεια καταλήγουν στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Έτσι συμβαίνει και στη φωτογραφική. Οι ακτίνες περνούν μέσα από το φακό και καταλήγουν στο φιλμ. Επίσης, και στα δύο η εικόνα σχηματίζεται ανάποδη και μικρότερη. Αργότερα η εικόνα μεταφέρεται με το οπτικό νεύρο στον εγκέφαλο και παίρνει τις κανονικές διαστάσεις της. Το ίδιο συμβαίνει και στη φωτογραφική. Η εικόνα παίρνει τις κανονικές διαστάσεις της, όταν εμφανιστεί το φιλμ.</p>

Σημείωση: ΟΕ=Ομάδα Ελέγχου, ΠΟ<sub>1</sub>=Πρώτη Πειραματική Ομάδα, ΠΟ<sub>2</sub>=Δεύτερη Πειραματική Ομάδα

Οι λεκτικές αναλογίες που χρησιμοποιήθηκαν από τους μαθητές που εργάστηκαν στην ΠΟ1 δεν τους πρόσφεραν κατάλληλη εξάσκηση, έτσι ώστε να έχουν καλύτερες στατιστικά σημαντικές επιδόσεις από τους μαθητές που εργάστηκαν στην ΟΕ για τις ΕΑΜ. Παρόλα αυτά από τον Πίνακα 22, φαίνεται να υπήρχε η τάση να δίνουν καλύτερες απαντήσεις, όμως αυτή η τάση δεν επιβεβαιώθηκε στατιστικά. Αυτό δείχνει ότι οι λεκτικές αναλογίες δεν μπορούν να προσφέρουν στους μαθητές του δημοτικού σχολείου, που δεν έχουν αναπτύξει πλήρως την αναλογική σκέψη τους, κατάλληλη προετοιμασία για την παραγωγή δικών τους αναλογιών για άγνωστες επιστημονικές έννοιες. Αντίθετα, οι μαθητές της ΠΟ2 έτυχαν κατάλληλης εξάσκησης, με αποτέλεσμα να δώσουν σωστή απάντηση και πιο ολοκληρωμένη δικαιολόγηση. Το συνδυασμένο επομένως αποτέλεσμα της λεκτικής και εικονικής αναπαράστασης μιας αφηρημένης επιστημονικής έννοιας μπορεί να προσφέρει βαθύτερη κατανόηση σε μαθητές, που δεν έχουν ακόμη αναπτύξει πλήρως την αναλογική σκέψη τους, όπως είναι οι μαθητές του δημοτικού σχολείου.

Στη συνέχεια, παρατίθενται απαντήσεις που έδωσαν μαθητές και των τριών πειραματικών ομάδων, όπου προσπαθούν να δικαιολογήσουν, γιατί επέλεξαν τη λειτουργία συγκεκριμένης συσκευής ως το κατάλληλο ανάλογο για τη λειτουργία του ματιού. Οι απαντήσεις αφορούν μια μαθήτρια της ΟΕ (M111K), ένα μαθητή της ΠΟ1 (M407A), και ένα μαθητή της ΠΟ2 (M405A).

**ΟΕ - M111K:** *Επειδή όταν βγάζουμε μια φωτογραφία, αυτή σχηματίζεται μικρότερη και ανάποδη όπως συμβαίνει ακριβώς με το μάτι όταν βλέπει ένα μήλο.*

**ΠΟ1 - M407A:** *Διότι η φωτογραφική σχηματίζει την εικόνα του αντικειμένου που φωτογραφίσαμε μικρότερη και αντεστραμμένη. Όταν όμως εμφανίσουμε το φιλμ τότε η εικόνα παρουσιάζεται στην κανονική θέση και μέγεθός της. Έτσι γίνεται και στο μάτι.*

**ΠΟ2 - M405A:** *Γιατί, όπως μας λέει το κείμενο, η εικόνα του μήλου σχηματίζεται στον αμφιβληστροειδή χιτώνα μικρή και αντίστροφη, όπως ακριβώς γίνεται στη φωτογραφική μηχανή στο φιλμ. Μετά, η εικόνα του μήλου μεταφέρεται στον εγκέφαλο και παίρνει τις πραγματικές της διαστάσεις. Το ίδιο συμβαίνει και όταν εμφανιστεί το φιλμ.*

Η μαθήτρια της ΟΕ (M111K) βρήκε τη σωστή συσκευή, αλλά στη δικαιολόγησή της σημείωσε μόνο μια από τις ανωτέρου επιπέδου συσχετίσεις μεταξύ της συσκευής και του ματιού, δηλαδή βρήκε μόνο το σχηματισμό του ειδώλου της εικόνας σε μικρότερο μέγεθος και σε αντίστροφη θέση. Δεν αναφέρθηκε σε άλλες συσχετίσεις, παρόλο που είχε μπροστά της τα σχετικά κείμενα που περιέγραφαν τη λειτουργία του ματιού και της φωτογραφικής

μηχανής. Λόγω της ανεπάρκειας της απάντησης, δόθηκε, σύμφωνα με τις ρήτρες του Παραρτήματος Θ, μόνο 0,5 μονάδα. Ο μαθητής της ΠΟ<sub>1</sub> (M407A) προχώρησε ένα βήμα περισσότερο και σημείωσε ακόμη μια ανωτέρου επιπέδου συσχέτιση, δηλαδή ότι όταν η εικόνα εμφανιστεί παίρνει και πάλι τις φυσιολογικές της διαστάσεις. Η απάντηση αυτή βαθμολογήθηκε με 1 μονάδα. Σε αντίθεση με τους άλλους δύο μαθητές, ο μαθητής της ΠΟ<sub>2</sub> (M405A) έδωσε μια πιο ολοκληρωμένη απάντηση με περισσότερες ανωτέρου επιπέδου συσχετίσεις. Αναφέρθηκε σε όσα σημείωσε ο μαθητής της ΠΟ<sub>1</sub> (M407A), αλλά πρόσθεσε και το σχηματισμό του ειδώλου στον αμφιβληστροειδή χιτώνα και στο φιλμ. Παρόλο που η απάντηση αυτή ήταν πολύ πιο ολοκληρωμένη από τις προηγούμενες, βαθμολογήθηκε με 2,5 και όχι 3 μονάδες, λόγω του ότι δεν αναφέρθηκε τι γίνεται ακριβώς με την εμφάνιση της εικόνας στο φιλμ (ότι δηλαδή και στο φιλμ η εικόνα αποκτά τις φυσικές της ιδιότητες).

Τα δείγματα των απαντήσεων των μαθητών επιβεβαιώνουν ότι οι μαθητές που εργάστηκαν στη ΠΟ<sub>2</sub> είχαν καλύτερες επιδόσεις από τους υπόλοιπους μαθητές. Αυτό δείχνει τη σημασία των αναλογιών, και ιδιαίτερα των διπλών αναλογιών, κατά τη διδασκαλία επιστημονικών εννοιών στις τελευταίες τάξεις του δημοτικού σχολείου, όπου, όπως φαίνεται, αναπτύσσεται προοδευτικά η ικανότητα των μαθητών να σκέφτονται αναλογικά για αφηρημένες επιστημονικές έννοιες. Ταυτόχρονα τονίζεται η σημασία της πολλαπλής παρουσίασης μιας έννοιας (Ραίνιο, 1986, 1999), αφού όταν μια αφηρημένη επιστημονική έννοια παρουσιαστεί με περισσότερους από ένα τρόπους, τότε υποβοηθείται η κατανόηση. Σύμφωνα με τον Benjafield (1993) μεταξύ της λεκτικής και εικονικής αναπαράστασης της έννοιας υπάρχουν αναφορικές συνδέσεις οι οποίες υποστηρίζουν η μια την άλλη. Αυτό σημαίνει ότι εκείνο που δεν μπορεί να γίνει κατανοητό με τη γραπτή μορφή, μπορεί να αποκτήσει νόημα με την αντίστοιχη εικονική μορφή και το αντίθετο. Συνεπώς, ο συνδυασμός πολλαπλών αναπαραστάσεων για την παρουσίαση μιας αφηρημένης επιστημονικής έννοιας είναι πολύ ευεργετικός για τη μαθησιακή διαδικασία.

### **Επιδόσεις των Μαθητών στα Αργοπορημένα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια**

#### **Γενικές Διαπιστώσεις**

Η εξέταση των επιδόσεων των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια έδειξε ότι οι μαθητές μεγαλύτερης ηλικίας είχαν στατιστικά καλύτερες επιδόσεις από τους μαθητές μικρότερης ηλικίας, οι επιδόσεις των μαθητών που εργάστηκαν στη ΠΟ<sub>2</sub> είχαν στατιστικά υψηλότερες επιδόσεις από τις αντίστοιχες επιδόσεις των μαθητών των άλλων δύο ομάδων (ΟΕ και ΠΟ<sub>1</sub>), ευνοώντας τις επιδόσεις των μαθητών της ΠΟ<sub>2</sub>, ενώ τέλος δεν

εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των αγοριών και των κοριτσιών. Με ανάλογο τρόπο, επιχειρήθηκε να μελετηθεί κατά πόσο άλλαξαν οι επιδόσεις των μαθητών στα δοκίμια με τις EMN και τις ΣΕ, μετά από την πάροδο δύο μηνών.

Στους Πίνακες 23 και 24 φαίνονται οι επιδόσεις των μαθητών στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις EMN και οι επιδόσεις των μαθητών στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις ΣΕ, αντίστοιχα, ανάλογα με το φύλο, την πειραματική ομάδα και την τάξη στην οποία φοιτούσαν.

Πίνακας 23

Επιδόσεις των Μαθητών στο Αργοπορημένο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο με τις EMN

<i>Συμμετέχοντες</i>	<i>Αγόρια</i>		<i>Κορίτσια</i>		<i>Σύνολο</i>	
	ΜΟ	ΤΑ	ΜΟ	ΤΑ	ΜΟ	ΤΑ
ΟΕ						
Δ' τάξη (n= 79)	6.00	2.19	6.97	2.17	6.37	2.22
Ε' τάξη (n= 69)	5.74	2.39	6.29	2.46	6.04	2.43
Στ' τάξη (n= 90)	6.80	2.59	6.34	2.39	6.59	2.50
Σύνολο (n= 238)	6.24	2.42	6.50	2.36	6.36	2.39
ΠΟ <sub>1</sub>						
Δ' τάξη (n= 76)	5.24	2.17	5.81	1.94	5.47	2.08
Ε' τάξη (n= 68)	6.25	2.31	6.89	2.04	6.59	2.18
Στ' τάξη (n= 88)	6.92	1.96	6.70	2.15	6.82	2.04
Σύνολο (n= 232)	6.14	2.23	6.50	2.08	6.31	2.17
ΠΟ <sub>2</sub>						
Δ' τάξη (n= 74)	6.23	1.80	6.77	2.06	6.49	1.93
Ε' τάξη (n= 66)	6.33	1.86	6.69	1.85	6.53	1.85
Στ' τάξη (n= 87)	7.50	2.50	7.20	2.24	7.34	2.36
Σύνολο (n= 227)	6.74	2.17	6.91	2.07	6.83	2.12
Όλες οι ομάδες						
Δ' τάξη (n= 229)	5.81	2.10	6.52	2.10	6.11	2.12
Ε' τάξη (n= 203)	6.11	2.20	6.62	2.13	6.38	2.17
Στ' τάξη (n= 265)	7.05	2.36	6.76	2.27	6.91	2.32
Σύνολο (n= 697)	6.36	2.29	6.64	2.17	6.49	2.24

*Σημείωση:* ΜΟ = Μέσος Όρος, ΤΑ= Τυπική Απόκλιση, ΟΕ=Ομάδα Ελέγχου,  
ΠΟ<sub>1</sub>=Πρώτη Πειραματική Ομάδα, ΠΟ<sub>2</sub>=Δεύτερη Πειραματική Ομάδα

Συγκρίνοντας τον Πίνακα 23 με τον Πίνακα 13 φαίνεται ότι οι επιδόσεις των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια με τις EMN ήταν καλύτερες από τις αντίστοιχες επιδόσεις τους στα αντίστοιχα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια. Από την άλλη, οι τάσεις που εμφανίστηκαν στα μετα-πειραματικά δοκίμια είναι περίπου οι ίδιες με εκείνες στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια. Συγκεκριμένα, και στις δύο χρονικές στιγμές, οι επιδόσεις των μαθητών των μεγαλύτερων τάξεων φαίνεται ότι ήταν καλύτερες από εκείνες των μαθητών των μικρότερων τάξεων και οι επιδόσεις των μαθητών της ΠΟ<sub>2</sub> φαίνεται ότι

υπερείχαν σε σχέση με τις άλλες δύο πειραματικές ομάδες (ΟΕ και ΠΟ<sub>1</sub>). Ανάλογες είναι και οι παρατηρήσεις από τη σύγκριση του Πίνακα 24 με τον Πίνακα 14 που αναφέρονται στις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο με τις ΣΕ, κατά τη μετα-πειραματική εξέταση και την αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση αντίστοιχα. Υπήρχαν όμως και κάποιες διαφορές. Από τη σύγκριση των Πινάκων 13 και 23 φαίνεται όμως ότι στο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις EMN οι επιδόσεις των αγοριών φαίνεται ότι ήταν καλύτερες από εκείνες των κοριτσιών, ενώ ταυτόχρονα, οι επιδόσεις των μαθητών της ΠΟ<sub>1</sub> φαίνεται ότι ήταν καλύτερες από εκείνες των μαθητών της ΟΕ, κάτι που δεν παρατηρήθηκε στις επιδόσεις των μαθητών στο αντίστοιχο μετα-πειραματικό δοκίμιο. Συγκεκριμένα, οι επιδόσεις των κοριτσιών στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις EMN ήταν καλύτερες από εκείνες των αγοριών, ενώ ταυτόχρονα οι επιδόσεις των μαθητών της ΟΕ ήταν καλύτερες από εκείνες των μαθητών της ΠΟ<sub>1</sub>.

Πίνακας 24

Επιδόσεις των Μαθητών στο Αργοπορημένο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο με τις ΣΕ

Συμμετέχοντες	Αγόρια		Κορίτσια		Σύνολο	
	ΜΟ	ΤΑ	ΜΟ	ΤΑ	ΜΟ	ΤΑ
ΟΕ						
Δ' τάξη (n= 79)	2.55	1.66	2.18	1.20	2.41	1.50
Ε' τάξη (n= 69)	2.05	1.74	2.13	1.31	2.09	1.51
Στ' τάξη (n= 90)	2.62	1.64	2.59	1.62	2.61	1.63
Σύνολο (n= 238)	2.46	1.68	2.32	1.41	2.39	1.56
ΠΟ <sub>1</sub>						
Δ' τάξη (n= 76)	2.41	1.24	2.40	1.07	2.41	1.17
Ε' τάξη (n= 68)	2.47	1.39	2.64	1.92	2.56	1.68
Στ' τάξη (n= 88)	2.49	1.44	3.13	1.55	2.78	1.52
Σύνολο (n= 232)	2.46	1.35	2.75	1.59	2.59	1.47
ΠΟ <sub>2</sub>						
Δ' τάξη (n= 74)	2.83	1.39	2.77	1.09	2.80	2.25
Ε' τάξη (n= 66)	2.85	1.37	3.25	1.56	3.07	1.48
Στ' τάξη (n= 87)	3.31	1.89	3.37	1.76	3.34	1.81
Σύνολο (n= 227)	3.02	1.59	3.15	1.53	3.09	1.56
Όλες οι ομάδες						
Δ' τάξη (n= 229)	2.59	1.45	2.47	1.14	2.54	1.33
Ε' τάξη (n= 203)	2.45	1.53	2.66	1.66	2.57	1.60
Στ' τάξη (n= 265)	2.78	1.68	3.04	1.67	2.91	1.68
Σύνολο (n= 697)	2.63	1.56	2.75	1.54	2.69	1.55

Σημείωση: ΜΟ = Μέσος Όρος, ΤΑ= Τυπική Απόκλιση, ΟΕ=Ομάδα Ελέγχου,  
ΠΟ<sub>1</sub>=Πρώτη Πειραματική Ομάδα, ΠΟ<sub>2</sub>=Δεύτερη Πειραματική Ομάδα

### Στατιστική Ανάλυση για το Δοκίμιο με τις EMN

Για να εντοπιστεί κατά πόσο οι διαφορές που παρατηρούνται στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια είναι στατιστικά σημαντικές, έγινε αρχικά ανάλυση διασποράς με

επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (ANOVA with Repeated Measures) 2 (φύλο) X 3(τάξη) X 3 (πειραματική ομάδα) με εξαρτημένη μεταβλητή τη διαφορά των επιδόσεων των μαθητών στο μετα-πειραματικό και στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο (gain scores) σε σχέση με τις EMN (ερωτήσεις μνήμης). Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής παρουσιάζονται στον Πίνακα 25.

Πίνακας 25

Ανάλυση Διασποράς με Επαναλαμβανόμενες Μετρήσεις 2(Φύλο) X 3(Τάξη) X 3(Πειραματική Ομάδα) για τις Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο με τις EMN

<i>Ανεξάρτητη Μεταβλητή</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
<i>Μεταξύ ομάδων</i>					
Τάξη	171.62	2	85.81	11.27	0.000*
Φύλο	1.79	1	1.79	0.24	0.628
Πειραματική Ομάδα	120.79	2	60.39	7.93	0.000*
Τάξη X φύλο	32.38	2	16.19	2.13	0.120
Τάξη X πειραματική ομάδα	135.98	4	33.99	4.47	0.001*
Φύλο X πειραματική ομάδα	6.42	2	3.21	0.42	0.656
Τάξη X φύλο X πειραματική ομάδα	22.19	4	5.55	0.73	0.573
error	5169.25	679	7.61		
<i>Εντός ομάδων</i>					
Παράγοντας 1 (A)	662.11	1	662.11	244.15	0.000*
Τάξη	8.46	2	4.23	1.56	0.211
Φύλο	16.60	1	16.60	6.12	0.014**
Πειραματική ομάδα	12.07	2	6.04	2.23	0.109
Τάξη X φύλο	9.08	2	4.54	1.68	0.188
Τάξη X πειραματική ομάδα	18.69	4	4.67	1.72	0.143
Φύλο X πειραματική ομάδα	9.08	2	4.54	1.67	0.188
Τάξη X φύλο X πειραματική ομάδα	11.45	4	2.86	1.06	0.378
error	1841.41	679	2.71		

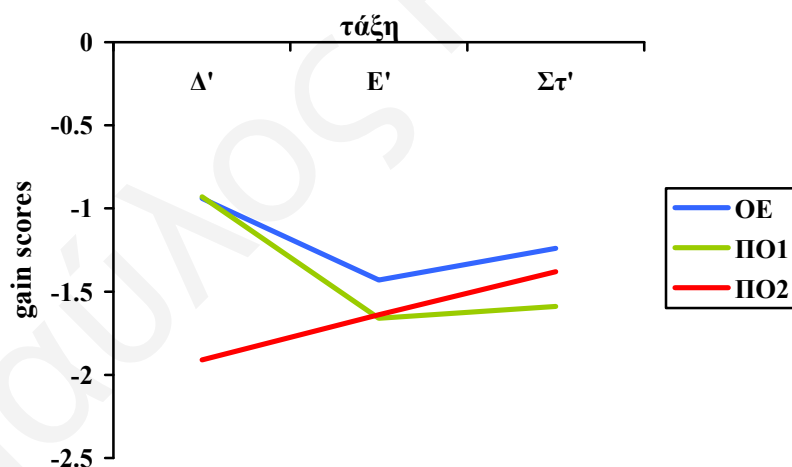
Σημείωση: \*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$

### **Αποτελέσματα Αλληλεπίδρασης (Μεταξύ Ομάδων)**

Ο Πίνακας 25 δείχνει ότι υπήρχε, μεταξύ ομάδων, μια αλληλεπίδραση στις διαφορές των επιδόσεων των μαθητών κατά το αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο και το μετα-πειραματικό δοκίμιο, που αφορούσαν την τάξη και την πειραματική ομάδα. Η φύση της αλληλεπίδρασης αυτής γίνεται πιο κατανοητή από το Σχήμα 18. Οι τιμές στη γραφική παράσταση του Σχήματος 18 είναι αρνητικές διότι αντιστοιχούν στη διαφορά μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών στο δοκίμιο με τις EMN κατά την αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση και κατά τη μετα-πειραματική εξέταση (gain scores). Οι αρνητικές τιμές στη διαφορά των επιδόσεων υποδεικνύει τις μειωμένες επιδόσεις των μαθητών κατά την αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση.

Στο Σχήμα 18, φαίνεται ότι οι μαθητές της Δ' τάξης, που εργάστηκαν στην ΟΕ και στην ΠΟ<sub>1</sub>, είχαν την ίδια συμπεριφορά όσον αφορά τις διαφορές των επιδόσεών τους στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό και στο μετα-πειραματικό δοκίμιο (gain scores). Αυτό δεν παρατηρείται στους αντίστοιχους μαθητές της ΠΟ<sub>2</sub>, οι οποίοι φαίνεται να είχαν χαμηλότερες επιδόσεις από τους μαθητές της ΟΕ και της ΠΟ<sub>1</sub>. Αυτή η δραματική μείωση στις επιδόσεις των μαθητών της Δ' τάξης που εργάστηκαν στη ΠΟ<sub>2</sub> ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι οι μαθητές της ηλικίας αυτής είτε είχαν περιορισμένη ικανότητα μνημονικής λειτουργίας, είτε δεν είχαν αναπτύξει την ικανότητά να σκέφτονται αναλογικά για να επιλύουν προβληματικές καταστάσεις που αφορούν αφηρημένες επιστημονικές έννοιες.

Διαφορετική συμπεριφορά φαίνεται να είχαν και οι μαθητές της Ε' τάξης που εργάστηκαν στην ΟΕ με εκείνους που εργάστηκαν στην ΠΟ<sub>1</sub> και στη ΠΟ<sub>2</sub>. Μεταξύ της ΠΟ<sub>1</sub> και της ΠΟ<sub>2</sub> δε φαίνεται να υπήρχε διαφορετική συμπεριφορά. Από την άλλη, διαφορετική συμπεριφορά φαίνεται να είχαν οι μαθητές της Στ' τάξης που εργάστηκαν στην ΟΕ και στην ΠΟ<sub>2</sub>, με εκείνους που εργάστηκαν στην ΠΟ<sub>1</sub>.



Σχήμα 18. Αλληλεπίδραση στη Διαφορά των Επιδόσεων των Μαθητών στο Αργοπορημένο Μετα-Πειραματικό και στο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο (Gain Scores) με τις EMN, που Οφείλεται στις Ανεξάρτητες Μεταβλητές "Τάξη" και "Πειραματική Ομάδα"

### **Κύρια Αποτελέσματα για τις Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο με τις EMN**

Από τον Πίνακα 25, φαίνεται ότι, εντός των ομάδων, υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά στις διαφορές των επιδόσεων των μαθητών στην αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση και στη μετα-πειραματική εξέταση (gain scores), στο δοκίμιο με τις EMN,  $F(1, 679)=244.15$ ,  $p=0.000$ . Αυτό σημαίνει ότι οι επιδόσεις των μαθητών στο



αργοπορημένο μετα-πειραματικό και στο μετα-πειραματικό δοκίμιο ήταν διαφορετικές. Αυτό είναι εμφανές αφού μελετώντας προσεκτικά τους Πίνακες 13 και 23, φαίνεται ότι οι επιδόσεις των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια ήταν καλύτερες από εκείνες των μαθητών στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια.

Από τον Πίνακα 25, φαίνεται ότι, εντός των ομάδων, υπήρχε ακόμη μια στατιστικά σημαντική διαφορά για τις διαφορές των επιδόσεων των μαθητών στην αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση και στη μετα-πειραματική εξέταση (gain scores) στο δοκίμιο με τις EMN, που αφορούσε τη μεταβλητή "φύλο",  $F(1, 679)=6.12$ ,  $p=.014$ . Αυτό δείχνει ότι τα αγόρια ή τα κορίτσια συμπεριφέρθηκαν διαφορετικά στο μετα-πειραματικό δοκίμιο σε σχέση με το αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο. Η διαφοροποίηση αυτή φαίνεται άλλωστε από τη σύγκριση του Πίνακα 13 με τον Πίνακα 23, όπου στο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις EMN (Πίνακας 13) οι επιδόσεις των κοριτσιών ήταν καλύτερες από εκείνες των αγοριών, ενώ στο αντίστοιχο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο (Πίνακας 23) οι επιδόσεις των αγοριών ήταν καλύτερες από εκείνες των κοριτσιών.

Μελετώντας τον Πίνακα 25, φαίνεται ότι οι διαφορές στις επιδόσεις των μαθητών στα δύο αργοπορημένα μετα-πειραματικά και μετα-πειραματικά δοκίμια (gain scores), όταν έγινε η σύγκριση μεταξύ των ομάδων, είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά με τις ανεξάρτητες μεταβλητές "τάξη" και "πειραματική ομάδα". Κάτι ανάλογο παρατηρείται και στον Πίνακα 16, όπου οι επιδόσεις των μαθητών στο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις EMN, φαίνεται να είχαν πάλι στατιστικά σημαντική διαφορά με τις ανεξάρτητες μεταβλητές "τάξη" και "πειραματική ομάδα". Αυτό σημαίνει ότι οι διαφορές που υπήρχαν στις επιδόσεις των μαθητών στο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις EMN, διατηρήθηκαν και στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο.

Για να εντοπιστούν μεταξύ ποιων τάξεων και ποιων πειραματικών ομάδων υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τις διαφορές στις επιδόσεις των μαθητών στις EMN μεταξύ των αργοπορημένων μετα-πειραματικών δοκιμίων και τις επιδόσεις τους στα μετα-πειραματικά δοκίμια, έγινε ανάλυση Post-Hoc με τη μέθοδο Scheffe. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων αυτών φαίνονται στους Πίνακες 26 και 27.

Από τον Πίνακα 27 φαίνεται ότι, όσον αφορά το δοκίμιο με τις EMN, οι διαφορές των επιδόσεων των μαθητών στην αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση και στη μετα-πειραματική εξέταση (gain scores) είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των

επιδόσεων των μαθητών της Στ' τάξης με εκείνους της Δ' τάξης ( $p < 0.01$ ), ευνοώντας τις επιδόσεις των μαθητών της Στ' τάξης. Μεταξύ της Δ' και Ε' τάξης, αλλά και μεταξύ της Ε' και Στ' τάξης, δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές. Κάτι ανάλογο εντοπίστηκε, σύμφωνα με τον Πίνακα 17, και στις διαφορές των επιδόσεων των μαθητών στα αντίστοιχα μετα-πειραματικά δοκίμια, με μόνη εξαίρεση τις διαφορές που παρατηρήθηκαν στο δοκίμιο με τις EMN μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της Δ' με την Ε' τάξη.

Πίνακας 26

Ανάλυση Post Hoc με τη Μέθοδο Scheffe για τις Διαφορές των Επιδόσεων των Μαθητών στο Αργοπορημένο Μετα-Πειραματικό και στο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο (Gain Scores) με τις EMN, σε Σχέση με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή "Τάξη"

EM	Τάξη (I)	Τάξη (J)	MD (I-J)	Std. Error	p
EMN	Δ'	Ε'	-0.44	0.19	0.066
		Στ'	-0.88	0.18	0.000*
	Ε'	Δ'	0.44	0.19	0.066
		Στ'	-0.44	0.18	0.053
	Στ'	Δ'	0.88	0.18	0.000*
		Ε'	0.44	0.18	0.053

Σημείωση: EM=Εξαρτημένη Μεταβλητή, \*  $p < 0.01$

Πίνακας 27

Ανάλυση Post Hoc με τη Μέθοδο Scheffe για τις Διαφορές των Επιδόσεων των Μαθητών στο Αργοπορημένο Μετα-Πειραματικό και στο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο (Gain Scores) με τις EMN, σε Σχέση με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή "Πειραματική Ομάδα"

EM	Ομάδα (I)	Ομάδα (J)	MD (I-J)	Std. Error	p
EMN	OE	ΠΟ <sub>1</sub>	-0.05	0.18	0.958
		ΠΟ <sub>2</sub>	-0.69	0.18	0.001*
	ΠΟ <sub>1</sub>	OE	0.05	0.18	0.958
		ΠΟ <sub>2</sub>	-0.63	0.18	0.003*
	ΠΟ <sub>2</sub>	OE	0.69	0.18	0.001*
		ΠΟ <sub>1</sub>	0.63	0.18	0.003*

Σημείωση: EM=Εξαρτημένη Μεταβλητή, \*  $p < 0.01$

Στον Πίνακα 27 φαίνεται ότι, όσον αφορά το δοκίμιο με τις EMN, οι διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό και στο μετα-πειραματικό δοκίμιο (gain scores), είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών που εργάστηκαν στη ΠΟ<sub>2</sub> με τις επιδόσεις των μαθητών που εργάστηκαν στην ΠΟ<sub>1</sub> και στην OE ( $p < 0.01$ ). Κάτι παρόμοιο παρατηρήθηκε και στον Πίνακα 18, όπου στο αντίστοιχο μετα-πειραματικό δοκίμιο, οι επιδόσεις των μαθητών που εργάστηκαν στη ΠΟ<sub>2</sub>

φαίνεται να είχαν στατιστικά σημαντική διαφορά με τις επιδόσεις των μαθητών που εργάστηκαν στην ΠΟ<sub>1</sub> και στην ΟΕ. Στο δοκίμιο με τις EMN δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών που εργάστηκαν στην ΟΕ και στην ΠΟ<sub>1</sub>.

### Στατιστική Ανάλυση για το Δοκίμιο με τις ΣΕ

Στη συνέχεια έγινε ανάλυση διασποράς με επαναλαμβανόμενες μετρήσεις (ANOVA with Repeated Measures) 2 (φύλο) X 3(τάξη) X 3 (πειραματική ομάδα), με εξαρτημένη μεταβλητή τις διαφορές των επιδόσεων των μαθητών στο μετα-πειραματικό και στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο (gain scores) με τις ΣΕ. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής παρουσιάζονται στον Πίνακα 28.

Πίνακας 28

Ανάλυση Διασποράς με Επαναλαμβανόμενες Μετρήσεις 2(Φύλο) X 3(Τάξη) X 3(Πειραματική Ομάδα) για τις Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο με τις ΣΕ

<i>Ανεξάρτητη Μεταβλητή</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
<i>Μεταξύ ομάδων</i>					
Τάξη	88.83	2	44.41	10.13	0.000*
Φύλο	7.16	1	7.16	1.63	0.202
Πειραματική Ομάδα	121.49	2	60.75	13.86	0.000*
Τάξη X φύλο	9.62	2	4.81	1.10	0.334
Τάξη X πειραματική ομάδα	18.22	4	4.55	1.04	0.386
Φύλο X πειραματική ομάδα	10.75	2	5.37	1.23	0.294
Τάξη X φύλο X πειραματική ομάδα	6.57	4	1.64	0.38	0.827
error	2976.52	679	4.38		
<i>Εντός ομάδων</i>					
Παράγοντας 2 (B)	288.05	1	288.05	303.285	0.000*
Τάξη	10.10	2	5.05	5.32	0.000*
Φύλο	0.75	1	0.75	0.79	0.357
Πειραματική ομάδα	1.31	2	0.66	0.69	0.502
Τάξη X φύλο	0.60	2	0.30	0.31	0.731
Τάξη X πειραματική ομάδα	4.86	4	1.22	1.28	0.277
Φύλο X πειραματική ομάδα	0.52	2	0.26	0.27	0.762
Τάξη X φύλο X πειραματική ομάδα	2.03	4	0.51	0.53	0.711
error	644.90	679	0.95		

Σημείωση: \*  $p < 0.01$

### **Κόρια Αποτελέσματα για τις Επιδόσεις των Μαθητών στο Δοκίμιο με τις ΣΕ**

Σύμφωνα με τον Πίνακα 28, εντός των ομάδων υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά στις διαφορές των επιδόσεων των μαθητών στην αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση και στη μετα-πειραματική εξέταση (gain scores) και στο δοκίμιο με τις ΣΕ,  $F(1, 679)=303.29$ ,  $p=0.000$ . Αυτή η διαπίστωση υποδεικνύει ότι η συμπεριφορά των μαθητών ήταν διαφορετική μετά την πάροδο δύο μηνών, κάτι που άλλωστε φαίνεται και μέσα από

τη σύγκριση των επιδόσεων των μαθητών στο δοκίμιο με τις ΣΕ κατά τη μετα-πειραματική εξέταση (Πίνακας 14) και κατά την αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση (Πίνακας 24). Από τη σύγκριση των Πινάκων 24 και 14 φαίνεται ότι οι επιδόσεις των μαθητών κατά την αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση ήταν χαμηλότερες από τις αντίστοιχες επιδόσεις τους κατά την μετα-πειραματική εξέταση.

Στον Πίνακα 28 υπάρχει ακόμη μια στατιστικά σημαντική διαφορά, εντός ομάδων, που αναφέρεται στις διαφορές των επιδόσεων των μαθητών στην αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση και στη μετα-πειραματική εξέταση (gain scores) στο δοκίμιο με τις ΣΕ, και αφορούσε τη μεταβλητή "τάξη",  $F(1, 679)=5.32$ ,  $p=0.000$ . Η διαφορά αυτή υποδεικνύει ότι η συμπεριφορά των μαθητών της ίδιας τάξης, δεν ήταν η ίδια στο μετα-πειραματικό και στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο.

Μελετώντας προσεκτικά τον Πίνακα 28 είναι φανερό ότι οι διαφορές στις επιδόσεις των μαθητών στις ΣΕ, μεταξύ των ομάδων, στα δύο αργοπορημένα μετα-πειραματικά και μετα-πειραματικά δοκίμια (gain scores), όταν έγινε η σύγκριση μεταξύ των ομάδων, είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τις ανεξάρτητες μεταβλητές "τάξη" και "πειραματική ομάδα". Στατιστικά σημαντικές, σε σχέση με τις μεταβλητές "τάξη" και "πειραματική ομάδα," ήταν και οι διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών στο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις ΣΕ, όπως προκύπτει από τον Πίνακα 16. Το συμπέρασμα αυτό υποδεικνύει ότι οι διαφορές που εντοπίστηκαν στις επιδόσεις των μαθητών κατά τη μετα-πειραματική εξέταση διατηρήθηκαν και κατά την αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση.

