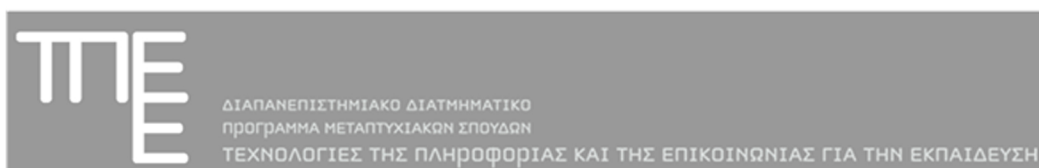


**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**  
ΤΜΗΜΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗ ΗΛΙΚΙΑ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΣΩΝ ΜΑΖΙΚΗΣ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗΣ

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
ΤΜΗΜΑ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



**Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής  
ΣΤ' Δημοτικού για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού**

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Ιωάννης Κούρτης, Α.Μ. 5490**



**Επιβλέπουσα:** Μαρία Ραγκούση  
Καθηγήτρια

**Αθήνα, Φεβρουάριος 2019**

## **Περιεχόμενα**

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Περίληψη.....                                                        | 5  |
| Abstract.....                                                        | 6  |
| Πρόλογος.....                                                        | 7  |
| <b>Κεφάλαιο 1</b> Μάθηση.....                                        | 9  |
| 1.1 Ορισμός .....                                                    | 9  |
| 1.2 Χαρακτηριστικά, προϋποθέσεις και κίνητρα μάθησης.....            | 14 |
| <b>Κεφάλαιο 2</b> Θεωρίες μάθησης.....                               | 15 |
| 2.1 Ποιες είναι οι βασικές θεωρίες μάθησης.....                      | 15 |
| 2.2 Συμπεριφορισμός.....                                             | 16 |
| 2.3 Εποικοδομητισμός.....                                            | 18 |
| 2.4 Κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες για τη μάθηση.....                 | 19 |
| 2.5 Διερευνητική ή Ανακαλυπτική μάθηση.....                          | 20 |
| 2.6 Συνεργατική μάθηση.....                                          | 23 |
| 2.7 Κονστρουξιονισμός.....                                           | 24 |
| <b>Κεφάλαιο 3</b> Τρισδιάστατη Μοντελοποίηση.....                    | 29 |
| 3.1 Τρισδιάστατη μοντελοποίηση και δημιουργία ψηφιακών μοντέλων..... | 29 |
| 3.1.1 Πολυγωνικός σχεδιασμός (Polygonal Modeling).....               | 30 |
| 3.1.2 Καμπυλωτός σχεδιασμός (NURBS).....                             | 32 |
| 3.1.3 Ψηφιακή γλυπτική (Digital Sculpting).....                      | 34 |
| 3.1.4 Τρισδιάστατη σάρωση (3D Scanning).....                         | 35 |
| 3.1.5 Φωτογραμμετρία.....                                            | 38 |
| 3.2 Το λογισμικό 3D μοντελοποίησης Autodesk Maya.....                | 40 |

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Κεφάλαιο 4</b> Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στην εκπαίδευση.....                               | 45 |
| 4.1 Σχολική εκπαίδευση: μάθημα Ιστορίας και Κοινωνικών Επιστημών.....                                         | 45 |
| 4.2 Πρωτοβάθμια εκπαίδευση: μάθημα Τοπικής Ιστορίας.....                                                      | 47 |
| 4.3 Πρωτοβάθμια εκπαίδευση: Αστρονομία.....                                                                   | 51 |
| <b>Κεφάλαιο 5</b> Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση στη Φυσική ΣΤ' Δημοτικού (μοντέλο οφθαλμού).....               | 55 |
| 5.1 Σκοπός και περιγραφή της έρευνας.....                                                                     | 55 |
| 5.2 Πρώτη φάση παρέμβασης – κοινή για τα δύο τμήματα.....                                                     | 58 |
| 5.3 Δεύτερη φάση παρέμβασης: χρήση τρισδιάστατης μοντελοποίησης.....                                          | 62 |
| 5.4 Τρίτη φάση παρέμβασης: αξιολόγηση αποτελεσμάτων.....                                                      | 64 |
| 5.5 Πιλοτική δοκιμή σε μαθητές Γυμνασίου.....                                                                 | 66 |
| <b>Κεφάλαιο 6</b> Ανάλυση μαθησιακών αποτελεσμάτων (Τεστ Γνώσεων).....                                        | 69 |
| 6.1 Τα χρώματα του ανθρώπινου ματιού - Ερώτηση 1.....                                                         | 69 |
| 6.2 Τοποθέτηση τμημάτων του ματιού στο μοντέλο - Ερώτηση 2.....                                               | 71 |
| 6.3 Μύες του ανθρώπινου ματιού - Ερώτηση 3.....                                                               | 74 |
| 6.4 Η λειτουργία συγκεκριμένων τμημάτων του ματιού - Ερώτηση 4.....                                           | 76 |
| 6.5 Η σημασία της όρασης και των ματιών για τον άνθρωπο - Ερώτηση 5.....                                      | 79 |
| 6.6 Εξήγηση της φράσης «τα μάτια είναι ο καθρέφτης της ψυχής» - Ερώτηση 6.....                                | 85 |
| 6.7 Πώς βλέπει το μάτι του ανθρώπου ένα αντικείμενο - Ερώτηση 7.....                                          | 90 |
| <b>Κεφάλαιο 7</b> Παρουσίαση - Ανάλυση Αποτελεσμάτων (Ερωτηματολόγιο Τρισδιάστατης Μοντελοποίησης/ Maya)..... | 93 |
| 7.1 Ερώτηση 1: Πόσο δυσκόλεψε το Autodesk Maya τους μαθητές;.....                                             | 93 |
| 7.2 Ερώτηση 2: Θα ήθελαν οι μαθητές να χρησιμοποιήσουν ξανά την τρισδιάστατη μοντελοποίηση;.....              | 95 |

|                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.3 Ερώτηση 3: Πόσο βοήθησε το Maya τους μαθητές να θυμούνται τα μέρη του ματιού και τη λειτουργία τους;.....       | 96  |
| 7.4 Ερώτηση 4: Ταξινόμηση εκπαιδευτικών εργαλείων.....                                                              | 98  |
| 7.5 Ερώτηση 5: Τι δυσκόλεψε περισσότερο τους μαθητές στη χρήση του Maya;...100                                      |     |
| 7.6 Ερώτηση 6: Αναφορά 3 μαθημάτων στα οποία πιστεύουν οι μαθητές ότι θα βοηθούσε η τρισδιάστατη μοντελοποίηση..... | 103 |
| 7.7 Ερώτηση 7: Παράδειγμα χρήσης του Autodesk Maya για ένα από τα σχολικά μαθήματα που επέλεξε ο κάθε μαθητής.....  | 107 |
| <b>Κεφάλαιο 8</b> Επιπρόσθετες πληροφορίες της Έρευνας.....                                                         | 112 |
| 8.1 Ημερολόγιο Παρατήρησης.....                                                                                     | 112 |
| 8.2 Συνέντευξη Focus Group.....                                                                                     | 115 |
| <b>Κεφάλαιο 9</b> Τελικά συμπεράσματα της Έρευνας.....                                                              | 119 |
| 9.1 Πρώτο Ερευνητικό Ερώτημα.....                                                                                   | 119 |
| 9.2 Δεύτερο Ερευνητικό Ερώτημα.....                                                                                 | 125 |
| 9.3 Τρίτο Ερευνητικό Ερώτημα.....                                                                                   | 127 |
| <b>Επίλογος</b> .....                                                                                               | 129 |
| <b>Παράρτημα 1 – Τεστ Γνώσεων</b> .....                                                                             | 131 |
| <b>Παράρτημα 2 – Ερωτηματολόγιο</b> .....                                                                           | 135 |
| <b>Βιβλιογραφία</b> .....                                                                                           | 137 |

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Για την εκπόνηση αυτής της εργασίας αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον διευθυντή του Δημοτικού Σχολείου Απαλού π. Αναστάσιο Αλεξίου, τόσο για τη δυνατότητα που μου πρόσφερε να υλοποιήσω την εκπαιδευτική παρέμβαση, όσο και για την καθοδήγησή του σχετικά με την σωστή αξιοποίηση του τεχνολογικού εξοπλισμού του σχολείου.

Κατόπιν, τους δύο δασκάλους των τμημάτων της ΣΤ' δημοτικού που πρόθυμα με δέχτηκαν στην τάξη τους, τους μαθητές για την άριστη συνεργασία τους καθ' όλη τη διάρκεια της εκπαιδευτικής παρέμβασης, αλλά και τους γονείς των μαθητών που έδειξαν από την αρχή ότι στηρίζουν την παρούσα έρευνα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω και το Ιαπωνικό Πρόγραμμα The Ryoichi Sasakawa Young Leaders Fellowship Fund (Sylff) για την υποτροφία που μου παρείχε και τις επιπλέον δυνατότητες που μου πρόσφερε καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

## **Περίληψη**

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει τα ευρήματα μίας έρευνας, που είχε ως κύριο σκοπό να εξετάσει την αποτελεσματικότητα της τρισδιάστατης μοντελοποίησης, ως τεχνολογίας, για τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής στην ΣΤ' δημοτικού. Συγκεκριμένα, το κεφάλαιο που επιλέχθηκε από το προαναφερθέν μάθημα είναι το 10<sup>ο</sup> που έχει σχέση με την ανατομία του και τη λειτουργία του ανθρώπινου ματιού. Η έρευνα διεξήχθη στο δημοτικό σχολείο του Απαλού, προάστιο της πόλης της Αλεξανδρούπολης στην Ελλάδα. Στη συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης εξετάζεται κατά πόσο η τρισδιάστατη μοντελοποίηση και ειδικότερα η χρήση του λογισμικού Autodesk Maya είναι σε θέση να βοηθήσει τους μαθητές ενός τμήματος της ΣΤ' δημοτικού να κατανοήσουν καλύτερα το ανθρώπινο μάτι από τους μαθητές ενός άλλου τμήματος ΣΤ', οι οποίοι διδάχθηκαν το συγκεκριμένο κεφάλαιο μόνο μέσω παραδοσιακής διδασκαλίας. Δευτερεύοντες στόχοι της έρευνας είναι να μελετηθεί κατά πόσο οι μαθητές ηλικίας 11 – 13 χρονών είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν αποτελεσματικά ένα επαγγελματικό λογισμικό τρισδιάστατης μοντελοποίησης και εάν είναι σε θέση να κατανοήσουν τις πιθανές χρήσεις ενός τέτοιου λογισμικού στην εκπαίδευση. Τα αποτελέσματα του τεστ αξιολόγησης έδειξαν ότι η τρισδιάστατη μοντελοποίηση δεν επηρέασε σημαντικά την απόδοση των μαθητών του ΣΤ' 2 σε σχέση με τους αντίστοιχους μαθητές του ΣΤ' 1. Ωστόσο οι μαθητές της ομάδας ελέγχου, που ήταν παιδιά Α' γυμνασίου, είχαν πολύ καλύτερα αποτελέσματα από τις 2 τάξεις της ΣΤ' δημοτικού. Τέλος, φάνηκε ότι οι μαθητές του δημοτικού είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν αποτελεσματικά ένα επαγγελματικό λογισμικό τρισδιάστατης μοντελοποίησης ωστόσο δεν μπόρεσαν να κατανοήσουν και να εξηγήσουν πετυχημένα, στην πλειοψηφία τους, σωστές εκπαιδευτικές χρήσεις ενός τέτοιου λογισμικού.

**Λέξεις κλειδιά:** τρισδιάστατη μοντελοποίηση, Φυσική, ανθρώπινο μάτι, Autodesk Maya, πρωτοβάθμια εκπαίδευση, συνεργατική μάθηση, διερευνητικά-διαδραστικά λογισμικά, ανακαλυπτική μάθηση.

## **Abstract**

This paper presents the findings of a survey, the main purpose of which was to examine the effectiveness of three-dimensional modeling for the teaching of Physics in the sixth grade. Specifically, the chosen book chapter from the aforementioned course is the 10<sup>th</sup> which is related to the anatomy and the functioning of the human eye. The survey was conducted at the Primary School of Apalos, suburb of the city of Alexandroupolis in Greece. This case study examines whether three-dimensional modeling, and in particular the use of Autodesk Maya software, is able to help the students of one class of sixth graders to better understand the human eye from the students of another class of sixth graders who were taught this chapter only through traditional teaching. Secondary goals of the research are to study whether students aged 11 to 13 are able to effectively use a professional 3D modeling software and if they are able to understand the possible uses of such software in education. The results of the evaluation test showed that three-dimensional modeling did not significantly affect the performance of students who used this technology compared to their respective students who did not use 3D modeling. However, the students of the control group, who were high school children, had much better results than the 2 classes of the 6th grade. Finally, it was shown that elementary students are able to effectively use a professional 3D modeling software, but they have been unable to understand and explain, in their majority, the correct educational uses of such a software.

**Keywords:** three-dimensional modeling, Physics , human eye, Autodesk Maya, primary school education, cooperative learning, exploratory-interactive software, discovery learning.

## **Πρόλογος**

Η εξέλιξη της τεχνολογίας και δη της ψηφιακής τεχνολογίας, από τη δεκαετία του 1990 και έπειτα ακολούθησε ταχύτατους ρυθμούς και μπήκε στην καθημερινή ζωή του δυτικού ανθρώπου με πολλές μορφές. Η ψυχαγωγία, η εργασία αλλά και πάρα πολλές καθημερινές δραστηριότητες και υποχρεώσεις του σύγχρονου ανθρώπου στηρίχθηκαν στην ταχύτητα και την ολοένα αυξανόμενη ακρίβεια και ασφάλεια που προσέφερε αυτή η τεχνολογική άνθιση. Η παράλληλη εξέλιξη και η συνεχόμενη αναβάθμιση τόσο του υλικού (hardware) όσο και του λογισμικού (software) των ηλεκτρονικών υπολογιστών, που τους έδιναν όλο και περισσότερες δυνατότητες, συνέβαλαν ώστε αυτοί να εισαχθούν στις δημόσιες και ιδιωτικές επιχειρήσεις και οργανισμούς της ελληνικής κοινωνίας, ενώ από το 2000 και μετά ο αριθμός των οικογενειών που είχαν στην κατοχή τους ηλεκτρονικό υπολογιστή και άλλες ψηφιακές τεχνολογίες έγινε πολύ μεγαλύτερος.