Για να εντοπιστούν μεταξύ ποιων τάξεων και ποιων πειραματικών ομάδων υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε σχέση με τις διαφορές στις επιδόσεις των μαθητών στις ΣΕ μεταξύ των αργοπορημένων μετα-πειραματικών δοκιμίων και τις επιδόσεις τους στα μετα-πειραματικά δοκίμια, έγινε ανάλυση Post-Hoc με τη μέθοδο Scheffe. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων αυτών φαίνονται στους Πίνακες 29 και 30.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 29, όσον αφορά το δοκίμιο με τις ΣΕ, υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της Δ' και της Στ' τάξης ( $p.<0.01$ ), αλλά και μεταξύ των αντίστοιχων επιδόσεων των μαθητών της Ε' και της Στ' τάξης ( $p.<0.05$ ), ευνοώντας και στις δύο περιπτώσεις τις επιδόσεις των μεγαλύτερων

μαθητών. Κάτι ανάλογο εντοπίστηκε, σύμφωνα με τον Πίνακα 17, και στις διαφορές των επιδόσεων των μαθητών στα αντίστοιχα μετα-πειραματικά δοκίμια.

Πίνακας 29

Ανάλυση Post Hoc με τη Μέθοδο Scheffe για τις Διαφορές των Επιδόσεων των Μαθητών στα Αργοπορημένα Μετα-Πειραματικά και στα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια (Gain Scores) με τις ΣΕ, σε Σχέση με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή "Τάξη"

EM	Τάξη (I)	Τάξη (J)	MD (I-J)	Std. Error	p
ΣΕ	Δ'	Ε'	-0.20	0.14	0.392
		Στ'	-0.58	0.13	0.000*
	Ε'	Δ'	0.20	0.14	0.392
		Στ'	-0.38	0.14	0.023**
	Στ'	Δ'	0.58	0.13	0.000*
		Ε'	0.38	0.14	0.023**

Σημείωση: EM=Εξαρτημένη Μεταβλητή, \*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$

Οι ομοιότητες μεταξύ των Πινάκων 26 και 29 με τον Πίνακα 17 δείχνουν ότι οι περισσότερες διαφορές που παρατηρήθηκαν στα μετα-πειραματικά δοκίμια διατηρήθηκαν και στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια. Αυτό σημαίνει ότι οι μαθητές της Στ' τάξης εξακολουθούν να έχουν καλύτερες επιδόσεις από τους μικρότερους σε ηλικία μαθητές, μετά την πάροδο δύο μηνών.

Στον Πίνακα 30 φαίνεται ότι, όσον αφορά το δοκίμιο με τις ΣΕ, ισχύουν όσα εντοπίστηκαν και για το δοκίμιο με τις EMN. Οι διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό και στο μετα-πειραματικό δοκίμιο (gain scores), είχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών που εργάστηκαν στη ΠΟ<sub>2</sub> με τις επιδόσεις των μαθητών που εργάστηκαν στην ΠΟ<sub>1</sub> και στην ΟΕ ( $p < 0.01$ ). Κάτι παρόμοιο παρατηρήθηκε και στον Πίνακα 18 για το μετα-πειραματικό δοκίμιο.

Πίνακας 30

Ανάλυση Post Hoc με τη Μέθοδο Scheffe για τις Διαφορές των Επιδόσεων των Μαθητών στα Αργοπορημένα Μετα-Πειραματικά και στα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια (Gain Scores) με τις ΣΕ, σε Σχέση με την Ανεξάρτητη Μεταβλητή "Πειραματική Ομάδα"

EM	Ομάδα (I)	Ομάδα (J)	MD (I-J)	Std. Error	p
ΣΕ	ΟΕ	ΠΟ <sub>1</sub>	-0.27	0.14	0.136
		ΠΟ <sub>2</sub>	-0.73	0.14	0.000*
	ΠΟ <sub>1</sub>	ΟΕ	0.27	0.14	0.136
		ΠΟ <sub>2</sub>	-0.46	0.14	0.005*
	ΠΟ <sub>2</sub>	ΟΕ	0.73	0.14	0.000*
		ΠΟ <sub>1</sub>	0.46	0.14	0.005*

Σημείωση: EM=Εξαρτημένη Μεταβλητή, \*  $p < 0.01$

Οι ομοιότητες που παρατηρήθηκαν μεταξύ των Πινάκων 27 και 30 με τον Πίνακα 18, υποδηλώνουν ότι οι διαφορές που παρατηρήθηκαν στα μετα-πειραματικά δοκίμια διατηρήθηκαν και στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια, δηλαδή οι επιδόσεις των μαθητών που εργάστηκαν στη ΠΟ<sub>2</sub> εξακολουθούν να είναι καλύτερες από τις επιδόσεις των μαθητών που εργάστηκαν στις υπόλοιπες ομάδες (ΟΕ και ΠΟ<sub>1</sub>), μετά την πάροδο δύο μηνών. Ανάλογα ευρήματα βρήκαν και οι Glynn και Takahashi (1998), οι οποίοι μελέτησαν κατά πόσο οι μαθητές γυμνασίου που εργάστηκαν με κείμενα με ενσωματωμένες διπλές αναλογίες, είχαν καλύτερες επιδόσεις από μαθητές που μελέτησαν μόνο επιστημονικά κείμενα, μετά την πάροδο δύο εβδομάδων. Πράγματι, οι μαθητές που μελέτησαν τα κείμενα με τις διπλές αναλογίες, συγκράτησαν περισσότερα στοιχεία για την επιστημονική έννοια από εκείνους που μελέτησαν μόνο επιστημονικά κείμενα.

### **Συμπληρωματικές Ποιοτικές Αναλύσεις για τα Αργοπορημένα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια**

Οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις ΣΕ ενισχύουν τις διαφορές που παρατηρήθηκαν μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών. Στον Πίνακα 31 παρουσιάζονται δείγματα απαντήσεων των ίδιων μαθητών, των οποίων οι απαντήσεις φαίνονται στον Πίνακα 19. Η επιλογή αυτή έγινε για να μπορέσουν να γίνουν συγκρίσεις μεταξύ των επιδόσεων των ίδιων μαθητών (μαθητές της ΠΟ<sub>2</sub>, αστικής περιοχής) στα μετα-πειραματικά και στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια.

### **Ηλικία (Τάξη) και Συμπερασματικές Ερωτήσεις (ΣΕ)**

Σύμφωνα με τον Πίνακα 28, υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της Στ' τάξης στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο, με τις επιδόσεις των μικρότερων μαθητών. Αυτές οι διαφορές φαίνονται και στα δείγματα των απαντήσεων που φαίνονται στον Πίνακα 31. Για παράδειγμα, στην ερώτηση *“Γιατί οι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι τα φυτά είναι τόσο απαραίτητα στη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας;”* (για σκοπούς σύγκρισης έγινε επιλογή της ίδιας ερώτησης που μελετήθηκε και κατά την ποιοτική ανάλυση των δεδομένων για τα μετα-πειραματικά δοκίμια).

Οι απαντήσεις ενός μαθητή της Δ' τάξης (M207K), ενός της Ε' τάξης (M76A) και μιας μαθήτριας της Στ' τάξης (M104K) ήταν οι ακόλουθες:

*Δ' τάξη - M207K: ..... (καμία απάντηση)*

*Ε' τάξη - M76A: Γιατί μας προσφέρουν οξυγόνο.*

*Στ' τάξη - M104K: Γιατί παράγουν οξυγόνο και άμυλο που είναι πολύ απαραίτητα.*

Πίνακας 31

Δείγματα Απαντήσεων Μαθητών Διαφορετικών Ηλικιών (Τάξεων) σε ΣΕ των Αργοπορημένων Μετα-Πειραματικών Δοκιμών

<i>Ερώτηση</i>	<i>Απάντηση</i>		
	<i>Δ' τάξη</i>	<i>Ε' τάξη</i>	<i>Στ' τάξη</i>
<b>Κείμενο: Λευκά αιμοσφαίρια</b>			
1. Τι θα συνέβαινε, αν ο οργανισμός είχε λιγότερη από την κανονική ποσότητα λευκών αιμοσφαιρίων στο αίμα;	<b>M321A:</b> ..... (καμία απάντηση)	<b>M367A:</b> Θα είναι βαριά άρρωστος.	<b>M116K:</b> Θα μπουν στον οργανισμό περισσότερα μικρόβια και ο οργανισμός θα χάσει τη μάχη.
2. Τι θα συνέβαινε, αν βρισκόσουν σε ένα απομονωμένο νησί, όπου δεν υπάρχουν φαρμακεία, κι εισέβαλλε στον οργανισμό σου ένα πολύ ανθεκτικό, επικίνδυνο και θανατηφόρο μικρόβιο;	<b>M15K:</b> Θα μπορούσε να πεθάνω.	<b>M213A:</b> Θα αρρώσταινα πολύ.	<b>M381A:</b> Τα μικρόβια θα κατάστρεφαν τα λευκά αιμοσφαίρια και θα μολυνόμουν. Αν αυτό κρατούσε για αρκετό καιρό, τα μικρόβια ίσως με σκότωναν.
<b>Κείμενο: Φωτοσύνθεση</b>			
1. Τι θα συνέβαινε στα φυτά, αν για κάποιο λόγο ο ήλιος εξαφανιζόταν;	<b>M318A:</b> ..... (καμία απάντηση)	<b>M235K:</b> Δε θα ζούσαν. Θα μαραίνονταν.	<b>M420K:</b> Αν ο ήλιος εξαφανιζόταν τα φυτά δε θα μπορούσαν να παράγουν την τροφή τους, γιατί ο ήλιος βοηθά στην παραγωγή της.
2. Γιατί οι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι τα φυτά είναι τόσο απαραίτητα στη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας;	<b>M207K:</b> ..... (καμία απάντηση)	<b>M76A:</b> Γιατί μας προσφέρουν οξυγόνο.	<b>M104K:</b> Γιατί παράγουν οξυγόνο και άμυλο που είναι πολύ απαραίτητα.
<b>Κείμενο: Κύτταρο</b>			
1. Ποιο από τα σωματίδια του κυττάρου είναι το πιο σημαντικό και γιατί;	<b>M45K:</b> Το ριβόσωμα, γιατί αποθηκεύει χρήσιμες ουσίες. (λανθασμένη απάντηση)	<b>M378K:</b> Ο πυρήνας διότι αυτός δίνει εντολές στα άλλα σωματίδια.	<b>M95A:</b> Ο πυρήνας, γιατί χωρίς αυτόν το κύτταρο δε θα μπορούσε να λειτουργήσει και θα ήταν άχρηστο.
2. Τι θα συνέβαινε, αν σταματούσαν να δουλεύουν τα μιτοχόνδρια, τα σωματίδια που είναι υπεύθυνα για την παραγωγή ενέργειας στο κύτταρο;	<b>M167K:</b> Οι άνθρωποι θα πέθαιναν.	<b>M350A:</b> Δε θα παίρναμε ενέργεια και δε θα μπορούσαμε να κάνουμε διάφορα πράγματα.	<b>M408A:</b> Δε θα μπορούσε να δουλεύει το κύτταρο, διότι δε θα είχε ενέργεια. Όπως συμβαίνει και στο εργοστάσιο που δε δουλεύει χωρίς ενέργεια.

Σημείωση: Μ=Μαθητής/ Μαθήτρια, Α=Αγόρι, Κ=Κορίτσι

Από τις απαντήσεις αυτές φαίνεται ότι η μαθήτρια της Δ' τάξης (M207K) δεν έδωσε καμία απάντηση, ενώ ο μαθητής της Ε' τάξης (M76A) ανέφερε μόνο ένα παράγοντα για την αναγκαιότητα των φυτών στον πλανήτη μας, που κατά τη γνώμη του είναι το οξυγόνο. Για αυτό, σύμφωνα με τις ρήτρες του Παραρτήματος Θ, η απάντηση της μαθήτριας της Δ' τάξης βαθμολογήθηκε με 0 μονάδες και του μαθητή της Ε' τάξης με 0,5 μονάδα. Αντιθέτως, η μαθήτρια της Στ' τάξης (M104K) ανέφερε δύο παράγοντες που καθιστούν τα φυτά απαραίτητα για τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας, και τόνισε ότι αυτά είναι πολύ απαραίτητα. Συνεπώς, η απάντηση αυτή βαθμολογήθηκε με 1 μονάδα.

Αν γίνει σύγκριση των απαντήσεων που έδωσαν οι συγκεκριμένοι μαθητές (M207K, M76A, M104K) στα μετα-πειραματικά δοκίμια (Πίνακας 19) και στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια (Πίνακας 31), φαίνεται ότι μετά την πάροδο δύο μηνών και οι τρεις μαθητές δεν έδωσαν το ίδιο ολοκληρωμένες απαντήσεις όπως στα μετα-πειραματικά δοκίμια. Παράδειγμα της σύγκρισης αυτής είναι οι απαντήσεις που έδωσε η μαθήτρια της Στ' τάξης (M104K) στην ερώτηση *“Γιατί οι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι τα φυτά είναι τόσο απαραίτητα στη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας;”*

**M104K (μετα-πειραματικό δοκίμιο):** *Γιατί τα φυτά κατά τη φωτοσύνθεση εκτός από το άμυλο παράγουν και οξυγόνο, που και τα δύο είναι πολύ απαραίτητα.*

**M104K (αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο):** *Γιατί παράγουν οξυγόνο και άμυλο που είναι πολύ απαραίτητα.*

Είναι φανερό ότι μετά την πάροδο δύο μηνών η μαθήτρια συγκράτησε αρκετές σημαντικές πληροφορίες (π.χ., το οξυγόνο και το άμυλο), οι οποίες τη βοήθησαν στο συμπερασματικό συλλογισμό της, παρόλο που παρέλειψε να αναφέρει άλλες χρήσιμες πληροφορίες (π.χ., η φωτοσύνθεση) που ανέφερε στο μετα-πειραματικό δοκίμιο. Για αυτό το λόγο, η απάντηση που έδωσε στο μετα-πειραματικό δοκίμιο θεωρήθηκε ότι ήταν πληρέστερη από εκείνη που έδωσε στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο και βαθμολογήθηκε με 1,5 μονάδες σε αντίθεση με τη 1 μονάδα, που δόθηκε στην απάντησή της στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο.

Από τον Πίνακα 31, φαίνεται ότι οι μαθητές της Δ' τάξης δεν μπόρεσαν να συγκρατήσουν πολλές πληροφορίες από τα κείμενα που διάβασαν κατά την παρέμβαση, με αποτέλεσμα να μη δίνουν καθόλου ή και λανθασμένες απαντήσεις στις ερωτήσεις του αργοπορημένου μετα-πειραματικού δοκιμίου. Χαρακτηριστική είναι η λανθασμένη απάντηση στην



ερώτηση “Ποιο από τα σωματίδια του κυττάρου είναι το πιο σημαντικό και γιατί;”, που έδωσε η μαθήτρια της Δ’ τάξης (M45K), η οποία στο μετα-πειραματικό δοκίμιο έδωσε εν μέρει σωστή:

**M45K (μετα-πειραματικό δοκίμιο):** Ο πυρήνας.

**M45K (αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο):** Το ριβόσωμα, γιατί αποθηκεύει χρήσιμες ουσίες.

### **Πειραματική Ομάδα και Συμπερασματικές Ερωτήσεις (ΣΕ)**

Από τον Πίνακα 30 φάνηκε ότι στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών στο δοκίμιο με τις ΣΕ υπήρχαν και μεταξύ των πειραματικών ομάδων. Συγκεκριμένα, οι επιδόσεις των μαθητών της ΠΟ<sub>2</sub> ήταν στατιστικά καλύτερες από εκείνες των μαθητών της ΟΕ και της ΠΟ<sub>1</sub>. Η διαφορά αυτή φαίνεται και στις απαντήσεις που έδωσαν μαθητές που εργάστηκαν στις τρεις πειραματικές ομάδες. Στον Πίνακα 32, παρατίθενται οι απαντήσεις των ίδιων μαθητών (μαθητές Στ’ τάξης, αστικής περιοχής) των οποίων οι απαντήσεις υπήρχαν και στον Πίνακα 21, για να μπορούν να γίνουν συγκρίσεις και μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών του μετα-πειραματικού και του αργοπορημένου μετα-πειραματικού δοκιμίου.

Για την ερώτηση “Τι θα συνέβαινε αν ο οργανισμός είχε λιγότερη από την κανονική ποσότητα λευκών αιμοσφαιρίων στο αίμα;” (έγινε επιλογή της ίδιας ερώτησης, που μελετήθηκε κατά την ποιοτική ανάλυση των δεδομένων των μετα-πειραματικών δοκιμίων, για να μπορούν να γίνουν συγκρίσεις), τρεις μαθητές από τις τρεις διαφορετικές πειραματικές ομάδες (ΟΕ – M403A, ΠΟ<sub>1</sub> – M287K, ΠΟ<sub>2</sub> – M390K) έδωσαν τις ακόλουθες απαντήσεις:

**ΟΕ - M403A:** Θα αρρωστούσε.

**ΠΟ<sub>1</sub> - M287K:** Θα έμπαιναν περισσότερα μικρόβια και ο οργανισμός θα ήταν αδύναμος.

**ΠΟ<sub>2</sub> - M390K:** Θα αρρωστούσε πιο εύκολα και αυτό θα ήταν επικίνδυνο, διότι τα λίγα λευκά αιμοσφαίρια δε θα μπορούσαν να καταστρέψουν τα μικρόβια και έτσι ο οργανισμός θα πεθάνει.

Πίνακας 32

## Δείγματα Απαντήσεων Μαθητών Διαφορετικών Ομάδων σε ΣΕ των Αργοπορημένων Μετα-Πειραματικών Δοκιμών

Ερώτηση	Απάντηση		
	ΟΕ	ΠΟ <sub>1</sub>	ΠΟ <sub>2</sub>
<b>Κείμενο: Λευκά αιμοσφαίρια</b>			
1. Τι θα συνέβαινε, αν ο οργανισμός είχε λιγότερη από την κανονική ποσότητα λευκών αιμοσφαιρίων στο αίμα;	<b>M403A:</b> Θα αρρωστούσε.	<b>M287K:</b> Θα έμπαιναν περισσότερα μικρόβια και ο οργανισμός θα ήταν αδύναμος.	<b>M390K:</b> Θα αρρωστούσε πιο εύκολα και αυτό θα ήταν επικίνδυνο, διότι τα λίγα λευκά αιμοσφαίρια δε θα μπορούσαν να καταστρέψουν τα μικρόβια και έτσι ο οργανισμός θα πεθάνει.
2. Τι θα συνέβαινε, αν βρισκόσουν σε ένα απομονωμένο νησί, όπου δεν υπάρχουν φαρμακεία, κι εισέβαλλε στον οργανισμό σου ένα πολύ ανθεκτικό, επικίνδυνο και θανατηφόρο μικρόβιο;	<b>M135K:</b> Τα λευκά αιμοσφαίρια θα το εξόντωναν (λανθασμένη απάντηση)	<b>M139K:</b> Το πιο πιθανό θα ήταν να πάθω μια σοβαρή αρρώστια, αλλά ακόμη και να πεθάνω.	<b>M408A:</b> Τα λευκά αιμοσφαίρια δε θα μπορούσαν να καταπολεμήσουν τα μικρόβια και θα αρρωστούσα ή θα πέθαινα.
<b>Κείμενο: Φωτοσύνθεση</b>			
1. Τι θα συνέβαινε στα φυτά, αν για κάποιο λόγο ο ήλιος εξαφανιζόταν;	<b>M307K:</b> ..... (καμία απάντηση)	<b>M109K:</b> Δε θα είχαν καλή ανάπτυξη και μάλλον θα μαραίνονταν.	<b>M425K:</b> Δε θα γινόταν σωστά η διαδικασία της φωτοσύνθεσης και δε θα παραγόταν άμυλο.
2. Γιατί οι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι τα φυτά είναι τόσο απαραίτητα στη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας;	<b>M280A:</b> Γιατί μας προσφέρουν οξυγόνο.	<b>M380A:</b> Γιατί τα φυτά παίρνουν το διοξείδιο του άνθρακα και δίνουν οξυγόνο, κάτι που ωφελεί πολύ τους ανθρώπους και τα ζώα.	<b>M140K:</b> Γιατί τα φυτά μας προσφέρουν οξυγόνο και τροφή.
<b>Κείμενο: Κύτταρο</b>			
1. Ποιο από τα σωματίδια του κυττάρου είναι το πιο σημαντικό και γιατί;	<b>M102K:</b> Ο πυρήνας.	<b>M273K:</b> Ο πυρήνας, γιατί αυτός δίνει εντολές.	<b>M405A:</b> Ο πυρήνας, γιατί αυτός δίνει εντολές για το πώς θα λειτουργήσει σωστά το κύτταρο.
2. Τι θα συνέβαινε, αν σταματούσαν να δουλεύουν τα μιτοχόνδρια, τα σωματίδια που είναι υπεύθυνα για την παραγωγή ενέργειας στο κύτταρο;	<b>M412A:</b> Θα σταματούσαν όλα τα μέρη του κυττάρου.	<b>M282A:</b> Τα κύτταρα θα σταματούσαν να δουλεύουν και θα δημιουργούνταν προβλήματα στον οργανισμό.	<b>M420K:</b> Ο οργανισμός θα πάθαινε βλάβη, διότι δε θα λειτουργούσαν σωστά τα κύτταρα.

Σημείωση: Μ=Μαθητής/ Μαθήτρια, Α=Αγόρι, Κ=Κορίτσι, ΟΕ=Ομάδα Ελέγχου, ΠΟ<sub>1</sub>=Πρώτη Πειραματική Ομάδα, ΠΟ<sub>2</sub>=Δεύτερη Πειραματική Ομάδα

Ο μαθητής της ΟΕ (M304A) απάντησε πολύ συνοπτικά χωρίς να δίνει επεξηγήσεις για τους λόγους που θα αρρωστούσε ο οργανισμός. Για αυτό βαθμολογήθηκε με 0,5 μονάδα. Η μαθήτρια της ΠΟ<sub>1</sub> (M287K) έδωσε περισσότερες λεπτομέρειες στην απάντησή της (αναφορά στην αύξηση των μικροβίων που εισέρχονται στο σώμα λόγω της μειωμένης αντίστασης του οργανισμού) με αποτέλεσμα να βαθμολογηθεί με 1 μονάδα. Στην απάντηση της μαθήτριας της ΠΟ<sub>2</sub> (M390K), οι πληροφορίες ήταν περισσότερες (αναφέρει τον κίνδυνο που διατρέχει ο οργανισμός από την εισβολή των μικροβίων, ο οποίος μπορεί να προκαλέσει το θάνατο) και για αυτό βαθμολογήθηκε με 1,5 μονάδες.

Συγκρίνοντας τις απαντήσεις που έδωσαν μαθητές διαφορετικών ομάδων στα μεταπειραματικά δοκίμια (Πίνακας 21) με τις απαντήσεις που έδωσαν στα αργοπορημένα μεταπειραματικά δοκίμια (Πίνακας 32), είναι φανερό ότι, μετά την πάροδο δύο μηνών, οι μαθητές είχαν ξεχάσει πολλές πληροφορίες που θα μπορούσαν να τους βοηθήσουν να δώσουν τις κατάλληλες απαντήσεις στις συμπερασματικές ερωτήσεις.

Ένα παράδειγμα των απαντήσεων που έδωσε η μαθήτρια της ΠΟ<sub>1</sub> (M287K) για την ερώτηση: *“Τι θα συνέβαινε, αν ο οργανισμός είχε λιγότερη από την κανονική ποσότητα λευκών αιμοσφαιρίων στο αίμα;”* είναι το ακόλουθο:

**M287K (μετα-πειραματικό δοκίμιο):** *Ο οργανισμός δε θα μπορούσε να αντιμετωπίσει τα μικρόβια και θα χρειαζόταν να του χορηγηθεί αντιβίωση. Διαφορετικά θα πέθαινε.*

**M287K (αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο):** *Θα έμπαιναν περισσότερα μικρόβια και ο οργανισμός θα ήταν αδύναμος.*

Είναι φανερό ότι στην απάντηση που έδωσε στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο, παρέλειψε να αναφέρει ότι, για να αντιμετωπιστούν τα μικρόβια, πρέπει να χορηγηθεί φαρμακευτική αγωγή και ότι ο οργανισμός κινδυνεύει να πεθάνει, με αποτέλεσμα να βαθμολογηθεί με 1 μονάδα σε αντίθεση με τη βαθμολογία που πήρε στο μετα-πειραματικό δοκίμιο που ήταν 1,5 μονάδα.

Εκείνο που παρατηρήθηκε, κυρίως στους μαθητές της ΟΕ, ήταν ότι στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια είτε έδιναν ελλιπείς απαντήσεις, είτε δεν έδιναν καθόλου απάντηση, είτε έδιναν λανθασμένες απαντήσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα λανθασμένης απάντησης ήταν αυτό που έδωσε η μαθήτρια της ΟΕ (M135K) στην ερώτηση: *“Τι θα συνέβαινε, αν βρισκόσουν σε ένα απομονωμένο νησί, όπου δεν υπάρχουν*

φαρμακεία, κι εισέβαλλε στον οργανισμό σου ένα πολύ ανθεκτικό, επικίνδυνο και θανατηφόρο μικρόβιο;” Η μαθήτρια αυτή, παρόλο που είχε δώσει εν μέρει σωστή απάντηση στο μετα-πειραματικό δοκίμιο (αναφέρει ότι ο οργανισμός θα πεθάνει), εδώ αντιστρέφει εντελώς το συμπέρασμά της και υποστηρίζει ότι τα λευκά αιμοσφαίρια θα καταφέρουν να εξοντώσουν το μικρόβιο, κάτι που όμως δεν ισχύει αφού το μικρόβιο είναι πολύ επικίνδυνο και θανατηφόρο. Στις περιπτώσεις που δε δινόταν καμία απάντηση ή η απάντηση ήταν λανθασμένη, τότε δίνονταν 0 μονάδες.

**M135K (μετα-πειραματικό δοκίμιο):** Ο οργανισμός θα πέθαινε.

**M135K (αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο):** Τα λευκά αιμοσφαίρια θα το εξόντωναν.

Οι απαντήσεις που έδωσαν διάφοροι μαθητές στο δοκίμιο με τις ΣΕ κατά την αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση υποδεικνύουν ότι τα ποιοτικά και τα ποσοτικά δεδομένα της έρευνας συγκλίνουν και έτσι γίνεται τριγωνοποίηση (triangulation) των αποτελεσμάτων, δηλαδή υποστήριξη της μιας μορφής αποτελεσμάτων (ποσοτικά) από την άλλη (ποιοτικά) και αντίστροφα.

### **Πρόβλεψη των Επιδόσεων των Μαθητών στα Μετα-Πειραματικά και στα Αργοπορημένα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια**

#### **Συσχετίσεις Μεταξύ των Κυριοτέρων Μεταβλητών**

Εξετάστηκε στη συνέχεια κατά πόσο κάποιοι από τους παράγοντες που μελετήθηκαν, συμβάλουν στην πρόβλεψη των επιδόσεων των μαθητών στα μετα-πειραματικά και στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια. Στον Πίνακα 33 φαίνονται οι συσχετίσεις μεταξύ των κυριοτέρων μεταβλητών της έρευνας. Οι πληροφορίες που δίνονται στον Πίνακα 31 είναι χρήσιμες για την ερμηνεία των αναλύσεων πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης (Multiple Linear Regression) που ακολουθούν.

Οι συσχετίσεις στον Πίνακα 33 υποδεικνύουν παράγοντες του κοινωνικο-οικονομικού επιπέδου των οικογενειών των μαθητών, οι οποίοι ίσως να επηρεάζουν τις επιδόσεις των μαθητών στα διάφορα δοκίμια της έρευνας. Αρχικά, ο τύπος σχολείου (αστική περιοχή=1, αγροτική περιοχή=2) είχε στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση με την ηλικία των μαθητών ( $p < 0.05$ ). Εμφανίζεται επομένως μια τάση που δείχνει ότι στην αγροτική περιοχή η ηλικία των μαθητών είναι μεγαλύτερη σε σύγκριση με την αστική.

Πίνακας 33

Συσχετίσεις Μεταξύ των Κυριότερων Μεταβλητών της Έρευνας

M	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0.01	0.01*	-0.54*	-0.51*	0.27*	-0.10*	-0.17*	-0.17*	-0.28*	-0.21*	-0.07	0.02	-0.15*	-0.21*	-0.10*	-0.19*
2	1.00	0.03	-0.05	0.01	0.03	-0.01	0.13*	0.12*	0.06	-0.02	0.07	0.04	0.03	0.06	0.04	0.06
3		1.00	-0.12*	-0.11*	0.05	0.28*	0.15*	0.17*	0.14*	0.17*	0.19*	0.26*	0.24*	0.16*	0.10**	0.15*
4			1.00	0.61*	-0.26*	0.09**	0.18*	0.26*	0.31*	0.23*	0.15*	0.04	0.20*	0.25*	0.15*	0.24*
5				1.00	-0.34*	0.14*	0.22*	0.26*	0.33*	0.21*	0.13*	0.03	0.18*	0.19*	0.14*	0.19*
6					1.00	-0.11	-0.11*	-0.18*	-0.18*	-0.07	-0.09**	0.00	-0.08**	-0.10**	-0.10**	-0.11*
7						1.00	0.57*	0.29*	0.30*	0.22*	0.22*	0.18*	0.26*	0.16*	0.12*	0.16*
8							1.00	0.35*	0.38*	0.26*	0.31*	0.22*	0.33*	0.28*	0.27*	0.31*
9								1.00	0.59*	0.41*	0.40*	0.25*	0.46*	0.35*	0.38*	0.41*
10									1.00	0.39*	0.35*	0.26*	0.43*	0.38*	0.32*	0.40*
11										1.00	0.52*	0.35*	0.88*	0.50*	0.38*	0.51*
12											1.00	0.47*	0.83*	0.49*	0.67*	0.64*
13												1.00	0.63*	0.34*	0.38*	0.41*
14													1.00	0.57*	0.59*	0.66
15														1.00	0.53*	0.92*
16															1.00	0.82*
17																1.00

Σημείωση: 1= Τύπος σχολείου (1= αστική περιοχή, 2=αγροτική περιοχή)  
 2= Φύλο (1= αγόρι, 2=κορίτσι)  
 3= Ηλικία  
 4= Μόρφωση πατέρα (1= δημοτικό, 2=γυμνάσιο, 3= λύκειο, 4= κολέγιο/ πανεπιστήμιο)  
 5= Μόρφωση μητέρας (1= δημοτικό, 2=γυμνάσιο, 3= λύκειο, 4= κολέγιο/ πανεπιστήμιο)  
 6= Αριθμός ατόμων στην οικογένεια  
 7= Επιδόσεις στο δοκίμιο ΙΕΜΑ  
 8= Επιδόσεις στο δοκίμιο ΙΕΜΑ  
 9= Επιδόσεις στο δοκίμιο ΑΣ

10= Επιδόσεις στο δοκίμιο ΓΝΙ  
 11= Επιδόσεις στο δοκίμιο με τις ΕΜΝ  
 12= Επιδόσεις στο δοκίμιο με τις ΣΕ  
 13= Επιδόσεις στο δοκίμιο με τις ΕΑΜ  
 14= ΣΥΝΕ  
 15= Επιδόσεις στο δοκίμιο με τις ΕΜΝ (μετά από 2 μήνες)  
 16= Επιδόσεις στο δοκίμιο με τις ΣΕ (μετά από 2 μήνες)  
 17= ΣΥΝΕ (μετά από 2 μήνες)

M= Μεταβλητή

\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$

Αυτή η διαπίστωση οφείλεται ίσως στο γεγονός ότι οι μαθητές της αγροτικής περιοχής επαναλάμβαναν κάποια από τις χρονιές φοίτησής τους στο δημοτικό σχολείο. Ο τύπος σχολείου είχε επίσης στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση με τη μόρφωση του πατέρα ( $p < 0.01$ ) και της μητέρας ( $p < 0.01$ ). Προκύπτει επομένως το συμπέρασμα ότι οι μαθητές της αγροτικής περιοχής έτειναν να έχουν γονείς με χαμηλότερο μορφωτικό επίπεδο.

Από την άλλη, από τις στατιστικά σημαντικές αρνητικές συσχετίσεις που παρουσιάζονται για τον τύπο σχολείου και τις επιδόσεις των μαθητών στα διάφορα δοκίμια που χορηγήθηκαν, φαίνεται ότι οι μαθητές των σχολείων της αγροτικής περιοχής έτειναν να έχουν χαμηλότερες επιδόσεις από τους μαθητές των σχολείων της αστικής περιοχής. Συγκεκριμένα, φαίνεται ότι ο τύπος σχολείου είχε στατιστικά χαμηλότερες επιδόσεις τόσο με τις επιδόσεις των μαθητών στα προ-πειραματικά, όσο και στα μετα-πειραματικά, αλλά και στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια. Για παράδειγμα, φαίνεται ότι η επίδοση των μαθητών στη γενική νοητική ικανότητα (ΓΝΙ) είχε στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση με τον τύπο σχολείου ( $p < 0.01$ ), κάτι που υποδηλώνει ότι οι μαθητές που φοιτούσαν στην αστική περιοχή έτειναν να έχουν καλύτερες επιδόσεις από τους μαθητές που φοιτούσαν στην αγροτική περιοχή.

Ένα άλλο στοιχείο του κοινωνικο-οικονομικού επιπέδου της οικογένειας που φαίνεται να είχε υψηλές συσχετίσεις είναι το επίπεδο μόρφωσης των γονιών. Όσον αφορά το επίπεδο μόρφωσης του πατέρα, φαίνεται ότι είχε στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση με το επίπεδο μόρφωσης της μητέρας, υποδηλώνοντας ότι οι πατέρες με υψηλό επίπεδο μόρφωσης έτειναν να είναι παντρεμένοι με μητέρες με υψηλό επίπεδο μόρφωσης, και αντίστροφα. Μεταξύ του μορφωτικού επιπέδου του πατέρα ή της μητέρας και του αριθμού παιδιών της οικογένειας υπάρχει επίσης στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση, που δείχνει ότι οι μορφωμένοι γονείς έτειναν να έχουν οικογένεια με μικρό αριθμό ατόμων. Οι συσχετίσεις αυτές ενισχύουν την άποψη ότι μορφωμένοι άντρες ή γυναίκες έτειναν να έχουν μορφωμένο σύζυγο και επίσης ότι όσο περισσότερο μορφωμένοι είναι οι γονείς, τόσο μικρότερος έτεινε να είναι ο αριθμός των παιδιών που αποκτούσαν. Από τις στατιστικά σημαντικές θετικές συσχετίσεις που παρατηρούνται μεταξύ του επιπέδου μόρφωσης του πατέρα ή της μητέρας με τις επιδόσεις των μαθητών σε όλα τα δοκίμια της έρευνας, προκύπτει ότι οι μαθητές που είχαν γονείς με υψηλό μορφωτικό επίπεδο έτειναν να έχουν και καλύτερες επιδόσεις σε όλα τα δοκίμια. Για παράδειγμα, το μορφωτικό

επίπεδο του πατέρα, είχε στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση με τη συνολική επίδοση (ΣΥΝΕ) των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια ( $p < 0.01$ ).