Τα παιδιά που γεννήθηκαν από το 1990 και έπειτα, μεγάλωσαν μέσα σε αυτή την τεχνολογική άνθιση και υιοθέτησαν τρόπο ζωής, μόρφωσης, διασκέδασης αλλά και καθημερινές συνήθειες που βασίζονται στα νέα αυτά εργαλεία και εφαρμογές (ηλεκτρονικοί υπολογιστές, smartphones, console gaming κ.α.). Το Διαδίκτυο (Internet) αποτελεί πλέον την κύρια πηγή πληροφόρησης και ενημέρωσης, οι κινηματογραφικές ταινίες χρησιμοποιούν σχεδόν αποκλειστικά ψηφιακά εφέ, τα παραδοσιακά παιχνίδια σταδιακά αντικαταστάθηκαν σε μεγάλο βαθμό από (διαδικτυακά) ψηφιακά παιχνίδια ενώ για κάθε ανάγκη του ατόμου, από την πλοήγηση στην πόλη μέχρι την διαμόρφωση ενός καθημερινού προγράμματος, άρχισαν να χρησιμοποιούνται εφαρμογές (applications) στις έξυπνες κινητές συσκευές (smartphones και tablets). Ως αποτέλεσμα, τα παιδιά έγιναν και αυτά με τη σειρά τους καταναλωτές όλων αυτών των τεχνολογικών επιτευγμάτων και σε κάποιες περιορισμένες περιπτώσεις έγιναν ακόμα και παραγωγοί ψηφιακού υλικού ή εφαρμογών.

Αυτό που προκαλεί σήμερα ενδιαφέρον, ωστόσο, είναι η αδυναμία της ελληνικής εκπαίδευσης, σε όλες τις βαθμίδες της, να συμβαδίσει με αυτή την εξέλιξη. Διαπιστώνεται ότι δεν μπόρεσε να συμπεριλάβει, στην πλειονότητά της, τα νέα τεχνολογικά εργαλεία και εφαρμογές μέσα στο εκπαιδευτικό περιβάλλον – και



αυτό παρά το γεγονός ότι πολλές θεωρίες μάθησης, που είχαν ήδη προταθεί και μελετηθεί διεξοδικά, έκαναν λόγο για τις χρήσεις που μπορεί να έχει η τεχνολογία μέσα στην τάξη στα πλαίσια της ανακαλυπτικής μάθησης και του εποικοδομισμού (constructivism). Δυστυχώς, στην εικόνα που εμφανίζει προς τα έξω το ελληνικό σχολείο κυριαρχεί ακόμα σήμερα μία απαρχαιωμένη όψη του: το ελληνικό σχολείο σε μεγάλο βαθμό εμφανίζεται προσκολλημένο σε παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας, με τον δάσκαλο ή τον καθηγητή να είναι μία αυθεντία που μεταδίδει «ξερές» και «αυτούσιες» γνώσεις σε παθητικούς ακροατές-μαθητές.

Ο σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας, που σχεδιάστηκε με βάση αυτά τα δεδομένα, είναι να μελετήσει κατά πόσο μία πτυχή της ψηφιακής τεχνολογίας, που χρησιμοποιείται πολλά χρόνια σε άλλους τομείς εκτός εκπαίδευσης, συγκεκριμένα η τρισδιάστατη μοντελοποίηση, μπορεί να ενταχθεί στην ελληνική σχολική πράξη και να φέρει ουσιαστικά αποτελέσματα. Η έρευνα έγινε πειραματικά, μέσα από μία εκπαιδευτική παρέμβαση που σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε συγκριτικά σε δύο ισοδύναμα τμήματα μαθητών Δημοτικού Σχολείου. Ως γνωστικό αντικείμενο επιλέχθηκε ένα κεφάλαιο ενός απαιτητικού μαθήματος της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης: η Φυσική της ΣΤ' Δημοτικού και πιο συγκεκριμένα το 10<sup>ο</sup> κεφάλαιο που αναλύει την ανατομία του ανθρώπινου ματιού και πώς αυτό αντιλαμβάνεται το φως. Η εκπαιδευτική παρέμβαση σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε ως έρευνα δράσης, με χρήση ενός προηγμένου λογισμικού για τρισδιάστατη σχεδίαση σε Η/Υ από τους μαθητές, και ολοκληρώθηκε με αξιολόγηση της παρέμβασης και των αποτελεσμάτων της. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων επιχειρήθηκε να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα συγκριτικά, μεταξύ πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου.

Η δομή της εργασίας είναι η εξής: αρχικά γίνεται σύντομη επισκόπηση των θεωριών μάθησης που στηρίζουν την ενεργή εμπλοκή του μαθητή στη γνωστική διαδικασία. Στη συνέχεια αναλύονται σύντομα οι διάφορες μορφές της τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Στο πειραματικό μέρος της εργασίας παρουσιάζεται η σχεδίαση και ανάπτυξη της εκπαιδευτικής παρέμβασης που υλοποιήθηκε με τη χρήση της εν λόγω τεχνολογίας, η διαδικασία αξιολόγησης και τα αποτελέσματά της. Η εργασία κλείνει με τα συμπεράσματα και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα στο θέμα.

## Κεφάλαιο 1. Μάθηση

### 1.1 Ορισμός

Πριν γίνει λόγος για τις κυριότερες θεωρίες μάθησης, τις καταβολές τους και τον κύριο άξονα γύρω από τον οποίο αναπτύχθηκαν, είναι αναγκαίο και σημαντικό να οριστεί τι είναι η ίδια η μάθηση. Ως λέξη χρησιμοποιείται συχνά και κάτω από ποικίλα πλαίσια. Ο όρος *μάθηση* προέρχεται από το αρχαίο ελληνικό ρήμα *μανθάνω* που σημαίνει μαθαίνω από διδασκαλία ή εμπειρία, αντιλαμβάνομαι, διαφωτίζομαι, κατανοώ. Έχουν δοθεί κατά καιρούς πολλοί ορισμοί που προσπαθούν να περιγράψουν με ακρίβεια τη σημασία της λέξης:

- *«Η μάθηση ως ενέργεια δημιουργίας καινούριων δομών και τεκμηρίωσης των παλιών»* (Vygotsky, 1988).
- *«Είναι η διαδικασία κατά την οποία το παιδί και ο έφηβος με την δική του δραστηριότητα αποκτά γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες που βοηθούν στη δική του προσωπική ανάπτυξη και στην ένταξή του στο περιβάλλον»* (Ξωχέλλης, 2018).
- *«Είναι μία πηγαία ενδογενής ανάγκη του ανθρώπου που εκφράζεται μάλλον από την ενδομήτρια ζωή του ανθρώπου»* (Stones, 1978),
- *«... συνεχίζεται υποσυνείδητα με την γέννηση του, εξελίσσεται μέχρι το τέλος της ζωής του και τα ποιοτικά της χαρακτηριστικά επηρεάζονται από τον τρόπο αλληλεπίδρασης του ανθρώπου με το περιβάλλον.»* (Remplein, 1967).

Μέσα από τις διαφορετικές προσεγγίσεις και τους ορισμούς που έχουν δοθεί κατά καιρούς, γίνεται κατανοητό πως η μάθηση είναι ένα φαινόμενο το οποίο περιλαμβάνει διαδικασίες τόσο σε βιολογικό όσο και σε πνευματικό επίπεδο. Η βιολογική διαδικασία, με την συνεργασία της μακράς άσκησης, είναι εκείνη κατά την οποία ο άνθρωπος, ακόμα και τα ζώα σε μικρότερο βαθμό (Χαραλαμπόπουλος, 2001), αποκτούν γνώσεις σχετικά με κάποιο αντικείμενο ή κάποιο φαινόμενο και γενικότερα για τον κόσμο στον οποίο ζουν (Καφετζόπουλος, 1995). Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας είτε την εμπειρία είτε την εξάσκηση, είτε ακόμα και τον εθισμό,

την τριβή δηλαδή πάνω σε αυτές τις γνώσεις, τις εκμεταλλεύονται όπως αυτοί κρίνουν, τους δίνουν δηλαδή μια μονιμότητα.

Ως πνευματική διαδικασία, η μάθηση παρατηρείται μόνο στον άνθρωπο, κατευθύνεται σε μεγάλο βαθμό από τον ίδιο και εμφανίζεται στην συμπεριφορά του. Η συγκράτηση των γνώσεων γίνεται στη μνήμη η οποία κατοικοεδρεύει στον εγκέφαλο και η πρόσβαση σε αυτή γίνεται μέσω των διαφόρων ειδών ερεθισμάτων τα οποία παρέχουν και υποστηρίζουν οι αισθήσεις του ανθρώπινου οργανισμού. Μάλιστα, προκειμένου να συγκροτηθεί ένα ερέθισμα αντιληπτό και ικανό να δημιουργήσει μάθηση, συνεργάζονται οι αισθήσεις μεταξύ τους αλληλοσυμπληρώνοντας η μία την άλλη. Σημαντικότατο ρόλο παίζουν οι πρότερες γνώσεις, οι προϋπάρχουσες εμπειρίες και οι διάφορες συμπεριφορές που παρατηρεί ο κάθε άνθρωπος προκειμένου να αποκτήσει και να αποκρυσταλλώσει την μάθηση – και οι οποίες οδηγούν στην αλλαγή της συμπεριφοράς του. Η μάθηση έχει προσωπικό και ατομικό χαρακτήρα, (Bigge, 2009). Προκειμένου να ολοκληρωθεί μέσα σε έναν ανθρώπινο εγκέφαλο η διαδικασία κατά την οποία αυτός μαθαίνει, απαιτούνται πολλά και διαδοχικά στάδια, με εξαιρετική σημασία στην σειρά διαδοχής τους.

Τα στάδια της μάθησης είναι αντικείμενο μελέτης πολλών διαφορετικών επιστημών και συχνά γίνονται πεδίο αντιπαράθεσης ανάμεσα σε επιστήμονες – και αυτό διότι συνεχώς προκύπτουν νέες θεωρίες και νέα συμπεράσματα για όλη τη διαδικασία της μάθησης καθώς και για τον ουσιαστικό ρόλο που αναλαμβάνει το κάθε στάδιο μεμονωμένα. Ακολουθώντας τις επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις οι επιστήμονες εδώ και αιώνες προσπαθούν να απαντήσουν με σαφήνεια, όσο είναι δυνατό, πώς εμπλέκεται το κάθε στάδιο μάθησης σε όλη την εξελικτική πορεία της μέχρι την τελική διαμόρφωσή της, και να προσδιορίσουν τους συγκεκριμένους μηχανικούς τρόπους με τους οποίους λειτουργούν τα επιμέρους εγκεφαλικά κέντρα (Κασσωτάκης & Φλουρής, 2013).

Έχουν καταγραφεί κάποιες επιμέρους διαδικασίες που εικάζεται ότι εκτελούνται κατά την πραγμάτωση της μάθησης. Τα στάδια μάθησης περιγράφονται ως εξής (Κασσωτάκης & Φλουρής, 2013):

1. Διαδικασία στροφής της προσοχής - Επιλεκτική αντίληψη
2. Διατήρηση στη βραχυπρόθεσμη μνήμη
3. Κωδικοποίηση
4. Συγκέντρωση και διαφύλαξη
5. Ανάκτηση
6. Γεννήτρια αντιδράσεων
7. Εκτέλεση
8. Ανατροφοδότηση
9. Διαδικασίες εκτελεστικού ελέγχου

Πέρα από τις παραπάνω διαδικασίες, τα επίπεδα μάθησης ορίζουν μια ιεραρχία διαφορετικών ειδών μάθησης που κατακτώνται με διαφορετικές κατηγορίες δεξιοτήτων διαβαθμισμένης δυσκολίας. Τα επίπεδα αυτά είναι:

- 1) Πρώτο επίπεδο – Πληροφοριακό,
- 2) Δεύτερο επίπεδο – Οργανωτικό,
- 3) Τρίτο επίπεδο – Αναλυτικό, και
- 4) Τέταρτο επίπεδο – Πραξιακό.

Στο πρώτο επίπεδο γίνεται συλλογή πληροφοριών, στο δεύτερο γίνεται η οργάνωση των δεδομένων μέσα από κατηγοριοποιήσεις, ιεραρχήσεις και αλληλοσυσχετίσεις, μέχρι να ενταχθούν σε ένα ευρύτερο εννοιολογικό σχήμα. Η ανάλυση των δεδομένων που γίνεται στο τρίτο επίπεδο υποστηρίζεται από επαγωγικές συλλογιστικές διεργασίες. Τέλος στο τέταρτο επίπεδο, που λέγεται πραξιακό, το κάθε άτομο οφείλει πλέον να παράγει μάθηση ξεπερνώντας κάθε επιφανειακή δομή των αρχικών δεδομένων που διέθετε (Ματσαγγούρας, 1997).

Χαρακτηριστικοί είναι κάποιοι ορισμοί που έχουν δοθεί κατά καιρούς από επιστήμονες στην προσπάθειά τους να περιγράψουν με απλό και κατατοπιστικό τρόπο τι είναι η μάθηση. Παρατηρείται κάποιου βαθμού απόκλιση ανάμεσα στις απόψεις και στις θεωρίες των επιστημόνων (Τριλιανός, 2003).

Κατά τον H. Roth μάθηση είναι: «*Η βελτίωση ή απόκτηση νέων μορφών συμπεριφοράς και ικανοτήτων*» (Κασσωτάκης & Φλουρής, 2013).

Κατά τον R. Gagné μάθηση είναι: «*Η διαδικασία που υποβοηθάει τους οργανισμούς να τροποποιήσουν τη συμπεριφορά τους σε ένα σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα και με ένα μόνιμο τρόπο, ώστε η ίδια τροποποίηση ή αλλαγή να μην επαναλαμβάνεται σε κάθε νέα περίπτωση*» (Gagné et al., 2004).

Πέρα από τους παραπάνω ορισμούς, η μάθηση ορίστηκε μέσα από την οπτική γωνία και το ακριβές αντικείμενο της μελέτης των διαφόρων επιστημόνων,

- ως δημιουργία υποκατάστατων ανακλαστικών (Pavlov),
- ως δοκιμή και πλάνη (Thorndike),
- ως επανάληψη μιας αντίδρασης μετά από θετική ενίσχυση (Skinner),
- ως ενόραση (Kohler),
- ως μίμηση προτύπου (Bandura),
- ως επεξεργασία των πληροφοριών (Neisser, Seymour) και
- ως προσωπική ερμηνεία στις νεοαποκτηθείσες πληροφορίες (Maslow, Rogers).

Έχοντας τα παραπάνω υπόψη και γνωρίζοντας ότι κανένας ορισμός της μάθησης δεν μπορεί να είναι ικανοποιητικός αν δεν συμπληρωθεί από τους υπόλοιπους, ένας ορισμός που προτάθηκε από τον Kimble (1980) μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικός: «*Μάθηση είναι μια σχετικά σταθερή αλλαγή σε μια δυνατότητα της συμπεριφοράς, η οποία συμβαίνει ως αποτέλεσμα ενισχυμένης πρακτικής*». Αυτή η προσέγγιση περιέχει σε μεγάλο βαθμό τις παρατηρήσεις των προηγούμενων μελετητών και εκφράζει ουσιαστικά την πολύπλευρη διάσταση της μάθησης.

Ο ορισμός αυτός μοιάζει αρκετά και με αυτόν που προτάθηκε από τον Bigge (1990) σύμφωνα με τον οποίο η μάθηση έχει άμεση σχέση με τη μόνιμη αλλαγή στη συμπεριφορά του ατόμου, η οποία είναι αποτέλεσμα εμπειρίας και πράξης. Η μάθηση έχει προσωπικό και ατομικό χαρακτήρα. Κάθε άτομο μαθαίνει με το δικό του μοναδικό τρόπο. Οι αλλαγές του ατόμου μέσω της μάθησης συντελούνται στο πεδίο των γνώσεών του, των δεξιοτήτων και των στάσεών του. Βεβαίως, η μάθηση δεν ολοκληρώνεται μόνο μέσα από ένα συγκεκριμένο εκπαιδευτικό σύστημα, αλλά

είναι μια συνεχής διεργασία που συντελείται δια βίου και χρησιμοποιεί διάφορους τρόπους και μέσα.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ότι η ικανότητα για μάθηση είναι μια φυσική ικανότητα από την πλευρά του μαθητή η οποία συνδυάζεται με αρκετές νοητικές διεργασίες που πρέπει να συντελούνται από την πλευρά του και υποστηρίζεται από διάφορα εργαλεία τα οποία παίζουν ουσιαστικό ρόλο στην διαδικασία απόκτησης γνώσης.

Επιπροσθέτως, αυξημένο ενδιαφέρον παρατηρείται στις μέρες μας από ένα μεγάλο αριθμό ερευνητών για την μελέτη και έρευνα της τυπικής μάθησης (formal learning), άτυπης μάθησης (informal learning) και μη τυπικής μάθησης (non formal learning). Σύμφωνα με τον Jarvis (1987), «Η τυπική – επίσημη εκπαίδευση (formal education) έχει γραφειοκρατικό χαρακτήρα, ενώ η μη τυπική εκπαίδευση (non formal education) είναι οργανωμένη και συγκροτημένη διαδικασία η οποία εξελίσσεται σε ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον που δεν είναι απαραίτητα γραφειοκρατικό και η άτυπη εκπαίδευση (informal education) είναι προκαθορισμένη και προγραμματισμένη διαδικασία με βασικό χαρακτηριστικό της την αλληλεπίδραση».

Τέλος, στην προσπάθεια που γίνεται προκειμένου να δοθούν τα χαρακτηριστικά της μάθησης πρέπει να γίνει αναφορά και στις αναπαραστάσεις οι οποίες συγκαταλέγονται στα στοιχεία που βοηθούν τη μάθηση. Έτσι, κρίνονται σημαντικές τόσο οι εσωτερικές όσο και οι εξωτερικές αναπαραστάσεις, η ερμηνεία τους, η αλληλεξάρτησή τους και η εμπέδωσή τους από τους εμπλεκόμενους. Επομένως, σύμφωνα με τις αρχές της γνωστικής ψυχολογίας, η μάθηση είναι μία διαδικασία η οποία πραγματοποιείται στον εσωτερικό κόσμο του καθενός και έχει σαν αποτέλεσμα την τροποποίηση της συμπεριφοράς του. Η μάθηση εξαρτάται από τις προηγούμενες γνώσεις, το υπόβαθρο, τις εμπειρίες, την ιδιοσυγκρασία και το στυλ (προφίλ) μάθησης του κάθε ενδιαφερόμενου να την αποκτήσει.

## **1.2 Χαρακτηριστικά, προϋποθέσεις και κίνητρα μάθησης**

Η μάθηση είναι μία διαδικασία η οποία βρίσκεται σε συνεχή εξέλιξη από τη στιγμή που ο άνθρωπος θα αντικρύσει για πρώτη φορά το φως του ήλιου και θα αρθρώσει τις πρώτες του λέξεις μέχρι και το τέλος της ζωής του. Όταν γίνεται λόγος για τη μάθηση οφείλεται να αναφέρονται τα τρία κύρια χαρακτηριστικά του όρου, που έχουν σχέση με:

1. την **ποιότητα της μάθησης** (από την οποία εξαρτάται η ποιότητα ζωής. Η ποιότητα χαρακτηρίζεται από το είδος των γνώσεων, των δεξιοτήτων, το ήθος και την ένταση).
2. την **ποσότητα της μάθησης** (το σύνολο των εφοδίων του ανθρώπου που του είναι απαραίτητα, σε σχέση με το χρόνο που διατέθηκε για την απόκτησή τους).
3. τη **σταθερότητα της μάθησης** (αφορά τη διάρκεια διατήρησης ή συγκράτησης των γνώσεων).

Άλλοι επιστήμονες αναφέρονται σε αρχές μάθησης που πρέπει να εφαρμόζονται στη διδακτική πράξη για να την επηρεάσουν αποτελεσματικά. Τέτοιες αρχές είναι οι εξής (Τριλιανός, 2003):

- **Ετοιμότητα για μάθηση:** Κατάσταση στην οποία ένα άτομο κατέχει τις απαραίτητες γνώσεις και δεξιότητες για να αποκτήσει μια νέα γνώση ή δεξιότητα.
- **Επανάληψη:** Διαδικασία η οποία δρα θετικά σε ορισμένες μαθησιακές περιπτώσεις, αν και γενικά εκφράζονται αμφιβολίες για τη συμβολή της στην ενδυνάμωση της μάθησης.
- **Συνάφεια:** Κατά την αρχή της συνάφειας, η μάθηση είναι το αποτέλεσμα που προκύπτει όταν βρεθούν μαζί τοπικά ή χρονικά ένα ερέθισμα και μια αντίδραση του ατόμου.
- **Ενίσχυση:** Παίρνει συνήθως τη μορφή αμοιβής και έρχεται ως επακόλουθο μιας αντίδρασης του οργανισμού σε ένα ερέθισμα.
- **Παρώθηση:** Είναι η διαδικασία που θέτει σε κίνηση, κατευθύνει, υποστηρίζει και σταματά μια ακολουθία συμπεριφοράς προσανατολισμένης σε κάποιο σκοπό.

## **Κεφάλαιο 2. Θεωρίες Μάθησης**

### **2.1 Ποιες είναι οι βασικές θεωρίες μάθησης**

Υπάρχουν διάφορες θεωρίες που προσπαθούν να ερμηνεύσουν τις βασικές διεργασίες που συμβαίνουν κατά τη μάθηση. Οι θεωρίες αυτές διαφέρουν κατά πολύ στη μέθοδο και στο συμπέρασμα, γιατί η καθεμία επικεντρώνεται σε ορισμένες όψεις της όλης διαδικασίας της μάθησης, εξετάζοντας τα πράγματα από συγκεκριμένη, διαφορετική ανά θεωρία, οπτική γωνία. Επειδή στόχος της διδασκαλίας είναι να προκαλέσει και να ενισχύσει τη μάθηση, είναι απαραίτητο για τον εκπαιδευτικό να γνωρίζει τις βασικότερες σχετικές θεωρίες, τη διαφορετική τους φιλοσοφία, τις αρχές και τη μεθοδολογία τους, ώστε καθετί μέσα στην τάξη να έχει νόημα και να μπορεί να το αξιολογήσει. Άλλωστε, όπως αναφέρεται στο βιβλίο “Μάθηση και διδασκαλία στην Εποχή της Πληροφορίας” (Ράπτης & Ράπτη, 2001), κάθε είδους διδασκαλία σχετίζεται με ορισμένες παραδοχές για το τι πρέπει να μάθει ο μαθητευόμενος, καθώς και ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος να το μάθει – παραδοχές δηλαδή ως προς τους στόχους, το περιεχόμενο και τη διαδικασία της μάθησης. Κάθε δάσκαλος, λοιπόν, είτε το συνειδητοποιεί είτε όχι, υιοθετεί και υλοποιεί στην πράξη μια θεωρία μάθησης. Η υιοθέτηση από όλους μιας συγκεκριμένης θεωρίας, που να προβλέπει μια «φόρμουλα» γενικής εφαρμογής για όλες τις διδακτικές καταστάσεις, είναι αδύνατη, λόγω της ποικιλίας των καταστάσεων που χαρακτηρίζουν τη διδασκαλία (Φλουρής, 2003).

Σύμφωνα με όσα έχουν ειπωθεί κατά καιρούς από διάφορους παιδαγωγούς, ψυχολόγους, κοινωνιολόγους και άλλους επιστήμονες, μπορούν να διακριθούν έξι (6) βασικές θεωρίες μάθησης, οι οποίες σε κάποια σημεία τους έρχονται σε αντιπαράθεση, ενώ σε άλλα αλληλοσυμπληρώνονται. Η καθεμία από αυτές έχει τα δικά της ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που την διαφοροποιούν από τις υπόλοιπες. Οι θεωρίες αυτές είναι:

- Ο Συμπεριφορισμός
- Ο Εποικοδομητισμός (constructivism) / Ο Κονστρουξιονισμός (constructionism)
- Η Διερευνητική (ή ανακαλυπτική) μάθηση



- Οι Κοινωνικοπολιτισμικές θεωρήσεις για τη γνώση
- Η Συνεργατική Μάθηση

## **2.2 Συμπεριφορισμός**

Οι υποστηρικτές του συμπεριφορισμού (behaviorism) δεν δίνουν σημασία στις εσωτερικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της μάθησης, αλλά στις αλλαγές που συμβαίνουν στην εμφανή (εξωτερικά παρατηρούμενη) συμπεριφορά του υποκειμένου, στο τι δηλαδή μπορεί να κάνει ο μαθητευόμενος ως αποτέλεσμα της κατάλληλης οργάνωσης του περιβάλλοντος της μάθησης.

Ο σημαντικότερος μηχανισμός της μάθησης είναι, κατά τους συμπεριφοριστές, η ενίσχυση της επιθυμητής συμπεριφοράς (Ράπτης & Ράπτη 2013). Κλασικό παράδειγμα είναι το γνωστό πείραμα του Ραβλον. Ο Ρώσος φυσιολόγος Ραβλον έδινε τροφή σε ένα σκύλο καθημερινά, αφού χτυπούσε ένα καμπανάκι. Η προσφορά, δηλαδή, τροφής συνοδευόταν από ένα συγκεκριμένο ήχο. Μετά από πολλές επαναλήψεις της ίδιας διαδικασίας, ο Ραβλον παρατήρησε πως ο σκύλος, μόλις άκουγε το γνωστό πλέον ήχο, είχε έκκριση σάλιου. Το πείραμα αυτό έγινε και σε άλλα ζώα, όπως γάτες, ποντίκια, χιμπατζήδες κλπ, με διαφορετικά, όμως, ερεθίσματα. Τα αποτελέσματα ήταν τα ίδια με την περίπτωση του σκύλου. Η επιθυμητή αντίδραση σε ένα εξαρτημένο – και όχι φυσικό – ερέθισμα, όπως είναι η τροφή, είναι μια βασική μορφή μάθησης που συντελέστηκε επειδή ο σκύλος συσχέτισε συνειρμικά τον ήχο του κουδουνιού με την τροφή. Αν δεν υπήρχε κίνητρο (ικανοποίηση της πείνας) ο μηχανισμός αυτός ίσως να μη λειτουργούσε. Συνεπώς, εξαρτημένη μάθηση συντελείται με την ενίσχυση της επιθυμητής συμπεριφοράς (θετική ενίσχυση), είτε μέσω της αμοιβής, είτε με τιμωρία ή την απαλλαγή από τις δυσάρεστες επιπτώσεις μιας μη επιθυμητής συμπεριφοράς (αρνητική ενίσχυση).

Ο Skinner είναι από τους σημαντικούς εκπροσώπους του συμπεριφορισμού. Σε αντίθεση με τον Ραβλον, υποστηρίζει ότι (Τριλιανός, 2003) η συμπεριφορά δεν πρέπει να αποδίδεται σε κάποιο ανεξάρτητο ερέθισμα, αλλά να θεωρείται ως αποτέλεσμα εσωτερικών διεργασιών του οργανισμού. Η θεωρία του ονομάστηκε ενεργός ή συντελεστική μάθηση. Βασικός άξονας, λοιπόν, των απόψεων του Skinner

είναι η θέση ότι αν ορισμένη αντίδραση προξενείται από κάποιο σχετικό ερέθισμα, η πιθανότητα να επαναληφθεί σε ανάλογες περιπτώσεις η ίδια συμπεριφορά αυξάνεται. Αν, αντίθετα, μια ορισμένη συμπεριφορά δεν συνοδεύεται από κάποια ενίσχυση, παύει σιγά-σιγά να εκδηλώνεται, γίνεται δηλαδή «απόσβεσή» της. Για να έχει αποτελέσματα, η ενίσχυση πρέπει να είναι άμεση. Πρέπει επίσης να έχει φροντίσει ο εκπαιδευτής να ερευνήσει ποια είναι κάθε φορά η κατάλληλη ενίσχυση για το κάθε άτομο (Ράπτης & Ράπτη, 2013).

Ο Skinner υπήρξε ο 'πατέρας' των μηχανών διδασκαλίας (teaching machines) (Skinner, 1968), πριν αναπτυχθούν τα σύγχρονα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα. Πίστευε ότι οι μηχανές αυτές θα μπορούσαν να δημιουργήσουν περιβάλλοντα ευνοϊκά για τη μάθηση που θα ανέτρεπαν τα μειονεκτήματα του σχολικού συστήματος, εφόσον θα ασχολούνταν με τις απαντήσεις των μαθητών και θα ενίσχυαν τις σωστές απαντήσεις αμέσως μετά τη διατύπωση τους, κάτι που δεν γινόταν στο πλαίσιο της συνηθισμένης διδασκαλίας. Θεωρούσε επίσης ότι οι διδακτικές μηχανές θα μπορούσαν να εφαρμόσουν ορισμένες γενικές αρχές της διδασκαλίας, η οποία θα στηριζόταν στον προγραμματισμό των διαδοχικών ερωτήσεων προς το μαθητή γι' αυτό και η διδασκαλία αυτή ονομάστηκε *προγραμματισμένη διδασκαλία* (Σολομωνίδου, 1999).

Ο συμπεριφορισμός επικράτησε το πρώτο μισό του 20<sup>ου</sup> αιώνα και παρόλο που βοήθησε στην εξήγηση ορισμένων φαινομένων της μάθησης, δέχτηκε αρκετή κριτική εξαιτίας του μοντέλου αγωγής και διδασκαλίας που εισήγαγε. Ένα σοβαρό μειονέκτημα του συμπεριφορισμού είναι η προσήλωσή του στην εξωτερικά παρατηρούμενη συμπεριφορά του ατόμου και στο ρόλο των εξωτερικών συνθηκών και, ταυτόχρονα, η παραμέληση του ρόλου των εσωτερικών ανώτερων νοητικών λειτουργιών και της εσωτερικής προσπάθειας του ατόμου να κατανοήσει τον κόσμο και να ρυθμίσει ανάλογα τη συμπεριφορά του, (Ματσαγγούρας, 1997). Επίσης, υποστηρίζεται από πολλούς (Σολομωνίδου, 1999), ότι το μοντέλο του Skinner και του συμπεριφορισμού γενικότερα είναι ανεπαρκές, καθότι είναι γνωστό πως οι άνθρωποι μαθαίνουν από τα λάθη τους, χωρίς να χρειάζονται πάντα ενίσχυση για να μάθουν, με την προϋπόθεση ότι τους εξηγείται η αιτία του λάθους τους. Τέλος,

άλλοι απορρίπτουν τις θεωρίες του συμπεριφορισμού ως μηχανιστικές ή αυθαίρετες γενικεύσεις διαπιστώσεων που έγιναν κυρίως σε ζώα (Φλουρής, 2003).