Οι στατιστικά σημαντικές θετικές συσχετίσεις της ηλικίας με όλα τα δοκίμια, δείχνουν ότι οι μεγαλύτεροι μαθητές έτειναν να έχουν καλύτερες επιδόσεις από τους μικρότερους σε ηλικία μαθητές. Για παράδειγμα, η επίδοση των μαθητών στο δοκίμιο IEMA είχε στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση ( $p < 0.01$ ), κάτι που σημαίνει ότι οι μεγαλύτεροι σε ηλικία μαθητές είχαν καλύτερες επιδόσεις από τους μικρότερους σε ηλικία μαθητές.

Από τον Πίνακα 33 φαίνεται ακόμη ότι οι επιδόσεις των μαθητών στα προ-πειραματικά δοκίμια είχαν θετικές συσχετίσεις με τις επιδόσεις των μαθητών στα μετα-πειραματικά και στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια και ότι οι μαθητές που είχαν υψηλές επιδόσεις στα προ-πειραματικά δοκίμια είχαν υψηλές επιδόσεις και στα μετα-πειραματικά, αλλά και στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια. Για παράδειγμα, η επίδοση των μαθητών στο δοκίμιο ΓΝΙ είχε στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση με τη ΣΥΝΕ των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια ( $p < 0.01$ ), πράγμα που σημαίνει ότι οι μαθητές που είχαν υψηλή επίδοση στο δοκίμιο ΓΝΙ, έτειναν να έχουν υψηλή ΣΥΝΕ και στα μετα-πειραματικά δοκίμια.

### **Στατιστική Ανάλυση για τα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια**

Για τον εντοπισμό των ανεξάρτητων μεταβλητών που μπορούσαν να προβλέψουν τη συνολική επίδοση (ΣΥΝΕ) των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια, αλλά και εκείνων που μπορούσαν να προβλέψουν την επίδοσή τους στα δοκίμια με τις ερωτήσεις μνήμης (EMN), τις συμπερασματικές ερωτήσεις (ΣΕ) και τις ερωτήσεις για το ανάλογο του ματιού (ΕΑΜ) ξεχωριστά, έγιναν αναλύσεις πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης με τη μέθοδο "βήμα προς βήμα" (Multiple Linear Regression - Stepwise). Οι ανεξάρτητες μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν και στις τέσσερις περιπτώσεις ο τύπος σχολείου, το φύλο, η ηλικία, η μόρφωση πατέρα, η μόρφωση μητέρας, ο αριθμός μελών της οικογένειας, αλλά και οι επιδόσεις των μαθητών στα τέσσερα προ-πειραματικά δοκίμια.

### **Αποτελέσματα για τα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια**

Τα αποτελέσματα της πολλαπλής ανάλυσης γραμμικής παλινδρόμησης για τις επιδόσεις των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια φαίνονται στους Πίνακες 34, 35, 36 και 37. Στον Πίνακα 34, φαίνονται τα αποτελέσματα της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης για τις ΣΥΝΕ των μαθητών.

Από τον Πίνακα 34 φαίνεται ότι 30.7% της διασποράς στις ΣΥΝΕ των μαθητών στα μεταπειραματικά δοκίμια, μπορεί να προβλεφθεί από τις επιδόσεις των μαθητών στα δοκίμια ΑΣ, ΓΝΙ και ΙΕΜΛ, και από την ηλικία τους. Συγκεκριμένα, από την ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης, φαίνεται ότι 22% της διασποράς των ΣΥΝΕ των μαθητών μπορεί να προβλεφθεί από τις επιδόσεις τους στο δοκίμιο ΑΣ, 5.1% από τις επιδόσεις τους στο δοκίμιο ΓΝΙ, 2.2% από τις επιδόσεις τους στο δοκίμιο ΙΕΜΛ και τέλος 1.5% από την ηλικία τους.

Πίνακας 34

Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή τη ΣΥΝΕ

<i>Ανεξάρτητη Μεταβλητή</i>	<i>R</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>Προσ. R<sup>2</sup></i>	<i>R<sup>2</sup> Change</i>	<i>B</i>	<i>β</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
ΑΣ	0.469	0.220	0.219	0.220	0.341	0.257	168.892	0.000*
ΓΝΙ	0.521	0.271	0.269	0.051	0.104	0.232	111.013	0.000*
ΙΕΜΛ	0.541	0.293	0.289	0.022	0.112	0.151	82.251	0.000*
ηλικία	0.554	0.307	0.303	0.015	0.047	0.123	66.014	0.000*

Σημείωση: \*  $p < 0.01$

Ο Πίνακας 35 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης για τις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο με τις EMN. Σύμφωνα με τον Πίνακα 35, το 24% της διασποράς στις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο με τις EMN, μπορεί να προβλεφθεί από τις επιδόσεις των μαθητών στα δοκίμια ΓΝΙ, ΑΣ, ΙΕΜΑ, αλλά και από τον τύπο σχολείου στον οποίο φοιτούσαν. Συγκεκριμένα, 17.9% της διασποράς των επιδόσεων των μαθητών στο δοκίμιο με τις EMN μπορεί να προβλεφθεί από τις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο ΑΣ, 4.4% από τις επιδόσεις τους στο δοκίμιο ΓΝΙ, 1% από τις επιδόσεις τους στο δοκίμιο ΙΕΜΑ και τέλος 0.7% από τον τύπο σχολείου στον οποίο φοιτούσαν (αστική ή αγροτική περιοχή).

Πίνακας 35

Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή την Επίδοση των Μαθητών στο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο με τις EMN

<i>Ανεξάρτητη Μεταβλητή</i>	<i>R</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>Προσ. R<sup>2</sup></i>	<i>R<sup>2</sup> Change</i>	<i>B</i>	<i>β</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
ΑΣ	0.423	0.179	0.178	0.179	0.056	0.221	130.610	0.000*
ΓΝΙ	0.473	0.224	0.221	0.044	0.183	0.245	85.953	0.000*
ΙΕΜΑ	0.483	0.233	0.229	0.010	0.032	0.103	60.450	0.006*
τύπος σχολείου	0.490	0.240	0.235	0.007	-0.426	-0.088	47.097	0.018**

Σημείωση: \*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$



Από τον Πίνακα 36, φαίνεται ότι 21.7% της διασποράς στις επιδόσεις των μαθητών για το δοκίμιο με τις ΣΕ, μπορεί να προβλεφθεί από τις επιδόσεις τους στα δοκίμια ΑΣ, ΙΕΜΛ, ΓΝΙ, αλλά και από την ηλικία τους. Συγκεκριμένα, 15.9% της διασποράς στις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο με τις ΣΕ μπορεί να προβλεφθεί από τις επιδόσεις τους στο δοκίμιο ΑΣ, 3.6% από τις επιδόσεις τους στο δοκίμιο ΙΕΜΛ, 1.5% από τις επιδόσεις τους στο δοκίμιο ΓΝΙ και 0.7% από την ηλικία τους.

Πίνακας 36

Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή την Επίδοση των Μαθητών στο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο με τις ΣΕ

<i>Ανεξάρτητη Μεταβλητή</i>	<i>R</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>Προσ. R<sup>2</sup></i>	<i>R<sup>2</sup> Change</i>	<i>B</i>	<i>β</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
ΑΣ	0.399	0.159	0.158	0.159	0.133	0.236	113.200	0.000*
ΙΕΜΛ	0.442	0.195	0.193	0.036	0.052	0.164	72.404	0.000*
ΓΝΙ	0.458	0.210	0.206	0.015	0.029	0.153	52.858	0.001*
ηλικία	0.466	0.217	0.212	0.007	0.014	0.084	41.224	0.023**

Σημείωση: \*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$

Ο Πίνακας 37 δείχνει ότι 13.9% της διασποράς στις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο με τις ΕΑΜ, μπορεί να προβλεφθεί από τις επιδόσεις των μαθητών στα δοκίμια ΓΝΙ και ΙΕΜΛ, αλλά και από την ηλικία τους. Συγκεκριμένα, 7.9% της διασποράς στις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο με τις ΕΑΜ, μπορεί να προβλεφθεί από τις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο ΓΝΙ, 4.7% από την ηλικία τους και 1.3% από τις επιδόσεις τους στο δοκίμιο ΙΕΜΛ.

Πίνακας 37

Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή την Επίδοση των Μαθητών στο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο με τις ΕΑΜ

<i>Ανεξάρτητη Μεταβλητή</i>	<i>R</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>Προσ. R<sup>2</sup></i>	<i>R<sup>2</sup> Change</i>	<i>B</i>	<i>β</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
ΓΝΙ	0.282	0.079	0.078	0.079	0.022	0.205	51.575	0.000*
ηλικία	0.355	0.126	0.123	0.047	0.019	0.207	43.074	0.000*
ΙΕΜΛ	0.373	0.139	0.135	0.013	0.022	0.124	32.099	0.003*

Σημείωση: \*  $p < 0.01$

Σύμφωνα με τον Πίνακα 33, θα έπρεπε και άλλοι παράγοντες να είχαν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις με τη ΣΥΝΕ των μαθητών αλλά και τις επιμέρους επιδόσεις των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια. Για παράδειγμα, η μεταβλητή "επίδοση των μαθητών στο δοκίμιο ΙΕΜΛ," παρόλο που είχε στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τη

μεταβλητή "ΣΥΝΕ," εντούτοις δεν είχε στατιστικά σημαντική συμβολή στην πρόβλεψη της ΣΥΝΕ των μαθητών. Αυτό δε σημαίνει ότι η μεταβλητή "επίδοση των μαθητών στο δοκίμιο ΙΕΜΑ" δε συνεισφέρει στην πρόβλεψη των ΣΥΝΕ των μαθητών. Ο λόγος που δεν εμφανίζεται ως παράγοντας πρόβλεψης της ΣΥΝΕ είναι επειδή η μεταβλητή "επίδοση των μαθητών στο δοκίμιο ΙΕΜΑ" είχε υψηλή συσχέτιση με τη μεταβλητή "επίδοση των μαθητών στο δοκίμιο ΙΕΜΑ," η οποία εμφανίζεται ως παράγοντας στην ανάλυση. Συνεπώς, η μεταβλητή "επίδοση των μαθητών στο δοκίμιο ΙΕΜΑ" συνεισφέρει έμμεσα στην πρόβλεψη για τη ΣΥΝΕ των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια, μέσα από τη μεταβλητή "επίδοση των μαθητών στο δοκίμιο ΙΕΜΑ". Ένα άλλο παράδειγμα είναι οι μεταβλητές "μόρφωση πατέρα" ή "μόρφωση μητέρας." Παρόλο που καμία από τις δύο μεταβλητές δεν εμφανίζεται ως παράγοντας πρόβλεψης της επίδοσης των μαθητών στο δοκίμιο με τις EMN, εντούτοις αυτό δε σημαίνει ότι δε συμβάλλουν καθόλου. Σύμφωνα με τον Πίνακα 33 οι συσχετίσεις των μεταβλητών αυτών με την επίδοση των μαθητών στο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις EMN ήταν υψηλές. Άρα, και οι δύο αυτές μεταβλητές μπορεί να θεωρηθούν ότι συνεισφέρουν έμμεσα στην επίδοση των μαθητών στο δοκίμιο με τις EMN, μέσα από άλλες μεταβλητές που βρέθηκε ότι προβλέπουν τη συγκεκριμένη επίδοση και έχουν υψηλή συσχέτιση με το μορφωτικό επίπεδο του πατέρα ή της μητέρας όπως είναι η μεταβλητή "επίδοση στο δοκίμιο ΓΝΙ."

Όπως φάνηκε από τους Πίνακες 34, 35, 36 και 37 οι παράγοντες που μπορούσαν να προβλέψουν τις επιδόσεις των μαθητών στη ΣΥΝΕ των μαθητών στα τρία μετα-πειραματικά δοκίμια, αλλά και στα επιμέρους δοκίμια ξεχωριστά, ήταν περίπου οι ίδιοι. Συγκεκριμένα, φάνηκε ότι ο παράγοντας που μπορούσε να προβλέψει το μεγαλύτερο ποσοστό της διασποράς των επιδόσεων των μαθητών στα τρία μετα-πειραματικά δοκίμια, ήταν η επίδοσή τους στο δοκίμιο ΑΣ. Δύο άλλοι παράγοντες που μπορούσαν να προβλέψουν τις επιδόσεις των μαθητών και στα τρία μετα-πειραματικά δοκίμια ήταν οι επιδόσεις τους στο δοκίμιο ΓΝΙ και στα δοκίμια που μετρούσαν την Εργαζόμενη Μνήμη τους (είτε ΙΕΜΑ, είτε ΙΕΜΛ). Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν πόσο σημαντική είναι η καλλιέργεια κάποιων ικανοτήτων των μαθητών, προτού γίνει χρήση των αναλογιών στην τάξη. Είναι σημαντικό προτού ξεκινήσει οποιαδήποτε χρήση των αναλογιών, να γίνεται πρόνοια ανάπτυξης κυρίως της αναλογικής σκέψης και της γενικής νοητικής ικανότητας των μαθητών.

## Στατιστική Ανάλυση για τα Αργοπορημένα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια

Πέρα από τις τέσσερις αναλύσεις πολλαπλής παλινδρόμησης που έγιναν για τα μετα-πειραματικά δοκίμια, έγιναν ακόμη τρεις που αφορούσαν τη συνολική επίδοση των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια που χορηγήθηκαν ξανά μετά από την πάροδο δύο μηνών (αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια), αλλά και τις επιδόσεις των μαθητών στα επιμέρους δοκίμια ξεχωριστά. Συγκεκριμένα, μελετήθηκαν οι παράγοντες που μπορούν να προβλέψουν τις επιδόσεις των μαθητών στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια με τις EMN και τις ΣΕ. Και σε αυτές τις αναλύσεις χρησιμοποιήθηκαν οι ανεξάρτητες μεταβλητές που αναφέρθηκαν στις αναλύσεις πολλαπλής παλινδρόμησης, που έγιναν για τα μετα-πειραματικά δοκίμια.

### Αποτελέσματα για τα Αργοπορημένα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια

Τα αποτελέσματα των τριών αναλύσεων πολλαπλής παλινδρόμησης για τα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια φαίνονται στους Πίνακες 38, 39 και 40. Από τον Πίνακα 36 φαίνεται ότι 23.2% της διασποράς στις ΣΥΝΕ των μαθητών στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια, μπορεί να προβλεφθεί από τις επιδόσεις των μαθητών στα δοκίμια ΓΝΙ, ΑΣ, ΙΕΜΛ, αλλά και από τη μόρφωση του πατέρα. Ειδικότερα, φαίνεται ότι 16.9% της διασποράς στις ΣΥΝΕ των μαθητών στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια, μπορεί να προβλεφθεί από τις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο ΓΝΙ, 3.4% από τις επιδόσεις τους στο δοκίμιο ΑΣ, 2.1% από τις επιδόσεις τους στο δοκίμιο ΙΕΜΛ και 0.7% από το μορφωτικό επίπεδο του πατέρα.

Πίνακας 38

Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή τη ΣΥΝΕ των Μαθητών στα Αργοπορημένα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια

Ανεξάρτητη Μεταβλητή	R	R <sup>2</sup>	Προσ. R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Change	B	β	F	p
ΓΝΙ	0.411	0.169	0.167	0.169	0.072	0.206	121.234	0.000*
ΑΣ	0.450	0.203	0.200	0.034	0.198	0.191	75.887	0.000*
ΙΕΜΛ	0.473	0.224	0.220	0.021	0.089	0.155	57.381	0.000*
μόρφ. πατ.	0.481	0.232	0.226	0.007	0.303	0.092	44.813	0.017**

Σημείωση: \*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$

Μελετώντας προσεκτικά τον Πίνακα 39, φαίνεται ότι 20.3% της διασποράς στις επιδόσεις των μαθητών στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις EMN, μπορεί να προβλεφθεί από τις επιδόσεις των μαθητών στα δοκίμια ΓΝΙ, ΙΕΜΛ, ΑΣ, από το μορφωτικό επίπεδο του πατέρα, αλλά και από την ηλικία τους. Συγκεκριμένα, 14.6% της

διασποράς στις επιδόσεις των μαθητών στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις EMN, μπορεί να προβλεφθεί από τις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο ΓΝΙ, 2.1% από τις επιδόσεις τους στο δοκίμιο ΙΕΜΛ, 1.5% από το μορφωτικό επίπεδο του πατέρα, 1.2% από τις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο ΑΣ και τέλος 0.9% από την ηλικία τους.

Πίνακας 39

Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή την Επίδοση των Μαθητών στο Αργοπορημένο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο με τις EMN

<i>Ανεξάρτητη Μεταβλητή</i>	<i>R</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>Προσ. R<sup>2</sup></i>	<i>R<sup>2</sup> Change</i>	<i>B</i>	<i>β</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
ΓΝΙ	0.382	0.146	0.145	0.146	0.047	0.200	102.372	0.000*
ΙΕΜΛ	0.408	0.167	0.164	0.021	0.045	0.116	59.716	0.000*
μόρφ. πατ.	0.426	0.182	0.178	0.015	0.310	0.140	44.134	0.001*
ΑΣ	0.440	0.194	0.188	0.012	0.089	0.130	35.785	0.003*
ηλικία	0.450	0.203	0.196	0.009	0.019	0.098	30.240	0.010**

Σημείωση: \*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$

Από τον Πίνακα 40, φαίνεται ότι 16.8% της διασποράς στις επιδόσεις των μαθητών στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις ΣΕ, μπορεί να προβλεφθεί από τις επιδόσεις των μαθητών στα δοκίμια ΑΣ, ΙΕΜΛ, ΓΝΙ και ΙΕΜΑ. Συγκεκριμένα, 12% της διασποράς στις επιδόσεις των μαθητών στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις ΣΕ, μπορεί να προβλεφθεί από τις επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο ΑΣ, 2.8% από τις επιδόσεις τους στο δοκίμιο ΙΕΜΛ, 1.2% από τις επιδόσεις τους στο δοκίμιο ΓΝΙ και 0.8% από τις επιδόσεις τους στο δοκίμιο ΙΕΜΑ.

Πίνακας 40

Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή την Επίδοση των Μαθητών στο Αργοπορημένο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο με τις ΣΕ

<i>Ανεξάρτητη Μεταβλητή</i>	<i>R</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>Προσ. R<sup>2</sup></i>	<i>R<sup>2</sup> Change</i>	<i>B</i>	<i>β</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
ΑΣ	0.347	0.120	0.119	0.120	0.106	0.216	81.602	0.000*
ΙΕΜΛ	0.384	0.148	0.145	0.028	0.057	0.209	51.747	0.000*
ΓΝΙ	0.400	0.160	0.156	0.012	0.025	0.149	37.855	0.003*
ΙΕΜΑ	0.410	0.168	0.162	0.008	-0.023	-0.110	30.028	0.018**

Σημείωση: \*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$

Στον Πίνακα 33, φαίνεται ότι υπάρχουν κι άλλες μεταβλητές (π.χ., μόρφωση μητέρας) που είχαν στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τη μεταβλητή "ΣΥΝΕ των μαθητών στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια", αλλά και με τις μεταβλητές "επίδοση στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις EMN" και "επίδοση στο αργοπορημένο

μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις ΣΕ, και παρόλα αυτά δεν εμφανίζονται ως παράγοντες πρόβλεψης των επιδόσεων αυτών. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, οι μεταβλητές αυτές συνεισφέρουν έμμεσα στην πρόβλεψη των επιδόσεων των μαθητών στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια, μέσω άλλων μεταβλητών που είχαν στατιστικά σημαντική συμβολή στην πρόβλεψη των επιδόσεων των μαθητών.

Όπως φάνηκε από τους Πίνακες 38, 39 και 40, υπάρχει μια ομοιομορφία όσον αφορά τους παράγοντες που μπορούν να προβλέψουν τις επιδόσεις των μαθητών στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια. Συγκεκριμένα, στην πρόβλεψη τόσο της ΣΥΝΕ, όσο και στις επιδόσεις των μαθητών στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις EMN φαίνεται να συνεισφέρουν περισσότερο οι επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο ΓΝΙ. Ταυτόχρονα, στις ίδιες επιδόσεις φαίνεται να συνεισφέρουν οι επιδόσεις των μαθητών στα δοκίμια ΙΕΜΛ και ΑΣ, αλλά σε μικρότερο βαθμό.

### **Επαναληπτική Στατιστική Ανάλυση για τα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια**

Μελετώντας τον Πίνακα 33, είναι φανερό ότι υπήρχαν υψηλές συσχετίσεις μεταξύ των κοινωνικο-οικονομικών χαρακτηριστικών (τύπος σχολείου, φύλο, ηλικία, μόρφωση πατέρα, μόρφωση μητέρας, αριθμός ατόμων στην οικογένεια) με τις επιδόσεις των μαθητών στα προ-πειραματικά δοκίμια. Για αυτό, θεωρήθηκε αναγκαίο να επαναληφθούν οι ίδιες αναλύσεις πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης (Multiple Linear Regression - Stepwise), αλλά αυτή τη φορά με ανεξάρτητες μεταβλητές μόνο τα κοινωνικο-οικονομικά χαρακτηριστικά, αφού, λόγω της υψηλής συσχέτισής τους με τις επιδόσεις των μαθητών στα προ-πειραματικά δοκίμια, φαίνεται ότι συνυπολογίζονταν σε αυτά. Οι αναλύσεις αυτές στόχευαν στον εντοπισμό των κοινωνικο-οικονομικών χαρακτηριστικών που μπορούν να προβλέψουν, σε πρώτο στάδιο, τη συνολική επίδοση των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια (ΣΥΝΕ), την επίδοση των μαθητών στα δοκίμια με τις ερωτήσεις μνήμης (EMN), τις συμπερασματικές ερωτήσεις (ΣΕ) και τις ερωτήσεις για το ανάλογο του ματιού (ΕΑΜ).

### **Αποτελέσματα Επαναληπτικής Στατιστικής Ανάλυσης για τα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια**

Οι Πίνακες 41, 42, 43 και 44 παρουσιάζουν τα αποτελέσματα των επαναληπτικών αναλύσεων πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης για τις επιδόσεις των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια.

Από τον Πίνακα 41, φαίνεται ότι 10.6% της διασποράς στις συνολικές επιδόσεις των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια (ΣΥΝΕ) μπορεί να προβλεφθεί από την ηλικία

των μαθητών και από το μορφωτικό επίπεδο του πατέρα. Συγκεκριμένα, 5.1% της διασποράς στις συνολικές επιδόσεις των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια μπορεί να προβλεφθεί από την ηλικία των μαθητών και 5.4% από το μορφωτικό επίπεδο του πατέρα.

Πίνακας 41

Επαναληπτική Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή τη ΣΥΝΕ

<i>Ανεξάρτητη Μεταβλητή</i>	<i>R</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>Προσ. R<sup>2</sup></i>	<i>R<sup>2</sup> Change</i>	<i>B</i>	<i>β</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Ηλικία	0.227	0.051	0.050	0.051	0.097	0.254	34.197	0.000*
Μόρφ. πατέρα	0.325	0.106	0.103	0.054	0.996	0.235	37.242	0.000*

Σημείωση: \*  $p < 0.01$

Στον Πίνακα 42, φαίνεται ότι 10.2% της διασποράς των επιδόσεων των μαθητών στο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις EMN μπορεί να προβλεφθεί από το μορφωτικό επίπεδο του πατέρα, από την ηλικία των μαθητών και από τον τύπο σχολείου (αστική ή αγροτική περιοχή) στο οποίο φοιτούσαν οι μαθητές. Το 5.4% της διασποράς των επιδόσεων των μαθητών στο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις EMN μπορεί να προβλεφθεί από το μορφωτικό επίπεδο του πατέρα, 3.7% από την ηλικία των μαθητών και 1.1% από τον τύπο σχολείου στο οποίο φοιτούσαν οι μαθητές.

Πίνακας 42

Επαναληπτική Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή την Επίδοση των Μαθητών στο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο με τις EMN

<i>Ανεξάρτητη Μεταβλητή</i>	<i>R</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>Προσ. R<sup>2</sup></i>	<i>R<sup>2</sup> Change</i>	<i>B</i>	<i>β</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Μόρφ. πατέρα	0.233	0.054	0.053	0.054	0.441	0.182	36.162	0.000*
Ηλικία	0.301	0.091	0.088	0.037	0.565	0.198	25.502	0.000*
Τύπος σχολείου	0.319	0.102	0.098	0.011	-0.616	-0.125	7.679	0.006*

Σημείωση: \*  $p < 0.01$

Μελετώντας προσεκτικά τον Πίνακα 43, φαίνεται ότι 6% της διασποράς των επιδόσεων των μαθητών στο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις ΣΕ μπορεί να προβλεφθεί από την ηλικία των μαθητών και από το μορφωτικό επίπεδο του πατέρα. Συγκεκριμένα, 3.1% της διακύμανσης των επιδόσεων των μαθητών στο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις ΣΕ μπορεί να προβλεφθεί από την ηλικία των μαθητών και 3% από το μορφωτικό επίπεδο του πατέρα.

Πίνακας 43

Επαναληπτική Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή την Επίδοση των Μαθητών στο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο με τις ΣΕ

<i>Ανεξάρτητη Μεταβλητή</i>	<i>R</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>Προσ. R<sup>2</sup></i>	<i>R<sup>2</sup> Change</i>	<i>B</i>	<i>β</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Ηλικία	0.175	0.031	0.029	0.031	0.032	0.196	20.081	0.000*
Μόρφ. πατέρα	0.246	0.060	0.057	0.030	0.311	0.173	20.282	0.000*

Σημείωση: \*  $p < 0.01$

Σύμφωνα με τον Πίνακα 44, φαίνεται ότι 6.5% της διασποράς των επιδόσεων των μαθητών στο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τη ΕΑΜ μπορεί να προβλεφθεί μόνο από την τάξη στην οποία φοιτούσαν οι μαθητές.

Πίνακας 44

Επαναληπτική Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή την Επίδοση των Μαθητών στο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο με τις ΕΑΜ

<i>Ανεξάρτητη Μεταβλητή</i>	<i>R</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>Προσ. R<sup>2</sup></i>	<i>R<sup>2</sup> Change</i>	<i>B</i>	<i>β</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Ηλικία	0.256	0.065	0.064	0.065	0.023	0.256	44.176	0.000*

Σημείωση: \*  $p < 0.01$

Οι Πίνακες 41, 42, 43 και 44 έχουν κάποια κοινά στοιχεία όσον αφορά τις ανεξάρτητες μεταβλητές του κοινωνικο-οικονομικού επιπέδου που προβλέπουν τις επιδόσεις των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια. Σε όλους τους πίνακες, εμφανίζεται η ανεξάρτητη μεταβλητή "ηλικία," ενώ στους Πίνακες 41, 42 και 43 εμφανίζεται και η ανεξάρτητη μεταβλητή "μόρφωση πατέρα."

Σύμφωνα με τον Πίνακα 33, λόγω των στατιστικά σημαντικών συσχετίσεων κάποιων από τις υπόλοιπες μεταβλητές του κοινωνικο-οικονομικού επιπέδου με τις επιδόσεις των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια, θα έπρεπε και αυτές να προβλέπουν τις συγκεκριμένες επιδόσεις. Παρόλα αυτά, για παράδειγμα η μεταβλητή "μόρφωση μητέρας" δε φαίνεται να προβλέπει τις επιδόσεις των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια, διότι ίσως να συνυπολογίζεται μέσω άλλης μεταβλητής με την οποία έχει υψηλή στατιστικά σημαντική συσχέτιση, όπως είναι η μεταβλητή "μόρφωση πατέρα".

#### **Επαναληπτική Στατιστική Ανάλυση για τα Αργοπορημένα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια**

Εκτός από τις τέσσερις αναλύσεις πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης για τα μετα-πειραματικά δοκίμια, έγιναν ακόμη τρεις αναλύσεις πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης

με ανεξάρτητες μεταβλητές τα κοινωνικο-οικονομικά χαρακτηριστικά (τύπος σχολείου, φύλο, ηλικία, μόρφωση πατέρα, μόρφωση μητέρας, αριθμός ατόμων στην οικογένεια) και εξαρτημένες μεταβλητές τη συνολική επίδοση των μαθητών στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια, την επίδοση των μαθητών στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις EMN και την επίδοση των μαθητών στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις ΣΕ.

#### **Αποτελέσματα Επαναληπτικής Στατιστικής Ανάλυσης για τα Αργοπορημένα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια**

Οι Πίνακες 45, 46 και 47 παρουσιάζουν τα αποτελέσματα της επαναληπτικής ανάλυσης πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης για τα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια. Από τον Πίνακα 45 φαίνεται ότι 9% της διασποράς των συνολικών επιδόσεων των μαθητών στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια μπορεί να προβλεφθεί από το μορφωτικό επίπεδο του πατέρα και την ηλικία των μαθητών. Το 6.1% της διασποράς των συνολικών επιδόσεων των μαθητών μπορεί να προβλεφθεί από το μορφωτικό επίπεδο του πατέρα και το 2.9% από την τάξη στην οποία φοιτούσαν οι μαθητές.

Πίνακας 45

Επαναληπτική Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή τη ΣΥΝΕ των Μαθητών στα Αργοπορημένα Μετα-Πειραματικά Δοκίμια

<i>Ανεξάρτητη Μεταβλητή</i>	<i>R</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>Προσ. R<sup>2</sup></i>	<i>R<sup>2</sup> Change</i>	<i>B</i>	<i>β</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Μόρφ. πατέρα	0.248	0.061	0.060	0.061	0.880	0.268	41.407	0.000*
Ηλικία	0.301	0.090	0.088	0.029	0.051	0.171	22.704	0.000*

Σημείωση: \*  $p < 0.01$

Στον Πίνακα 46, φαίνεται ότι 10.6% της διασποράς των επιδόσεων των μαθητών στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις EMN μπορεί να προβλεφθεί από το μορφωτικό επίπεδο του πατέρα, την ηλικία των μαθητών και τον τύπο σχολείου στο οποίο φοιτούσαν οι μαθητές. Συγκεκριμένα, 6.7% της διασποράς των επιδόσεων των μαθητών στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις ΣΕ οφείλεται στο μορφωτικό επίπεδο του πατέρα, 3.3% στην ηλικία και 0.7% στον τύπο σχολείου.

Πίνακας 46

Επαναληπτική Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή την Επίδοση των Μαθητών στο Αργοπορημένο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο με τις EMN



<i>Ανεξάρτητη Μεταβλητή</i>	<i>R</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>Προσ. R<sup>2</sup></i>	<i>R<sup>2</sup> Change</i>	<i>B</i>	<i>β</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Μόρφ. πατέρα	0.259	0.067	0.065	0.067	0.501	0.228	45.266	0.000*
Ηλικία	0.316	0.100	0.097	0.033	0.037	0.187	34.943	0.000*
Τύπος σχολείου	0.326	0.106	0.102	0.007	-0.435	-0.097	24.983	0.031**

Σημείωση: \*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$

Μελετώντας προσεκτικά τον Πίνακα 47, φαίνεται ότι 3.5% της διασποράς των επιδόσεων των μαθητών στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις ΣΕ οφείλεται στο μορφωτικό επίπεδο του πατέρα και στην ηλικία των μαθητών. Συγκεκριμένα, 2.5% της διασποράς των επιδόσεων των μαθητών στο αργοπορημένο μετα-πειραματικό δοκίμιο με τις ΣΕ οφείλεται στο μορφωτικό επίπεδο του πατέρα και 1.1% στην ηλικία των μαθητών.

Πίνακας 47

Επαναληπτική Ανάλυση Πολλαπλής Γραμμικής  
Παλινδρόμησης με Εξαρτημένη Μεταβλητή την Επίδοση των  
Μαθητών στο Αργοπορημένο Μετα-Πειραματικό Δοκίμιο με τις ΣΕ

<i>Ανεξάρτητη Μεταβλητή</i>	<i>R</i>	<i>R<sup>2</sup></i>	<i>Προσ. R<sup>2</sup></i>	<i>R<sup>2</sup> Change</i>	<i>B</i>	<i>β</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Μόρφ. πατέρα	0.158	0.025	0.023	0.025	0.263	0.170	16.085	0.000*
Ηλικία	0.188	0.035	0.032	0.011	0.014	0.103	11.557	0.009*

Σημείωση: \*  $p < 0.01$

Όπως φάνηκε από τους Πίνακες 45, 46 και 47, υπάρχουν ομοιότητες όσον αφορά τις ανεξάρτητες μεταβλητές που μπορούν να προβλέψουν τις επιδόσεις των μαθητών στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια. Συγκεκριμένα, και στους τρεις πίνακες εμφανίζονται οι ανεξάρτητες μεταβλητές "ηλικία" και "μόρφωση πατέρα". Αυτή η διαπίστωση υπήρχε και για τους Πίνακες 41, 42 και 43.

### Γενικές Διαπιστώσεις

Όπως φάνηκε από όλες τις αναλύσεις πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, οι παράγοντες που μπορούσαν να προβλέψουν τις επιδόσεις των μαθητών στα μετα-πειραματικά, αλλά και στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια ήταν η ηλικία των μαθητών, το μορφωτικό επίπεδο του πατέρα και οι επιδόσεις των μαθητών στα προ-πειραματικά δοκίμια (IEMA, IEMA, ΑΣ, ΓΝΙ).