Οι συμπεριφοριστές, παρά την προσπάθειά τους να θέσουν τα επιστημονικά θεμέλια της θεωρίας της μάθησης, υπήρξαν υπερβολικά αισιόδοξοι στις προσδοκίες τους, διότι η θεωρία τους φαίνεται ότι δεν προσφέρεται για προωθημένες μορφές μάθησης, όπου η προσωπική άποψη, η απρόβλεπτη κριτική επιχειρηματολογία, η δημιουργικότητα και η πρωτοβουλία, η ιδιαιτερότητα της κάθε κουλτούρας και η πρωτότυπη έκφραση έχουν μεγάλη αξία (Ράπτης & Ράπτη, 2013).

### **2.3 Εποικοδομητισμός**

Ο εποικοδομητισμός (constructivism), που ξεκίνησε με αρχικό και κύριο πεδίο έρευνας και εφαρμογής τις Φυσικές Επιστήμες, ρίχνει φως και δίνει βαρύτητα στις υπάρχουσες αντιλήψεις, ιδέες και αναπαραστάσεις των εκπαιδευόμενων σε σχέση με το θέμα που διδάσκονται κάθε φορά. Η εμφάνιση της εποικοδομητικής θεωρίας χρωστάει πολλά στην εξέλιξη της Ψυχολογίας (Jean Piaget) και της Επιστημολογίας (Gaston Bachelard), οι οποίες επηρέασαν σε σημαντικό βαθμό την παιδαγωγική σκέψη και τον προσανατολισμό της εκπαιδευτικής έρευνας (Σολομωνίδου, 1999).

Σύμφωνα με την εποικοδομητική άποψη, λοιπόν, η νόηση είναι μια λειτουργία κατασκευής νοημάτων βασιζόμενη πάνω στην όλη εμπειρία του ατόμου. Η δόμηση της γνώσης είναι επομένως μια λειτουργία που βασίζεται στις προϋπάρχουσες εμπειρίες, τις νοητικές κατασκευές, τις πεποιθήσεις, τις «θεωρίες» που ο καθένας χρησιμοποιεί, προκειμένου να ερμηνεύσει αντικείμενα ή γεγονότα και τις οποίες δεν μπορεί να αγνοεί ο δάσκαλός κατά τις διδακτικές του επιδιώξεις (Ράπτης & Ράπτη, 2013).

Από τη θεώρηση του εποικοδομητισμού δίνεται έμφαση στον ενεργητικό ρόλο του μαθητή και στην επίλυση πραγματικών προβλημάτων διερευνητικού χαρακτήρα τα οποία δημιουργούν κίνητρο για τους μαθητές (Κορδάκη, 2000). Αναγνωρίζεται η σημασία της πρότερης γνώσης του μαθητή πάνω στην οποία, με βάση την εμπειρία και τον αναστοχασμό, οικοδομεί τη νέα γνώση του. Επιπλέον,

αναγνωρίζεται η σημασία του λάθους, η διόρθωση του οποίου βοηθάει το μαθητή να μάθει.

Οι βασικές παραδοχές της εποικοδομητικής θεωρίας έχουν διαμορφωθεί με βάση ένα σημαντικό αριθμό ερευνητικών δεδομένων και τις έχει συνοψίσει μια εξέχουσα μορφή της διδακτικής των φυσικών επιστημών, η Rosalind Driver (Σολομωνίδου, 1999):

- 1.) Οι μαθητές δεν θεωρούνται πλέον παθητικοί δέκτες, αλλά τελικοί υπεύθυνοι της δικής τους μάθησης. Σε κάθε μαθησιακή διαδικασία φέρνουν τις δικές τους προηγούμενες αντιλήψεις και απόψεις.
- 2.) Η μάθηση θεωρείται ότι εμπλέκει το μαθητή με ενεργό τρόπο στην εκπαιδευτική διαδικασία. Προϋποθέτει την οικοδόμηση νοήματος και συμβαίνει συχνά μέσα από προσωπική διαπραγμάτευση.
- 3.) Η γνώση δεν είναι «κάπου εκεί έξω», αλλά οικοδομείται με προσωπικό και κοινωνικό τρόπο.
- 4.) Οι διδάσκοντες φέρνουν επίσης στις μαθησιακές καταστάσεις τις δικές τους ιδέες και αντιλήψεις. Όχι μόνο τη γνώση που έχουν για το αντικείμενο, αλλά και τις απόψεις τους για τη διδασκαλία και τη μάθηση και όλα αυτά επηρεάζουν τον τρόπο αλληλεπίδρασης με τους μαθητές μέσα στην τάξη.
- 5.) Η διδασκαλία δεν είναι η μετάδοση της γνώσης, αλλά προϋποθέτει την οργάνωση των καταστάσεων μέσα στην τάξη και το σχεδιασμό των δραστηριοτήτων με τρόπο που να προωθούν την οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης.
- 6.) Το αναλυτικό πρόγραμμα δεν είναι αυτό το οποίο θα πρέπει να μάθει κανείς, αλλά αποτελεί ένα πρόγραμμα από μαθησιακές δραστηριότητες, υλικά, πηγές, μέσα από τα οποία οι μαθητές οικοδομούν τη γνώση.

#### **2.4 Κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες για τη μάθηση**

Σε αντίθεση με την ατομοκεντρική θεωρία του εποικοδομητισμού, άλλοι επιστήμονες, με πρωτοπόρο το Ρώσο παιδαγωγό Lev Vygotsky, έχουν υποστηρίξει μια κοινωνικοκεντρική θεώρηση της ανάπτυξης, με βάση την οποία τονίζεται ο

ρόλος που παίζουν οι κοινωνικο-πολιτιστικοί παράγοντες στη γένεση της γνώσης και την πορεία μάθησης και ανάπτυξης του ατόμου. Πρόκειται για μια σύγχρονη κατεύθυνση που είναι γνωστή ως κοινωνικο-πολιτιστική προσέγγιση, κατά την οποία η προσωπική σκέψη οικοδομείται με βάση την κοινωνική αλληλεπικοινωνία.

Σύμφωνα με τον Vygotsky, η νοητική ανάπτυξη είναι μια διαδικασία άρρηκτα συνδεδεμένη με την ιστορικοκοινωνική διάσταση και το πολιτισμικό πλαίσιο μέσα στο οποίο συντελείται. Η ανάπτυξη επιτυγχάνεται όχι μόνο εξαιτίας του έμφυτου νοητικού εξοπλισμού του κάθε ατόμου, αλλά και της διαμεσολάβησης των κοινωνικών γεγονότων και των πολιτιστικών εργαλείων (όπως είναι η γλώσσα), καθώς και της εσωτερίκευσης των σημασιών με τις οποίες είναι φορτισμένα αυτά τα πολιτισμικά μέσα και εργαλεία. Τα εργαλεία αυτά και οι κοινωνικές σημασίες τους όχι μόνο διαμεσολαβούν για την πραγματοποίηση των γνωστικών διεργασιών, αλλά εμπεριέχουν νοήματα και τρόπους σκέψης που διαμορφώνουν διαλεκτικά τις ίδιες τις νοητικές διεργασίες (Ράπτης & Ράπτη 2013).

Η θέση του Vygotsky ότι η κοινωνική αλληλεπικοινωνία γεννά τη γνωστική εξέλιξη, φαίνεται ξεκάθαρα στο σημείο που προσδιορίζει τη «ζώνη της επικείμενης ανάπτυξης» (zone of proximal development) ως την «απόσταση μεταξύ του κατεχόμενου επιπέδου ανάπτυξης, όπως αυτοπροσδιορίζεται από την ανεξάρτητη (ατομική) επίλυση προβλημάτων, και του επίπεδου, της εν δυνάμει ανάπτυξης, όπως προσδιορίζεται από την ικανότητα του ατόμου να επιλύει προβλήματα κάτω από την καθοδήγηση ενηλίκων ή μέσα από τη συνεργασία με ικανότερους συνομήλικους» (Vygotsky, 1978).

Σε διδακτικό επίπεδο η έννοια της επικείμενης ανάπτυξης σημαίνει ότι ο εκπαιδευτικός πρέπει πρώτα να προσδιορίζει το επίπεδο των ατομικών ικανοτήτων του παιδιού και κατόπιν να εντοπίζει το επίπεδο των γνωστικών ικανοτήτων που μπορεί να αναπτύξει το παιδί με τη βοήθεια νύξεων, επιδείξεων και ερωτημάτων από την πλευρά του εκπαιδευτικού (Ματσαγγούρας, 1997).

### **2.5 Διερευνητική ή Ανακαλυπτική μάθηση**

Η προσπάθεια του μαθητή να μαθαίνει μόνος του, αυτοβούλως, κάνοντας χρήση των εσωτερικών του εμπειριών και δυνατοτήτων, ανάγεται στην εποχή του

Σωκράτη και του Πλάτωνα. Στην εποχή εκείνη, ο μεν πρώτος αναταράζει και διεγείρει τις δημιουργικές δυνάμεις των μαθητών του, ο δε δεύτερος καθορίζει έναν επιστημονικό τρόπο εργασίας κατά τη μάθηση.

Στη σύγχρονη εποχή, η προσπάθεια του μαθητή για ανακάλυψη ή διερεύνηση των γνώσεων συστηματοποιήθηκε, οργανώθηκε και τεκμηριώθηκε κυρίως μέσα από τις θέσεις του Jerome Bruner. Ο Bruner ανήκει στην κατηγορία των γνωστικών ψυχολόγων της μάθησης, που δίνει έμφαση στη διευκόλυνσή της μέσα από την κατανόηση των δομών και των επιστημονικών αρχών ενός αντικειμένου και των τρόπων του σκέπτεσθαι του μαθητευόμενου. Επίσης, δίνει έμφαση και στην υιοθέτηση της ανακαλυπτικής μεθόδου, ή της καθοδηγούμενης ανακάλυψης με την ανάπτυξη εσωτερικών κινήτρων μάθησης από μέρους του μαθητευόμενου. Οι τρόποι σκέψης ή τα συστήματα, τα οποία χρησιμοποιεί ο μαθητευόμενος για να κατανοεί τις πληροφορίες και να αναπτύσσεται γνωστικά (που αντιστοιχούν και στα ιστορικά στάδια της ανθρώπινης εξέλιξης) είναι κατά τον Bruner (1966):

1.) Το σύστημα της πραξιακής αναπαράστασης (enactive representation), στο οποίο η γνώση σχετίζεται με την κίνηση και τη δεξιότητα που προέρχεται από την άμεση επαφή του ατόμου με τα πράγματα (π.χ. το παιδί μετράει τα μολύβια).

2.) Το σύστημα της εικονικής αναπαράστασης στο οποίο οι γνώσεις αναπαριστώνται μέσω εσωτερικών πνευματικών εικόνων, χωρίς όμως το στοιχείο του αφηρημένου συσχετισμού (π.χ. η εικόνα του παιδιού που μετράει τα μολύβια).

3.) Το σύστημα της συμβολικής αναπαράστασης, που είναι και το ανώτερο, στο οποίο οι γνώσεις παρουσιάζονται με σύμβολα (αναπαράσταση σχέσεων με αφηρημένα σύμβολα, με δυνατότητα διαφόρων συσχετισμών και διατύπωσης θεωριών, ακόμη και χωρίς να στηρίζεται ο μαθητευόμενος σε συγκεκριμένα στοιχεία της εμπειρίας).

Σχετικά με την απόκτηση της γνώσης (Τριλιανός, 2003), ο Bruner υποστηρίζει την ανακαλυπτική-διερευνητική μάθηση, κατά την οποία ο μαθητής με τις δικές του δυνάμεις προσπαθεί να εμβαθύνει στο γνωστικό αντικείμενο και να ανακαλύψει τις θεμελιώδεις αρχές και σχέσεις που διέπουν τα επιμέρους στοιχεία του. Εδώ η

λογική σκέψη του ατόμου παίζει ρόλο, όμως ο Bruner θεωρεί ότι το άτομο πρέπει να προχωρήσει παραπέρα και να καλλιεργήσει και τη διαισθητική σκέψη, που του επιτρέπει να κάνει πνευματικά άλματα, να πρωτοτυπεί, να εφευρίσκει και να συλλαμβάνει ριζοσπαστικές λύσεις σε προβληματικές καταστάσεις.

Σε μια από τις πιο γνωστές θέσεις του, ο Bruner υποστηρίζει ότι όλοι οι μαθητές είναι δυνατόν να μάθουν οτιδήποτε και σε οποιαδήποτε ηλικία, εφόσον υπάρχει η κατάλληλη δομή και οργάνωση της ύλης, καθώς και η απαραίτητη μεθόδευση της διδασκαλίας. Η θέση αυτή του Bruner προκάλεσε αρκετές αντιδράσεις, αφού προσέκρουσε στις μέχρι τότε αποδεκτές αντιλήψεις για το θέμα αυτό, αλλά και επέφερε επαναστατικές αλλαγές τόσο στη φύση των αναλυτικών προγραμμάτων όσο και στην οργάνωση και διεξαγωγή της διδασκαλίας (Φλούρης, 2003).

Ο Bruner υπήρξε ο εμπνευστής της ιδέας του σπειροειδούς αναλυτικού προγράμματος, με βάση το οποίο έδειξε ότι η γνώση που έχει αναπτυχθεί με τον κατάλληλο για το παιδί τρόπο από πολύ νωρίς και αργότερα γίνεται αντικείμενο μελέτης σε πιο προχωρημένο επίπεδο (έτσι ώστε όλοι οι τρόποι αναπαράστασης να υπάρχουν), έχει μεγαλύτερες πιθανότητες να γίνει κτήμα του μαθητή. Η ανακαλυπτική μάθηση και οι στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων δεν αναπτύσσονται ξαφνικά, ως δια μαγείας, ούτε είναι άσχετες με την προηγούμενη εμπειρία του παιδιού. Είναι δεξιότητες που μαθαίνονται, γι' αυτό και πρέπει να είναι μέλημα κάθε δασκάλου. Ο δάσκαλος καθοδηγεί τα παιδιά προς την «ανακάλυψη» αρχών, νόμων και κανόνων που διέπουν όχι μόνο τα φαινόμενα ως γνωστικά αντικείμενα αλλά και την ίδια του τη σκέψη (Ράπτης & Ράπτη, 2001).

Η συμβολή του Bruner υπήρξε μοναδική καθώς συνδύασε την έννοια του χειρισμού των πραγματικών αντικειμένων, ως ένα μέρος του μοντέλου ανάπτυξης, με τη σωκρατική έννοια της μάθησης, με μια διαδικασία εσωτερικής αναδιοργάνωσης μέσω της ανακαλυπτικής μάθησης (Σολομωνίδου, 1999).

## **2.6 Συνεργατική μάθηση**

Στη σύγχρονη εποχή, κοινωνικοί παράγοντες, όπως η αριθμητική συρρίκνωση των μελών της οικογένειας και η εξαφάνιση της γειτονικής «αλάνας», περιόρισαν αρκετά τις εκτός σχολείου δυνατότητες κοινωνικοποίησης των παιδιών. Την ίδια στιγμή η σύγχρονη αγορά εργασίας αναζητά άτομα που έχουν τη δυνατότητα να συνεργάζονται ομαλά μέσα σε δίκτυα επικοινωνίας. Τα δύο αυτά στοιχεία κατέστησαν επιτακτική την ανάγκη να καλύψει το σχολείο το έλλειμμα κοινωνικοποίησης, γεγονός που οδήγησε στη χρήση και ανάπτυξη της συνεργατικής μάθησης (Ματσαγγούρας, 1997).

Με την ευρύτερη της έννοια, η συνεργατική μάθηση μπορεί να οριστεί ως η από κοινού εργασία πάνω σε ένα συγκεκριμένο θέμα με τρόπο τέτοιο ώστε να προωθείται η ατομική μάθηση μέσω των συνεργατικών διεργασιών (Σγουροπούλου & Κουτουμάνος, 2001). Η συνεργατική μάθηση αποφέρει κέρδος σε κάθε άτομο με χρήση των πόρων της ομάδας και αποτελεί πηγή πολύτιμων αποτελεσμάτων. Επιπλέον, η συνεργατική μάθηση μπορεί να προσφέρει καλύτερη κατανόηση της μαθησιακής διαδικασίας καθώς έχει διαπιστωθεί ότι όταν κάποιος δημοσιοποιεί τη γνώση του αποκτά καλύτερη αντίληψη σχετικά με ένα αντικείμενο (Sharan, 1990).

Εκτός από τα παραπάνω επιχειρήματα, η χρήση της συνεργατικής μάθησης παρουσιάζει αρκετά σημαντικά πλεονεκτήματα. Τα κυριότερα από αυτά είναι τα εξής (Σγουροπούλου & Κουτουμάνος, 2001):

- **Πρώθηση των διαπολιτισμικών σχέσεων** και της επαφής με διαφορετικές κουλτούρες, ιδεολογίες, κ.λπ.
- **Αύξηση αυτοεκτίμησης.** Στο πλαίσιο της κοινότητας μάθησης τα μέλη της εργάζονται με κοινό στόχο και συμφωνημένους ρόλους. Αυτό συμβάλλει στην ανάπτυξη αισθήματος κοινής ευθύνης, αλληλοϋποστήριξης και καλλιέργειας ενός φιλικού κλίματος που ενθαρρύνει τη μάθηση. Ένα τέτοιο πλαίσιο ευνοεί την κοινωνικοποίηση των ατόμων και μπορεί να έχει ιδιαίτερα ευεργετικές επιδράσεις στα μέλη εκείνα που για διάφορους λόγους (π.χ. μειωμένη αυτοεκτίμηση) διστάζουν να εκφράσουν τις απόψεις τους.



- **Επιπλέον κίνητρα μάθησης.** Είναι γνωστό ότι οι άνθρωποι αισθάνονται την ανάγκη να ζουν σε κοινωνικές ομάδες. Παιδιά και έφηβοι σχηματίζουν μικρές ομάδες με κοινούς στόχους (παιχνίδι, διασκέδαση) και από αυτή τη συνύπαρξη αντλούν μεγάλη συναισθηματική ικανοποίηση. Η οργάνωση, επομένως, των μαθητών ή/και επαγγελματιών σε κοινότητες μάθησης με στόχο τη συνεργασία για την επίτευξη κοινών γνωσιακών στόχων είναι απόλυτα προσαρμοσμένη στη φύση και στις ανάγκες τους, ενώ αντίθετα η απομόνωσή τους παραβιάζει τις έμφυτες τάσεις τους για επικοινωνία και αλληλεπίδραση. Για τους παραπάνω λόγους η εργασία των ατόμων στο πλαίσιο μιας κοινότητας μάθησης μπορεί από μόνη της να αποτελέσει ισχυρό κίνητρο για μάθηση.
- **Πρώθηση των δεξιοτήτων** που σχετίζονται με την οργάνωση και την εργασία στο πλαίσιο ομάδων.

## **2.7 Κονστρουξιονισμός (Constructionism)**

Μία θεωρία μάθησης που μοιάζει σε αρκετά σημεία με την θεωρία του επικοδομητισμού είναι αυτή που ανέπτυξε ο Νοτιοαφρικανός μαθηματικός, επιστήμονας της πληροφορικής και της εκπαίδευσης Seymour Papert. Ο Papert, που ήταν μαθητής του Jean Piaget και συνεργάστηκε στενά μαζί του, συνέδραμε καταλυτικά στην ανάπτυξη του κονστρουξιονιστικού μοντέλου μάθησης, σύμφωνα με το οποίο οι μαθητές για να είναι σε θέση να κατανοήσουν εις βάθος μία έννοια και να κατακτήσουν τη γνώση πρέπει να κατασκευάσουν νοητικά μοντέλα. Ο κονστρουξιονισμός υποστηρίζει ότι οι μαθητές χρησιμοποιούν πληροφορίες που ήδη γνωρίζουν για να αποκτήσουν περισσότερες γνώσεις. Οι μαθητές μαθαίνουν μέσα από τη συμμετοχή τους σε projects, όπου κάνουν συνδέσεις μεταξύ διαφορετικών ιδεών και τομέων γνώσης, ενώ ο εκπαιδευτικός έχει το ρόλο του συντονιστή και εμπυχωτή της όλης διαδικασίας.

Επιπλέον, ο κονστρουξιονισμός θεωρεί ότι η μάθηση μπορεί να γίνει πολύ πιο αποτελεσματική όταν οι μαθητές επικεντρωθούν στην πραγμάτωση υλικών αντικειμένων στον πραγματικό κόσμο. Με αυτή την έννοια συνδέεται με τη βιωματική μάθηση και βασίζεται στην επιστημολογική θεωρία του

κονστρουκτιβισμού του Jean Piaget. Ο Seymour Papert όρισε τον κονστρουξιονισμό σε μία πρότασή του στο Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών των Η.Π.Α. με τίτλο *Constructionism: A New Opportunity for Elementary Science Education* ως εξής:

«Η λέξη κονστρουξιονισμός χρησιμοποιείται με διττή σημασία για τις δύο πτυχές της εκπαιδευτικής επιστήμης στο παρόν έργο. Από τις κονστρουκτιβιστικές θεωρίες της ψυχολογίας υιοθετήθηκε η άποψη της μάθησης ως ανακατασκευής και όχι ως μετάδοσης της γνώσης. Στη συνέχεια, βάση της ιδέας που υποστηρίζει ότι υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατασκευαστικά, μπορούν να λειτουργήσουν ως εκπαιδευτικό εργαλείο, διατυπώθηκε η ιδέα ότι η μάθηση είναι πιο αποτελεσματική όταν μέσα στην εκπαιδευτική διαδικασία υπάρχει μια δραστηριότητα κατά την οποία ο μαθητής βιώνει την κατασκευή ενός ουσιαστικού προϊόντος».

Αρκετοί μελετητές προσπάθησαν να μεταφράσουν τον κονστρουξιονισμό απλά ως μία φόρμουλα «μάθησης μέσω δημιουργίας», ωστόσο όπως τόνισαν οι Seymour Papert και Idit Harel στην αρχή του έργου τους “*Situating Constructionism*”, ο κονστρουξιονισμός πρέπει να θεωρηθεί «πολύ πιο πλούσιος, πολύπλευρος και βαθύτερος στις επιπτώσεις του απ’ ότι αφήνει να εννοηθεί ένας τέτοιος απλοϊκά δοσμένος ορισμός».

Οι ιδέες του Papert έγιναν ευρέως γνωστές μέσω της δημοσίευσης του συνοπτικού βιβλίου του “*Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*” (Basic Books, 1980). Στο συγκεκριμένο έργο ο Papert κάνει λόγο για τα παιδιά που δημιουργούν προγράμματα στην εκπαιδευτική γλώσσα προγραμματισμού Logo. Στο έργο του παρομοιάζει τη μάθησή του προγραμματισμού με μια φανταστική χώρα που την ονομάζει “*Mathland*”, όπου η εκμάθηση μαθηματικών ιδεών από τα παιδιά είναι τόσο φυσική όσο και η εκμάθηση των γαλλικών όσων ζουν στη Γαλλία.

Η μάθηση στον κονστρουξιονισμό προϋποθέτει οι μαθητές να μάθουν να αντλούν τα δικά τους συμπεράσματα μέσω του δημιουργικού πειραματισμού αλλά και της κατασκευής κοινωνικών μοντέλων. Ο δάσκαλος στο κονστρουξιονιστικό μοντέλο μάθησης έχει ένα διαμεσολαβητικό και όχι ένα εκπαιδευτικό – αυστηρά καθοδηγητικό ρόλο. Η παραδοσιακή διδασκαλία των μαθητών παραμερίζεται, ενώ

αυτοί μαθαίνουν να ερευνούν, να κατανοούν και να βοηθούν τους συμμαθητές τους να αντιληφθούν ένα πρόβλημα, με πρακτικό τρόπο.

Μία από τις πιο πολυσυζητημένες μεθόδους του κονστρουκτιβισμού, η οποία χρησιμοποιήθηκε έντονα ήδη από την εμφάνισή της, ειδικά στη διδασκαλία διαφόρων πτυχών των θετικών επιστημών (προγραμματισμός, ρομποτική, μαθηματικά, φυσική κ.λ.π.) είναι η μάθηση στηριγμένη σε επίλυση προβλημάτων (problem-based learning, PBL). Η συγκεκριμένη μέθοδος επιτρέπει στους μαθητές να μάθουν για ένα θέμα, εκθέτοντάς τους σε πολλαπλά προβλήματα και ζητώντας τους να κατανοήσουν το θέμα μέσω αυτών των προβλημάτων. Αυτό το είδος μάθησης μπορεί να είναι εξαιρετικά αποτελεσματικό σε μαθήματα όπως αυτά που προαναφέρθηκαν, διότι οι μαθητές προσπαθούν να λύσουν τα προβλήματα με πολλούς διαφορετικούς τρόπους, οξύνοντας τη σκέψη και «ακονίζοντας» το μυαλό τους.

Οι μαθητές βρίσκονται αντιμέτωποι πολλές φορές με ένα πολύ μεγάλο πρόβλημα ή ένα πολύπλοκο project, το οποίο αν χωριστεί σε μικρότερα τμήματα μπορεί τελικά να υλοποιηθεί και συχνά με περισσότερους από ένα τρόπους. Οι ακόλουθες πέντε στρατηγικές καθιστούν τη μέθοδο PBL πιο αποτελεσματική:

- 1.) Οι μαθησιακές δραστηριότητες πρέπει να συνδέονται με ένα μεγαλύτερο έργο - στόχο. Το μεγαλύτερο έργο είναι σημαντικό επειδή επιτρέπει στους μαθητές να δουν ότι οι δραστηριότητες που επιτελούν μπορούν να εφαρμοστούν σε πολλές πτυχές της ζωής και ως εκ τούτου, είναι πιο πιθανό οι μαθητές να βρουν τις δραστηριότητες που κάνουν χρήσιμες και ενδιαφέρουσες.
- 2.) Ο μαθητής πρέπει να υποστηριχθεί κατάλληλα ώστε να αισθανθεί ότι είναι υπεύθυνος για τη διεκπεραίωση του προβλήματος.
- 3.) Μια αυθεντική εργασία πρέπει να σχεδιαστεί για τον εκπαιδευόμενο. Αυτό σημαίνει ότι το έργο και η γνωστική ικανότητα του εκπαιδευόμενου πρέπει να ταιριάζουν με τα προβλήματα που τέθηκαν για να αποκτήσουν αξία οι γνώσεις που θα αποκομίσει ο μαθητής.

- 4.) Το περιεχόμενο διδασκαλίας πρέπει να οργανώνεται με τέτοιο τρόπο ώστε οι μαθητές να είναι σε θέση να κατανοήσουν πλήρως τη διαδικασία που ακολούθησαν για να αποκτήσουν τη νέα γνώση.
- 5.) Είναι σημαντικό να ενθαρρυνθούν οι εκπαιδευόμενοι να δοκιμάσουν διάφορες ιδέες και στρατηγικές προσέγγισης για τη λύση ενός προβλήματος.

Ο κονστρουξιονισμός ως θεωρία μάθησης υποστηρίζει πολύ και τη χρήση της τεχνολογίας στην εκπαιδευτική διαδικασία, με πρωτεργάτη τον ίδιο τον Papert ο οποίος ήταν υπεύθυνος για την εισαγωγή της τεχνολογίας στις αίθουσες διδασκαλίας. Ήταν από τους πρώτους που ξεκίνησε τη χρήση γλωσσών προγραμματισμού, όπως η Logo, για να διδάξει μαθηματικά στα παιδιά. Ενώ αρχικά ο κονστρουξιονισμός, λόγω της γνωστικής προέλευσής του εμπνευστή του, χρησιμοποιήθηκε κατά κόρον για τη διδασκαλία των θετικών επιστημών και κυρίως των μαθηματικών, στη συνέχεια άρχισε να χρησιμοποιείται και για τη διδασκαλία άλλων μαθημάτων όπως κοινωνικών σπουδών, επικοινωνίας, μέσων ενημέρωσης, κλπ. Πιο πρόσφατα, άρχισε να χρησιμοποιείται ως θεωρία, λόγω της ραγδαίας εξέλιξης της τεχνολογίας, και στον τομέα της εφαρμοσμένης γλωσσολογίας, ειδικά στον τομέα εκμάθησης δεύτερης ξένης γλώσσας *second language acquisition (SLA)*. Μία χαρακτηριστική εφαρμογή για την εκμάθηση ξένων γλωσσών είναι για παράδειγμα το δημοφιλές παιχνίδι *SimCity*, στο οποίο οι παίκτες εξασκούνται και μαθαίνουν διάφορες γλώσσες μέσω της αλληλεπίδρασής τους στον εικονικό κόσμο του παιχνιδιού (Lorsbach & Tobin, 1997).

Οι θεωρίες του επικδομητισμού και του κονστρουξιονισμού σε συνδυασμό με τις πρακτικές του PBL και της ομαδοσυνεργατικής διδασκαλίας έχουν υιοθετηθεί και χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια στα εκπαιδευτικά συστήματα πολλών χωρών της Ευρώπης, της Βόρειας Αμερικής, της Αυστραλίας και της Ανατολικής Ασίας. Η ταχύτατη εξέλιξη της τεχνολογίας, τόσο σε επίπεδο υλικού όσο και σε επίπεδο λογισμικού, συνέβαλε στη διάδοση των συγκεκριμένων εκπαιδευτικών θεωριών. Παράλληλα, τεχνολογίες και τεχνολογικά προϊόντα όπως η τρισδιάστατη μοντελοποίηση (3D modeling) και εκτύπωση (3D printing), ο προγραμματισμός, η εικονική πραγματικότητα (Virtual Reality, VR) και επαυξημένη πραγματικότητα

*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*

(Augmented Reality, AR), η ρομποτική, οι εφαρμογές των smartphones και τα videogames εντάχθηκαν στα εκπαιδευτικά συστήματα πολλών ανεπτυγμένων χωρών στα πλαίσια μίας διαθεματικής διδασκαλίας και μίας συνειδητής προσπάθειας τεχνολογικού γραμματισμού.