Οι παράγοντες που μπορούσαν να προβλέψουν το μεγαλύτερο ποσοστό της διασποράς των επιδόσεων των μαθητών ήταν οι επιδόσεις τους στα προ-πειραματικά δοκίμια ΑΣ και ΓΝΙ. Η διαπίστωση αυτή υποδεικνύει ότι όταν γίνεται χρήση αναλογιών στην τάξη, ο

εκπαιδευτικός θα πρέπει να έχει υπόψη του ότι οι μαθητές πρέπει να έχουν καλά ανεπτυγμένη την αναλογική σκέψη και τη γενική νοητική ικανότητά τους. Αν δεν έχουν αναπτύξει αυτές τις δύο ικανότητες, τότε είναι δύσκολο να γίνουν κατανοητές άγνωστες έννοιες (και κυρίως άγνωστες αφηρημένες έννοιες) που παρουσιάζονται χρησιμοποιώντας αναλογίες.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι υπήρχαν και άλλοι παράγοντες που μπορούσαν να προβλέψουν τις επιδόσεις των μαθητών στα μετα-πειραματικά και αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια, όπως το μορφωτικό επίπεδο της μητέρας. Λόγω του ότι όμως οι παράγοντες αυτοί είχαν υψηλή συσχέτιση με άλλους παράγοντες, που ήδη βρέθηκε ότι μπορούσαν να προβλέψουν τις επιδόσεις των μαθητών (στην προκειμένη περίπτωση το μορφωτικό επίπεδο του πατέρα), δεν εμφανίστηκαν στην ανάλυση της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Παρόλα αυτά η συμβολή των παραγόντων αυτών στην επίδοση των μαθητών δεν πρέπει να αγνοηθεί, διότι συνεισφέρουν με έμμεσο τρόπο. Το μορφωτικό επίπεδο τόσο του πατέρα, όσο και της μητέρας, είναι δύο παράγοντες που έχει βρεθεί από πολλούς ερευνητές (Burgess, Hecht & Lonigan, 2002· Payne, Whitehurst & Angell, 1994· van Steensel, 2006), ότι συμβάλλουν στη διαμόρφωση της επίδοσης των μαθητών στο σχολείο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ V

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν μέσα από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας, ενώ ταυτόχρονα γίνεται προσπάθεια σύνδεσής τους με τη βιβλιογραφία, με πρόθεση να διαπιστωθούν συγκλίσεις ή αποκλίσεις με αυτά που υποστηρίζονται από σχετικές θεωρίες, ή με τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών. Επιπρόσθετα, τονίζεται η παιδαγωγική αξία της έρευνας και προτείνονται ερευνητικές προεκτάσεις της.

#### **Κύρια Συμπεράσματα και Παιδαγωγική Αξία της Έρευνας**

##### **Συμπεράσματα από την Πιλοτική Έρευνα**

Η έρευνα αυτή πρόσφερε πολύτιμη πληροφόρηση για τη συμβολή των ίδιων των μαθητών στην τελική διαμόρφωση των κειμένων και των δοκιμίων. Η συμμετοχή των μαθητών στη φάση αυτή ήταν πολύ χρήσιμη, αφού πρόσφερε σημαντική πληροφόρηση για τις απαραίτητες διαφοροποιήσεις των κειμένων και των δοκιμίων. Παρόλο που τα αρχικά κείμενα βασίστηκαν στη θεωρία της Gentner (1983) και στα κριτήρια που αναφέρει η Iding (1997) για την κατασκευή κατάλληλων αναλογιών, εντούτοις χρειάστηκαν κάποιες τροποποιήσεις για να προσαρμοστούν στα γνωστικά επίπεδα των μαθητών του δημοτικού σχολείου. Οι Oliva, κ.ά. (2007) και Dagher (1995a) υποστηρίζουν ότι η διατύπωση των κατάλληλων αναλογιών πρέπει να είναι συλλογικό αποτέλεσμα της συνεργασίας του εκπαιδευτικού και των μαθητών. Η συμμετοχή των μαθητών στην τελική διαμόρφωση των κειμένων ήταν πραγματικά πολύ χρήσιμη, διότι (α) απλοποιήθηκαν εκφράσεις οι οποίες παρουσίαζαν δυσκολία στην κατανόηση, (β) αποσαφηνίστηκαν επιστημονικές έννοιες, (γ) εντοπίστηκαν και διορθώθηκαν αδυναμίες των ίδιων των αναλογιών (π.χ., οι ανωτέρου επιπέδου συσχετίσεις έγιναν πιο συγκεκριμένες), (δ) εντοπίστηκαν τα κείμενα που πρόσφεραν καλύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών (συγκεκριμένα, όλοι οι μαθητές του δείγματος της πιλοτικής έρευνας υπέδειξαν τα κείμενα με τις διπλές αναλογίες ως τα πιο κατανοητά), και (ε) εντοπίστηκαν τα κείμενα που έκαναν τους μαθητές να νιώσουν περισσότερη σιγουριά κατά τη μελέτη τους. Οι μαθητές εξέφρασαν την άποψη ότι προτιμούσαν τα κείμενα με τις διπλές αναλογίες, γιατί είχαν στη διάθεσή τους και την εικόνα που τους εξηγούσε τι περιέγραφε το κείμενο.

Η άποψη των Oliva κ.ά. (2007) και Dagher (1995a), για την ενεργό συμμετοχή των μαθητών, φαίνεται να είναι πολύ χρήσιμη για την προετοιμασία όχι μόνο των κειμένων με

τις αναλογίες, αλλά και για κάθε είδος εκπαιδευτικού υλικού. Με τη βοήθεια των μαθητών, μπορούν να διαφοροποιηθούν τα διδακτικά εγχειρίδια, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι πιθανότητες δημιουργίας παρανοήσεων κατά τη μελέτη κειμένων, αφού θα αποτελούν προϊόν συνεργασίας με τους μαθητές. Ακόμη, οι απόψεις των μαθητών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση των διδακτικών προσεγγίσεων των εκπαιδευτικών. Οι μαθητές μπορούν να προτείνουν ελκυστικές μεθόδους διδασκαλίας, που θα κεντρίζουν το ενδιαφέρον των ιδίων και των συμμαθητών τους, και έτσι θα γίνεται περισσότερο εφικτή η δημιουργική και αποτελεσματική μάθηση.

Συνεπώς, η προσέγγιση της συλλογικής δημιουργίας του εκπαιδευτικού υλικού αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για τη συγγραφή διδακτικών εγχειριδίων, τόσο για τους μαθητές, όσο και για τους εκπαιδευτικούς. Στη συγγραφή των διδακτικών εγχειριδίων τόσο της πρωτοβάθμιας, όσο και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Κύπρο, δε λαμβάνεται υπόψη η άποψη των μαθητών, με αποτέλεσμα τα βιβλία να θεωρούνται από τους μαθητές πολύπλοκα, δυσνόητα και "ξένα" για τις ανάγκες τους. Είναι απαραίτητο η Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων του Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού να λάβει υπόψη της την ενεργό συμμετοχή των μαθητών στη διαδικασία παραγωγής παιδαγωγικού υλικού για όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, διότι με αυτόν τον τρόπο οι μαθητές θα νιώθουν ότι τα διδακτικά εγχειρίδια αποτελούν και δικό τους δημιούργημα, με αποτέλεσμα να τα αντιμετωπίζουν με εντελώς διαφορετικό φακό. Έτσι, θα περιοριστούν τα αρνητικά συναισθήματα των μαθητών για τα διδακτικά εγχειρίδια, θα ελαχιστοποιηθεί η δημιουργία παρανοήσεων (Oliva, κ.ά., 2007) και θα γίνει πιο ελκυστική η όλη διδακτική διαδικασία τόσο για τους μαθητές, όσο και για τους εκπαιδευτικούς.

### **Συμπεράσματα από τις Επιδόσεις των Μαθητών στα Διάφορα Πειραματικά Δοκίμια**

Από τα αποτελέσματα των προ-πειραματικών δοκιμιών, φάνηκε ότι ο παράγοντας "φύλο" δεν επηρεάζει την επίδοση των μαθητών σε δοκίμια γνωστικής ικανότητας (ΓΝΙ) και μνημονικής λειτουργίας αριθμών (ΙΕΜΑ). Ανάλογα συμπεράσματα προέκυψαν και για τις επιδόσεις των μαθητών στα μετα-πειραματικά και στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια. Βρέθηκε όμως ότι οι επιδόσεις των κοριτσιών στα προ-πειραματικά δοκίμια μέτρησης της αναλογικής σκέψης (ΑΣ) και της μνημονικής λειτουργίας λέξεων (ΙΕΜΛ) ήταν καλύτερες από εκείνες των αγοριών.

Σύμφωνα με έρευνες του Valanides (1997a, 1997b, 1998), ο παράγοντας "φύλο" δε φάνηκε να επηρεάζει την επίδοση μαθητών στο δοκίμιο λογικής σκέψης (TOLT) των Tobin και

Cabie (1981), που η δόμησή του βασίστηκε στη θεωρία γνωστικής ανάπτυξης του Piaget (Inhelder & Piaget, 1958). Τα ευρήματα των ερευνών αυτών, σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, για τη συμβολή του παράγοντα "φύλο" στην επίδοση των μαθητών, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι κατά την εκπαιδευτική διαδικασία, δεν πρέπει τα αγόρια και τα κορίτσια να αντιμετωπίζονται διαφορετικά, λόγω των νοητικών δυσκολιών που παρουσιάζουν. Αντιθέτως, η εκπαίδευση πρέπει να προσφέρει ίσες ευκαιρίες, τόσο στα αγόρια όσο και στα κορίτσια, αναγνωρίζοντας ταυτόχρονα άλλους παράγοντες που μπορεί να επηρεάζουν τη μάθησή τους.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα στα προ-πειραματικά δοκίμια υπήρχαν περιπτώσεις (π.χ., οι επιδόσεις των μαθητών στο δοκίμιο ΑΣ και στο δοκίμιο ΙΕΜΛ), κατά τις οποίες πρέπει να ληφθούν υπόψη οι καλύτερες επιδόσεις των κοριτσιών σε σχέση με εκείνες των αγοριών και αντίστροφα. Η διαφορά που παρατηρείται ίσως να οφείλεται στη διαφορά του χρόνου ωρίμανσης μεταξύ αγοριών και κοριτσιών. Τα κορίτσια της ηλικίας των τελευταίων τάξεων του δημοτικού σχολείου (9 – 11 χρονών) παρουσιάζουν μια ξαφνική ωρίμανση, η οποία δεν παρατηρείται στα αγόρια της ίδιας ηλικίας. Όπως αναφέρει ο Epstein (1986, 1990), στην ηλικία των 9 – 11 χρονών παρατηρείται ξαφνική και επιταχυνόμενη νοητική ωρίμανση (brain-growth spurts) των κοριτσιών, κάτι που δεν παρατηρείται στα αγόρια της ίδιας ηλικίας. Η διαπίστωση αυτή θα έπρεπε να μην παραγνωρίζεται από τους εκπαιδευτικούς και γενικά από το εκπαιδευτικό σύστημα. Άρα, για να αξιοποιηθούν οι νοητικές λειτουργίες των κοριτσιών (π.χ., ανάπτυξη της αναλογικής σκέψης), οι οποίες βρίσκονται σε εγρήγορση στην ηλικία των 9 – 11 χρονών, θα πρέπει οι εκπαιδευτικοί να γνωρίζουν για αυτές και να προσπαθούν να τις αναδείξουν και να τις καλλιεργήσουν τον κατάλληλο χρόνο. Η αντίστοιχη επιταχυνόμενη νοητική ωρίμανση των αγοριών γίνεται στην ηλικία των 14 – 15 χρονών (Epstein, 1986· 1990), όπου ήδη φοιτούν στο γυμνάσιο.

Σύμφωνα με τα δεδομένα της Κυπριακής εκπαίδευσης, πολλές από τις νοητικές λειτουργίες των μαθητών αρχίζουν να καλλιεργούνται συστηματικά στις πρώτες τάξεις του γυμνασίου, παρόλο που άρχισαν να αναδεικνύονται στο δημοτικό σχολείο. Για παράδειγμα, στο δημοτικό σχολείο, στο μάθημα των Μαθηματικών γίνεται αναφορά στη χρήση αναλογιών για τη λύση μαθηματικών προβλημάτων. Όμως η ικανότητα της αναλογικής σκέψης δεν καλλιεργείται επαρκώς και δεν προσφέρονται στους μαθητές μεταγνωστικά εφόδια που θα τους βοηθήσουν να μεταφέρουν τη γνώση αυτή σε άλλα γνωστικά πεδία. Άρα, η καλλιέργεια της αναλογικής σκέψης στο δημοτικό σχολείο παραμένει αποσπασματική και αποκομμένη από τα υπόλοιπα μαθήματα. Ακολουθώντας

αυτή την τακτική, το εκπαιδευτικό σύστημα λειτουργεί υπέρ της νοητικής καλλιέργειας των αγοριών και αγνοεί τη νοητική καλλιέργεια των κοριτσιών. Αυτή η τάση έχει ως αποτέλεσμα τα αγόρια να λαμβάνουν την ανάλογη εκπαίδευση όταν οι νοητικές τους λειτουργίες βρίσκονται σε κατάσταση επιταχυνόμενης ωρίμανσης, και έτσι να επωφελούνται περισσότερο από τα κορίτσια. Η παραγνώριση από το εκπαιδευτικό σύστημα του κατάλληλου χρόνου καλλιέργειας συγκεκριμένων νοητικών λειτουργιών σε σχέση με τον παράγοντα "φύλο," ίσως να μην υποστηρίζει ή και να επιβραδύνει τη γνωστική ανάπτυξη των κοριτσιών.

Η συζήτηση αυτή υποδεικνύει ότι ένα εκπαιδευτικό σύστημα πρέπει να αντιμετωπίζει όλους τους μαθητές με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να λαμβάνονται υπόψη κάποιες διαφοροποιήσεις που παρουσιάζονται σε σχέση με τις νοητικές ικανότητές τους. Οι Adey και Shayer (1994) αναφέρουν ότι, σύμφωνα με το χρόνο νοητικής ωρίμανσης των μαθητών, το εκπαιδευτικό σύστημα οφείλει να προσαρμόζει το μαθησιακό περιβάλλον, έτσι ώστε να προσφέρονται ίσες ευκαιρίες σε όλους τους μαθητές να αναπτύξουν και να καλλιεργήσουν τις νοητικές λειτουργίες τους στον κατάλληλο χρόνο. Άρα, έχοντας υπόψη αυτή τη βιολογική διαφοροποίηση μεταξύ των δύο φύλων, θα πρέπει το εκπαιδευτικό σύστημα να προσαρμοστεί σε αυτά τα δεδομένα, για να είναι δυνατή η καλλιέργεια των νοητικών λειτουργιών, τόσο των αγοριών όσο και των κοριτσιών, την κατάλληλη χρονική στιγμή. Στο σημείο αυτό, αναδεικνύεται και το θέμα της ευαισθητοποίησης των εκπαιδευτικών και γενικά του εκπαιδευτικού συστήματος για την ποικιλομορφία ικανοτήτων στις σχολικές τάξεις. Ο εκπαιδευτικός πρέπει να έχει την ικανότητα να προσαρμόζει το μάθημά του σύμφωνα με τα διαφορετικά νοητικά επίπεδα που αντιπροσωπεύουν τον κάθε μαθητή. Συνεπώς, η εκπαιδευτική διαδικασία θα πρέπει να προσφέρει τα ίδια εφόδια στους μαθητές, σεβόμενη τη διαφορετικότητά τους και τα διαφορετικά νοητικά τους εφόδια ή τα στάδια ανάπτυξής τους.

Ένας παράγοντας που βρέθηκε ότι επηρεάζει την επίδοση των μαθητών στα προπαραματικά δοκίμια ήταν και το "είδος του σχολείου" στο οποίο φοιτούσαν οι μαθητές. Για παράδειγμα, βρέθηκε ότι όσοι μαθητές φοιτούσαν στην αστική περιοχή είχαν στατιστικά καλύτερες επιδόσεις από εκείνους που φοιτούσαν στην αγροτική περιοχή. Αυτό ίσως να οφείλεται στις διαφορετικές ευκαιρίες εκπαίδευσης που έχουν οι μαθητές. Οι μαθητές που φοιτούν στην πόλη, πέρα από τη βασική εκπαίδευση που λαμβάνουν στο σχολείο, που σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης (1996) είναι η ίδια με τους μαθητές της αγροτικής περιοχής, επειδή έχουν πρόσβαση σε μη

τυπικά περιβάλλοντα μάθησης, όπως διάφορα εκπαιδευτήρια ή χώροι οι οποίοι μπορούν να τους προσφέρουν διαφορετικές εμπειρίες μάθησης (π.χ., μουσεία, εκθέσεις), έχουν περισσότερες ευκαιρίες πνευματικής καλλιέργειας. Αυτή η κατάσταση αναπόφευκτα τους εξοπλίζει με περισσότερα νοητικά εφόδια, κάτι που δυστυχώς δεν παρατηρείται στην επαρχία. Ταυτόχρονα, οι καλύτερες επιδόσεις των μαθητών της αστικής περιοχής σε σχέση με τις επιδόσεις των μαθητών της αγροτικής περιοχής, ίσως να οφείλονται και στο επίπεδο μόρφωσης των γονιών, και κατά συνέπεια στο βαθμό της εκπαιδευτικής καθοδήγησης που μπορούν να προσφέρουν στα παιδιά τους. Όπως φάνηκε από την ανάλυση των αποτελεσμάτων, υπήρχε πολύ υψηλή αρνητική συσχέτιση μεταξύ του επιπέδου μόρφωσης της μητέρας, αλλά και του πατέρα με το είδος του σχολείου (1=αστική περιοχή, 2=αγροτική περιοχή) στο οποίο φοιτούσαν οι μαθητές. Εκτός αυτού, υπήρχε μια τάση ο μορφωμένος πατέρας να είναι παντρεμένος με μορφωμένη μητέρα (υψηλή θετική συσχέτιση). Αυτό σημαίνει ότι η μόρφωση τόσο του πατέρα, όσο και της μητέρας, των μαθητών που φοιτούσαν στην αγροτική περιοχή έτεινε να είναι χαμηλότερη από εκείνη των μαθητών που φοιτούσαν στην αστική περιοχή. Συνεπώς, οι μαθητές που φοιτούσαν στην αστική περιοχή ίσως να είχαν το πλεονέκτημα της καλύτερης εκπαιδευτικής καθοδήγησης από τους μορφωμένους γονείς τους.

Ο van Steensel (2006), σε μια έρευνα που έκανε, μελέτησε κατά πόσο το οικογενειακό μορφωτικό περιβάλλον επηρεάζει τις επιδόσεις των μαθητών στην ανάγνωση, κατά τις πρώτες τάξεις του δημοτικού σχολείου και βρήκε ότι το οικογενειακό περιβάλλον στο οποίο υπήρχαν μορφωμένοι γονείς επηρέασε θετικά την κατανόηση κειμένου, αλλά και τον εμπλουτισμό του λεξιλογίου των μαθητών. Ταυτόχρονα, εντόπισε ότι το κοινωνικο-οικονομικό επίπεδο των οικογενειών είχε υψηλή θετική συσχέτιση με το βαθμό εκπαιδευτικής βοήθειας προς του μαθητές από το μορφωμένο οικογενειακό περιβάλλον τους. Αυτό σημαίνει ότι οι μαθητές που είχαν τις καλύτερες επιδόσεις προέρχονταν από οικογένειες με υψηλό κοινωνικο-οικονομικό επίπεδο, που λόγω του υψηλού επιπέδου μόρφωσης των γονιών, είχαν και υψηλό βαθμό εκπαιδευτικής καθοδήγησης από το οικογενειακό περιβάλλον τους. Ανάλογες έρευνες έγιναν και από άλλους ερευνητές (Burgess, Hecht & Lonigan, 2002· Payne, Whitehurst & Angell, 1994) οι οποίοι κατέληξαν στα ίδια συμπεράσματα. Επομένως, οι μαθητές που είχαν την κατάλληλη εκπαιδευτική καθοδήγηση από το σπίτι (από μορφωμένους γονείς), είχαν επίσης υψηλότερες επιδόσεις σε θέματα που είχαν σχέση με το μάθημα της Γλώσσας (π.χ., γλωσσική έκφραση, κατανόηση κειμένου). Ο Jeynes (2005) προχώρησε σε μια μετα-ανάλυση των ερευνών, που είχαν σχέση με τη συμμετοχή των γονιών στην επίδοση των

παιδιών τους, και βρήκε ότι υπήρχε μεγάλη συσχέτιση μεταξύ των δύο παραγόντων. Αυτό σημαίνει ότι οι φιλοδοξίες, οι προσδοκίες, αλλά και το επίπεδο μόρφωσης των γονιών παίζουν θετικό ρόλο στην επίδοση των παιδιών τους στο σχολείο.

Αυτή η διαπίστωση θα πρέπει να προβληματίσει το εκπαιδευτικό σύστημα. Είναι φανερό ότι οι μαθητές που προέρχονται από αγροτικές περιοχές και από οικογένειες με χαμηλό κοινωνικο-οικονομικό επίπεδο, έχουν συνήθως και χαμηλές επιδόσεις στο σχολείο. Συνεπώς, για να μπορέσουν οι μαθητές αυτοί να αυξήσουν τις επιδόσεις τους, θα πρέπει το Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού να μεριμνήσει έτσι ώστε οι μαθητές αυτοί να τυγχάνουν καλύτερης αντιμετώπισης, όσον αφορά την εκπαιδευτική βοήθεια που παίρνουν από το σπίτι τους. Θα μπορούσε, για παράδειγμα, να γίνει κατάλληλη επιμόρφωση των γονιών, στα πλαίσια των σεμιναρίων των σχολών γονέων, έτσι ώστε να μπορούν να συμβουλεύουν τα παιδιά τους σε παιδαγωγικά και εκπαιδευτικά θέματα. Θα μπορούσε όμως να εφαρμοστεί ευρέως και ο θεσμός του ολοήμερου σχολείου, ειδικά στις αγροτικές περιοχές, όπου οι μαθητές θα έχουν την ευκαιρία να αλληλεπιδράσουν με τους εκπαιδευτικούς, οι οποίοι με τη σειρά τους θα μπορούν να τους προσφέρουν την κατάλληλη εκπαιδευτική και μορφωτική βοήθεια.

Μελετώντας προσεκτικά τα αποτελέσματα της έρευνας βρέθηκε επίσης ότι οι επιδόσεις των μαθητών σε όλα τα δοκίμια βελτιώνονταν όσο μεγάλωνε η ηλικία τους. Συγκεκριμένα, οι μαθητές της Στ' τάξης είχαν καλύτερες επιδόσεις από τους μικρότερους μαθητές, τόσο στα προ-πειραματικά, όσο και στα μετα-πειραματικά, αλλά και τα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια. Σύμφωνα με τη θεωρία της γνωστικής ανάπτυξης του Piaget (Inhelder & Piaget, 1958), οι μαθητές ηλικίας 11 χρονών και άνω εγκαταλείπουν το στάδιο της συγκεκριμένης λογικής σκέψης και περνούν στο στάδιο της τυπικής λογικής σκέψης. Αυτό σημαίνει ότι φεύγουν από το στάδιο όπου η κατανόηση εννοιών είναι άμεσα συνδεδεμένη με πραγματικά και συγκεκριμένα αντικείμενα, και μεταπηδούν σε ένα στάδιο, όπου μπορούν προοδευτικά να χειριστούν δύσκολες και αφηρημένες έννοιες.

Ο Piaget (Goswami, 1992) υποστήριξε ότι η αναλογική σκέψη των μαθητών αναπτύσσεται προοδευτικά στο στάδιο της τυπικής λογικής σκέψης. Συνεπώς, οι μαθητές των μεγαλύτερων τάξεων του δημοτικού σχολείου αναμένεται να έχουν καλύτερα αποτελέσματα σε δοκίμια στα οποία η συμπλήρωσή τους αφορά τη χρήση αναλογιών που σχετίζονται με αφηρημένες έννοιες. Θα πρέπει όμως στο σημείο αυτό να τονιστεί και η άποψη και άλλων ερευνητών, οι οποίοι αμφισβητούν την άποψη του Piaget. Για



παράδειγμα, οι Goswami και Brown (1989) έδειξαν ότι παιδιά ηλικίας ακόμη και 3 χρονών μπορούν να χρησιμοποιούν την αναλογική σκέψη για να λύουν ένα απλά προβλήματα. Είναι φανερό ότι δεν υπάρχει μια σύγκλιση απόψεων όσον αφορά το χρόνο ανάπτυξης της αναλογικής σκέψης και σε σχέση με το είδος των προβλημάτων που καλούνται οι μαθητές να λύσουν.

Η παρούσα έρευνα ασχολήθηκε με αφηρημένες επιστημονικές έννοιες τις οποίες μπορούν να επεξεργαστούν καλύτερα μεγαλύτερα παιδιά που βρίσκονται στο στάδιο της τυπικής λογικής σκέψης. Μπορεί επομένως η αναλογική σκέψη να αναπτύσσεται σε μικρότερες ηλικίες, αλλά για να μπορέσει ένας μαθητής να αντιστοιχίσει τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν μια αφηρημένη επιστημονική έννοια (στόχος) με τα στοιχεία μιας γνωστής έννοιας (βάση), πρέπει να βρίσκεται στο στάδιο της τυπικής λογικής σκέψης. Τη διαπίστωση ότι μεγαλύτεροι μαθητές μπορούν να χειριστούν πιο εύκολα κείμενα με αναλογίες, τα οποία αναφέρονται σε αφηρημένες επιστημονικές έννοιες, υποστηρίζει και η Yanowitz (2001b). Όταν έκανε σύγκριση των αποτελεσμάτων μαθητών Ε' τάξης με εκείνα μαθητών Γ' τάξης, και μαθητών Στ' τάξης με εκείνα μαθητών Δ' τάξης, βρήκε ότι και στις δύο περιπτώσεις οι μεγαλύτεροι σε ηλικία μαθητές είχαν καλύτερες επιδόσεις σε δοκίμια με ερωτήσεις απομνημόνευσης και συμπερασματικές ερωτήσεις. Η σύγκλιση των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας με την έρευνα της Yanowitz (2001b), και σε συνδυασμό με τη θεωρία του Piaget (Goswami, 1992) για την αναλογική σκέψη, δείχνει ότι οι μαθητές μπορεί να είχαν αναπτύξει κάποια μορφή αναλογικής σκέψης σε μικρότερες ηλικίες, αλλά η αναλογική σκέψη που τους επιτρέπει να επεξεργάζονται αφηρημένες επιστημονικές έννοιες αναπτύσσεται κατά το στάδιο της τυπικής λογικής σκέψης.

Τα αποτελέσματα έδειξαν επίσης ότι υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια με τον παράγοντα "τάξη." Αυτά οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η χρήση αναλογιών, σε κείμενα με αφηρημένες επιστημονικές έννοιες, ευνοεί περισσότερο τους μεγαλύτερους μαθητές. Αυτή η διαπίστωση υποδεικνύει ότι οι συγγραφείς των διδακτικών εγχειριδίων των φυσικών επιστημών πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους το είδος των επιστημονικών εννοιών που πρέπει να διδάσκεται σε κάθε ηλικία. Όπως αναφέρει ο Lawson (1993), οι επιστημονικές έννοιες διακρίνονται σε περιγραφικές και αφηρημένες. Οι περιγραφικές είναι εύκολο να γίνουν κατανοητές, διότι μπορούν να εντοπιστούν στο ευρύτερο περιβάλλον των μαθητών. Αντίθετα, οι αφηρημένες, λόγω του ότι αποτελούν επινοήσεις των επιστημόνων, είναι δύσκολο να γίνουν κατανοητές από τους μαθητές και ιδιαίτερα τους μαθητές μικρής

ηλικίας. Συνεπώς, στα διδακτικά εγχειρίδια πρέπει να υπάρχει μια διαβάθμιση των επιστημονικών εννοιών, ανάλογα με το στάδιο γνωστικής ανάπτυξης των μαθητών. Στις μικρότερες ηλικίες να παρουσιάζονται κυρίως περιγραφικές επιστημονικές έννοιες, ενώ στις μεγαλύτερες να παρουσιάζονται οι αφηρημένες. Και στις δύο περιπτώσεις, θα ήταν χρήσιμο να γίνεται παρουσίαση των εννοιών με τη χρήση αναλογιών, αφού έχει βρεθεί ότι οι μαθητές αναπτύσσουν κάποιες μορφές αναλογικής σκέψης από πολύ μικρή ηλικία (Goswami & Brown, 1989). Άρα, η χρήση των αναλογιών στα κείμενα των διδακτικών εγχειριδίων για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών μπορεί να οδηγήσει σε αποτελεσματικότερη μάθηση, δεδομένου φυσικά ότι οι επιστημονικές έννοιες που παρουσιάζονται είναι οι ανάλογες με το νοητικό επίπεδο των μαθητών (περιγραφικές για το στάδιο της συγκεκριμένης λογικής σκέψης και αφηρημένες για το στάδιο της τυπικής λογικής σκέψης).

Σημαντικό είναι το συμπέρασμα που βγαίνει από τα αποτελέσματα των επιδόσεων των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια, σε σχέση με την πειραματική ομάδα στην οποία εργάζονταν. Τόσο στη συνολική επίδοση των μαθητών (ΣΥΝΕ), όσο και στα επιμέρους δοκίμια (EMN, ΣΕ, ΕΑΜ), βρέθηκε ότι οι επιδόσεις των μαθητών που εργάστηκαν στην πειραματική ομάδα στην οποία οι μαθητές μελέτησαν κείμενα με αναλογίες που συνοδεύονταν από διπλές αναλογίες-εικονική και λεκτική αναπαράσταση της αναλογίας (ΠΟ<sub>2</sub>), ήταν καλύτερες, τόσο από εκείνες των μαθητών που εργάστηκαν στην πειραματική ομάδα στην οποία οι μαθητές μελέτησαν κείμενα με λεκτικές αναλογίες (ΠΟ<sub>1</sub>), όσο και από εκείνες των μαθητών που εργάστηκαν στην πειραματική ομάδα στην οποία οι μαθητές μελέτησαν μόνο επιστημονικά κείμενα (ΟΕ). Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι η εικονική αναπαράσταση μιας έννοιας, σε συνδυασμό με τη λεκτική περιγραφή της, οδηγεί στη βαθύτερη κατανόησή της.

Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώνεται από τα συμπεράσματα προηγούμενων ερευνών, που ασχολήθηκαν με τη χρήση των αναλογιών σε κείμενα. Συγκεκριμένα, οι Bean, Searles, Singer και Cowen (1990), οι Glynn και Takahashi (1998) και οι Paris και Glynn (2004) μελέτησαν κατά πόσο οι διπλές αναλογίες μπορούν να υποβοηθήσουν σημαντικά στην κατανόηση πολύπλοκων εννοιών, όπως είναι η δομή και λειτουργία του κυττάρου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όντως η χρήση της διπλής αναπαράστασης της αναλογίας υποβοηθεί τη μάθηση και οδηγεί τους μαθητές σε καλύτερη κατανόηση των εννοιών. Όπως αναφέρουν οι Gentner και Gentner (1983), Halford (1993) και Halpern κ.ά. (1990), η χρήση διπλών αναλογιών βοηθά στην ανάπτυξη του συμπερασματικού συλλογισμού,

λόγω του ότι οι μαθητές έχουν ήδη διαμορφώσει στο μυαλό τους ένα καλά ανεπτυγμένο νοητικό μοντέλο για τις γενικές επιστημονικές αρχές, που τους επιτρέπει να προβλέπουν τα αποτελέσματα των αλλαγών του.

Τα συμπεράσματα για την πολύτιμη συνεισφορά των διπλών αναλογιών στη μάθηση, συμφωνούν και με τη θεωρία της διπλής κωδικοποίησης του Ραϊνίο (1971, 1986), η οποία υποστηρίζει ότι η διπλή αναπαράσταση (π.χ., λεκτική και εικονική) πολύπλοκων εννοιών, ενεργοποιεί τις λεκτικές και εικονικές νοητικές λειτουργίες του ατόμου με αποτέλεσμα να γίνεται πιο αποτελεσματική η μάθηση. Οι λειτουργίες αυτές έχουν μεταξύ τους αναφορικές συνδέσεις οι οποίες λειτουργούν με στόχο την ενίσχυση της μιας λειτουργίας από την άλλη (Benjafield, 1993). Ταυτόχρονα, η αποτελεσματικότητα του συνδυασμένου αποτελέσματος κειμένου και εικόνας, υποστηρίζεται και από τη θεωρία της συνδυασμένης επεξεργασίας πληροφοριών (Kulhavy, Stock & Kealy, 1993). Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, κατά την επεξεργασία της νέας έννοιας στην εργαζόμενη μνήμη, δημιουργούνται συνδέσεις μεταξύ της λεκτικής και εικονικής αναπαράστασης της έννοιας, με αποτέλεσμα την καλύτερη και πιο οργανωμένη αποθήκευση, και συνεπώς πιο εύκολη ανάκλησή της από τη μακροπρόθεσμη μνήμη. Με αυτό τον τρόπο, οι μαθητές μπορούν μελλοντικά να εντοπίζουν και να ανακαλούν πιο εύκολα μια έννοια από τη μακροπρόθεσμη μνήμη τους για να τη χρησιμοποιήσουν κατά την επεξεργασία νέων εννοιών στη βραχυπρόθεσμη μνήμη. Την άποψη αυτή υποστηρίζουν και οι Angeli και Valanides (2004) οι οποίοι στην έρευνά τους συμπέραναν ότι η προσθήκη εικονικών επεξηγήσεων για την ενίσχυση γραπτών κειμένων, μπορεί να οδηγήσει σε αποτελεσματικότερη μάθηση σε σύγκριση με την επεξεργασία γραπτών κειμένων, όπου απουσιάζει η εικονική αναπαράσταση.

Ο Ραϊνίο (1971, 1986) τόνισε ακόμη τη σημασία της διπλής κωδικοποίησης των εννοιών σε σχέση με το γνωστικό τύπο μάθησης του μαθητή. Αν ένας μαθητής είναι οπτικός ή ακουστικός τύπος, τότε είναι σίγουρο ότι, με μια τέτοια μορφή παρουσίασης της έννοιας, ο μαθητής θα επωφεληθεί, λόγω του ότι του δίνονται περισσότερες από μια μορφές αναπαράστασης. Το όφελος θα είναι διπλό, αφού η κωδικοποίηση αυτή θα ενισχύσει την κατανόηση της έννοιας, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να την αποθηκεύσουν με πιο οργανωμένο τρόπο στη μακροπρόθεσμη μνήμη τους.