## **Κεφάλαιο 3. Τρισδιάστατη Μοντελοποίηση**

### **3.1 Τρισδιάστατη μοντελοποίηση και δημιουργία ψηφιακών μοντέλων**

Τα τρισδιάστατα γραφικά υπολογιστή (3D computer graphics), είναι γραφικά που χρησιμοποιούν μία αναπαράσταση γεωμετρικών δεδομένων σε τρεις διαστάσεις και αποτελούν επέκταση και εξέλιξη των γραφικών που κινούνταν στις δύο διαστάσεις (2D graphics). Αυτά τα γεωμετρικά δεδομένα εισάγονται στον ηλεκτρονικό υπολογιστή για σκοπούς εκτέλεσης υπολογισμών και σκιαγράφησης / μορφοποίησης δισδιάστατων εικόνων. Αυτές οι εικόνες μπορούν να αποθηκευτούν για προβολή αργότερα ή σε πραγματικό χρόνο. Τα τρισδιάστατα γραφικά αποτελούν βασικό στοιχείο σχεδόν όλων των πολυμεσικών εφαρμογών. Η εξάπλωσή τους είναι τέτοια, ώστε ακόμα και εφαρμογές που δεν έχουν άμεση σχέση με τη δημιουργία τρισδιάστατων γραφικών, τα χρησιμοποιούν πολλές φορές ως μέρος της διεπιφάνειας χρήσης τους (user interface). Ακόμη και απλές εφαρμογές γραφείου, όπως π.χ. το Microsoft Word, παρέχουν κάποιες δυνατότητες για απλά τρισδιάστατα γραφικά (Schmidt et al., 2007).

Τρισδιάστατη μοντελοποίηση ονομάζεται η διαδικασία κατά την οποία αναπτύσσεται μια μαθηματική έκφραση κάθε τρισδιάστατης επιφάνειας άψυχων ή έμψυχων αντικειμένων μέσω εξειδικευμένου λογισμικού, παράγοντας έτσι ένα τρισδιάστατο μοντέλο. Τα 3D μοντέλα αντιπροσωπεύουν ένα αντικείμενο χρησιμοποιώντας μια συλλογή σημείων και άλλων πληροφοριών, στον τρισδιάστατο χώρο, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με διάφορες γεωμετρικές οντότητες όπως τρίγωνα, ευθύγραμμα τμήματα, καμπύλες, κλπ. Τα μοντέλα μπορούν να δημιουργηθούν είτε χειροκίνητα, είτε με αλγοριθμικές διαδικασίες (procedural modeling) ή μέσω σάρωσης (model scanning). Σχεδόν όλα τα 3D μοντέλα μπορούν να χωριστούν στις εξής κατηγορίες:

- **Στερεά (Solid)** Χρησιμοποιούνται κυρίως για μη γραφικές προσομοιώσεις όπως για παράδειγμα ιατρικές ή μηχανικές, για CAD (Computer-Aided Design) και εξειδικευμένες οπτικές εφαρμογές για ανίχνευση ακτίνων και

εποικοδομητική στερεά γεωμετρία (constructive solid geometry). Τα μοντέλα αυτά καθορίζουν τον όγκο του αντικειμένου που αντιπροσωπεύουν.

- Όρια (**Shell/Boundary**) Αυτά τα μοντέλα αναπαριστούν την επιφάνεια, π.χ. το όριο του αντικειμένου, και όχι τον όγκο του. Είναι ευκολότερα στη χρήση από τα στερεά μοντέλα. Σχεδόν όλα τα οπτικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται σε παιχνίδια και ταινίες είναι μοντέλα shell.

Οι πιο δημοφιλείς μέθοδοι δημιουργίας τρισδιάστατων ψηφιακών μοντέλων είναι οι εξής:

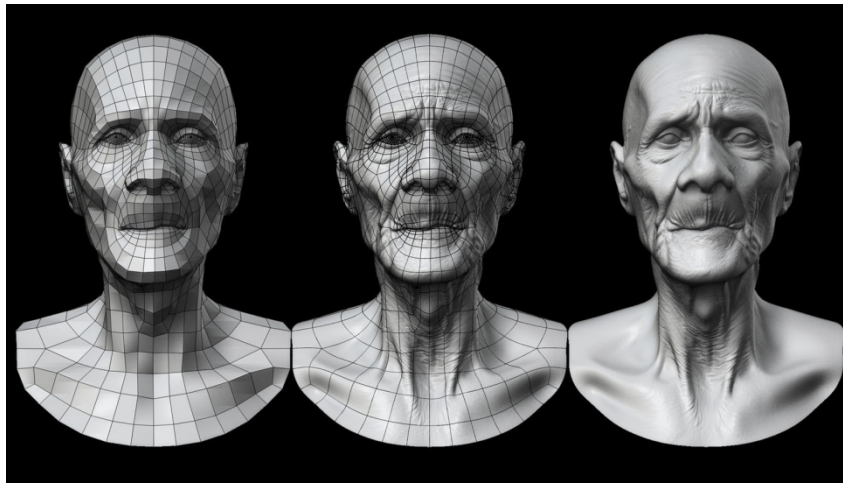
- α) ο πολυγωνικός σχεδιασμός (polygonal modeling),
- β) ο καμπυλωτός σχεδιασμός (Non-Uniform Rational B-Spline),
- γ) η ψηφιακή γλυπτική (digital sculpting),
- δ) η τρισδιάστατη σάρωση (3d scanning),
- ε) η φωτογραμμετρία (photogrammetry).

### **3.1.1 Πολυγωνικός Σχεδιασμός (Polygonal Modeling)**

Ο Πολυγωνικός Σχεδιασμός είναι μια προσέγγιση για τη μοντελοποίηση αντικειμένων που προσεγγίζει τις επιφάνειές τους χρησιμοποιώντας πολύγωνα. Σημεία και κορυφές συνδέονται στον εικονικό τρισδιάστατο χώρο με ευθύγραμμα τμήματα, σχηματίζοντας πολύγωνα. Η φιλοσοφία των περισσότερων 3D μοντέλων σήμερα είναι χτισμένη πάνω σε πολυγωνικά μοντέλα, γιατί είναι ευέλικτα και οι υπολογιστές μπορούν να τα επεξεργαστούν σε πολύ μικρό χρόνο. Επειδή ωστόσο τα πολύγωνα είναι επίπεδες επιφάνειες, οι σύνθετες κυρτές επιφάνειες μοντελοποιούνται μόνο κατά προσέγγιση με τη χρήση πολλών πολυγώνων (Εικόνα 1).

Το βασικό αντικείμενο που χρησιμοποιείται στην πολυγωνική μοντελοποίηση πλέγματος είναι μια κορυφή (vertex), ένα σημείο στον τρισδιάστατο χώρο. Δύο κορυφές που συνδέονται με μια ευθεία γραμμή αποτελούν μια ακμή (edge). Τρεις κορυφές, που συνδέονται μεταξύ τους με τρεις ακμές, ορίζουν ένα τρίγωνο (triangle), το οποίο είναι το απλούστερο πολύγωνο στον Ευκλείδειο χώρο.

Πιο περίπλοκα πολύγωνα μπορούν να δημιουργηθούν από πολλαπλά τρίγωνα ή ως ένα μόνο αντικείμενο με περισσότερες από 3 κορυφές ενωμένες με ακμές. Τέσσερα πλευρικά πολύγωνα (γενικά αναφερόμενα ως quads) και τρίγωνα είναι τα πιο κοινά σχήματα που χρησιμοποιούνται στην πολυγωνική μοντελοποίηση. Μια ομάδα πολυγώνων, που συνδέονται μεταξύ τους με κοινές κορυφές, αναφέρεται γενικά ως στοιχείο. Κάθε ένα από τα πολύγωνα που αποτελούν ένα στοιχείο ονομάζεται όψη (face) (Spencer, 2012).



**Εικόνα 1:** Τρισδιάστατο πορτραίτο ενός ηλικιωμένου άνδρα με τη χρήση του *polygonal modeling*.

Μια ομάδα πολυγώνων που συνδέονται με κοινές κορυφές αναφέρεται ως πλέγμα (mesh). Για να σχεδιαστεί ένα πλέγμα από τον υπολογιστή με επιτυχία, είναι σημαντικό να μην είναι αυτοδιατημημένο, πράγμα που σημαίνει ότι κανένα άκρο του δεν πρέπει να περνά μέσα από ένα πολύγωνο του εν λόγω αντικειμένου. Είναι επίσης επιθυμητό το πλέγμα να μην περιέχει σφάλματα όπως διπλασιασμένες κορυφές, ακμές ή όψεις. Για ορισμένους σκοπούς, είναι σημαντικό το πλέγμα να είναι πολλαπλό, δηλαδή, να μην περιέχει οπές ή μοναδικότητες (θέσεις όπου δύο διαφορετικά τμήματα του πλέγματος συνδέονται με μία μόνο κορυφή).

Η δημιουργία ενός πλέγματος, στην πολυγωνική μοντελοποίηση, μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους. Οι πιο συνηθισμένοι είναι:



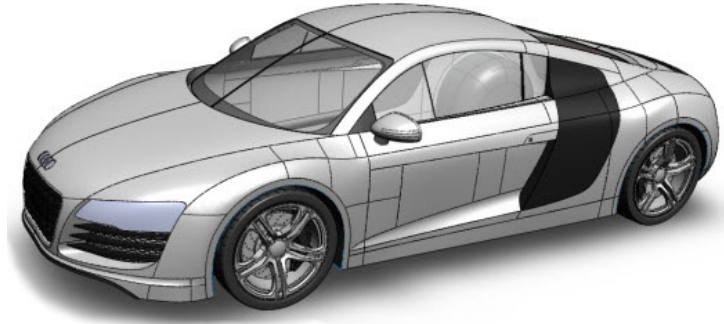
- Το box modeling: ο χρήστης ενός λογισμικού τρισδιάστατης μοντελοποίησης ξεκινώντας από ένα κύβο και χρησιμοποιώντας τα εργαλεία extrude και subdivision, έχει τη δυνατότητα να καθορίσει χειροκίνητα τις όψεις, τις κορυφές και τις ακμές του mesh.
- Το inflation/ extrusion modeling: ο χρήστης δημιουργεί ένα σχήμα 2D το οποίο ανιχνεύει το περίγραμμα ενός αντικειμένου από μια φωτογραφία ή ένα σχέδιο. Ο χρήστης στη συνέχεια χρησιμοποιεί μια δεύτερη εικόνα του θέματος από διαφορετική γωνία και εξωθεί το σχήμα 2D σε 3D, και πάλι ακολουθώντας το περίγραμμα του σχήματος. Αυτή η μέθοδος είναι ιδιαίτερα κοινή για τη δημιουργία προσώπων. Ο καλλιτέχνης, για παράδειγμα, μοντελοποιεί το μισό ενός ανθρώπινου κεφαλιού και στη συνέχεια αντιγράφει τις κορυφές του, τις αντιστρέφει αντικατοπτρίζοντας το αρχικό μοντέλο και τέλος συνδέει τα δύο κομμάτια μαζί. Αυτό εξασφαλίζει ότι το μοντέλο θα είναι συμμετρικό.
- Μια ακόμα μέθοδος που χρησιμοποιείται συχνά για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων μέσω polygonal modeling, υλοποιείται με την κατάλληλη σύνδεση των βασικών γεωμετρικών σχημάτων, που υπάρχουν σε όλα τα λογισμικά τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Τα σχήματα αυτά είναι: σφαίρα, κύλινδρος, κώνος, κύβος, πυραμίδα, πολύγωνα (εξάγωνο, πεντάγωνο κ.α.) καθώς επίσης και 2D σχήματα (επίπεδο, δίσκος κ.α.) (Spencer, 2012).

### **3.1.2 Καμπυλωτός σχεδιασμός (NURBS)**

Οι επιφάνειες NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline) ορίζονται από μαθηματικές καμπύλες τύπου spline, οι οποίες επηρεάζονται από σταθμισμένα σημεία ελέγχου (weighted control points). Ο όρος NURBS αναφέρεται στο μαθηματικό μοντέλο που χρησιμοποιείται συνήθως σε γραφικά υπολογιστή για την παραγωγή και την απεικόνιση καμπυλών. Η αύξηση του βάρους για ένα σημείο θα τραβήξει την καμπύλη πιο κοντά στο σημείο αυτό. Τα NURBS είναι πραγματικά λείες επιφάνειες

*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*

και όχι απλές προσεγγίσεις και έτσι είναι ιδιαίτερα κατάλληλη μέθοδος για «οργανικές» μοντελοποιήσεις (organic modeling), (Εικόνα 2) (Spencer, 2012).

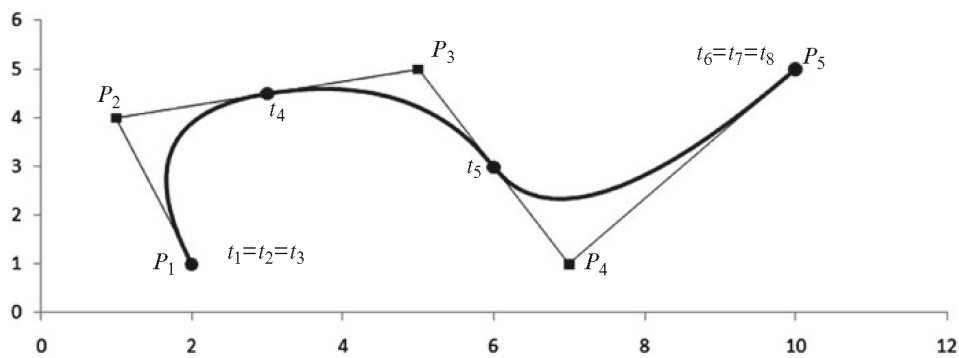


**Εικόνα 2:** Μοντέλο αυτοκινήτου δημιουργημένο με NURBS. Βοηθάει ο συγκεκριμένος τρόπος να απεικονιστούν κατάλληλα οι καμπύλες και το οργανικό design του.

Τα γραφικά NURBS μπορεί εύκολα να τα επεξεργαστεί ο ηλεκτρονικός υπολογιστής μέσα από διάφορα λογισμικά και έτσι χρησιμοποιούνται συχνά σε εφαρμογές και παιχνίδια που χρειάζεται να γίνει απόδοση των επιφανειών και των όγκων σε πραγματικό χρόνο (real-time rendering). Οι επιφάνειες NURBS είναι λειτουργίες δύο παραμέτρων που αντιστοιχούν σε μια επιφάνεια σε τρισδιάστατο χώρο. Το σχήμα της επιφάνειας καθορίζεται από τα σημεία ελέγχου. Οι επιφάνειες NURBS μπορούν να αντιπροσωπεύουν, σε συμπαγή μορφή, απλά γεωμετρικά σχήματα.