Η διατήρηση της γνώσης στη μακροπρόθεσμη μνήμη των μαθητών είναι ακόμη ένα σημαντικό συμπέρασμα που βγαίνει από τα αποτελέσματα της έρευνας. Διερευνώντας κατά πόσο οι μαθητές, μετά την πάροδο δύο μηνών, μπορούσαν να ανακαλέσουν στη

μνήμη τους κάποιες από τις έννοιες που συνάντησαν κατά τη μελέτη των κειμένων, βρέθηκε ότι οι μαθητές που εργάστηκαν στη ΠΟ<sub>2</sub>, μπορούσαν να θυμηθούν περισσότερες έννοιες από τους μαθητές της ΠΟ<sub>1</sub> και εκείνους της ΟΕ. Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν και οι Glynn και Takahashi (1998), ο οποίος όμως μελέτησαν αν οι έννοιες διατηρήθηκαν στη μνήμη των μαθητών μετά την πάροδο δύο εβδομάδων. Το σημαντικό είναι ότι οι μαθητές της ΠΟ<sub>2</sub> όχι μόνο μπορούσαν να ανακαλέσουν από τη μνήμη τους αρκετές έννοιες, αλλά ταυτόχρονα μπορούσαν να κάνουν συμπερασματικούς συλλογισμούς. Αυτό υποδεικνύει ότι η μελέτη των κειμένων με τις διπλές αναλογίες βοήθησε τους μαθητές στη βαθύτερη κατανόηση και διατήρηση των εννοιών στη μακροπρόθεσμη μνήμη τους, κάτι που έκανε ευκολότερη την προέκταση της σκέψης τους, με αποτέλεσμα την καλλιέργεια του συμπερασματικού συλλογισμού τους.

Όπως φάνηκε από τις επιδόσεις των μαθητών στις ΕΑΜ, εκείνοι που εργάστηκαν στη ΠΟ<sub>2</sub> εντόπισαν πιο εύκολα τη συσκευή που έχει ανάλογη λειτουργία με το μάτι, ενώ ταυτόχρονα δικαιολόγησαν πιο ολοκληρωμένα την επιλογή τους. Επομένως οι μαθητές που εργάστηκαν προηγουμένως με κείμενα που περιείχαν διπλές αναλογίες, μπορούσαν να επιλέξουν πιο εύκολα την κατάλληλη ανάλογη έννοια για τη λειτουργία του ματιού. Ουσιαστικά οι μαθητές κατάφεραν, λόγω της προηγούμενης επαφής τους με κείμενα με διπλές αναλογίες, να επιλέξουν ένα κατάλληλο ανάλογο για τη λειτουργία του ματιού, σημειώνοντας με λεπτομέρεια ποιες ήταν οι ανωτέρου επιπέδου σχέσεις που υπήρχαν μεταξύ των δύο εννοιών (π.χ., μεταξύ της φωτογραφικής μηχανής και του ματιού). Σε αντίθεση με τους Wong (1993a, 1993b) και Pittman (1999), οι οποίοι υποστηρίζουν ότι η επαφή των μαθητών με λεκτικές αναλογίες μπορεί να τους οδηγήσει στην παραγωγή δικών τους αναλογιών, η παρούσα έρευνα δεν εντόπισε οποιεσδήποτε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών που εργάστηκαν με λεκτικές αναλογίες (ΠΟ<sub>1</sub>) και των μαθητών που εργάστηκαν με τον παραδοσιακό επιστημονικό τρόπο (ΟΕ). Αυτή η διαπίστωση οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι μαθητές του δημοτικού σχολείου ίσως να μην έχουν πλήρως ανεπτυγμένη αναλογική σκέψη σε σχέση με αφηρημένες επιστημονικές έννοιες, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να εντοπίσουν κατάλληλες συνδέσεις μεταξύ μιας γνωστή έννοιας με μια άγνωστη και αφηρημένη επιστημονική έννοια.

Ο λόγος στον οποίο ίσως να οφείλεται η απουσία της στατιστικά σημαντικής διαφοράς μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών που εργάστηκαν στην ΠΟ<sub>1</sub> και εκείνων που εργάστηκαν στην ΟΕ στα μετα-πειραματικά δοκίμια, είναι το γεγονός ότι η αναλογική

σκέψη των μαθητών, σε σχέση με την επεξεργασία αφηρημένων επιστημονικών εννοιών, δεν ήταν πλήρως ανεπτυγμένη, για να μπορούν να επεξεργάζονται κείμενα με αναλογίες, στα οποία απουσίαζε οποιαδήποτε εικονική αναπαράσταση. Άρα, για να μπορέσουν να επεξεργαστούν τέτοιας μορφής κείμενα, θα έπρεπε είτε να δοθεί η εικονική αναπαράσταση της αναλογίας, είτε οι μαθητές να τύγχαναν κάποιας μορφής καθοδήγησης από τον ερευνητή (scaffolding). Σύμφωνα με τον Vygotsky (Hamilton & Ghatala, 1994), οι μαθητές, όταν τύχουν της κατάλληλης καθοδήγησης από ένα άτομο που γνωρίζει καλύτερα μια έννοια (π.χ., τον εκπαιδευτικό), τότε μπορούν να μεταπηδήσουν από το επίπεδο νοητικής σκέψης στο οποίο βρίσκονται σε ένα ανώτερο επίπεδο, το οποίο θα τους βοηθήσει να κατανοήσουν καλύτερα την έννοια. Μπορούν δηλαδή να επεξεργαστούν έννοιες στη *ζώνη επικείμενης ανάπτυξης*, τις οποίες δε θα μπορούσαν να προσεγγίσουν, αν δεν τύγχαναν της κατάλληλης καθοδήγησης από ένα άτομο που κατέχει καλύτερα τις έννοιες αυτές. Αυτό σημαίνει ότι με την καθοδήγηση του ερευνητή, δηλαδή, αν εντοπίζονταν οι ανωτέρου επιπέδου συσχετίσεις μεταξύ των εννοιών της *βάσης* και του *στόχου* σε συνεργασία με τον ερευνητή, θα μπορούσε ίσως να ήταν στατιστικά σημαντικά καλύτερες οι επιδόσεις των μαθητών που εργάστηκαν στην ΠΟ1 σε σχέση με την ΟΕ. Η άποψη της εκπαιδευτικής καθοδήγησης κατά τη διδασκαλία (scaffolding) θα πρέπει να προβληματίζει τους εκπαιδευτικούς, αφού με την κατάλληλη βοήθεια οι μαθητές μπορούν να επιλύουν προβληματικές καταστάσεις τις οποίες δε θα μπορούσαν να επιλύσουν από μόνοι τους. Ένας άλλος λόγος στον οποίο ίσως να οφείλεται η απουσία στατιστικά σημαντικής διαφοράς μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της ΠΟ1 με εκείνους της ΟΕ, είναι η διάρκεια της παρέμβασης, η οποία ήταν πολύ μικρή (80 λεπτά). Αν η διάρκεια της παρέμβασης ήταν μεγαλύτερη, τότε ίσως να εντοπίζονταν στατιστικά σημαντικές διαφορές και μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών της ΠΟ1 με εκείνους της ΟΕ.

Όλα τα συμπεράσματα, που αναφέρονται στα αποτελέσματα των μετα-πειραματικών και αργοπορημένων μετα-πειραματικών δοκιμιών, υποδεικνύουν τη σημαντική συμβολή των αναλογιών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Συνεπώς, για να επιτευχθεί αποτελεσματική μάθηση πρέπει αρχικά να γίνουν σημαντικές αναθεωρήσεις των διδακτικών εγχειριδίων, που χρησιμοποιούνται σήμερα στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Τα υφιστάμενα εγχειρίδια δεν αξιοποιούν σχεδόν καθόλου αναλογίες, με αποτέλεσμα η μάθηση επιστημονικών εννοιών να παραμένει εφήμερη, χωρίς νόημα και συνήθως γεμάτη με παρανοήσεις. Σύμφωνα με τον Rigas (1999) οι μαθητές της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου αδυνατούν να κατανοήσουν, όταν διδάσκονται με τον παραδοσιακό επιστημονικό τρόπο, πολύπλοκες

επιστημονικές έννοιες, όπως είναι η διαδικασία της φωτοσύνθεσης, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται στο μυαλό τους σοβαρές παρανοήσεις που επηρεάζουν αρνητικά τη μελλοντική οικοδόμηση της γνώσης τους. Αντιθέτως με τη χρήση αναλογιών, και κυρίως των διπλών αναλογιών (λεκτικών και εικονικών), οι μαθητές θα μπορούν να κατανοούν σε βάθος τις νέες έννοιες και, συνεπώς να τις αποθηκεύουν πιο εύκολα στη μακροπρόθεσμη μνήμη τους, αφού θα δημιουργούν συνδέσεις με τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους. Αυτή η διαδικασία θα βοηθήσει μελλοντικά τους μαθητές να ανακαλούν τις ορθές πληροφορίες, για να τις χρησιμοποιούν κατά την επεξεργασία νέων επιστημονικών εννοιών με στόχο βέβαια την αποτελεσματική οικοδόμηση της γνώσης.

Οι Bacharach (1988), Glynn κ.ά. (1989) και Coswami (1991) υποστήριξαν ότι τα εγχειρίδια που χρησιμοποιούνται σήμερα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση δεν προτείνουν τη χρήση αναλογιών, διότι οι εκπαιδευτικοί και οι ψυχολόγοι πιστεύουν ότι οι μαθητές των ηλικιών αυτών δε διαθέτουν πολλές έννοιες στη μακροπρόθεσμη μνήμη τους, οι οποίες θα μπορούσαν να λειτουργούν ως *βάση* για τις προτεινόμενες αναλογίες. Αυτή η τοποθέτηση δεν υποστηρίζεται από ερευνητικά δεδομένα, αφού τόσο τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής, όσο και τα αποτελέσματα της Yanowitz (2001b), έδειξαν ότι οι σωστά δομημένες αναλογίες μπορούν να χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά κατά τη διδασκαλία επιστημονικών εννοιών. Όταν επιλέγεται, ανάλογα με το γνωστικό επίπεδο των μαθητών, σωστά η *βάση* (γνωστή έννοια) στην οποία θα στηριχτεί ο παραλληλισμός με το *στόχο* (νέα επιστημονική έννοια), ή όταν παρουσιάζονται στους μαθητές πολλαπλές αναλογίες (Spiro, κ.ά., 1989), τότε μπορούν να διδάσκονται με επιτυχία οι επιστημονικές έννοιες που προτείνονται από τα Αναλυτικά Προγράμματα της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης (1996).

Εκτός όμως από την αναδιαμόρφωση των διδακτικών εγχειριδίων, θα πρέπει να γίνεται και επιμόρφωση των εκπαιδευτικών για να γνωρίζουν και να εκτιμούν την αξία της χρήσης των αναλογιών κατά τη διδασκαλία. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι πολλοί εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν αναλογίες στην τάξη, χωρίς όμως να το συνειδητοποιούν οι ίδιοι (Thiele & Treagust, 1994). Εφόσον, οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν αναλογίες, θα πρέπει να τυγχάνουν επιμόρφωσης (ενδοϋπηρεσιακή επιμόρφωση), για να έρχονται σε επαφή τόσο με το θεωρητικό υπόβαθρο της τεχνικής αυτής, όσο και με ερευνητικά ευρήματα, έτσι ώστε να γνωρίζουν πότε μπορεί μια αναλογία να είναι αποτελεσματική για τη διδασκαλία μιας συγκεκριμένης επιστημονικής έννοιας και πότε όχι. Ανάλογη εκπαίδευση πρέπει να γίνεται και με τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς (προϋπηρεσιακή επιμόρφωση). Είναι σημαντικό τα παιδαγωγικά τμήματα των πανεπιστημίων να εντάξουν στα πρόγραμμα

σπουδών τους τη διδασκαλία με τη χρήση αναλογιών, διότι με αυτό τον τρόπο οι φοιτητές θα μπορούν να αντιληφθούν την παιδαγωγική αξία μιας τέτοιας προσέγγισης και να την αντιπαραβάλουν με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις. Η χρήση αναλογιών είναι μια τεχνική που δεν απευθύνεται μόνο στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, αλλά μπορεί να χρησιμοποιείται και σε άλλα διδακτικά αντικείμενα, όπως, για παράδειγμα, τα μαθηματικά και τη γεωγραφία. Συνεπώς, η διδασκαλία της τεχνικής αυτής στα πανεπιστήμια μπορεί να προσφέρει σημαντικά οφέλη και σε άλλα διδακτικά αντικείμενα εκτός από τις φυσικές επιστήμες.

### **Συμπεράσματα Ποιοτικής Ανάλυσης**

Τα συμπεράσματα που αφορούν τις καλύτερες επιδόσεις των μεγαλύτερων σε ηλικία μαθητών σε σχέση με τους μικρότερους μαθητές, ενισχύονται και από τα αποτελέσματα των ποιοτικών αναλύσεων για τα μετα-πειραματικά και τα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια. Από τις αναλύσεις αυτές φάνηκε ότι οι απαντήσεις που έδιναν οι μεγαλύτεροι σε ηλικία μαθητές ήταν πιο ολοκληρωμένες και λεπτομερείς από τις απαντήσεις που έδιναν οι μικρότεροι μαθητές. Συγκεκριμένα οι μαθητές της Στ' τάξης έδωσαν τις πιο ολοκληρωμένες και ακριβείς απαντήσεις, ενώ αντίθετα οι μαθητές της Δ' τάξης έδωσαν τις πιο ελλιπείς και λανθασμένες απαντήσεις στα δοκίμια με τις ΣΕ και τις ΕΑΜ.

Σύμφωνα με την ποιοτική ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στα δοκίμια με τις ΣΕ και τις ΕΑΜ, φαίνεται να υπάρχει μια σύγκλιση με τα αποτελέσματα των στατιστικών αναλύσεων (ποσοτική ανάλυση), σε σχέση με την πειραματική ομάδα στην οποία εργάστηκαν οι μαθητές. Οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές που εργάστηκαν στη ΠΟ<sub>2</sub> ήταν πιο ολοκληρωμένες και πιο λεπτομερείς, τόσο από εκείνες των μαθητών που εργάστηκαν στην ΠΟ<sub>1</sub>, όσο και από εκείνες των μαθητών που εργάστηκαν στην ΟΕ. Η ποιοτική ανάλυση των δεδομένων έδειξε όμως και μια υπεροχή των απαντήσεων των μαθητών που εργάστηκαν στην ΠΟ<sub>1</sub> σε σχέση με τις απαντήσεις των μαθητών που εργάστηκαν στην ΟΕ, κάτι το οποίο δεν εντοπίστηκε στην ποσοτική ανάλυση. Παρόλο που παρατηρήθηκε η τάση οι απαντήσεις των μαθητών της ΠΟ<sub>1</sub> να είναι καλύτερες από εκείνες των μαθητών της ΟΕ, εντούτοις οι διαφορές στις επιδόσεις τους δεν ήταν στατιστικά σημαντικές. Η διαφορά αυτή είναι σημαντική και συμφωνεί με τα αποτελέσματα που βρήκε στην έρευνά της η Yanowitz (2001b). Συγκεκριμένα, βρήκε ότι οι μαθητές που εργάστηκαν με κείμενα με λεκτικές αναλογίες είχαν καλύτερες επιδόσεις από τους μαθητές που εργάστηκαν με κείμενα χωρίς αναλογίες.

### **Πρόβλεψη των Επιδόσεων των Μαθητών**

Μια άλλη σημαντική συνεισφορά της έρευνας αυτής ήταν και ο εντοπισμός των παραγόντων που προβλέπουν τις επιδόσεις των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια και στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια. Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας, διαπιστώθηκε ότι οι επιδόσεις των μαθητών στα δοκίμια ΓΝΙ, ΑΣ, ΙΕΜΑ, ΙΕΜΛ, αλλά και η ηλικία των μαθητών, μπορούσαν να προβλέψουν ένα σημαντικό ποσοστό της διασποράς των επιδόσεων των μαθητών τόσο στα μετα-πειραματικά, όσο και στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια. Λόγω των υψηλών συσχετίσεων μεταξύ των κοινωνικο-οικονομικών στοιχείων των μαθητών και των επιδόσεων τους στα προ-πειραματικά δοκίμια, βρέθηκε ακόμη ότι το μορφωτικό επίπεδο του πατέρα είναι και αυτός παράγοντας πρόβλεψης των επιδόσεων των μαθητών στα μετα-πειραματικά και αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια.

Ο παράγοντας "επίδοση στο δοκίμιο ΓΝΙ" δείχνει ότι η επίδοση των μαθητών στα μετα-πειραματικά και στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά είχε άμεση σχέση με το γνωστικό επίπεδο των μαθητών. Αυτό σημαίνει ότι οι μαθητές που είχαν χαμηλό γνωστικό επίπεδο, είχαν και χαμηλές επιδόσεις στα δοκίμια με τις ΕΜΝ, τις ΣΕ και τις ΕΑΜ, τόσο κατά τη μετα-πειραματική εξέταση όσο και κατά την αργοπορημένη μετα-πειραματική εξέταση μετά την πάροδο δύο μηνών. Κάτι αντίστοιχο συνέβαινε και με τους μαθητές με υψηλό γνωστικό επίπεδο, οι οποίοι είχαν υψηλές επιδόσεις στα μετα-πειραματικά και στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια. Τα αποτελέσματα αυτά οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ανάλογα με το γνωστικό επίπεδο του μαθητή, πρέπει να γίνεται και η ανάλογη παρουσίαση αναλογιών στην τάξη. Αυτό σημαίνει, για παράδειγμα, ότι αν ένας μαθητής έχει χαμηλό γνωστικό επίπεδο, δεν μπορεί να κατανοήσει μια αναλογία η οποία περιέχει πολύπλοκες ανωτέρου επιπέδου συσχετίσεις ή αφηρημένες επιστημονικές έννοιες. Συνεπώς, οι αναλογίες πρέπει να προσαρμόζονται στις γνωστικές δυνατότητες του μαθητή, δηλαδή αν ένας μαθητής βρίσκεται, σύμφωνα με τον Piaget (Inhelder & Piaget, 1958) στο στάδιο της συγκεκριμένης λογικής σκέψης, το επίπεδο δυσκολίας της αναλογίας που μπορεί να επεξεργαστεί, δεν μπορεί να είναι το ίδιο με εκείνο της αναλογίας που μπορεί να επεξεργαστεί ένας μαθητής που βρίσκεται στο στάδιο της τυπικής λογικής σκέψης.

Από την άλλη, ο παράγοντας "επίδοση στο δοκίμιο ΑΣ" δείχνει ότι οι μαθητές που είχαν υψηλές επιδόσεις σε κλασικές αναλογίες έτειναν να έχουν και υψηλές επιδόσεις στα μετα-πειραματικά και αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια. Επομένως, όσοι μαθητές είχαν ανεπτυγμένη την ικανότητα αναλογικής σκέψης τους, μπόρεσαν να επεξεργαστούν πιο



αποτελεσματικά τις αναλογίες που παρουσιάζονταν στα κείμενα, με αποτέλεσμα να έχουν και καλύτερες επιδόσεις στα δοκίμια με τις EMN, τις ΣΕ και τις EAM. Άρα, οι αναλογίες που δίνονται στους μαθητές πρέπει να σχετίζονται άμεσα με το επίπεδο της ικανότητά τους να σκέφτονται αναλογικά, ενώ φαίνεται να είναι απαραίτητο να καλλιεργείται με συστηματικό τρόπο η ικανότητα αναλογικής σκέψης.

Ο παράγοντας "επίδοση στα δοκίμια μνημονικής λειτουργίας" (IEMA και IEMA) δείχνει ότι οι επιδόσεις των μαθητών στα δοκίμια της μετα-πειραματικής εξέτασης και της αργοπορημένης μετα-πειραματικής εξέτασης έχει άμεση σχέση με την ικανότητα των μαθητών να συγκρατούν πληροφορίες στην εργαζόμενη μνήμη τους. Οι μαθητές που είχαν χαμηλές επιδόσεις στα δοκίμια μνημονικής λειτουργίας, δεν μπορούσαν να ανακαλέσουν και να επεξεργαστούν τις πληροφορίες που δίνονταν μέσα από τα κείμενα, με αποτέλεσμα να έχουν χαμηλές επιδόσεις στα δοκίμια με τις EMN, τις ΣΕ και τις EAM. Άρα, όταν δίνονται αναλογίες σε μαθητές με περιορισμένη ικανότητα εργαζόμενης μνήμης, θα πρέπει να μην περιέχουν πολλές συσχετίσεις οι οποίες να απαιτούν ταυτόχρονη επεξεργασία. Σε περίπτωση που η αναλογία απαιτεί επεξεργασία, και άρα η ικανότητα εργαζόμενης μνήμης πρέπει να είναι υψηλή, τότε ένας μαθητής με περιορισμένη ικανότητα εργαζόμενης μνήμης δε θα μπορούσε να την επεξεργαστεί κατάλληλα για να έχει και καλή επίδοση σε οποιοδήποτε δοκίμιο ακολουθήσει. Επομένως, οι αναλογίες που απευθύνονται σε μαθητές με περιορισμένη ικανότητα εργαζόμενης μνήμης, δεν πρέπει να χαρακτηρίζονται από πολυπλοκότητα, διότι με αυτό τον τρόπο αυξάνεται το γνωστικό φορτίο των μαθητών με αποτέλεσμα να μην μπορούν να συγκρατήσουν βασικές έννοιες και συσχετίσεις της αναλογίας και κατά συνέπεια να αδυνατούν να τις επεξεργαστούν.

Η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση δε θα μπορούσε φυσικά να εντοπίσει όλες τις μεταβλητές που θα μπορούσαν να προβλέψουν άμεσα ή έμμεσα τις επιδόσεις των μαθητών στα μετα-πειραματικά και στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια, αφού αρκετές ανεξάρτητες μεταβλητές είχαν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ τους. Έτσι, αφαιρώντας τις επιδόσεις των μαθητών στα προ-πειραματικά δοκίμια και προσθέτοντας τα κοινωνικο-οικονομικά στοιχεία των μαθητών, βρέθηκε ότι το μορφωτικό επίπεδο του πατέρα μπορεί να προβλέψει τις επιδόσεις των μαθητών στα μετα-πειραματικά και στα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια. Αυτό σημαίνει ότι οι μαθητές που είχαν υψηλές επιδόσεις στα μετα-πειραματικά και τα αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια, προέρχονταν από οικογένειες όπου ο πατέρας (και ίσως και η μητέρα) είχε υψηλό μορφωτικό επίπεδο και αντίστροφα. Ταυτόχρονα, βρέθηκε ότι η ηλικία των μαθητών

μπορούσε να προβλέψει τις επιδόσεις τους. Για παράδειγμα οι μαθητές που φοιτούσαν στην Στ' τάξη αναμενόταν να έχουν καλύτερες επιδόσεις από τους μαθητές που φοιτούσαν στις μικρότερες τάξεις. Άρα όσο πιο μεγάλος σε ηλικία ήταν ένας μαθητής, αναμενόταν ότι θα είχε και καλύτερες επιδόσεις στα μετα-πειραματικά και αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια.

Όλοι οι παράγοντες που μπορούσαν να προβλέψουν τις επιδόσεις των μαθητών στα μετα-πειραματικά και αργοπορημένα μετα-πειραματικά δοκίμια πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη διδασκαλία επιστημονικών εννοιών με τη χρήση αναλογιών. Θα πρέπει δηλαδή όταν προτείνεται αυτό το εργαλείο για διδασκαλία να γίνεται και ενημέρωση του εκπαιδευτικού για τους παράγοντες που μπορεί να επηρεάζουν την επίδοση των μαθητών. Εδώ εμφανίζεται πάλι η ανάγκη ανάλογης επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών έτσι ώστε να γνωρίζουν ποιοι παράγοντες μπορεί να υποβοηθούν την καλύτερη κατανόηση μιας επιστημονικής έννοιας μέσω της διδασκαλίας με τη χρήση αναλογιών. Από την άλλη, οι συγγραφείς των Αναλυτικών Προγραμμάτων θα πρέπει να συνυπολογίζουν την ανάπτυξη της γενικής νοητικής ικανότητας, της αναλογικής σκέψης και της μνημονικής λειτουργίας στις προτάσεις τους για αποτελεσματική χρήση των αναλογιών στην εκπαίδευση. Με αυτό τον τρόπο, σε συνδυασμό με την κατάλληλη προετοιμασία των μελλοντικών εκπαιδευτικών, αλλά και με την κατάλληλη επιμόρφωση των εκπαιδευτικών που ήδη εργάζονται στα σχολεία, θα μπορέσει να ενταχθεί η χρήση των αναλογιών ως ένα αποτελεσματικό εργαλείο διδασκαλίας τόσο στο μάθημα των φυσικών επιστημών, όσο και σε άλλα μαθήματα.

### **Προτάσεις για Μελλοντική Έρευνα**

Όπως φάνηκε από τα αποτελέσματα, η παρούσα έρευνα προσφέρει πολύτιμη πληροφόρηση στη διεθνή βιβλιογραφία στον τομέα της αξιοποίησης των αναλογιών κατά τη διδασκαλία πολύπλοκων, αφηρημένων επιστημονικών εννοιών. Συγκεκριμένα, βρέθηκε ότι στην κατανόηση τέτοιων εννοιών, από μαθητές δημοτικού σχολείου, συμβάλλει σημαντικά η χρήση διπλών αναπαραστάσεων των επιστημονικών εννοιών μέσα από μια καλά δομημένη αναλογία. Ακολουθούν κάποιες προτάσεις για διεξαγωγή μελλοντικών συγχρονικών και διαχρονικών ερευνών που θα μπορούσαν να προσφέρουν περισσότερη πληροφόρηση στο ευρύτερο ερευνητικό πλαίσιο το οποίο αναφέρεται στην αξιοποίηση αναλογιών κατά τη διδασκαλία επιστημονικών εννοιών.

Έχοντας υπόψη τα αποτελέσματα παλαιότερων ερευνών, αλλά και τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, σε μελλοντικές έρευνες θα μπορούσε να μελετηθεί κατά πόσο η ηλεκτρονική αναπαράσταση της αναλογίας επηρεάζει την κατανόηση. Οι αναλογίες θα μπορούσαν να παρουσιαστούν σε μαθητές μιας τέταρτης πειραματικής ομάδας σε ηλεκτρονική μορφή, όπου οι μαθητές θα μελετούσαν την επιστημονική έννοια με διαδραστικό τρόπο. Συγκεκριμένα, οι μαθητές θα είχαν στη διάθεσή τους όλα τα στοιχεία της *βάσης* και θα έπρεπε να τα αντιστοιχούν με εκείνα τα στοιχεία του *στόχου*, που κατά τη γνώμη τους θα σχημάτιζαν μια ανωτέρου επιπέδου συσχέτιση. Το λογισμικό θα επιβράβευε κάθε επιτυχημένη επιλογή, έτσι ώστε αν οι μαθητές έκαναν λανθασμένες επιλογές, θα έπρεπε να δοκιμάζουν μέχρι να βρουν την κατάλληλη ανωτέρου επιπέδου συσχέτιση. Αφού οι μαθητές θα ολοκλήρωναν την κάθε αναλογία, θα απαντούσαν στα ίδια δοκίμια που απάντησαν οι μαθητές της παρούσας έρευνας (μετα-πειραματικά δοκίμια) και θα γινόταν η σύγκριση των αποτελεσμάτων, για να φανεί ποια προσέγγιση ήταν η πιο αποτελεσματική. Θα ήταν χρήσιμο να αξιολογηθεί η προστιθέμενη αξία της κάθε προσέγγισης και μετά από ένα χρονικό διάστημα, χορηγώντας στους μαθητές τα δοκίμια της αργοπορημένης μετα-πειραματικής εξέτασης.

Ενδιαφέρον θα είχε αν, ως προέκταση της παρούσας έρευνας και βασιζόμενοι στα ερευνητικά ευρήματα προηγούμενων ερευνών, γινόταν σύγκριση των επιδόσεων των μαθητών στα τρία διαφορετικά κείμενα που δόθηκαν για μελέτη. Θα μπορούσε να μελετηθεί η δυσκολία στην κατανόηση μεταξύ των εννοιών "χρησιμότητα των λευκών αιμοσφαιρίων," "διαδικασία της φωτοσύνθεσης" και "δομή και λειτουργία του κυττάρου," για να εντοπιστεί σε ποιο βαθμό οι έννοιες αυτές μπορούν να διδάσκονται στο δημοτικό σχολείο με τη χρήση αναλογιών.

Μια άλλη ερευνητική κατεύθυνση θα ήταν να επιχειρηθεί *διδασκαλία* των επιστημονικών εννοιών στις τρεις πειραματικές ομάδες (ΟΕ, ΠΟ<sub>1</sub>, ΠΟ<sub>2</sub>) που προτείνονται στην παρούσα έρευνα, από τον ίδιο ερευνητή, αντί ατομικής μελέτης των κειμένων από τους μαθητές. Η διδασκαλία αυτή να γίνει σε μαθητές Δ', Ε' και Στ' τάξης για να μπορεί να γίνει και η ανάλογη σύγκριση με τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας. Αφού ολοκληρωνόταν η διδασκαλία, οι μαθητές θα έπρεπε να απαντήσουν σε μετα-πειραματικά δοκίμια (δοκίμια που περιέχουν ερωτήσεις μνήμης και συμπερασματικές ερωτήσεις) και στη συνέχεια να γίνει η σύγκριση. Τα μετα-πειραματικά δοκίμια θα χορηγούνταν ξανά μετά από ένα χρονικό διάστημα για να φανεί ποιοι μαθητές κατάφεραν να συγκρατήσουν στη μνήμη τους περισσότερα στοιχεία της επιστημονικής έννοιας.

Μελλοντικά θα μπορούσε επίσης να μελετηθούν οι επιδόσεις μαθητών γυμνασίου, λυκείου ή ακόμη και πανεπιστημίου (θα ήταν ενδιαφέρον να συγκριθούν οι επιδόσεις φοιτητών σε τμήματα θετικών επιστημών με φοιτητές παιδαγωγικών τμημάτων), στα μετα-πειραματικά δοκίμια που προτείνονται από την παρούσα έρευνα. Ως προέκταση αυτής της ερευνητικής προσέγγισης θα ήταν ενδιαφέρον να μελετηθεί κατά πόσο οι ίδιοι οι μαθητές/ φοιτητές μπορούν να προτείνουν δικές τους αναλογίες για τις υπό μελέτη επιστημονικές έννοιες. Οι αναλογίες που παράγουν οι ίδιοι οι μαθητές είναι πολύ πιο αποτελεσματικές για τους συμμαθητές τους από εκείνες που δίνονται έτοιμες είτε από το δάσκαλο είτε από το διδακτικό εγχειρίδιο. Συνεπώς, οι αναλογίες αυτές θα μπορούσαν στη συνέχεια να αξιολογηθούν και να χρησιμοποιηθούν ως κατάλληλες αναλογίες στη συγγραφή διδακτικών εγχειριδίων.

Η παρέμβαση της παρούσας έρευνας είχε διάρκεια μόνο 80 λεπτά και δεν έγινε διδασκαλία. Θα μπορούσε όμως να οργανωθεί ένα μεγαλύτερο παρεμβατικό πρόγραμμα όπου η διδασκαλία με τη χρήση αναλογιών θα διαρκούσε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (π.χ., τρεις μήνες ή μια σχολική χρονιά). Με την ολοκλήρωση του παρεμβατικού προγράμματος, εκτός από τις επιδόσεις των μαθητών για τις επιστημονικές έννοιες, θα ήταν χρήσιμο να μετρηθεί η επίδοση των μαθητών στη δημιουργία δικών τους αναλογιών για μια επιστημονική έννοια που δεν είχαν διδαχτεί προηγουμένως. Ουσιαστικά θα γινόταν αξιολόγηση τους παρεμβατικού προγράμματος σε θέματα μεταγνώσης. Αν δηλαδή οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιούν από μόνοι τους την αναλογική σκέψη τους, για να προτείνουν δικά τους παραδείγματα για τη διδασκαλία επιστημονικών εννοιών.

Έχοντας υπόψη τις αναλογίες που προτείνονται στη βιβλιογραφία, θα μπορούσε επίσης να αναληφθούν ερευνητικές προσπάθειες για να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα των αναλογιών που προτείνονται στην παρούσα έρευνα. Συγκεκριμένα, θα μπορούσε για κάθε επιστημονική έννοια να προταθούν διάφορες έννοιες της καθημερινότητας για να χρησιμοποιηθούν ως *βάση* της κάθε αναλογίας, έτσι ώστε συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των επιδόσεων των μαθητών στα μετα-πειραματικά δοκίμια, να εντοπιστεί ποια αναλογία μπορεί να προσφέρει στους μαθητές βαθύτερη κατανόηση και καλύτερη αποθήκευση πληροφοριών στη μακροπρόθεσμη μνήμη τους. Θα μπορούσε, για παράδειγμα, για τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, να προταθούν ως *βάσεις* (έννοιες της καθημερινότητας), η παραγωγή του ψωμιού, αλλά και η λειτουργία ενός εργοστασίου. Η αποτελεσματικότητα της κάθε αναλογίας θα μπορούσε να αξιολογηθεί με ένα δοκίμιο το οποίο θα συμπλήρωναν μαθητές της τάξης στην οποία προτείνεται από το Αναλυτικό Πρόγραμμα

να γίνει η διδασκαλία (π.χ., στην Κύπρο προτείνεται να διδάσκεται στην Ε' τάξη του δημοτικού σχολείου). Τα αποτελέσματα των επιδόσεων των μαθητών θα έδειχναν ποια από τις δύο έννοιες θα ήταν καλύτερη για να χρησιμοποιηθεί ως *βάση* στη διδασκαλία της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης, με τη χρήση κειμένων με αναλογίες. Θα μπορούσε επίσης να εντοπιστούν οι θετικές και αρνητικές πτυχές της κάθε αναλογίας και να γίνεται χρήση και των δύο ταυτόχρονα, αφού η μια θα συμπλήρωνε την άλλη.