Γενικά, η επεξεργασία των καμπυλών και των επιφανειών NURBS είναι ιδιαίτερα χρηστική και προβλέψιμη διαδικασία. Τα σημεία ελέγχου είναι πάντα είτε συνδεδεμένα απευθείας με την καμπύλη/ επιφάνεια, είτε λειτουργούν σαν να συνδέονται με μια ελαστική ταινία (Εικόνα 3). Ανάλογα με τις δυνατότητες που παρέχει το κάθε λογισμικό, η επεξεργασία γίνεται μέσω των σημείων ελέγχου ενός στοιχείου, τα οποία είναι πιο εμφανή και κοινά για τις καμπύλες Bézier ή μέσω εργαλείων υψηλότερου επιπέδου, όπως η μοντελοποίηση spline ή η ιεραρχική επεξεργασία.

Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού



Εικόνα 3: Απεικόνιση μίας καμπύλης NURBS ως ελαστικής ταινίας που ενώνει σημεία.

### 3.1.3 Ψηφιακή Γλυπτική (Digital Sculpting)

Η ψηφιακή γλυπτική είναι μία σχετικά πρόσφατη μέθοδος δημιουργίας τρισδιάστατων ψηφιακών μοντέλων, η οποία άρχισε να χρησιμοποιείται από το 2000 με λογισμικά όπως το ZBrush. Έγινε γρήγορα πολύ δημοφιλής εξαιτίας της προσέγγισής της όσον αφορά το δημιουργικό κομμάτι, αφού από όλες τις μεθόδους αυτή μοιάζει πιο πολύ με την παραδοσιακή γλυπτική (Εικόνα 4). Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ψηφιακών χαρακτήρων, περιβαλλόντων και αντικειμένων όταν είναι επιθυμητή η λεπτομερής απεικόνισή τους. Ο χρήστης «πλάθει» τα μοντέλα με ψηφιακά υλικά που μοιάζουν με πυλό, πλαστελίνη, μάρμαρο, ξύλο κλπ. μορφοποιώντας ένα τεράστιο αριθμό πολυγώνων (συνήα τα μοντέλα ξεπερνούν τα 40 εκατομμύρια πολύγωνα). Όπως είναι φυσικό, η δυνατότητα αυτή δίνει στο χρήστη την ελευθερία να πειραματιστεί και να προσθέσει, αφαιρέσει ή αλλοιώσει το μοντέλο με μεγάλη ευκολία, ειδικά αν έχει γνώση σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας της παραδοσιακής γλυπτικής.

Η ψηφιακή γλυπτική, ακριβώς επειδή μορφοποιεί εκατομμύρια πολύγωνα, αρχικά χρησιμοποιούνταν μόνο από μεγάλα studio παραγωγής, λόγω του κόστους των λογισμικών αλλά και της υπολογιστικής δύναμης που χρειάζεται για να υποστηριχθεί ως τεχνολογία. Ωστόσο, με τη ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας την τελευταία δεκαετία άρχισε να χρησιμοποιείται από πάρα πολλούς καλλιτέχνες, μηχανικούς και επιστήμονες. Πλέον, εκτός από το ZBrush, υπάρχουν πολλά λογισμικά τρισδιάστατης ψηφιακής γλυπτικής όπως τα: Mudbox, Meshmixer, 3D

*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*

Coat, Sculpttris, Blender, Maya, SculptGL, κ.α. Πολλά από αυτά μάλιστα είναι δωρεάν, είτε online, είτε ως applications, ενώ πλέον μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκτός από υπολογιστή και σε tablets και smartphones.

Υπάρχουν συνολικά τρεις τύποι ψηφιακού σχεδιασμού:

- η εκτόπιση (η πιο δημοφιλής από όλες),
- η ογκομετρική και
- η δυναμική διακόσμηση σε ψηφιδωτό στυλ.

Η ψηφιακή γλυπτική χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για τη δημιουργία γραφικών σε ψηφιακά παιχνίδια, ταινίες, animation, προσομοιώσεων στην ιατρική και τη μηχανική αλλά και σε κλάδους όπως η διαφήμιση και γενικότερα όπου απαιτούνται λεπτομερή τρισδιάστατα γραφικά – βλ. Εικόνα 4, (Germano, 2016).



**Εικόνα 4:** *Χαρακτήρες δημιουργημένοι με digital sculpting. Εξαιτίας της λεπτομέρειας που προσφέρει, η ψηφιακή γλυπτική χρησιμοποιείται στα videogames, animation, cinema, κλπ.*

#### **3.1.4 Τρισδιάστατη σάρωση (3D Scanning)**

Η τρισδιάστατη σάρωση είναι μία τεχνική συλλογής δεδομένων ενός πραγματικού αντικειμένου ή ενός περιβάλλοντος, μέσω της σάρωσής του, κατά τη διάρκεια της οποίας καταγράφονται και αναλύονται ψηφιακά πληροφορίες γι' αυτό, όπως: τα υλικά, τα χρώματα, ο όγκος και οι λεπτομέρειές του. Τα δεδομένα

που συλλέγονται μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή ψηφιακών τρισδιάστατων μοντέλων. Η διαδικασία της τρισδιάστατης σάρωσης γίνεται με τη βοήθεια μίας συσκευής που ονομάζεται 3D scanner.

Πολλές διαφορετικές τεχνολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή συσκευών τρισδιάστατης σάρωσης. Κάθε τεχνολογία έρχεται με δικούς της περιορισμούς, πλεονεκτήματα και κόστος. Είναι σημαντικό να τονιστεί πως παρά την ταχύτατη εξέλιξη της συγκεκριμένης τεχνολογίας, υπάρχουν ακόμα αρκετοί περιορισμοί στο είδος των αντικειμένων που μπορούν να ψηφιοποιηθούν. Για παράδειγμα, η τρισδιάστατη σάρωση μπορεί να συναντήσει πολλές δυσκολίες με γυαλιστερά, κατοπτρικά ή διαφανή αντικείμενα.

Τα δεδομένα που συλλέγει το 3D scanning είναι χρήσιμα για μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών. Οι συσκευές τρισδιάστατης σάρωσης χρησιμοποιούνται εκτενώς από τη βιομηχανία ψυχαγωγίας για την παραγωγή ταινιών και βιντεοπαιχνιδιών, συμπεριλαμβανομένης της εικονικής πραγματικότητας. Άλλες κοινές εφαρμογές αυτής της τεχνολογίας είναι ο βιομηχανικός σχεδιασμός, η προσθετική στην ιατρική, η αντίστροφη μηχανική και η προτυποποίηση, ο ποιοτικός έλεγχος / επιθεώρηση και η ψηφιοποίηση πολιτιστικών αντικειμένων.

Το 3D scanning ως τεχνολογία χωρίζεται σε 2 βασικές υποκατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο σάρωσης που διαθέτει. Οι κατηγορίες αυτές είναι το Contact 3D scanning και το Non-contact active 3D scanning. Το Contact 3D scanning λειτουργεί, όπως δηλώνει και το όνομά του, με την επαφή του σαρωτή με το αντικείμενο που θα μοντελοποιηθεί ψηφιακά. Το αντικείμενο που θα σαρωθεί συνήθως τοποθετείται πάνω σε μία λεία, μη ανακλαστική επιφάνεια και παραμένει σταθερό, ενώ ο σαρωτής περιστρέφεται γύρω του αγγίζοντάς το και καταγράφοντας τις λεπτομέρειές του. Όταν το αντικείμενο δεν έχει σταθερή βάση χρησιμοποιούνται ειδικά υποστηρικτικά μηχανήματα ώστε να παραμένει σταθερό κατά τη διάρκεια της σάρωσης.

Τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι η λεπτομέρεια καταγραφής του αντικειμένου από τον σαρωτή και το γεγονός ότι δεν απαιτεί χειροκίνητη δουλειά από το χρήστη του scanner. Στα μειονεκτήματα του εν λόγω

συστήματος περιλαμβάνεται ο περιορισμός των αντικειμένων προς σάρωση, αφού το μηχάνημα δέχεται συγκεκριμένα μεγέθη αντικειμένων και το γεγονός πως αντικείμενα με χαμηλή σταθερότητα δεν είναι εύκολο να παραμείνουν ακίνητα ώστε να δουλέψει το 3D scanning με την απαιτούμενη ακρίβεια.

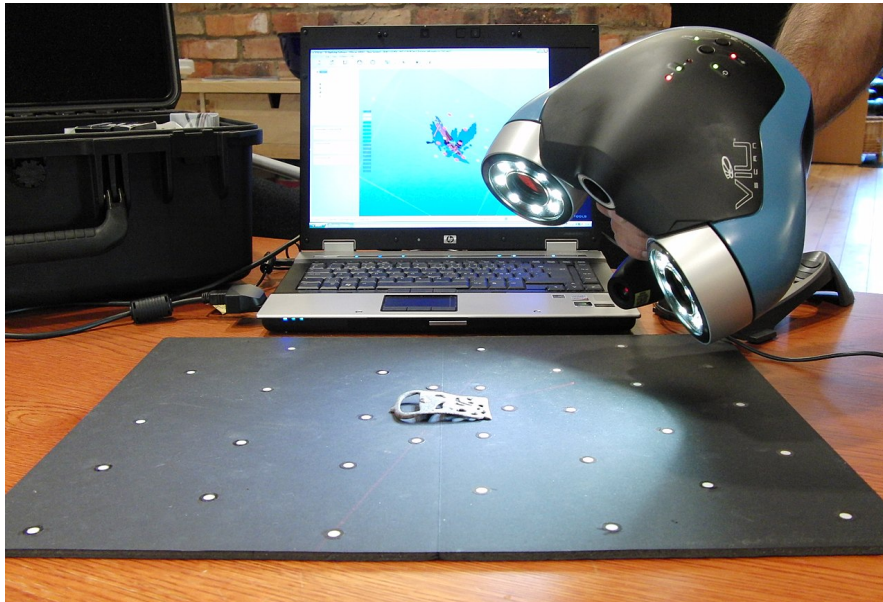
Ένα πολύ καλό σύστημα 3D scanning είναι το επονομαζόμενο CMM (coordinate measuring machine). Χρησιμοποιείται κυρίως σε κατασκευαστικό επίπεδο, για μοντελοποίηση μηχανικών τμημάτων ενός ρομπότ κ.λπ., και μπορεί να είναι πολύ ακριβές. Το μειονέκτημα του CMM όμως είναι ότι απαιτεί επαφή με το αντικείμενο που σαρώνει. Επομένως, η πράξη σάρωσης του αντικειμένου μπορεί να το τροποποιήσει ή να το καταστρέψει. Αυτό το γεγονός είναι πολύ σημαντικό κατά τη σάρωση εύθραυστων ή πολύτιμων αντικειμένων, όπως είναι τα ιστορικά αντικείμενα. Το άλλο μειονέκτημα των CMMs είναι ότι είναι σχετικά αργά σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους σάρωσης. Η φυσική κίνηση του βραχίονα στον οποίο είναι τοποθετημένος ο ανιχνευτής μπορεί να είναι πολύ αργή και τα ταχύτερα CMMs μπορούν να λειτουργήσουν μόνο σε μερικές εκατοντάδες hertz. Αντίθετα, ένα οπτικό σύστημα όπως ο σαρωτής λέιζερ μπορεί να λειτουργεί σε συχνότητες από 10 έως 500 kHz.

Το Non-contact active 3D scanning, ως μέθοδος δεν απαιτεί επαφή του σαρωτή με το αντικείμενο σάρωσης. Οι πληροφορίες συλλέγονται συνήθως από ένα χειροκίνητο σαρωτή ο οποίος στέλνει ακτίνες X, υπερήχους ή κάποιο συγκεκριμένο είδος φωτός και με την βοήθεια των locators (ειδικά αυτοκόλλητα που τοποθετούνται στο αντικείμενο προς σάρωση) καταγράφει τα δεδομένα που συλλέγει απευθείας σε ένα λογισμικό τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Τα θετικά της συγκεκριμένης μεθόδου είναι η ταχύτητα σάρωσης και η ποικιλία αντικειμένων που μπορούν να σαρωθούν, αφού το μέγεθος του αντικειμένου δεν έχει σημασία. Στα αρνητικά της μεθόδου θα μπορούσαν να αναφερθούν η δυσκολία καταγραφής λεπτομερειών ενός μοντέλου και η χειροκίνητη προσπάθεια που απαιτείται για να υπάρχει ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα (Εικόνα 5).

Η τρισδιάστατη σάρωση χρησιμοποιείται πάρα πολύ από αρχαιολόγους. Η μέθοδος αυτή δίνει μεγάλη πιστότητα μοντέλων και έτσι ψηφιοποιούνται έργα

*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*

τέχνης, όπως ο Δαυίδ του Μιχαήλ Άγγελου, τα οποία τοποθετούνται σε ψηφιακά μουσεία, εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας ή απλά κρατούνται ως αρχείο μελέτης. Το βασικό αρνητικό της μεθόδου είναι ότι απαιτεί πολύ ισχυρά υπολογιστικά μηχανήματα ώστε να μπορέσουν να διαχειριστούν την τόσο μεγάλη πληροφορία που συλλέγεται. Τα cloud points (έτσι ονομάζονται τα σημεία που συλλέγονται κατά το 3D scanning) αν και έχουν ακρίβεια, δεν είναι ένα σύστημα φιλικό προς το animation. Τα αντικείμενα που σαρώθηκαν πρέπει να περάσουν από μία περίπλοκη και χρονοβόρα διαδικασία για να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν ως κομμάτια κάποιου animation (Dou et al., 2015).



**Εικόνα 5:** Δημιουργία ψηφιακού μοντέλου τμήματος της ζώνης ενός Βίκινγκ με την χρήση ενός VIUscan 3D laser scanner.

### **3.1.5 Φωτογραμμετρία**

Φωτογραμμετρία ονομάζεται μια ιδιαίτερη μέθοδος ή τεχνική προσδιορισμού διαστάσεων αντικειμένων με χρήση φωτογραφιών. Στη μέθοδο αυτή ακολουθείται ιδιαίτερος τρόπος φωτογράφισης. Η φωτογραμμετρία είναι τόσο παλιά όσο και η σύγχρονη φωτογραφία: χρονολογείται στα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα. Μέσω της φωτογραμμετρίας μπορεί να μετρηθεί η απόσταση μεταξύ δύο σημείων που βρίσκονται σε ένα επίπεδο παράλληλο με το επίπεδο φωτογραφικής

εικόνας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη μέτρηση της απόστασης των σημείων στην εικόνα, εφόσον η κλίμακα της εικόνας είναι γνωστή.

Η φωτογραμμετρική ανάλυση μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε μία μοναδική φωτογραφία όσο και σε σειρά φωτογραφιών υψηλής ταχύτητας αλλά και σε τηλεσκοπικές φωτογραφίες. Χρησιμοποιείται για να καταγράψει πολύπλοκα πεδία κίνησης 2D και 3D, με την βοήθεια μετρήσεων και ανάλυσης εικόνων σε υπολογιστικά μοντέλα, σε μία προσπάθεια να υπολογιστούν με ακρίβεια οι πραγματικές 3D κινήσεις. Οι πρώτες χρήσεις της φωτογραμμετρίας έγιναν στη χαρτογραφία όπου χρησιμοποιήθηκε για την χάραξη γραμμών περιγράμματος σε τοπογραφικούς χάρτες. Σήμερα έχει πολλαπλές χρήσεις και έχει διαδοθεί πολύ περισσότερο.