Τέλος, ως προέκταση προηγούμενων ερευνών, αλλά και της παρούσας έρευνας, θα μπορούσε να μελετηθεί και το είδος των αναλογιών που προτείνονται από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς στην τάξη. Θα μπορούσε δηλαδή να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα των αναλογιών που προτείνουν οι εκπαιδευτικοί, με στόχο να αξιοποιηθούν στη μελλοντική συγγραφή διδακτικών εγχειριδίων.

Οι χαμηλές επιδόσεις των μαθητών μας σε διεθνείς διαγωνισμούς, υποδεικνύουν τις αδυναμίες του εκπαιδευτικού συστήματός μας όσον αφορά την αποτελεσματική μάθηση εννοιών. Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα αυτά, σε συνδυασμό με τα ευρήματα της παρούσας έρευνας, βγαίνει το συμπέρασμα ότι η χρήση αναλογιών σε κείμενα μπορεί να οδηγήσει στην κατανόηση δύσκολων αφηρημένων εννοιών και κατά συνέπεια να βελτιώσει τις επιδόσεις των μαθητών μας σε διεθνείς διαγωνισμούς.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική

- Αναλυτικά Προγράμματα Δημοτικής Εκπαίδευσης (1996). Λευκωσία: Εκδόσεις Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού
- Βοσνιάδου, Σ. (2001). *Εισαγωγή στην Ψυχολογία, Τομός Α': Βιολογικές, αναπτυξιακές και συμπεριφοριστικές προσεγγίσεις/ Γνωστική Ψυχολογία*. Αθήνα: Gutenberg
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (2000). *Οικο-δομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών: Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών*. (Μεταφ. Μαρία Χατζή). Αθήνα: Τυπωθήτω
- Κουλαϊδής, Β. (2002). *Αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου: Γνωστική, επιστημολογική και διδακτική προσέγγιση*. Αθήνα: Gutenberg
- Χρυσοχόου, Ε. (2006). *Η Συμβολή της εργαζόμενης μνήμης στην ακουστική κατανόηση παιδιών προσχολικής και σχολικής ηλικίας*. Διδακτορική διατριβή. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

### Αγγλική

- Abdel-Khalek, A. M., & Raven, J. (2006). Normative data from the standardization of Raven's standard progressive matrices in Kuwait in an international context. *Social Behavior and Personality*, 34 (2), 169-180
- Adey, P., & Shayer, M. (1994). *Really raising standards: Cognitive intervention and academic achievement*. London: Routledge
- Alexander, P. A., & Buehl, M. M. (2004). Seeing the possibilities: Constructing and validating new measures of mathematical and analogical reasoning for young children. In L. D. English (Ed.), *Mathematical and analogical reasoning of young learners* (pp. 23-45). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates
- Anderson, J. R. (1995). *Cognitive psychology and its implications*. New York: W.H. Freeman and Company
- Angeli, Ch., & 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
- Aubusson, P. J., Harrison, A. G., & Ritchie, M. (2006). Metaphor and analogy: Serious thought in science education. In P. J. Aubusson, A. G. Harrison & S. M. Ritchie (Eds.), *Metaphor and Analogy in Science Education* (pp. 11-24). Dordrecht: Springer
- Bacharach, N. (1988). Analogical reasoning in basal reading materials. *Reading Psychology*, 9, 93-100

- Baddeley, A.D. (1986). *Working memory*. Oxford: Open University Press
- Baddeley, A. D. (1999). *Human Memory*. Boston, MA: Allyn & Bacon
- Bean, T. W., Singer, H., & Cowen, S. (1985). Analogical study guides: Improving comprehension in science. *Journal of Reading*, December, 246-250
- Bean, T. W., Searles, D., Singer, H., & Cowen, S. (1990). Learning concepts from biology text through pictorial analogies and an analogical study guide. *Journal of Educational Research*, 83 (4), 233-237
- Benjafield, J. G. (1993). *Cognition*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Brown, A. L. (1989). Analogical learning and transfer: What develops? In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 369-412). Cambridge: Cambridge University Press
- Brown, A. L., & Kane, M. J. (1988). Preschool children can learn to transfer: Learning to learn and learning by example. *Cognitive Psychology*, 20, 493-523
- Brown, A. L., Kane, M. J., & Echols, C. H. (1986). Young children's mental models determine analogical transfer across problems with common goal structure. *Cognitive Development*, 1, 103-121
- Brown, D., & Clement, J. (1989). Overcoming misconceptions via analogical reasoning: Abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18, 237-261
- Bruner, J. (1990). *Acts of meaning*. Cambridge, MA: Harvard University Press
- 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*. Cambridge, MA: MIT Press
- Carey, S. (1991). Knowledge acquisition: Enrichment or conceptual change. In S. Carey & R. Gelman (Eds.), *The epigenesis of mind* (pp. 257-291). Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Chiu, M. H., & Lin, J. W. (2005). Promoting fourth graders' conceptual change of their understanding of electric current via multiple analogies. *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (4), 429-464
- Clement, C. A., & Gentner, D. (1991). Systematicity as a selection constraint in analogical mapping. *Cognitive Science*, 15, 89-132
- Clement, C. A., & Yanowitz, K. L. (2003). Using an analogy to model causal mechanisms in a complex text. *Instructional Science*, 31, 195-225
- Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of research in Science Teaching*, 30, 1241-1257

- Coll, R. K., France, B., & Taylor, I. (2005). The role of models/ and analogies in science education: implications from research. *International Journal of Science Education*, 27 (2), 183-198
- Cosgrove, M. (1995). A case study of science-in-the-making as students generate an analogy for electricity. *International Journal of Science Education*, 17, 295-310
- Dagher, Z. R. (1994). Does the use of analogies contribute to conceptual change? *Science Education*, 78 (6), 601-614
- Dagher, Z. R. (1995a). Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education. *Science Education*, 79 (3), 295-312
- Dagher, Z. R. (1995b). Analysis of analogies used by science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (3), 259-270
- Dagher, Z. R. (1998). The case for analogies in teaching science for understanding. In J. Mintzes, J. Wandersee, & J. Novak (Eds), *Teaching science for understanding: A human constructivist view* (pp.195-211). San Diego, CA: Academic Press
- Driver, R. (1989). Changing conceptions. In P. Adey, J. Bliss, J. Head, & M. Shayer (Eds), *Adolescent development and school science*. London: Falmer Press.
- Driver, R., & Bell, B. (1986). Students' thinking and the learning of science: A constructivist view. *School Science Review*, 67, 443-456
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75 (6), 649-672
- Duit, R., Roth, W. M., Komorek, M., & Wilbers, J. (2001). Fostering conceptual change by analogies: Between Scylla and Charybdis. *Learning and Instruction*, 11, 283-303
- Dunbar, K., & Blanchette, I. (2001). The in vivo/ in vitro approach to cognition: The case of analogy. *Trends in Cognitive Sciences*, 5 (8), 334-339
- English, L., & Halford, G. (1995). *Mathematics education: Models and processes*. Mahwah, NJ: Erlbaum
- Epstein, H. T. (1986). Stages in human brain development. *Developmental Brain Research*, 30, 114-119
- Epstein, H. T. (1990). Stages in human mental growth. *Journal of Educational Psychology*, 82, 875-879
- Falkenhainer, B., Forbus, K. D., & Gentner, D. (1989). The structure-mapping engine: Algorithm and examples. *Artificial Intelligence*, 41, 1-63
- Forbus, K. D., Gentner, D., & Law, K. (1995). MAC/FAC: A model of similarity-based retrieval. *Cognitive Science*, 19, 141-205



- Forbus, K. D. (2001). Exploring analogy in the large. In D. Gentner, K. J. Holyoak, & B. N. Kokinov (Eds.), *The Analogical mind: Perspectives from cognitive science* (pp. 437-470). Cambridge: MIT 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
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7, 155-170
- Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical learning. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 199-241). Cambridge: Cambridge University Press
- Gentner, D. (1998). Analogy, In W. Bechtel & G. Graham (Eds), *A companion to cognitive science* (pp. 107-113). Malden: Blackwell
- Gentner, D., & Gentner, D. R. (1983). Flowing waters or teeming crowds: Mental models of electricity, In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds), *Mental models* (pp. 99-129). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers
- Gentner, D., & Jeziorski, M. (1989). Historical shifts in the use of analogy in science. In B. Gholson, W. Shadish, R. Neimeyer, & A. Houts (Eds.). *Psychology of science: Contributions to metascience* (pp. 296-325). New York: Cambridge University Press
- Gentner, D., & Medina, J (1997). Comparison and the development of cognition and language. *Cognitive Studies: Bulletin of the Japanese Cognitive Science Society*, 4, 112-149
- Gentner, D., & Toubin, C. (1986). Systematicity and surface similarity in the development of analogy. *Cognitive science*, 10, 277-300
- Gilbert, S. W. (1989). An evaluation of the use of analogy, simile, and metaphor in science texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 315-327
- Gilbert, J. K., & Boulter, C. (2000). *Developing models in science education*. Dordrecht: Kluwer
- Gilbert, J. K., Osborne, R. J., & Fensham, P. J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66 (4), 623-633
- Glynn, S. M. (1991). Explaining science concepts: A teaching-with-analogies model. In S. M. Glynn, R. H. Yearny, & B. K. Britton (Eds), *The psychology of learning science* (pp. 219-240). Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Glynn, S. M. (1997). *Learning from science text: Role of an elaborate analogy*. College Park, MD: National Reading Research Center

- Glynn, S. M., Britton, B. K., Semrud-Clikeman, M., & Muth, D. K. (1989). Analogical reasoning and problem solving in science textbooks. In J. A. Glover, R. A. Ronning & C. R. Reynolds (Eds.), *Handbook of creativity* (pp. 383-398). New York: Plenum Press
- Glynn, S. M., Duit, R., & Thiele, R. (1995). Teaching with analogies: A strategy for constructing knowledge. In S. M. Glynn & R. Duit (Eds.), *Learning science in the schools: Research reforming practice* (pp. 247-273). Mahwah, NJ: Erlbaum
- Glynn, S. M., & Takahashi, T. (1998). Learning from analogy-enhanced science text. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (10), 1129-1149
- Gordon, W. J. J. (1979). Some source material in discovery-by-analogy. *Journal of Creative Behavior*, 8, 239-257
- Goswami, U. (1986). Children's use of analogy in learning to read: A developmental study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 42, 73-83
- Goswami, U. (1988). Orthographic analogies and reading development. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40A, 239-268
- Goswami, U. (1991). Analogical reasoning: What develops? A review of research and theory. *Child Development*, 62, 1-22
- Goswami, U. (1992). *Analogical reasoning in children*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates Ltd
- 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. (2001). Analogical reasoning in children. In D. Gentner, K. J. Holyoak, & B. N. Kokinov (Eds.), *The Analogical mind: Perspectives from cognitive science* (pp. 437-470). Cambridge: MIT Press
- Goswami, U., & Brown, A. L. (1989). Melting chocolate and melting snowmen: Analogical reasoning and causal relations. *Cognition*, 35, 69-95
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models and modeling. *International Journal of Science Education*, 22 (1), 1-11
- Halford, G. S. (1993). *Children's understanding: The development of mental models*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum
- Halpern, D. F., Hansen, C., & Reifer, D. (1990). Analogies as an aid to understanding and memory. *Journal of Educational Psychology*, 82, 298-305
- Hamilton, R., & Ghatala, E. (1994). *Learning and instruction*. New York: McGraw-Hill Inc.

- Harrison, A. G. (2006). The affective dimension of analogy: Student interest is more than just interesting! In P. J. Aubusson, A. G. Harrison & S. M. Ritchie (Eds.), *Metaphor and analogy in science education* (pp. 11-24). Dordrecht: Springer
- Harrison, A. G., & De Jong, O. (2005). Exploring the use of multiple analogical models when teaching and learning chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (10), 1135-1159
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1994). Science analogies: Avoid misconceptions with this systematic approach. *The Science Teacher*, 40-43
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2006). Teaching and learning with analogies. In P. J. Aubusson, A. G. Harrison & S. M. Ritchie (Eds.), *Metaphor and analogy in science education* (pp. 11-24). Dordrecht: Springer
- Hewitt, P. G. (1987). *Conceptual physics*. Menlo Park, CA: Addison-Wesley Publishing
- Holyoak, K. J., Junn, E. N., & Billman, D. O. (1984). Development of analogical problem-solving skill. *Child Development*, 55, 2042-2055
- Holyoak, K. J., Gentner, D., & Kokinov, B. N. (2001). The place of analogy in cognition. In D. Gentner, K. J. Holyoak, & B. N. Kokinov (Eds.), *The Analogical mind: Perspectives from cognitive science* (pp. 437-470). Cambridge: MIT Press
- Hughes, M. (1986). *Children and number: Difficulties in learning mathematics*. Oxford: Basil Blackwell
- Iding, M. K. (1997). How analogies foster learning from science texts. *Instructional Science*, 25, 233-253
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. New York: Basic Books
- Jarman, R. (1996). Student teachers' use of analogies in science instruction. *International Journal of Science Education*, 18 (7), 869-880
- Jensen, A. R. (1998). *The g factor: The science of mental ability*. Westport: Praeger
- 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
- Kaplan, R. M., & Saccuzzo, D. P. (1997). *Psychological testing: Principles, applications and issues* (4<sup>th</sup> ed.). Pacific Grove: Brooks/ Cole
- Kolodner, J. L. (1997). Educational implications of analogy: A view from case-based Reasoning. *American Psychologist*, 52, 35-44
- Krawczyk, D. C., Holyoak, K. J., & Hummel, J. E. (2004). Structural constraints and object similarity in analogical mapping inference. *Thinking & Reasoning*, 10 (1), 85-104

- 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
- Kurtz, K., Miao, C. H., & Gentner, D. (2001). Learning by analogical bootstrapping. *Journal of the Learning Sciences, 10*, 417-446
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Lawson, A. E. (1993). The Importance of analogy: A prelude to the special issue. *Journal of Research in Science Teaching, 30* (10), 1213-1214
- Lawson, A. E. (1994). Research on the acquisition of science knowledge: Epistemological foundations of cognition. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 131-176). New York: Macmillan Publishing Company
- Lynn, R., Allik, J., Pullman, H., & Laidra, K. (2004). Sex differences on the progressive matrices among adolescents: Some data from Estonia. *Personality and Individual Differences, 36*, 1249-1255
- Markman, A. B., & Medin, D. L. (1995). Similarity and alignment in choice. *Organizational Behavior and Human Decision Processes, 63*, 117-130
- Markman, A. B., & Moreau, C. P. (2001). Analogy and analogical comparison in choice. In D. Gentner, K. J. Holyoak, & B. N. Kokinov (Eds.), *The Analogical mind: Perspectives from cognitive science* (pp. 437-470). Cambridge: MIT Press
- Marsh, G., Friedman, M. P., Welch, V., & Desberg, P. (1980). A cognitive-developmental approach to reading acquisition. In G. E. MacKinnon & T. G. Waller (Eds.), *Reading research: Advances in theory and practice*, Vol. 3 (pp. 199-221). New York: Academic Press
- Mason, L. (2004). Fostering understanding by structural alignment as a route to analogical learning. *Instructional Science, 32*, 293-318
- Mastrilli, Th. M. (1997). Instructional analogies used by biology teachers: Implications for practice and teacher preparation. *Journal of Science Teacher Education, 8* (3), 187-204
- May, D. B., Hammer, D., & Roy, P. (2006). Children's analogical reasoning in a third-grade science discussion. *Science Education, 90*, 316-330
- Mayo, J. A. (2001). Using analogies to teach conceptual applications of developmental theories. *Journal of Constructivist Psychology, 14*, 187-213
- McDaniel, M. A., & Donnelly, C. M. (1996). Learning with analogy and elaborative interrogation. *Journal of Educational Psychology, 88*, 508-519
- Miller, C. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review, 63*, 81-97

- Newton, D. P. (2000). *Teaching for understanding: What it is and how to do it*. London: Routledge-Falmer
- Newton, L. D. (2003). The occurrence of analogies in elementary school science books. *Instructional Science, 31*, 353-375
- Newton, D. P., & Newton, L. D. (1995). Using analogy to help young children understand. *Educational Studies, 21* (3), 379-393
- Ogborn, J., & Martins, I. (1996). Metaphorical understandings and scientific ideas. *International Journal of Science Education, 18* (6), 631-652
- Oliva, J. M., Azcarate, P., & Navarrete, M. (2007). Teaching models in the use of analogies as a resource in the science classroom. *International Journal of Science Education, 29* (1), 45-66
- Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rinehart, & Winston
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford: Oxford University Press
- Paivio, A. (1991). Dual coding theory: Retrospect and current status. *Canadian Journal of Psychology, 45* (3), 255-287
- 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
- Payne, A. C., Whitehurst, G. J., & Angell, A. L. (1994). The role of home literacy environment in the development of language ability in preschool-children from low-income families. *Early Childhood Research Quarterly, 9* (3-4), 427-440
- Penner, D. E., Giles, N. D., Lehrer, R., & Schauble, L. (1997). Building functional models: design an elbow. *Journal of Research in Science Teaching, 34* (2), 125-143
- Pickering, S., & Gathercole, S. E. (2001). *Working Memory Test Battery for Children (WMTB-C)*. UK: The Psychological Corporation
- Pittman, K. M. (1999). Student-generated analogies: Another way of knowing? *Journal of Research in Science Teaching, 36* (1), 1-22
- Polya, G. (1985). *How to solve it: A new aspect of mathematical method*. Princeton: Princeton University Press
- Raven, J. (2000). The Raven's progressive matrices: Change and stability over culture and time. *Cognitive Psychology, 41*, 1-48
- Reed, S. K. (1999). *Cognition*. Belmont, CA: Wadsworth/Thomson Learning
- Resnick, L. B., & Omanson, S. F. (1987). Learning to understand arithmetic. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology*, Vol. 3 (pp. 41-95). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates Ltd.

- Rigas, P. (1999). *Ideas about photosynthesis among primary school students in Cyprus*. Unpublished dissertation submitted in part fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Science Education and Development in the Faculty of Education and Community Studies. Reading: University of Reading
- Ritchie, S.M., Tobin, K., & Hook, K. S. (1997). Teaching referents and the warrants used to test the viability of students' mental models: is there a link? *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (3), 223-238
- Simons, P. R. J. (1984). Instructing with analogies. *Journal of Educational Psychology*, 76, 513-527
- Smit, J. J. A., & Finegold, M. (1995). Models in physics: perceptions held by final-year prospective physical science teachers studying at South African universities. *International Journal of Science Education*, 17 (5), 621-634
- Solso, R. L. (2001). *Cognitive psychology (6<sup>th</sup> edition)*. Boston: Allyn and Bacon
- 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
- Sternberg, R. J. (1985). *Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence*. Cambridge: Cambridge University Press
- Sternberg, R. J., & Rifkin, B. (1979). The development of analogical reasoning processes. *Journal of Experimental Child Psychology*, 27, 195-232
- Sternberg, R. J., & Nigro, G. (1980). Developmental patterns in the solution of verbal analogies. *Child Development*, 51, 27-38
- Thagard, P. (1992). Analogy, explanation, and education. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 537-544
- Thagard, P. (1996). *Mind: Introduction to cognitive science*. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology
- Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1994). The nature and extent of analogies in secondary chemistry textbooks. *Instructional Science*, 22, 61-74
- Thiele, R. B., & Treagust, D. F. (1995). Analogies in chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, 17 (6), 783-795
- Tobin, K., & Cabie, W. (1981). The development and validation of a group test of logical thinking. *Educational and Psychological Measurement*, 41, 413-423
- 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., Duit, R., Joslin, P., & Landauer, I. (1992). Science teachers' use of analogies: Observation from classroom practice. *International Journal of Science Education, 14*, 413-422
- Treagust, D. F., Harrison, A. G. & Venville, G. (1998). Teaching science effectively with analogies: An approach for pre-service and in-service teacher education. *Journal of Science Teacher Education, 9* (1), 85-101
- Valanides, N. (1997a). Formal reasoning abilities and school achievement. *Studies in Educational Evaluation, 23* (2), 169-185
- Valanides, N. (1997b). Cognitive abilities among twelfth-grade students: implications for science teaching. *Educational Research and Evaluation, 3* (2), 160-186
- Valanides, N. (1998). Formal operational performance and achievement of lower secondary school students. *Studies in Educational Evaluation, 24* (1), 1-23
- 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. (1989). Analogical reasoning as a mechanism in knowledge acquisition: A developmental perspective. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds), *Similarity and analogical reasoning* (pp. 413-437). Cambridge: Cambridge University Press
- Vosniadou, S., & Ortony, A. (1983). The influence of analogy in children's acquisition of new information from text: An exploratory study. In J. A. Niles & L. A. Harris (Eds), *Searches for meaning in reading/ language processing and instruction* (pp. 71-79). Rochester, N.Y.: National Reading Conference
- Wong, E. D. (1993a). Self-generated analogies as a tool for construction and evaluating explanations of scientific phenomena. *Journal of Research in Science Teaching, 30* (4), 367-380
- Wong, E. D. (1993b). Understanding the generative capacity of analogies as a tool of explanation. *Journal of Research in Science Teaching, 30*, 1259-1272
- Yanowitz, K. L. (2001a). Transfer of structure-related and arbitrary information in analogical reasoning. *The Psychological Record, 51*, 357-379
- Yanowitz, K. L. (2001b). Using analogies to improve elementary school students' inferential reasoning about scientific concepts. *School Science and Mathematics, 101* (3), 133-142
- Zeitoun, H. H. (1984). Teaching scientific analogies: A proposed model. *Research In Science and Technological Education, 2*, 107-125
- Zook, K. B. (1991). Effect of analogical processes on learning and misrepresentation. *Educational Psychology Review, 3*, 41-72

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Δημογραφικά στοιχεία μαθητή/τριας



### **1. Ατομικές πληροφορίες**

Όνοματεπώνυμο: ..... Τάξη: .....

Σχολείο: ..... Επαρχία: .....

Ημερομηνία γέννησης: .....

### **2. Πληροφορίες που αφορούν την οικογένεια**

Μελέτησε προσεκτικά τις ακόλουθες ερωτήσεις και υπογράμμισε εκείνο που ισχύει στη δική σου περίπτωση.

(α) Μόρφωση πατέρα:

Δημοτικό

Γυμνάσιο

Λύκειο/ Τεχνική Σχολή

Κολλέγιο/ Πανεπιστήμιο

(β) Μόρφωση μητέρας:

Δημοτικό

Γυμνάσιο

Λύκειο/ Τεχνική Σχολή

Κολλέγιο/ Πανεπιστήμιο

(γ) Αριθμός ατόμων στην οικογένεια:

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β**

**Φύλλο απαντήσεων για το Δοκίμιο Μέτρησης της Εργαζόμενης Μνήμης των  
Μαθητών**

Όνοματεπώνυμο: .....

Τάξη: .....

Σχολείο: .....

### Α. Ανάκληση ψηφίων

Κατάλογος εξάσκησης	
E1	
E2	
E3	

Κατάλογος	
1	
2	
3	
4	
5	
6	

Κατάλογος	
7	

8								
9								

**B. Ανάκληση λέξεων**

Κατάλογος εξάσκησης
---------------------

E1			
E2			
E3			

Κατάλογος						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

**Απαντήσεις για το Δοκίμιο Μέτρησης Εργαζόμενης Μνήμης Μαθητών**

## A. Ανάκληση ψηφίων

	Κατάλογος εξάσκησης
E1	2
E2	1 5
E3	7 4 8

	Κατάλογος
1	4
	9
	7
	3
	8
	1
2	6 2
	4 9
	9 1
	3 8
	7 4
	2 5
3	4 8 3
	2 6 1
	7 4 3
	3 7 6
	1 8 4
	6 9 4
4	5 9 2 6
	3 1 7 4
	2 8 5 1
	9 6 2 7
	8 5 1 4
	7 2 8 6
5	6 1 4 2 5
	3 2 8 4 1
	7 4 2 5 9
	3 7 6 1 4
	4 9 2 5 7
	1 5 8 3 6
6	8 3 9 2 5 1
	2 9 5 7 1 3
	1 6 2 5 9 4
	7 5 9 2 6 4
	6 8 1 3 7 5
	5 2 7 3 8 6

	Κατάλογος
7	4 9 6 3 1 5 2
	5 8 1 9 2 6 4
	9 3 7 5 2 8 1
	2 5 6 3 8 1 4
	8 3 5 9 1 7 2
8	6 2 8 7 4 9 3
	1 7 5 6 9 3 2 4
	9 2 8 1 7 4 6 3
	8 6 4 2 9 3 1 7
	6 1 3 7 2 9 4 8
9	5 2 9 4 7 3 1 6
	3 8 4 1 5 2 7 9
	7 1 6 3 8 4 2 9 5
	4 6 9 2 8 1 5 7 3
	2 9 4 7 1 6 8 3 7
9	8 3 9 4 7 1 5 2 6
	1 5 3 9 4 7 2 8 6

## B. Ανάκληση λέξεων

	Κατάλογος εξάσκησης
--	---------------------

E1	μήλο		
E2	κουτός	χάπι	
E3	παίρνω	ρίζες	καλός

Κατάλογος							
1	πολύ						
	ζητώ						
	ποτέ						
	μοίρα						
	πίσω						
	χαλάς						
2	χειλή	τσάντα					
	φέγγω	μαλλί					
	πόνος	σέρνω					
	κάνε	λάσπη					
	πέτσα	μαύρο					
	νύχτα	καλά					
3	κόβω	ρίχνω	φέτα				
	λαιμός	καρποί	λίμνη				
	πολλά	χέρι	λέγε				
	γαύρος	πάρκο	βουτώ				
	πάγος	μπαμπάς	φακές				
	μούκλα	κιμάς	θηλιά				
4	γυρνώ	πένα	τιμή	βέλος			
	κέφι	γεύμα	χάρτες	κούνια			
	τάπα	δείχνω	πάπια	κήπος			
	νότα	ρίχνω	πήγα	δίκη			
	χήνα	μέρα	πανί	κότα			
	κάρο	τζάμι	τύχη	μιλάς			
5	δέμα	πόρτα	μύτη	πουλί	λύνω		
	μπότα	γυρνώ	κάρτα	μάτι	χώνω		
	φυλάς	βίδα	μέλι	ρωτώ	πολύς		
	καλή	παιδιά	ζεστό	χορός	σήμα		
	παίκτης	φακός	μπάλα	νερό	δίνω		
	χώσε	ταισί	μύγα	παιδί	φέρνω		
6	βάλε	δίχτυ	καίμε	χάρη	βάρκα	λίγο	
	χάντρα	κάλος	δέκα	κότσο	λαγός	κύκλος	
	βαθύ	μικρός	βούλα	γέννα	κόβω	χάδι	
	μύλος	τζάμι	πάμε	χωρίς	τσιμπώ	λέμε	
	λύκος	μπορώ	σάλιο	παπάς	μπουκιά	φίλος	
	δουλειά	τσιχλα	φελλός	μάθε	γύρη	κουβάς	
7	πηλός	χαρτί	γάτα	πεζή	ρέμα	θάμνος	πετώ
	κόσμος	μπογιά	λάκκος	νότες	λεφτά	κάρτες	πήρε
	πήρα	κοιτώ	μπάνιο	μουντός	χάντρες	κενό	μέτρο
	πάνω	γάζα	κακός	βάζο	γάμπα	φέρε	θαμπή
	χάρτης	βουνό	γέρνω	κύκνος	δόντι	παίκτης	κορμός
	τέλος	βάση	σουγιάς	γυμνός	βήχω	κερί	μαλλιά

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ**

**Δοκίμιο Κλασικών Αναλογιών**

Όνομα: ..... Τάξη: .....



Σχολείο: .....

## ΜΕΡΟΣ Α

Μελέτησε προσεκτικά το παράδειγμα που ακολουθεί. Στην αρχή του παραδείγματος, δίνεται ένα ζευγάρι λέξεων και φαίνεται η σχέση μεταξύ τους. Ακολουθεί ύστερα μια τρίτη λέξη και εσύ πρέπει να βρεις, από τις λέξεις που σου δίνονται, ποια έχει την ίδια σχέση με την τρίτη λέξη, όπως και στο αρχικό ζευγάρι των λέξεων.

Παράδειγμα: μολύβι : κασετίνα :: πουκάμισο : .....

- (α) γραβάτα
- (β) ερμάρι
- (γ) κουμπί
- (δ) παντελόνι

Η σχέση μεταξύ του πρώτου ζευγαριού λέξεων είναι η εξής: **το μολύβι βρίσκεται μέσα στην κασετίνα**. Άρα, η σωστή απάντηση είναι το (β) ερμάρι, διότι στο δεύτερο ζευγάρι γυρεύουμε πού βρίσκεται το πουκάμισο.

Προσπάθησε τώρα και εσύ να βρεις τη λέξη που ταιριάζει σε κάθε περίπτωση, αφού πρώτα μελετήσεις τη σχέση μεταξύ των δύο λέξεων στο πρώτο ζευγάρι. Η λέξη που θα επιλέξεις πρέπει να δημιουργεί ένα ζευγάρι λέξεων που να έχει την ίδια σχέση με ζευγάρι των δύο πρώτων λέξεων.

**Υπογράμμισε τη λέξη που επιλέγεις κάθε φορά.**

---

1. τρένο : ράγες :: αυτοκίνητο : .....

- (α) δρόμος
- (β) μηχανή
- (γ) βενζίνη
- (δ) τροχοί

2. βαρύ : βυθίζεται :: ελαφρύ : .....

- (α) κυλάει
- (β) επιπλέει
- (γ) τρέχει
- (δ) πετάει

3. μάτια : όραση :: μύτη : .....

- (α) γεύση
- (β) πρόσωπο
- (γ) ρουθούνι
- (δ) όσφρηση

4. ημερομηνία: ημερολόγιο :: ώρα : .....

- (α) λεπτά

- (β) δευτερόλεπτα
- (γ) δείκτες
- (δ) ρολόι

5. αλεπού : κότα :: ποντίκι : .....

- (α) ουρά
- (β) τυρί
- (γ) γάτα
- (δ) θηλαστικό

6. γρασίδι : πράσινο :: ουρανός : .....

- (α) σύννεφα
- (β) γαλάζιος
- (γ) ήλιος
- (δ) αστέρια

7. πέντε : αριθμός :: λεωφορείο : .....

- (α) επιβάτες
- (β) όχημα
- (γ) οδηγός
- (δ) εισιτήριο

8. Ισπανία : χώρα :: Αφρική : .....

- (α) ήπειρος
- (β) έρημος
- (γ) πυραμίδες
- (δ) Νείλος

9. Τρίτη : ημέρα :: Μάιος : .....

- (α) λουλούδια
- (β) μήνας
- (γ) άνοιξη
- (δ) Πρωτομαγιά

10. πράσινο : χρώμα :: τριαντάφυλλο : .....

- (α) κόκκινο
- (β) άρωμα
- (γ) λουλούδι
- (δ) κήπος

## ΜΕΡΟΣ Β

Για τις ερωτήσεις που ακολουθούν, πρέπει να μελετήσεις προσεκτικά τη σχέση που υπάρχει στο ζευγάρι λέξεων που δίνεται και στη συνέχεια να **υπογραμμίσεις το ζευγάρι των λέξεων** που νομίζεις ότι έχουν την ίδια σχέση.

Παράδειγμα: μολύβι : κασετίνα :: .....

- (α) Μάιος : μήνας
- (β) άσπρο : μαύρο
- (γ) πουκάμισο : ερμάρι
- (δ) δάσκαλος : κιμωλία

Η σχέση μεταξύ του πρώτου ζευγαριού λέξεων είναι η εξής: **το μολύβι βρίσκεται μέσα στην κασετίνα**. Άρα, η σωστή απάντηση είναι το (γ) πουκάμισο : ερμάρι, διότι στο δεύτερο ζευγάρι γυρεύουμε ένα ζευγάρι λέξεων που να παρουσιάζει τη σχέση "κάποιο αντικείμενο βρίσκεται μέσα σε ένα άλλο."

Προσπάθησε τώρα και εσύ να βρεις το ζευγάρι των λέξεων που ταιριάζει σε κάθε περίπτωση, αφού πρώτα μελετήσεις τη σχέση μεταξύ των δύο λέξεων στο πρώτο ζευγάρι.

**Υπογράμμισε το ζευγάρι των λέξεων που επιλέγεις κάθε φορά.**

---

11. κουζίνα : υπνοδωμάτιο :: .....

- (α) ζωγράφος : πίνακας
- (β) δάσκαλος : διευθυντής
- (γ) μάτι : πρόσωπο
- (δ) μαθητής : βιβλίο

12. ξηρασία : πλημμύρα :: .....

- (α) είσοδος : έξοδος
- (β) πέντε : οκτώ
- (γ) Τρίτη : μέρα
- (δ) βάτραχος : ζώο

13. Τρόδος : βουνό :: .....

- (α) ουρανός : σύννεφο
- (β) ζώο : ζωολογικός κήπος
- (γ) φτερούγα : πουλί
- (δ) Μεσόγειος : θάλασσα

14. αεροπλάνο : πετάει :: .....

- (α) μέλισσα : κυψέλη
- (β) κάθομαι : στέκομαι
- (γ) κρατώ : αφήνω
- (δ) ψάρι : κολυμπάει

15. καρδιά : όργανο :: .....

- (α) γουρούνι : στάβλος  
(β) σφυρί : εργαλείο  
(γ) μονά : ζυγά  
(δ) γιατρός : νοσοκόμος

**Απαντήσεις Δοκιμίου Κλασικών Αναλογιών**

Ερώτηση	Ορθή απάντηση
1	α
2	β
3	δ
4	δ
5	γ
6	β
7	β
8	α
9	β
10	γ
11	β
12	α
13	δ
14	δ
15	β

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ**

**Κείμενα επιστημονικών εννοιών χωρίς αναλογίες**

## ΔΙΑΒΑΣΕ ΠΡΟΣΕΚΤΙΚΑ ΤΟ ΠΙΟ ΚΑΤΩ ΚΕΙΜΕΝΟ

### (α) Χρησιμότητα των λευκών αιμοσφαιρίων

Το αίμα μας αποτελείται από διάφορα συστατικά, όπως τα ερυθρά αιμοσφαίρια, τα λευκά αιμοσφαίρια, τα αιμοπετάλια και το πλάσμα. Το κάθε συστατικό είναι χρήσιμο και έχει μια συγκεκριμένη λειτουργία. Για παράδειγμα, ο οργανισμός μας χρησιμοποιεί τα λευκά αιμοσφαίρια για να καταπολεμήσει κάθε μόλυνση που δημιουργείται από την εισβολή μικροβίων στο σώμα μας. Τα λευκά αιμοσφαίρια, παρόλο που είναι λίγα σε αριθμό σε σχέση με τα ερυθρά αιμοσφαίρια, μπορούν να καταστρέψουν τα μικρόβια που μπαίνουν στον οργανισμό μας. Όταν όμως τα μικρόβια είναι πάρα πολλά, πολύ ανθεκτικά (δηλαδή αντέχουν πολύ) και επικίνδυνα, τότε ο γιατρός, μας δίνει φάρμακα που βοηθούν τα λευκά αιμοσφαίρια στην καταπολέμηση των μολύνσεων. Έτσι, για παράδειγμα, ο οργανισμός καταφέρνει να αναρρώσει (να γίνει καλά) από την πνευμονία, που προκαλείται από ένα επικίνδυνο μικρόβιο, με τη βοήθεια των κατάλληλων φαρμάκων. Αν δεν γίνει αυτό, η μόλυνση αυτή μπορεί να οδηγήσει τον άνθρωπο και στο θάνατο. Τα λευκά αιμοσφαίρια συνεχίζουν να επιτίθενται στα μικρόβια, μέχρι να τα καταστρέψουν. Όταν γίνει αυτό, η μόλυνση υποχωρεί και ο οργανισμός αρχίζει να δυναμώνει και να λειτουργεί κανονικά. Τότε μπορούμε να πούμε ότι ο οργανισμός έχει αντιμετωπίσει τα μικρόβια και έχει αναρρώσει.

## ΔΙΑΒΑΣΕ ΠΡΟΣΕΚΤΙΚΑ ΤΟ ΠΙΟ ΚΑΤΩ ΚΕΙΜΕΝΟ

### (β) Διαδικασία της φωτοσύνθεσης

Η φωτοσύνθεση είναι η διαδικασία με την οποία το φυτό παράγει την τροφή του, που ονομάζεται άμυλο. Η φωτοσύνθεση είναι μια διαδικασία που γίνεται μόνο στα φυτά! Κανένας άλλος οργανισμός στον πλανήτη μας δεν μπορεί να συνθέσει (δημιουργήσει) την τροφή του μόνος του.

Το άμυλο είναι πολύτιμο, διότι αποτελεί τη βάση της τροφής όλων των οργανισμών στη γη! Στη διαδικασία παραγωγής του αμύλου συμμετέχουν πολλοί παράγοντες. Νερό και άλατα, που παίρνει το φυτό από τις ρίζες, και διοξείδιο του άνθρακα, που περνά μέσα από τα πράσινα μέρη του (π.χ., τα φύλλα), αποτελούν συστατικά της παραγωγής της τροφής του φυτού, που είναι το άμυλο. Δεν είναι όμως μόνο το νερό, τα άλατα και το διοξείδιο του άνθρακα που συμμετέχουν στην παραγωγή του αμύλου. Στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης βοηθά και η χλωροφύλλη, που είναι χρωστική ουσία των πράσινων φυτών (σε αυτή οφείλεται το πράσινο χρώμα τους). Ένας άλλος παράγοντας που είναι απαραίτητος στην παραγωγή αμύλου είναι ο ήλιος. Αυτό σημαίνει ότι τα φυτά μπορούν να φωτοσυνθέσουν μόνο την ημέρα που υπάρχει φως.

Το αποτέλεσμα της φωτοσύνθεσης δεν είναι μόνο το άμυλο. Κατά τη διαδικασία αυτή παράγεται και οξυγόνο που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα και είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας. Το άμυλο που θα παραχθεί θα προχωρήσει σε όλα τα μέρη του φυτού για να μπορέσει το φυτό να πάρει θρεπτικές ουσίες και να αναπτυχθεί φυσιολογικά.

## ΔΙΑΒΑΣΕ ΠΡΟΣΕΚΤΙΚΑ ΤΟ ΠΙΟ ΚΑΤΩ ΚΕΙΜΕΝΟ

### **(γ) Δομή και λειτουργία του κυττάρου**

Όλοι οι ζωικοί και φυτικοί οργανισμοί αποτελούνται από κύτταρα. Πολλά κύτταρα που κάνουν την ίδια λειτουργία φτιάχνουν τους ιστούς και πολλοί όμοιοι ιστοί φτιάχνουν τα όργανα.

Αν παρατηρήσει κάποιος ένα κύτταρο με ένα μικροσκόπιο, μπορεί να διακρίνει τα διάφορα μέρη του. Κάθε μέρος του κυττάρου εκτελεί μια διαφορετική εργασία. Το κύτταρο λειτουργεί με βάση τις εντολές που δίνονται από τον πυρήνα, που βρίσκεται συνήθως στο κέντρο του. Αυτό σημαίνει ότι όλα τα άλλα σωματίδια εκτελούν εντολές που δίνονται από τον πυρήνα. Για παράδειγμα τα ριβοσώματα, που είναι κολλημένα σε συγκεκριμένες περιοχές του κυττάρου, παράγουν, με εντολή που δίνεται από τον πυρήνα, τις πρωτεΐνες που είναι ουσίες που συμβάλλουν στη διατήρηση της υγείας του σώματος. Άλλα σωματίδια σχηματίζουν χώρους που μοιάζουν με σάκους και χρησιμεύουν στην αποθήκευση ουσιών που θα χρησιμοποιηθούν αργότερα από το ίδιο το κύτταρο. Αυτά ονομάζονται συσκευές Golgi.

Για να δουλέψει όμως οποιοδήποτε κύτταρο, πρέπει να έχει ενέργεια. Υπάρχουν κάποια σωματίδια, τα μιτοχόνδρια, που είναι υπεύθυνα για το σκοπό αυτό. Τα μιτοχόνδρια είναι πολύ μικρά και βρίσκονται σε μεγάλους αριθμούς στα κύτταρα. Μετατρέπουν ενέργεια από τη βρεφική ηλικία μέχρι το θάνατο.

Το κύτταρο είναι κλειστό γύρω γύρω με μια μεμβράνη που έχει πολλά ανοίγματα για να μπορεί να επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον. Η μεμβράνη αυτή είναι πολύ εκλεκτική, διότι κάποιες ουσίες αφήνονται να περνούν μέσα από αυτή, ενώ κάποιες άλλες όχι. Έτσι, από τη μια άχρηστες ουσίες αποβάλλονται στο περιβάλλον και από την άλλη χρήσιμες ουσίες περνούν στον εσωτερικό χώρο του κυττάρου.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε

Κείμενα επιστημονικών εννοιών με αναλογίες



## ΔΙΑΒΑΣΕ ΠΡΟΣΕΚΤΙΚΑ ΤΟ ΠΙΟ ΚΑΤΩ ΚΕΙΜΕΝΟ

### (α) Χρησιμότητα των λευκών αιμοσφαιρίων

Το αίμα μας αποτελείται από διάφορα συστατικά, όπως τα ερυθρά αιμοσφαίρια, τα λευκά αιμοσφαίρια, τα αιμοπετάλια και το πλάσμα. Το κάθε συστατικό έχει συγκεκριμένη λειτουργία. Για παράδειγμα, ο οργανισμός μας χρησιμοποιεί τα λευκά αιμοσφαίρια για να καταπολεμούν κάθε μόλυνση που δημιουργείται από την εισβολή μικροβίων στο σώμα μας. Όπως ακριβώς μια χώρα χρησιμοποιεί τους στρατιώτες της για να αντιμετωπίζουν τους εχθρούς που κάνουν εισβολή. Τα λευκά αιμοσφαίρια μπορούν να καταστρέφουν τα μικρόβια που μπαίνουν στον οργανισμό μας, όπως οι στρατιώτες νικούν τους εχθρούς μιας χώρας. Όταν όμως τα μικρόβια είναι πολύ ανθεκτικά (δηλαδή αντέχουν πολύ) και επικίνδυνα, τότε ο γιατρός μάς δίνει φάρμακα που βοηθούν τα λευκά αιμοσφαίρια στην καταπολέμηση των μολύνσεων. Έτσι, για παράδειγμα ο οργανισμός καταφέρνει να αναρρώσει (να γίνει καλά) από την πνευμονία, μια ασθένεια που μπορεί να οδηγήσει και στο θάνατο, χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα φάρμακα. Το ίδιο συμβαίνει και στον πόλεμο! Αν ο εχθρός είναι πολύ δυνατός, η μόνη λύση για να μπορέσει μια χώρα να νικήσει τη μάχη είναι να καλέσει ενισχύσεις από άλλες φιλικές χώρες. Τα λευκά αιμοσφαίρια συνεχίζουν να επιτίθενται στα μικρόβια μέχρι να τα καταστρέψουν, όπως οι στρατιώτες μιας χώρας συνεχίζουν να πολεμούν μέχρι ο εχθρός να χάσει τις δυνάμεις του. Όταν γίνει αυτό, η μόλυνση υποχωρεί, όπως υποχωρεί ο εχθρός όταν χάσει στη μάχη.

## ΔΙΑΒΑΣΕ ΠΡΟΣΕΚΤΙΚΑ ΤΟ ΠΙΟ ΚΑΤΩ ΚΕΙΜΕΝΟ

### (β) Διαδικασία της φωτοσύνθεσης

Η φωτοσύνθεση είναι η διαδικασία με την οποία το φυτό παράγει την τροφή του, που ονομάζεται άμυλο. Η φωτοσύνθεση είναι μια διαδικασία που γίνεται μόνο στα φυτά! Κανένας άλλος οργανισμός στον πλανήτη μας δεν μπορεί να συνθέσει (δημιουργήσει) την τροφή του μόνος του.

Το άμυλο είναι πολύτιμο διότι αποτελεί τη βάση της τροφής όλων των οργανισμών στη γη! Στη διαδικασία παραγωγής του αμύλου συμμετέχουν πολλοί παράγοντες, όπως συμβαίνει και στην παραγωγή ενός ψωμιού. Νερό και άλατα, που περνούν μέσα από τις ρίζες, και διοξείδιο του άνθρακα, που περνά μέσα από τα πράσινα μέρη του (π.χ., τα φύλλα), αποτελούν συστατικά της παραγωγής της τροφής του φυτού, που είναι το άμυλο. Κάτι παρόμοιο συμβαίνει και στην παραγωγή του ψωμιού: ανακατεύουμε νερό, αλάτι, αυγά, γάλα κι αλεύρι για να φτιάξουμε ζυμάρι. Δεν είναι όμως μόνο το νερό, τα άλατα και το διοξείδιο του άνθρακα που συμμετέχουν στην παραγωγή του αμύλου. Στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης βοηθά και η χλωροφύλλη, που είναι χρωστική ουσία των πράσινων φυτών (σε αυτή οφείλεται το πράσινο χρώμα τους). Αντίστοιχα, στην παραγωγή του ψωμιού, πρέπει να βάλουμε μέσα στο ζυμάρι που φτιάξαμε μαγιά, για να δέσει και να φουσκώσει καλύτερα. Ένας άλλος παράγοντας που είναι απαραίτητος στην παραγωγή αμύλου είναι ο ήλιος. Αυτό σημαίνει ότι τα φυτά μπορούν να φωτοσυνθέτουν μόνο την ημέρα που είναι παρών ο ήλιος. Και στην περίπτωση του ψωμιού, για να ολοκληρωθεί η διαδικασία, πρέπει να ψήσουμε το ζυμάρι στο φούρνο.

Το αποτέλεσμα της φωτοσύνθεσης δεν είναι μόνο το άμυλο. Κατά τη διαδικασία αυτή παράγεται και οξυγόνο που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα και είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας. Κάτι παρόμοιο συμβαίνει και κατά το ψήσιμο του ψωμιού, όπου απελευθερώνεται στον αέρα η ωραία μυρωδιά του. Το άμυλο που θα παραχθεί θα προχωρήσει σε όλα τα μέρη του φυτού για να μπορέσει το φυτό να πάρει θρεπτικές ουσίες και να αναπτυχθεί φυσιολογικά.

## ΔΙΑΒΑΣΕ ΠΡΟΣΕΚΤΙΚΑ ΤΟ ΠΙΟ ΚΑΤΩ ΚΕΙΜΕΝΟ

### (γ) Δομή και λειτουργία του κυττάρου

Όλοι οι ζωικοί και φυτικοί οργανισμοί αποτελούνται από κύτταρα. Πολλά κύτταρα που κάνουν την ίδια λειτουργία φτιάχνουν τους ιστούς και πολλοί όμοιοι ιστοί φτιάχνουν τα όργανα.

Αν παρατηρήσει κάποιος ένα κύτταρο με ένα μικροσκόπιο, μπορεί να διακρίνει τα διάφορα μέρη του. Κάθε μέρος του κυττάρου εκτελεί μια διαφορετική εργασία. Κάτι παρόμοιο συμβαίνει και σε ένα εργοστάσιο. Διαφορετικοί άνθρωποι δουλεύουν κάποιες μηχανές κάνοντας διαφορετικές εργασίες.

Το κύτταρο λειτουργεί με βάση τις εντολές που δίνονται από τον πυρήνα, που βρίσκεται συνήθως στο κέντρο του. Αυτό σημαίνει ότι όλα τα άλλα σωματίδια εκτελούν εντολές που δίνονται από τον πυρήνα. Όμως αυτό συμβαίνει και στο εργοστάσιο όπου οι εργάτες παίρνουν εντολές από τη διεύθυνση. Για παράδειγμα τα ριβοσώματα, που είναι κολλημένα σε συγκεκριμένες περιοχές του κυττάρου, παράγουν, με εντολή που δίνεται από τον πυρήνα, τις πρωτεΐνες που είναι ουσίες που συμβάλλουν στη διατήρηση της υγείας του σώματος. Θα μπορούσε κανείς να πει ότι τα ριβοσώματα μοιάζουν με τους χειριστές των μηχανών παραγωγής προϊόντων στο εργοστάσιο.

Άλλα σωματίδια σχηματίζουν χώρους που μοιάζουν με σάκους και χρησιμεύουν στην αποθήκευση ουσιών που θα χρησιμοποιηθούν αργότερα από το ίδιο το κύτταρο. Αυτά ονομάζονται συσκευές Golgi. Μα αυτό συμβαίνει και στο εργοστάσιο, όπου υπάρχουν υπεύθυνοι για τη συσκευασία κι αποθήκευση των προϊόντων.

Για να δουλέψει όμως οποιοδήποτε κύτταρο πρέπει να έχει ενέργεια. Υπάρχουν κάποια σωματίδια, τα μιτοχόνδρια, που είναι υπεύθυνα για το σκοπό αυτό. Τα μιτοχόνδρια είναι πολύ μικρά και βρίσκονται σε μεγάλους αριθμούς στα κύτταρα. Μετατρέπουν ενέργεια από τη βρεφική ηλικία μέχρι το θάνατο. Παρόμοια, στο εργοστάσιο υπάρχουν υπεύθυνοι που φροντίζουν να τροφοδοτούνται οι μηχανές με ηλεκτρική ενέργεια.

Το κύτταρο είναι κλειστό γύρω γύρω με μια μεμβράνη που έχει πολλά ανοίγματα για να μπορεί να επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον. Η μεμβράνη αυτή είναι πολύ εκλεκτική, διότι κάποιες ουσίες αφήνονται να περνούν μέσα από αυτή, ενώ κάποιες άλλες όχι. Έτσι, από τη μια άχρηστες ουσίες αποβάλλονται στο περιβάλλον κι από την άλλη χρήσιμες ουσίες περνούν στον εσωτερικό χώρο του κυττάρου. Θα μπορούσε να πει κανείς ότι κάτι παρόμοιο συμβαίνει και στο εργοστάσιο, αφού γύρω του υπάρχουν προστατευτικοί τοίχοι, αλλά και πόρτες για να επικοινωνεί ο εσωτερικός χώρος με τον εξωτερικό. Μέσα από αυτές τις πόρτες περνούν μόνο όσοι έχουν ειδική άδεια από τη διεύθυνση.

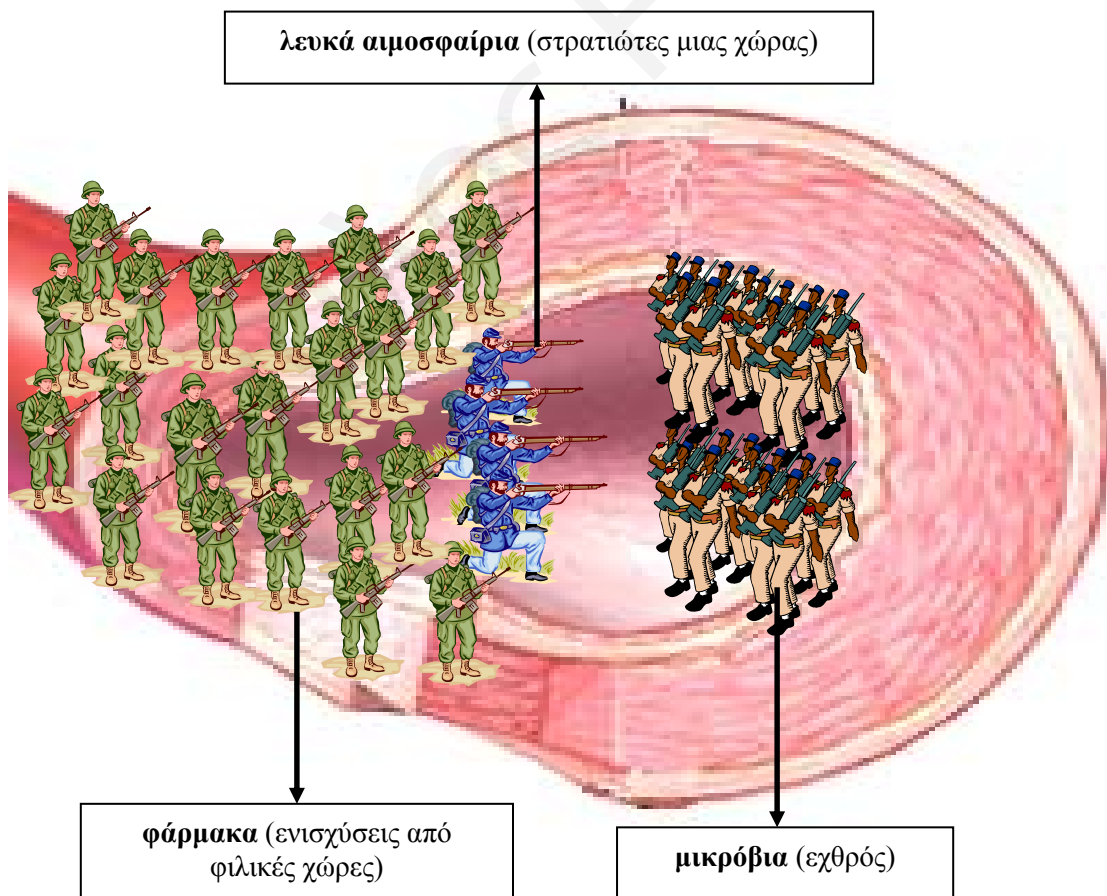
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ

**Κείμενα επιστημονικών εννοιών με διπλές αναλογίες (λεκτικές και σχηματικές)**

## ΔΙΑΒΑΣΕ ΠΡΟΣΕΚΤΙΚΑ ΤΟ ΠΙΟ ΚΑΤΩ ΚΕΙΜΕΝΟ

### (α) Χρησιμότητα των λευκών αιμοσφαιρίων

Το αίμα μας αποτελείται από διάφορα συστατικά, όπως τα ερυθρά αιμοσφαίρια, τα λευκά αιμοσφαίρια, τα αιμοπετάλια και το πλάσμα. Το κάθε συστατικό έχει συγκεκριμένη λειτουργία. Για παράδειγμα, ο οργανισμός μας χρησιμοποιεί τα λευκά αιμοσφαίρια για να καταπολεμήσει κάθε μόλυνση που δημιουργείται από την εισβολή μικροβίων στο σώμα μας. Όπως ακριβώς μια χώρα χρησιμοποιεί τους στρατιώτες της για να αντιμετωπίζουν τους εχθρούς που κάνουν εισβολή. Τα λευκά αιμοσφαίρια μπορούν να καταστρέψουν τα μικρόβια που μπαίνουν στον οργανισμό μας, όπως οι στρατιώτες νικούν τους εχθρούς μιας χώρας. Όταν όμως τα μικρόβια είναι πολύ ανθεκτικά (δηλαδή αντέχουν πολύ) και επικίνδυνα, τότε ο γιατρός μάς δίνει φάρμακα που βοηθούν τα λευκά αιμοσφαίρια στην καταπολέμηση των μολύνσεων. Έτσι, για παράδειγμα ο οργανισμός καταφέρνει να αναρρώσει (να γίνει καλά) από την πνευμονία, μια ασθένεια που μπορεί να οδηγήσει και στο θάνατο, χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα φάρμακα. Το ίδιο συμβαίνει και στον πόλεμο! Αν ο εχθρός είναι πολύ δυνατός, η μόνη λύση για να μπορέσει μια χώρα να νικήσει τη μάχη είναι να καλέσει ενισχύσεις από άλλες φιλικές χώρες. Τα λευκά αιμοσφαίρια συνεχίζουν να επιτίθενται στα μικρόβια μέχρι να τα καταστρέψουν, όπως οι στρατιώτες μιας χώρας συνεχίζουν να πολεμούν μέχρι ο εχθρός να χάσει τις δυνάμεις του. Όταν γίνει αυτό, η μόλυνση υποχωρεί, όπως υποχωρεί ο εχθρός όταν χάσει στη μάχη.



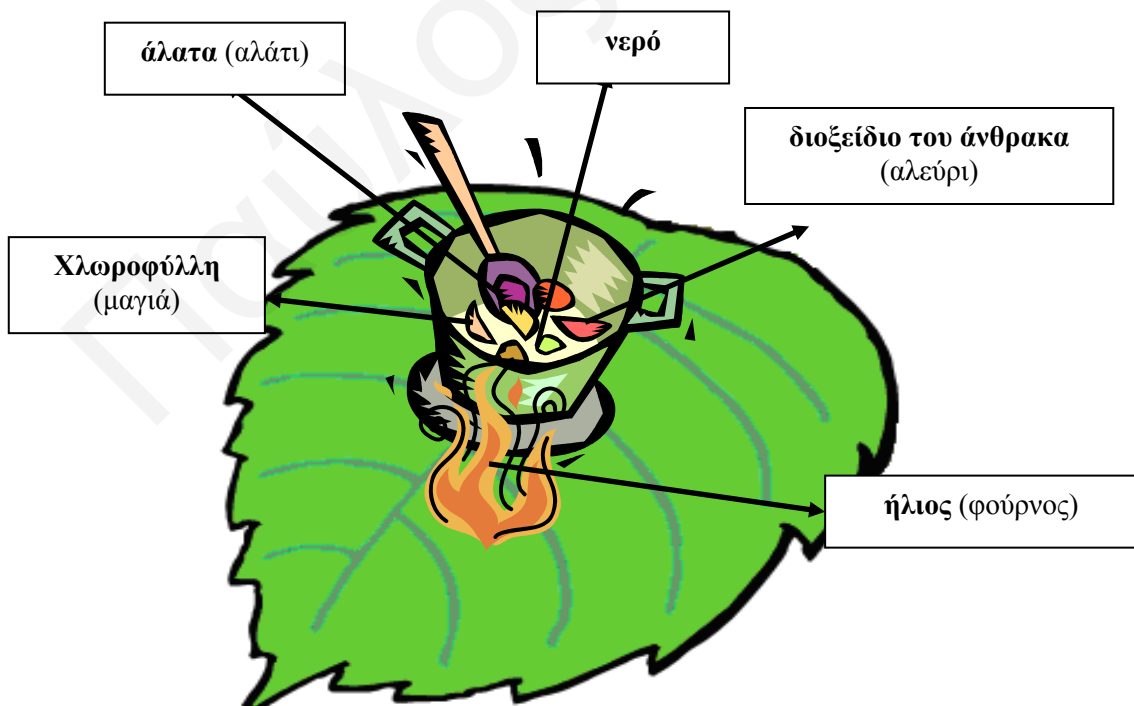
## ΔΙΑΒΑΣΕ ΠΡΟΣΕΚΤΙΚΑ ΤΟ ΠΙΟ ΚΑΤΩ ΚΕΙΜΕΝΟ

## (β) Διαδικασία της φωτοσύνθεσης

Η φωτοσύνθεση είναι η διαδικασία με την οποία το φυτό παράγει την τροφή του, που ονομάζεται άμυλο. Η φωτοσύνθεση είναι μια διαδικασία που γίνεται μόνο στα φυτά! Κανένας άλλος οργανισμός στον πλανήτη μας δεν μπορεί να συνθέσει (δημιουργήσει) την τροφή του μόνος του.

Το άμυλο είναι πολύτιμο διότι αποτελεί τη βάση της τροφής όλων των οργανισμών στη γη! Στη διαδικασία παραγωγής του αμύλου συμμετέχουν πολλοί παράγοντες, όπως συμβαίνει και στην παραγωγή ενός ψωμιού. Νερό και άλατα, που περνούν μέσα από τις ρίζες, και διοξείδιο του άνθρακα, που περνά μέσα από τα πράσινα μέρη του (π.χ., τα φύλλα), αποτελούν συστατικά της παραγωγής της τροφής του φυτού, που είναι το άμυλο. Κάτι παρόμοιο συμβαίνει και στην παραγωγή του ψωμιού: ανακατεύουμε νερό, αλάτι, αυγά, γάλα κι αλεύρι για να φτιάξουμε ζυμάρι. Δεν είναι όμως μόνο το νερό, τα άλατα και το διοξείδιο του άνθρακα που συμμετέχουν στην παραγωγή του αμύλου. Στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης βοηθά και η χλωροφύλλη, που είναι χρωστική ουσία των πράσινων φυτών (σε αυτή οφείλεται το πράσινο χρώμα τους). Αντίστοιχα, στην παραγωγή του ψωμιού, πρέπει να βάλουμε μέσα στο ζυμάρι που φτιάξαμε μαγιά, για να δέσει και να φουσκώσει καλύτερα. Ένας άλλος παράγοντας που είναι απαραίτητος στην παραγωγή αμύλου είναι ο ήλιος. Αυτό σημαίνει ότι τα φυτά μπορούν να φωτοσυνθέτουν μόνο την ημέρα που είναι παρών ο ήλιος. Και στην περίπτωση του ψωμιού, για να ολοκληρωθεί η διαδικασία, πρέπει να ψήσουμε το ζυμάρι στο φούρνο.

Το αποτέλεσμα της φωτοσύνθεσης δεν είναι μόνο το άμυλο. Κατά τη διαδικασία αυτή παράγεται και οξυγόνο που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα και είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας. Κάτι παρόμοιο συμβαίνει και κατά το ψήσιμο του ψωμιού, όπου απελευθερώνεται στον αέρα η ωραία μυρωδιά του. Το άμυλο που θα παραχθεί θα προχωρήσει σε όλα τα μέρη του φυτού για να μπορέσει το φυτό να πάρει θρεπτικές ουσίες και να αναπτυχθεί φυσιολογικά.



**ΔΙΑΒΑΣΕ ΠΡΟΣΕΚΤΙΚΑ ΤΟ ΠΙΟ ΚΑΤΩ ΚΕΙΜΕΝΟ**

### (γ) Δομή και λειτουργία του κυττάρου

Όλοι οι ζωικοί και φυτικοί οργανισμοί αποτελούνται από κύτταρα. Πολλά κύτταρα που κάνουν την ίδια λειτουργία φτιάχνουν τους ιστούς και πολλοί όμοιοι ιστοί φτιάχνουν τα όργανα.

Αν παρατηρήσει κάποιος ένα κύτταρο με ένα μικροσκόπιο, μπορεί να διακρίνει τα διάφορα μέρη του. Κάθε μέρος του κυττάρου εκτελεί μια διαφορετική εργασία. Κάτι παρόμοιο συμβαίνει και σε ένα εργοστάσιο. Διαφορετικοί άνθρωποι δουλεύουν κάποιες μηχανές κάνοντας διαφορετικές εργασίες.

Το κύτταρο λειτουργεί με βάση τις εντολές που δίνονται από τον πυρήνα, που βρίσκεται συνήθως στο κέντρο του. Αυτό σημαίνει ότι όλα τα άλλα σωματίδια εκτελούν εντολές που δίνονται από τον πυρήνα. Όμως αυτό συμβαίνει και στο εργοστάσιο όπου οι εργάτες παίρνουν εντολές από τη διεύθυνση. Για παράδειγμα τα ριβοσώματα, που είναι κολλημένα σε συγκεκριμένες περιοχές του κυττάρου, παράγουν, με εντολή που δίνεται από τον πυρήνα, τις πρωτεΐνες που είναι ουσίες που συμβάλλουν στη διατήρηση της υγείας του σώματος. Θα μπορούσε κανείς να πει ότι τα ριβοσώματα μοιάζουν με τους χειριστές των μηχανών παραγωγής προϊόντων στο εργοστάσιο.

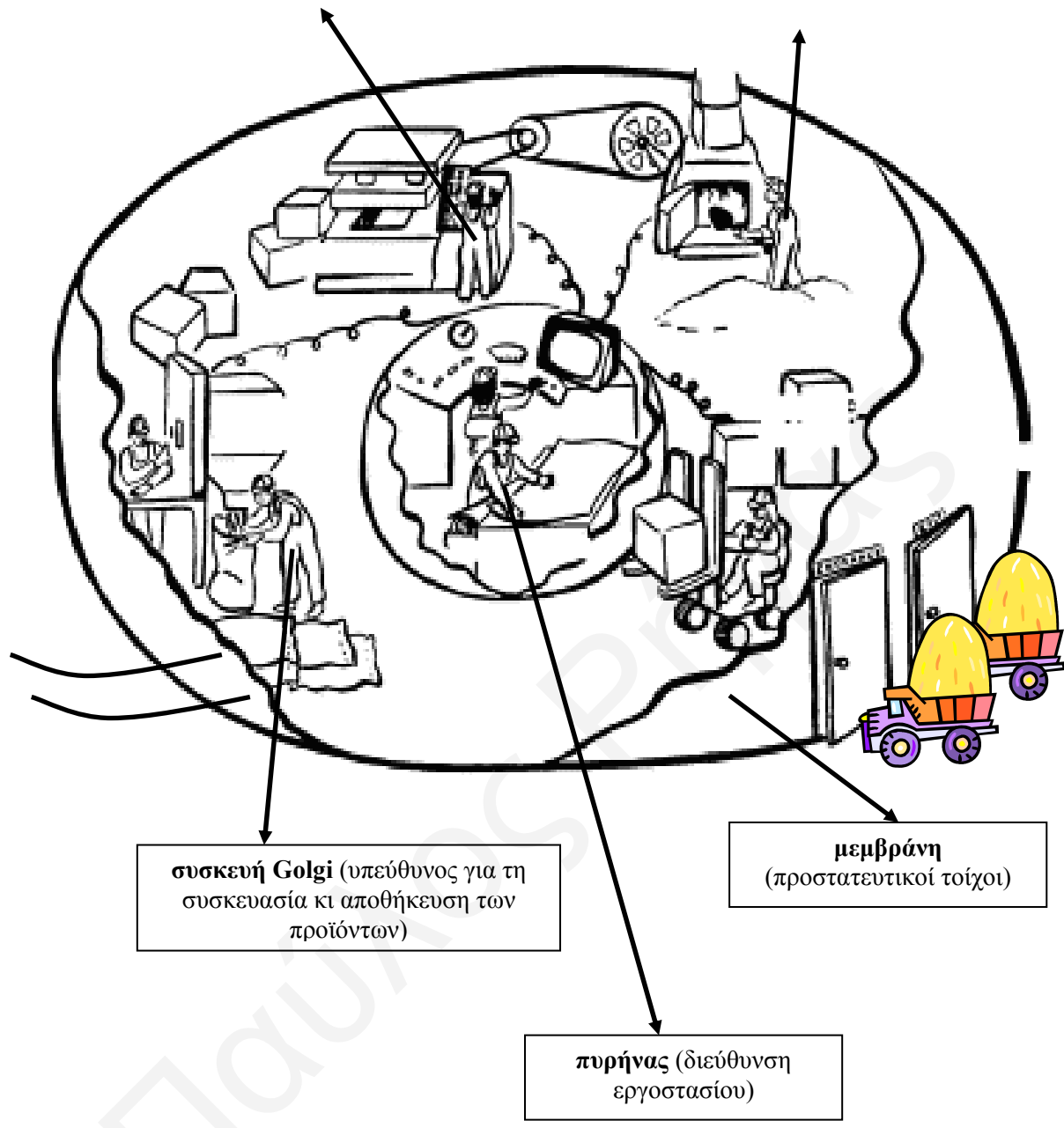
Άλλα σωματίδια σχηματίζουν χώρους που μοιάζουν με σάκους και χρησιμεύουν στην αποθήκευση ουσιών που θα χρησιμοποιηθούν αργότερα από το ίδιο το κύτταρο. Αυτά ονομάζονται συσκευές Golgi. Μα αυτό συμβαίνει και στο εργοστάσιο, όπου υπάρχουν υπεύθυνοι για τη συσκευασία κι αποθήκευση των προϊόντων.

Για να δουλέψει όμως οποιοδήποτε κύτταρο πρέπει να έχει ενέργεια. Υπάρχουν κάποια σωματίδια, τα μιτοχόνδρια, που είναι υπεύθυνα για το σκοπό αυτό. Τα μιτοχόνδρια είναι πολύ μικρά και βρίσκονται σε μεγάλους αριθμούς στα κύτταρα. Μετατρέπουν ενέργεια από τη βρεφική ηλικία μέχρι το θάνατο. Παρόμοια, στο εργοστάσιο υπάρχουν υπεύθυνοι που φροντίζουν να τροφοδοτούνται οι μηχανές με ηλεκτρική ενέργεια.

Το κύτταρο είναι κλειστό γύρω γύρω με μια μεμβράνη που έχει πολλά ανοίγματα για να μπορεί να επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον. Η μεμβράνη αυτή είναι πολύ εκλεκτική, διότι κάποιες ουσίες αφήνονται να περνούν μέσα από αυτή, ενώ κάποιες άλλες όχι. Έτσι, από τη μια άχρηστες ουσίες αποβάλλονται στο περιβάλλον κι από την άλλη χρήσιμες ουσίες περνούν στον εσωτερικό χώρο του κυττάρου. Θα μπορούσε να πει κανείς ότι κάτι παρόμοιο συμβαίνει και στο εργοστάσιο, αφού γύρω του υπάρχουν προστατευτικοί τοίχοι, αλλά και πόρτες για να επικοινωνεί ο εσωτερικός χώρος με τον εξωτερικό. Μέσα από αυτές τις πόρτες περνούν μόνο όσοι έχουν ειδική άδεια από τη διεύθυνση.

**ριβόσωμα** (χειριστής μηχανών παραγωγής προϊόντων)

**μιτοχόνδριο** (υπεύθυνος τροφοδότησης μηχανών με ηλεκτρική ενέργεια)



## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ**

**Δοκίμιο για τα κείμενα**



## Ερωτήσεις μνήμης για τη χρησιμότητα των λευκών αιμοσφαιρίων

*Υπογράμμισε τη σωστή απάντηση.*

1. Ποιο από τα ακόλουθα ΔΕΝ είναι συστατικό του αίματος;
  - (α) Λευκά αιμοσφαίρια
  - (β) Ερυθρά αιμοσφαίρια
  - (γ) Χλωροφύλλη
  - (δ) Αιμοπετάλια
  
2. Πώς προκαλούνται οι μολύνσεις στον οργανισμό;
  - (α) Με την αύξηση των λευκών αιμοσφαιρίων.
  - (β) Με την εισβολή μικροβίων.
  - (γ) Με τα φάρμακα.
  - (δ) Με τη βοήθεια του γιατρού.
  
3. Πώς καταπολεμά ο οργανισμός τις μολύνσεις;
  - (α) Με τα λευκά αιμοσφαίρια.
  - (β) Με τα ερυθρά αιμοσφαίρια.
  - (γ) Με τα φάρμακα.
  - (δ) Με τα μικρόβια.
  
4. Τι συμβαίνει όταν τα λευκά αιμοσφαίρια καταστρέψουν τα μικρόβια;
  - (α) Ο οργανισμός αρρωσταίνει περισσότερο.
  - (β) Η μόλυνση υποχωρεί και ο οργανισμός αναρρώνει και λειτουργεί κανονικά.
  - (γ) Ο οργανισμός πεθαίνει.
  - (δ) Η μόλυνση συνεχίζει να υπάρχει.

## Συμπερασματικές ερωτήσεις για τη χρησιμότητα των λευκών αιμοσφαιρίων

*Απάντησε τις πιο κάτω ερωτήσεις.*

1. Τι θα συνέβαινε, αν ο οργανισμός είχε λιγότερη από την κανονική ποσότητα λευκών αιμοσφαιρίων στο αίμα;

.....

.....

.....

.....

.....

2. Τι θα συνέβαινε, αν βρισκόσουν σε ένα απομονωμένο νησί, όπου δεν υπάρχουν φαρμακεία, κι εισέβαλλε στον οργανισμό σου ένα πολύ ανθεκτικό, επικίνδυνο και θανατηφόρο μικρόβιο;

.....

.....

.....

.....

.....

### Ερωτήσεις μνήμης για τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης

*Υπογράμμισε τη σωστή απάντηση.*

1. Τι παράγει το φυτό με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης;
- (α) Άμυλο
  - (β) Οξυγόνο
  - (γ) Άμυλο και οξυγόνο
  - (δ) Χλωροφύλλη
2. Ποιος από τους πιο κάτω παράγοντες ΔΕ λαμβάνει μέρος στη διαδικασία παραγωγής του αμύλου;
- (α) Νερό
  - (β) Χλωροφύλλη
  - (γ) Ήλιος
  - (δ) Οξυγόνο
3. Η διαδικασία της φωτοσύνθεσης
- (α) γίνεται όλο το εικοσιτετράωρο.
  - (β) γίνεται μόνο τη ημέρα.
  - (γ) γίνεται μόνο τη νύχτα.
  - (δ) γίνεται μια φορά την εβδομάδα.
4. Η διαδικασία της φωτοσύνθεσης γίνεται
- (α) σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς.
  - (β) μόνο στα ζώα.
  - (γ) μόνο στα φυτά.
  - (δ) μόνο σε κάποιους μικροοργανισμούς.

## Συμπερασματικές ερωτήσεις για διαδικασία της φωτοσύνθεσης

*Απάντησε τις πιο κάτω ερωτήσεις.*

1. Τι θα συνέβαινε στα φυτά, αν για κάποιο λόγο ο ήλιος εξαφανιζόταν;

.....

.....

.....

.....

.....

2. Γιατί οι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι τα φυτά είναι τόσο απαραίτητα στη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας;

.....

.....

.....

.....

.....

## Ερωτήσεις μνήμης για τη δομή και λειτουργία του κυττάρου

*Υπογράμμισε τη σωστή απάντηση.*

1. Ποιο μέρος του κυττάρου δίνει εντολές στα άλλα σωματίδια;

- (α) Το μιτοχόνδριο
- (β) Ο πυρήνας
- (γ) Η συσκευή Golgi
- (δ) Το ριβόσωμα

2. Ποιο μέρος του κυττάρου αφήνει να περνούν από μέσα του ουσίες;

- (α) Η μεμβράνη
- (β) Ο πυρήνας
- (γ) Η συσκευή Golgi
- (δ) Το ριβόσωμα

3. Ποιο μέρος του κυττάρου βοηθά στην αποθήκευση χρήσιμων ουσιών;

- (α) Το μιτοχόνδριο
- (β) Ο πυρήνας
- (γ) Η συσκευή Golgi
- (δ) Το ριβόσωμα

4. Ποιο μέρος του κυττάρου παράγει τις πρωτεΐνες;

- (α) Η μεμβράνη
- (β) Ο πυρήνας
- (γ) Η συσκευή Golgi
- (δ) Το ριβόσωμα

**Συμπερασματικές ερωτήσεις για τη δομή και λειτουργία του κυττάρου**

*Απάντησε τις πιο κάτω ερωτήσεις.*

1. Ποιο από τα σωματίδια του κυττάρου είναι το πιο σημαντικό και γιατί;

.....

.....

.....

.....

.....

2. Τι θα συνέβαινε, αν σταματούσαν να δουλεύουν τα μιτοχόνδρια, τα σωματίδια που είναι υπεύθυνα για τη μετατροπή ενέργειας στο κύτταρο;

.....

.....

.....

.....

.....

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Η**

Παύλος Ρήγας

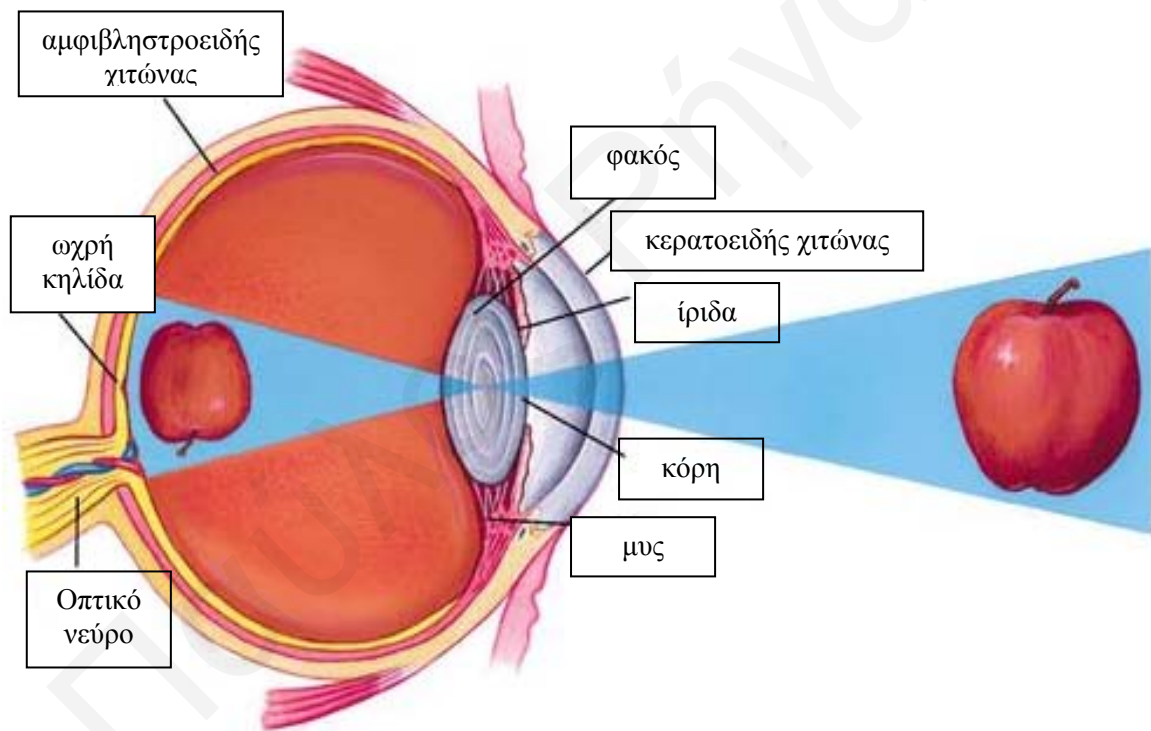
## Ερώτηση για την παραγωγή αναλογίας

Οι αναλογίες χρησιμοποιούνται συχνά στο μάθημα της επιστήμης. Ένα παράδειγμα αναλογίας είναι το εξής:

**Το σύννεφο μοιάζει με το σφουγγάρι. Το σύννεφο αποτελείται από υδρατμούς. Όταν βρεθεί σε συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας, τότε οι υδρατμοί υγροποιούνται και πέφτουν στη γη. Κάτι παρόμοιο συμβαίνει και όταν σφίξουμε το σφουγγάρι. Το νερό που είναι εγκλωβισμένο μέσα του απελευθερώνεται και πέφτει προς τα κάτω.**

Έχοντας υπόψη σου την προηγούμενη αναλογία, μελέτησε το σχεδιάγραμμα αλλά και το κείμενο που ακολουθούν. Στη συνέχεια προσπάθησε να απαντήσεις τις ερωτήσεις που ακολουθούν.

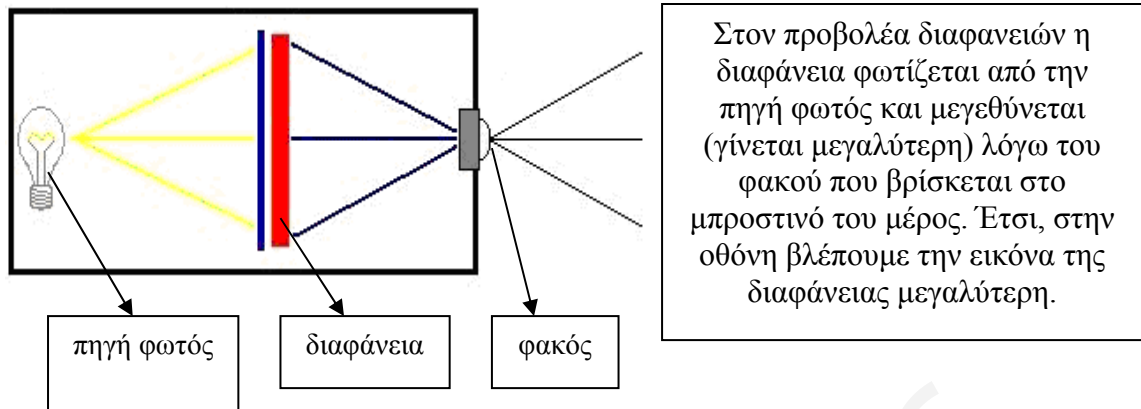
Το μάτι είναι το όργανο της όρασης. Τα βασικά μέρη του ματιού φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί.



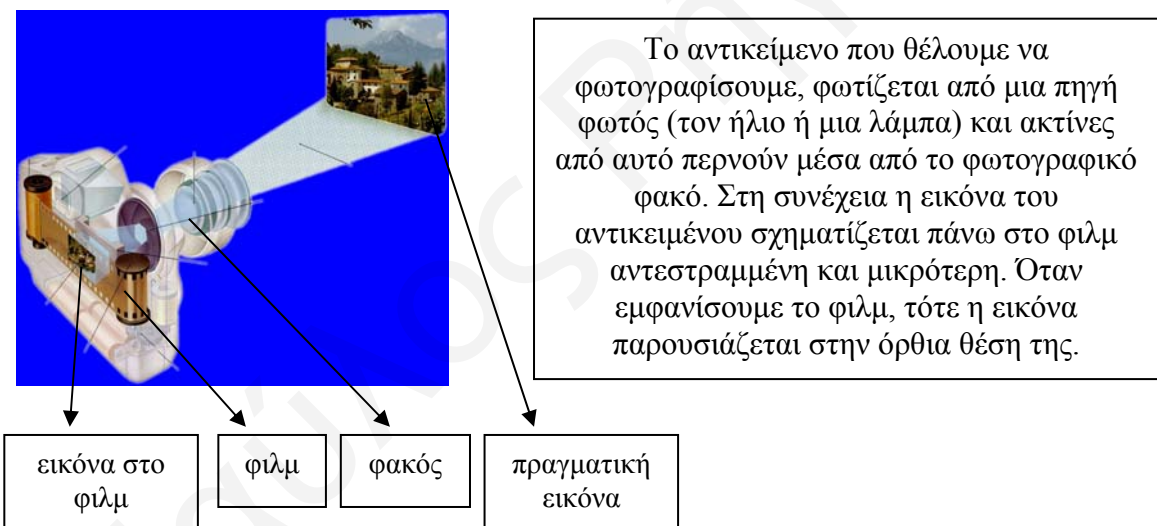
Όταν θέλουμε να δούμε ένα μήλο, τότε ακτίνες από το μήλο (το οποίο φωτίζεται από αλλού, για παράδειγμα από μια λάμπα ή τον ήλιο) κατευθύνονται προς το μάτι μας. Οι ακτίνες αυτές περνούν μέσα από την κόρη του ματιού μας και καταλήγουν στον αμφιβληστροειδή χιτώνα (πάνω στην ωχρή κηλίδα). Η εικόνα του μήλου σχηματίζεται αντεστραμμένη και μικρότερη. Για να αντιληφθούμε την εικόνα που βλέπουμε, πρέπει η εικόνα που σχηματίστηκε στον αμφιβληστροειδή χιτώνα να μεταφερθεί με το οπτικό νεύρο στον εγκέφαλο. Εκεί η εικόνα του μήλου παίρνει τις κανονικές της διαστάσεις και την όρθια στάση της.

Μελέτησε προσεκτικά τις ακόλουθες συσκευές.

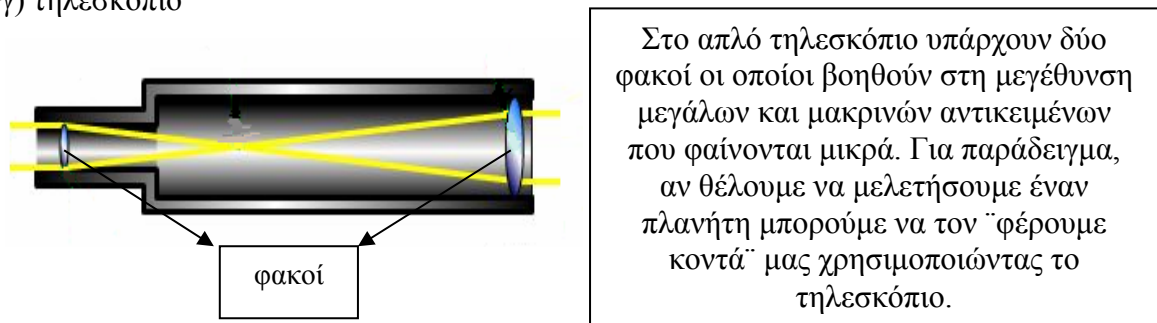
(α) προβολέα διαφανειών



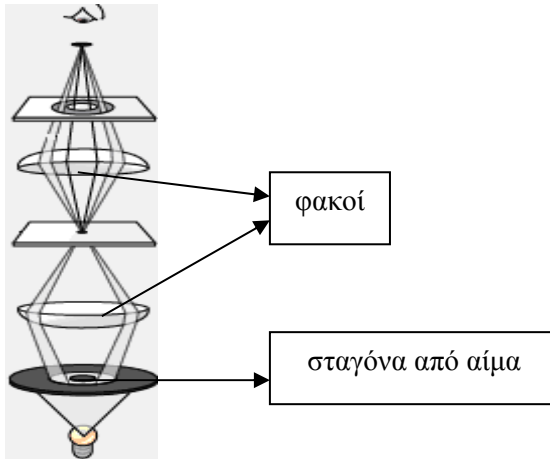
(β) φωτογραφική μηχανή



(γ) τηλεσκόπιο



(δ) μικροσκόπιο



Στο συνηθισμένο μικροσκόπιο υπάρχουν δύο φακοί οι οποίοι βοηθούν στη μεγέθυνση μικρών αντικειμένων. Για παράδειγμα, αν θέλουμε να μελετήσουμε από τι αποτελείται μια σταγόνα από αίμα, τότε την τοποθετούμε κάτω από το μικροσκόπιο το οποίο την μεγεθύνει.

**Απάντησε τις ακόλουθες ερωτήσεις.**

1. Ποιας από τις ακόλουθες συσκευές πιστεύεις ότι η λειτουργία της μπορεί να είναι η κατάλληλη αναλογία για τη λειτουργία του ματιού;  
(α) προβολέας διαφανειών  
(β) φωτογραφική μηχανή  
(γ) τηλεσκόπιο  
(δ) μικροσκόπιο

2. Να δικαιολογήσεις γιατί επέλεξες τη συγκεκριμένη συσκευή.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Θ**

Παύλος Ρήγας

## Ρήτρες για τις απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις ανοικτού τύπου

**Κείμενο:** Λευκά αιμοσφαίρια

**Ερώτηση:** Τι θα συνέβαινε αν ο οργανισμός είχε λιγότερη από την κανονική ποσότητα λευκών αιμοσφαιρίων στο αίμα;

<b>A.A.</b>	<b>Απάντηση</b>	<b>Βαθμ.</b>
1.	Τα μικρόβια δε θα μπορούσαν να καταπολεμηθούν διότι τα λευκά αιμοσφαίρια θα ήταν λίγα.	<b>0,5</b>
2.	Τα μικρόβια θα γίνονταν πολλά και ο οργανισμός μας δε θα είχε προστασία.	
3.	Θα αρρωστήσουμε και θα πρέπει να πάμε στο γιατρό.	
4.	Θα εισέρχονταν περισσότερα μικρόβια στον οργανισμό μας.	
5.	Αν ο οργανισμός είχε λιγότερη από την κανονική ποσότητα λευκών αιμοσφαιρίων στο αίμα θα πέθαινε.	
6.	Τα μικρόβια θα προκαλούσαν μεγάλη μόλυνση.	<b>1</b>
7.	Τα λευκά αιμοσφαίρια δε θα μπορούσαν να καταπολεμήσουν τα μικρόβια και θα αρρωστούσαμε πιο εύκολα ή θα παθαίναμε μολύνσεις.	
8.	Ο οργανισμός δε θα κατάφερνε να αναρρώσει και ίσως η αρρώστια οδηγούσε στο θάνατο.	
9.	Ο οργανισμός θα ήταν πιο αδύνατος, έτσι η μόλυνση θα επιδειωνόταν και θα ήταν δυσκολότερο να αναρρώσει ο οργανισμός. Γι' αυτό θα χρειαζόταν μεγαλύτερη ποσότητα φαρμάκων για να αναρρώσει ο οργανισμός.	<b>1,5</b>
10.	Τα μικρόβια θα αυξάνονταν γρήγορα. Τα λευκά αιμοσφαίρια λόγω του ότι θα ήταν λίγα δε θα μπορούσαν να πολεμήσουν τα μικρόβια κι έτσι θα αρρώσταινε εύκολα ο οργανισμός.	
11.	Τα μικρόβια θα εισέρχονταν πιο εύκολα στον οργανισμό μας και θα παθαίναμε μεγάλη ζημιά. Ίσως και να πεθαίναμε διότι δε θα υπήρχαν τα λευκά αιμοσφαίρια που καταπολεμούν τα μικρόβια.	<b>2</b>
12.	Τα λευκά αιμοσφαίρια δε θα μπορούσαν να νικήσουν τα μικρόβια κι έτσι ο οργανισμός θα αρρωστούσε εύκολα. Αν δεν κατάφερνε ο οργανισμός να νικήσει τα μικρόβια, τότε μπορεί και να πέθαινε.	

**Ερώτηση:** Τι θα συνέβαινε αν βρισκόσουν σε ένα απομονωμένο νησί, όπου δεν υπάρχουν φαρμακεία, κι εισέβαλλε στον οργανισμό σου ένα πολύ ανθεκτικό, επικίνδυνο και θανατηφόρο μικρόβιο;

<b>Α.Α.</b>	<b>Απάντηση</b>	<b>Βαθμ.</b>
1.	Αν βρισκόμουν σε ένα απομονωμένο νησί που δεν υπάρχουν φαρμακεία και εισέβαλλε στον οργανισμό μου ένα ανθεκτικό, επικίνδυνο και θανατηφόρο μικρόβιο, τότε θα αρρώσταινα.	<b>0,5</b>
2.	Θα πέθαινα.	
3.	Θα προσπαθούσα να φτιάξω φάρμακα από τη φύση.	
4.	Θα πάθαινα μόλυνση και θα πέθαινα.	<b>1</b>
5.	Θα πέθαινα διότι τα λευκά αιμοσφαίρια δεν είναι τόσο δυνατά για να σκοτώσουν ένα δυνατό μικρόβιο.	
6.	Θα πέθαινα διότι δε θα είχα την κατάλληλη φροντίδα ή τα φάρμακα για να αντιμετωπίσω τη μόλυνση.	<b>1,5</b>
7.	Τα λευκά αιμοσφαίρια θα προσπαθούσαν να νικήσουν το μικρόβιο, αλλά δε θα τα κατάφερναν επειδή το μικρόβιο ήταν ανθεκτικό και θανατηφόρο. Έτσι, χωρίς τη βοήθεια του γιατρού και των φαρμάκων, θα πέθαινα.	
8.	Τα λευκά αιμοσφαίρια θα προσπαθούσαν να καταπολεμήσουν τα μικρόβια, αλλά σιγά σιγά θα εξασθενούσαν. Έτσι, ο οργανισμός θα πέθαινε. Γι' αυτό θα ήταν καλό να γνώριζα τρόπους για να δημιουργήσω φάρμακα από τη φύση.	<b>2</b>
9.	Τα λευκά αιμοσφαίρια θα προσπαθούσαν να νικήσουν το μικρόβιο, αλλά δε θα τα κατάφερναν επειδή το μικρόβιο ήταν ανθεκτικό και θανατηφόρο. Έτσι, χωρίς τη βοήθεια του γιατρού και των φαρμάκων, αρχικά θα αρρώσταινα βαριά και στη συνέχεια θα πέθαινα, διότι ο οργανισμός μου θα εξασθενούσε τόσο πολύ που τα λευκά αιμοσφαίρια δε θα μπορούσαν να νικήσουν το μικρόβιο.	

**Κείμενο:** Φωτοσύνθεση

**Ερώτηση:** Τι θα συνέβαινε στα φυτά, αν για κάποιο λόγο ο ήλιος εξαφανιζόταν;

<b>Α.Α.</b>	<b>Απάντηση</b>	<b>Βαθμ.</b>
1.	Αν ο ήλιος εξαφανιζόταν τα φυτά θα καταστρέφονταν.	<b>0,5</b>
2.	Το φυτό δε θα μπορούσε να παράγει το άμυλο.	
3.	Τα φυτά θα μαραίνονταν και θα πέθαιναν.	
4.	Τα φυτά δε θα έφτιαχναν οξυγόνο.	
5.	Θα μαραίνονταν διότι δε θα μπορούσαν να φτιάξουν την τροφή τους (άμυλο).	<b>1</b>
6.	Θα μαραίνονταν και δε θα μας έδιναν οξυγόνο.	
7.	Δε θα γινόταν η διαδικασία της φωτοσύνθεσης.	
8.	Τα φυτά δε θα μεγάλωναν διότι δε θα υπήρχε ο ήλιος.	
9.	Τα φυτά θα μαραίνονταν και δε θα μας έδιναν οξυγόνο.	
10.	Τα φυτά θα μαραίνονταν κι έτσι θα πέθαιναν όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί.	
11.	Τα φυτά θα εξαφανίζονταν διότι ο ήλιος τους δίνει ενέργεια.	<b>1,5</b>
12.	Αν ο ήλιος εξαφανιζόταν, το άμυλο δε θα παραγόταν γιατί ο ήλιος είναι ένας από τους παράγοντες που συμμετέχουν στη φωτοσύνθεση. Έτσι, τα φυτά θα μαραίνονταν και θα εξαφανίζονταν.	
13.	Δε θα μπορούσαν να κάνουν τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης και άρα δε θα μπορούσαν να φτιάξουν το άμυλο. Έτσι, τα φυτά δε θα αναπτύσσονταν φυσιολογικά και θα πέθαιναν.	
14.	Δε θα μπορούσαν να κάνουν τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης και άρα δε θα μπορούσαν να φτιάξουν το οξυγόνο για να το προσφέρουν σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς.	
15.	Δε θα έκαναν τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, θα ξεραίνονταν και δε θα παίρναμε το οξυγόνο.	
16.	Τα φυτά δε θα μπορούσαν να κάνουν τη φωτοσύνθεση, επειδή ένα σημαντικός παράγοντάς της (ο ήλιος) θα απουσίαζε. Άρα, δε θα μπορούσαν να φτιάξουν το φαγητό τους (άμυλο) και θα μαραίνονταν. Αυτό θα οδηγούσε στην εξαφάνιση των φυτών και άρα όλων των ζωντανών οργανισμών.	<b>2</b>

**Ερώτηση:** Γιατί οι επιστήμονες υποστηρίζουν ότι τα φυτά είναι τόσο απαραίτητα στη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας;

<b>A.A.</b>	<b>Απάντηση</b>	<b>Βαθμ.</b>
1.	Μας προσφέρουν οξυγόνο.	<b>0,5</b>
2.	Μας προσφέρουν άμυλο.	
3.	Αποτελούν μέρος της διατροφικής αλυσίδας.	
4.	Γιατί ο ήλιος είναι απαραίτητος για όλους τους ζωντανούς οργανισμούς.	
5.	Επειδή με τη φωτοσύνθεση τα φυτά παράγουν το άμυλο που είναι απαραίτητο για όλους τους ζωντανούς οργανισμούς.	<b>1</b>
6.	Επειδή τα φυτά με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης δημιουργούν οξυγόνο το οποίο απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Άρα, χωρίς τα φυτά δεν υπάρχει οξυγόνο και χωρίς οξυγόνο οι άνθρωποι πεθαίνουν.	
7.	Επειδή χωρίς τον ήλιο δε θα γινόταν η διαδικασία της φωτοσύνθεσης	
8.	Δύο από τις απαντήσεις 1,2,3.	<b>1,5</b>
9.	Επειδή τα φυτά με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης παράγουν άμυλο και οξυγόνο που είναι απαραίτητα στοιχεία για όλους τους ζωντανούς οργανισμούς.	
10.	Τα φυτά με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης παράγουν άμυλο και οξυγόνο. Το άμυλο είναι η βάση της διατροφικής αλυσίδας και το οξυγόνο είναι απαραίτητο για την αναπνοή. Άρα, τα φυτά είναι απαραίτητα διότι χωρίς αυτά δε θα υπήρχε τροφή και οξυγόνο και οι ζωντανοί οργανισμοί θα πέθαιναν.	<b>2</b>

**Κείμενο:** Κύτταρο

**Ερώτηση:** Ποιο από τα σωματίδια του κυττάρου είναι το πιο σημαντικό και γιατί;

<b>Α.Α.</b>	<b>Απάντηση</b>	<b>Βαθμ.</b>
1.	Το πιο σημαντικό σωματίδιο του κυττάρου είναι ο πυρήνας.	<b>1</b>
2.	Το πιο σημαντικό σωματίδιο του κυττάρου είναι ο πυρήνας διότι δίνει εντολές στα άλλα σωματίδια.	<b>1,5</b>
3.	Το πιο σημαντικό σωματίδιο του κυττάρου είναι ο πυρήνας διότι δίνει εντολές στα υπόλοιπα μέρη του και έτσι ελέγχει τις λειτουργίες του κυττάρου.	<b>2</b>

**Ερώτηση:** Τι θα συνέβαινε αν σταματούσαν να δουλεύουν τα μιτοχόνδρια, τα σωματίδια που είναι υπεύθυνα για την παραγωγή ενέργειας στο κύτταρο;

<b>Α.Α.</b>	<b>Απάντηση</b>	<b>Βαθμ.</b>
1.	Το κύτταρο δε θα είχε ενέργεια.	<b>0,5</b>
	Ο οργανισμός δε θα είχε ενέργεια.	
2.	Θα πεθαίναμε.	<b>1</b>
3.	Ο άνθρωπος θα είχε σοβαρά προβλήματα υγείας.	
4.	Ο οργανισμός μας θα γινόταν πολύ αδύναμος.	
5.	Το κύτταρο δε θα δούλευε διότι δε θα είχε ενέργεια.	
6.	Το κύτταρο δε θα είχε ενέργεια και θα αχρηστευόταν.	<b>1,5</b>
7.	Τα κύτταρα του οργανισμού δε θα λειτουργούσαν σωστά και θα πεθαίναμε.	
8.	Τα κύτταρα δε θα λειτουργούσαν σωστά και άρα δε θα λειτουργούσαν σωστά και όλα τα όργανα του σώματος.	
9.	Ο οργανισμός θα αρρωστούσε και θα πέθαινε.	
10.	Το κύτταρο θα πέθαινε και αν αυτό γινόταν σε όλα τα κύτταρα, τότε ο οργανισμός θα πέθαινε.	
11.	Τότε τα κύτταρα δε θα μπορούσαν να δουλεύουν σωστά ή καθόλου. Άρα, αν τα κύτταρα δεν μπορούν να δουλέψουν, τότε ο οργανισμός δε λειτουργεί σωστά και προκαλούνται προβλήματα υγείας. Αν το πρόβλημα συνεχιστεί, τότε ο οργανισμός μπορεί και να πεθάνει.	<b>2</b>

**Κείμενο:** Αναλογία του ματιού

**Ερώτηση:** Ποια από τις συσκευές που μελέτησες πιστεύεις ότι θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως κατάλληλα αναλογία για τη λειτουργία του ματιού; *Υπογράμμισε την απάντηση που θεωρείς ορθή.*

**Ορθή απάντηση:** (β) φωτογραφική μηχανή

Να δικαιολογήσεις την απάντησή σου.

<b>Α.Α.</b>	<b>Απάντηση</b>	<b>Βαθμ.</b>
1.	Γιατί και τα δύο λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο.	<b>0,5</b>
2.	Διότι όταν εμφανίσεις μια φωτογραφία τη βλέπεις κανονικά. Έτσι συμβαίνει και στο μάτι.	
3.	Η εικόνα που σχηματίζεται είναι αντεστραμμένη και μικρότερη. Το ίδιο συμβαίνει και στο μάτι.	
4.	Η εικόνα σχηματίζεται πάνω στο φιλμ. Στο μάτι η εικόνα σχηματίζεται πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα.	
5.	Οι ακτίνες από το αντικείμενο περνούν μέσα από την κόρη του ματιού. Στη φωτογραφική μηχανή περνούν μέσα από το φακό.	<b>1</b>
6.	Η φωτογραφική μηχανή παίρνει την εικόνα που έχει μπροστά της και την αποτυπώνει στο φιλμ ανάποδα. Έτσι αποτυπώνει την εικόνα και το μάτι στον αμφιβληστροειδή χιτώνα.	
7.	Η εικόνα στο φιλμ, όταν εμφανιστεί παίρνει τις κανονικές της διαστάσεις και είναι όρθια. Το ίδιο συμβαίνει και στο μάτι όπου η εικόνα μεταφέρεται με το οπτικό νεύρο στον εγκέφαλο και εκεί παίρνει τις φυσιολογικές της διαστάσεις.	<b>1,5</b>
8.	Η φωτογραφική μηχανή όπως και το μάτι χρειάζονται φως για να σχηματίσουν μια εικόνα. Ακόμη η εικόνα φαίνεται αντεστραμμένη στο φιλμ όπως γίνεται στον αμφιβληστροειδή χιτώνα.	
9.	Δύο από τις απαντήσεις 2,3,4.	<b>2</b>
10.	Η φωτογραφική μηχανή δουλεύει σαν το μάτι. Το μάτι όταν βλέπει το μήλο, ακτίνες από το μήλο, το οποίο φωτίζεται από τον ήλιο ή τη λάμπα, περνούν μέσα από την κόρη του ματιού. Το μήλο εμφανίζεται ανάποδα στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Η εικόνα μεταφέρεται στο οπτικό νεύρο και παίρνει το κανονικό της μέγεθος. Στη φωτογραφική μηχανή συμβαίνει το ίδιο.	
11.	Όταν θέλουμε να δούμε κάτι, η εικόνα του αντικειμένου εμφανίζεται μικρότερη και αντεστραμμένη στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Μετά μεταφέρεται με το οπτικό νεύρο στον εγκέφαλο και έτσι μπορούμε να δούμε αυτό που θέλουμε στις κανονικές του διαστάσεις και όρθιο. Έτσι γίνεται και με τη φωτογραφική μηχανή. Ακτίνες από το αντικείμενο περνούν από το φακό της φωτογραφικής και η εικόνα σχηματίζεται μικρότερη και αντεστραμμένη στο φιλμ. Όταν εμφανίσουμε το φιλμ, η εικόνα παρουσιάζεται όρθια και σε φυσιολογικές διαστάσεις.	<b>2,5</b>

Α.Α.	Απάντηση	Βαθμ.
12.	<p>Όταν θέλουμε να δούμε κάτι, ακτίνες από το αντικείμενο περνούν μέσα από την κόρη του ματιού μας και φτάνουν στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Εκεί η εικόνα του αντικειμένου εμφανίζεται μικρότερη και αντεστραμμένη. Μετά μεταφέρεται με το οπτικό νεύρο στον εγκέφαλο και έτσι μπορούμε να δούμε την εικόνα στις κανονικές της διαστάσεις και όρθια. Έτσι γίνεται και με τη φωτογραφική μηχανή. Ακτίνες από το αντικείμενο περνούν από το φακό της φωτογραφικής και η εικόνα σχηματίζεται μικρότερη και αντεστραμμένη στο φιλμ. Όταν εμφανίσουμε το φιλμ, η εικόνα παρουσιάζεται όρθια και σε φυσιολογικές διαστάσεις.</p>	3

Παύλος Πήγας