Η φωτογραμμετρία έχει οριστεί από την Αμερικανική Εταιρεία Φωτογραμμετρίας και Τηλεπισκόπησης (ASPRS) ως η τέχνη, η επιστήμη και η τεχνολογία για την απόκτηση αξιόπιστων πληροφοριών σχετικά με τα φυσικά αντικείμενα και το περιβάλλον τους μέσω διαδικασιών καταγραφής, μέτρησης και ερμηνείας φωτογραφικών εικόνων και μορφών καταγραφόμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και άλλων φαινομένων. Χρησιμοποιείται ως μέθοδος από πολλούς άλλους κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της οπτικής και της προβολικής γεωμετρίας. Η ψηφιακή καταγραφή εικόνων και η φωτογραμμετρική επεξεργασία τους περιλαμβάνει αρκετά καλά καθορισμένα στάδια, τα οποία επιτρέπουν τη δημιουργία 2D ή 3D ψηφιακών μοντέλων του αντικειμένου που φωτογραφήθηκε, ως τελικό προϊόν.

Ο εξοπλισμός και τα όργανα (φωτογραφικές μηχανές, κ.λπ.) που χρησιμοποιούνται στη μέθοδο αυτή έχουν εξελιχθεί σε πολύ υψηλό βαθμό μέχρι το σημείο της αυτοματοποίησης. Η παράλληλη εξέλιξη των μέσων από τα οποία πραγματοποιείται αυτή, ειδικότερα των διαστημικών μηχανών (τεχνητών δορυφόρων) επιτρέπει πλέον την εφαρμογή της σε υψηλό βαθμό ποιότητας, με κάλυψη και των τριών διαστάσεων. Παράλληλα, η εξέλιξη των υπερευαίσθητων φιλμ σε ακτινοβολίες πέραν του ορατού φάσματος δημιούργησε νέα πεδία επιστημονικού ενδιαφέροντος. Με την εξέλιξη και της ψηφιακής φωτογραφίας, η



*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*

λεγόμενη ψηφιακή φωτογραμμετρία κυριαρχεί σήμερα στο χώρο των επίγειων υποτυπώσεων, με επιπλέον εφαρμογές στην αρχαιολογία, αρχιτεκτονική, δασοκομία, ιατρική, ναυπηγική, κατασκευές μεγάλων έργων οδοποιίας κ.λπ. (Εικόνα 6) (Baqersad et al., 2017).



**Εικόνα 6:** Σύστημα φωτογραμμετρίας με 90 DSLR κάμερες, που δημιουργήθηκε το 2015 από την UMBC, για δημιουργία ψηφιακών ανθρώπινων μοντέλων και για τη μελέτη διαφόρων ειδών κίνησης.

### **3.2 Το λογισμικό 3D μοντελοποίησης Autodesk Maya**

Το Autodesk Maya είναι ένα από τα πρώτα λογισμικά τρισδιάστατης μοντελοποίησης που χρησιμοποιήθηκε και συνεχίζει να εξελίσσεται και να χρησιμοποιείται τόσο στον τομέα της δημιουργίας εφαρμογών, animation και videogames όσο και σε άλλους επιστημονικούς, ιατρικούς και εκπαιδευτικούς τομείς. Το Maya είναι μια εφαρμογή γραφικών 3D που εκτελείται σε Η/Υ με λειτουργικό σύστημα Windows ή macOS ή Linux. Αρχικά αναπτύχθηκε από την εταιρία Alias Systems Corporation (πρώην Alias Wavefront). Το Maya 1.0 κυκλοφόρησε το Φεβρουάριο του 1998. Μετά την εξαγορά του από την εταιρεία Autodesk το 2005, το λογισμικό μετονομάστηκε σε Autodesk Maya.

Αρχικά, το λογισμικό Maya αναπτύχθηκε για τη δημιουργία τρισδιάστατων διαδραστικών εφαρμογών, videogames, animation και special effects για τον κινηματογράφο αλλά και για τηλεοπτικές παραγωγές. Μερικά από τα πιο γνωστά project (ταινίες, animation, videogames) που έκαναν χρήση του συγκεκριμένου λογισμικού είναι:

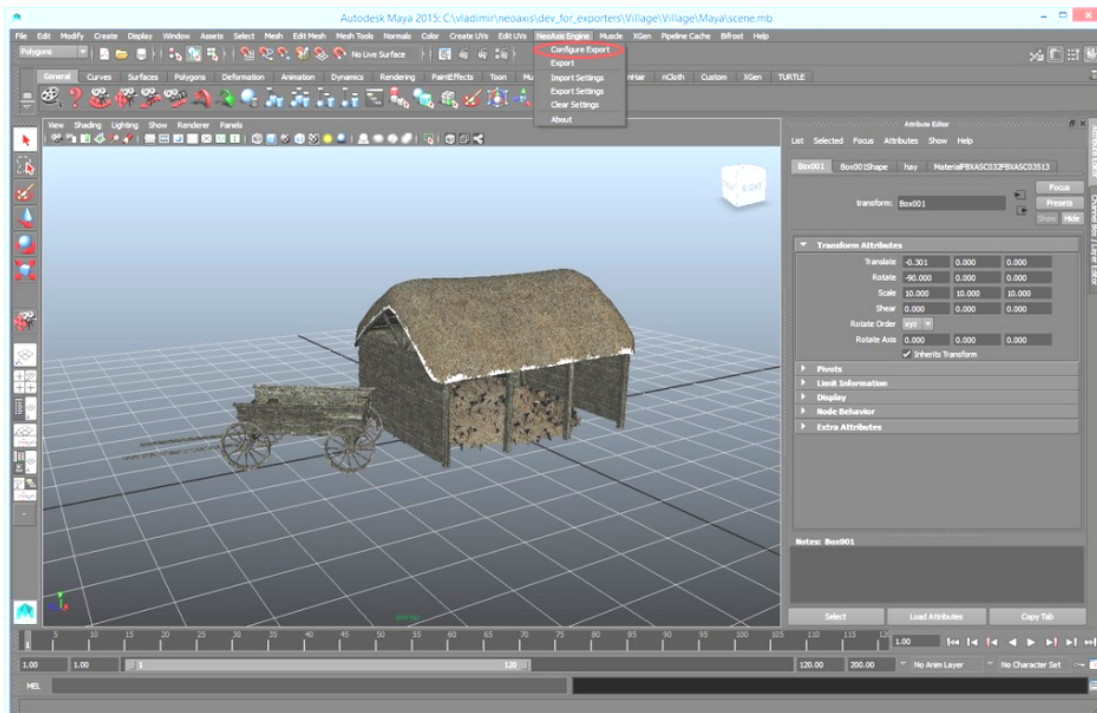
- Transformers: Dark of the Moon (2011),
- Harry Potter and the Deathly Hallows: Part 2 (2011),
- Halo 4 (2012),
- South Park (2001– μέχρι σήμερα),
- Stranglehold (2007),
- Monsters vs. Aliens (2009) κ.α.

Για την σχεδίαση ενός τρισδιάστατου έργου στο Maya, οι χρήστες ορίζουν έναν εικονικό χώρο εργασίας (scene) για την υλοποίηση και την επεξεργασία των τρισδιάστατων μοντέλων του έργου. Οι σκηνές μπορούν να αποθηκευτούν σε αρχεία με διάφορες ψηφιακές μορφές, με προεπιλογή το .mb (Maya D). Το Maya στηρίζεται σε μια αρχιτεκτονική γραφικού κόμβου. Τα στοιχεία σκηνής είναι βασισμένα σε κόμβους, και κάθε κόμβος έχει τα δικά του χαρακτηριστικά και τη δικιά του προσαρμογή. Ως αποτέλεσμα, η οπτική αναπαράσταση μιας σκηνής βασίζεται εξ ολοκλήρου σε ένα δίκτυο διασυνδεδετικών κόμβων, ανάλογα με τις πληροφορίες του άλλου. Για την ευκολία προβολής αυτών των δικτύων, υπάρχει μια εξάρτηση και ένα κατευθυνόμενο ακυκλικό γράφημα (Εικόνα 7).

Η δυνατότητα του Maya να προσφέρει μέσω ενός λογισμικού όλα τα απαραίτητα εργαλεία για τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου τρισδιάστατου κόσμου, το κατέστητε γρήγορα πολύ δημοφιλές και σε άλλους τομείς πέραν της διασκέδασης, του gaming και των κινηματογραφικών εφφέ, όπως στην εκπαίδευση, στην ιατρική και στην αστροφυσική. Ιδιαίτερα η ανάγκη για τη χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης και του animation στην εκπαίδευση οδήγησε την Autodesk να κάνει το λογισμικό πιο εύκολα προσβάσιμο σε τέτοιους χρήστες. Οι χρήστες που είναι μαθητές, φοιτητές, καθηγητές μπορούν να «κατεβάσουν» στον Η/Υ τους μια πλήρη εκπαιδευτική έκδοση από την κοινότητα εκπαίδευσης της

*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ΄ Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*

Autodesk. Οι εκδόσεις που είναι διαθέσιμες στην κοινότητα είναι αδειοδοτημένες μόνο για μη εμπορική χρήση (αφού ενεργοποιηθούν με την άδεια χρήσης του προϊόντος). Το λογισμικό έρχεται με πλήρη άδεια χρήσης 36 μηνών. Μόλις λήξει, οι χρήστες μπορούν να συνδεθούν στην κοινότητα για να ζητήσουν νέα άδεια χρήσης 36 μηνών και να λάβουν το πιο πρόσφατο προϊόν της Autodesk.



**Εικόνα 7:** Σκηνή μέσα στο Maya 2015. Διακρίνεται το User Interface και το μοντέλο ενός σπιτιού τοποθετημένο στο ακυκλικό γράφημα.

Το Autodesk Maya περιέχει μία πληθώρα εργαλείων για όλες τις απαραίτητες φάσεις σχεδίασης και τελειοποίησης ενός τρισδιάστατου αντικειμένου, δηλαδή modeling, texturing, rigging, lighting, animation effects. Ο χρήστης πρακτικά μπορεί να υλοποιήσει οποιαδήποτε ιδέα απαιτεί τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου ψηφιακού κόσμου. Εκτός από τα προαναφερθέντα εργαλεία και λειτουργίες, το Maya διαθέτει και πολλά ακόμα με ειδική, συγκεκριμένη χρήση, που δίνουν στο χρήστη μεγάλη ελευθερία όσον αφορά στο δημιουργικό κομμάτι. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι:

- Fluid Effects: Ένας ρεαλιστικός προσομοιωτής υγρών, βασισμένος σε απλοποιημένες, ασυμπίεστες εξισώσεις ροής Navier-Stokes για προσομοίωση μη ελαστικών υγρών προστέθηκε στην έκδοση Maya 4.5. Το συγκεκριμένο εργαλείο είναι αποτελεσματικό για την τρισδιάστατη αναπαράσταση του καπνού, της φωτιάς, των σύννεφων και των εκρήξεων, καθώς και για αναπαράσταση παχύρευστων υγρών, όπως το νερό, το μάγμα ή η λάσπη.
- Classic Cloth: Ένα δυναμικό σύνολο εργαλείων προσομοίωσης υφάσματος (πτυχώσεις, υφή, φωτοσκιάσεις, κλπ.).
- Fur: Προσομοιωτής γούνας που σχεδιάστηκε για την κάλυψη μεγάλων περιοχών ενός τρισδιάστατου μοντέλου με κοντές τρίχες και άλλα υλικά σχετικά με τα μαλλιά ή ίνες.
- nHair: Εξομοιωτής τρίχας ικανός να προσομοιώνει τις δυνάμεις που δρουν σε μακριές τρίχες και συγκρούσεις ανά τρίχα. Συχνά χρησιμοποιείται για την προσομοίωση πολύπλοκων μορφών από τρίχες, όπως π.χ. οι ουρές αλόγων, οι μπούκλες και οι πλεξούδες.
- nParticle: Το nParticle είναι για προσομοίωση μιας ευρείας γκάμας σύνθετων εφέ 3D, συμπεριλαμβανομένων υγρών, σύννεφων, καπνού, ψεκασμού και σκόνης. Τα σωματίδια είναι πιο εύκαμπτα από το προηγούμενο σύστημα σωματιδίων του Maya, καθώς τα nParticles μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση των ιξωδών υγρών καθώς και για την υποστήριξη πραγματικών συγκρούσεων σωματιδίων προς σωματίδια. Επίσης, τα σωματίδια αλληλεπιδρούν με το υπόλοιπο πλαίσιο προσομοίωσης Nucleus χωρίς την ανάγκη δαπανηρών εργασιών και προσαρμοσμένων scripting.
- Camera Sequencer: Ο sequencer της κάμερας προστέθηκε στο Autodesk Maya 2011 και χρησιμοποιείται για την ταυτόχρονη λήψη πολλαπλών καμερών και τη γρήγορη διαχείρισή τους κατά τη διάρκεια ενός animation.

Παράλληλα με την πιο αναγνωρισμένη οπτική ροή εργασίας (visual workflow), το Maya είναι εξοπλισμένο με μια διαδικτυακή γλώσσα προγραμματισμού, που

ονομάζεται Maya Embedded Language (MEL). Η MEL παρέχεται για δέσμες ενεργειών και είναι μέσο προσαρμογής της βασικής λειτουργικότητας του λογισμικού, καθώς πολλά από τα εργαλεία και εντολές που χρησιμοποιούνται είναι γραμμένα σε αυτό. Ο κώδικας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή τροποποιήσεων, προσθηκών ή για τη διευκόλυνση του χρήστη ώστε να αυτοματοποιήσει κάποιες διαδικασίες για εξοικονόμηση χρόνου. Εκτός από αυτές τις επιφανειακές χρήσεις της γλώσσας, η αλληλεπίδραση των χρηστών καταγράφεται στο MEL, επιτρέποντας ακόμη και σε άπειρους χρήστες να εφαρμόζουν υπορουτίνες. Επομένως πολλές πληροφορίες μίας σκηνής (scene) μπορούν να εξαχθούν, μέσω της επέκτασης .ma, η οποία είναι επεξεργάσιμη και εκτός του Maya, σε οποιοδήποτε επεξεργαστή κειμένου (text editor).

Το Autodesk Maya ως λογισμικό υποστηρίζει όλες τις μορφές μοντελοποίησης που αναφέρθηκαν προηγουμένως εκτός από το digital sculpting. Τα τρισδιάστατα μοντέλα που γίνονται με αυτή την τεχνική πρέπει να τροποποιηθούν μέσω μίας διαδικασίας που ονομάζεται retopology, ώστε να μειωθεί ο αριθμός των πολυγώνων τους ώστε να είναι έτσι πιο διαχειρίσιμα και φιλικά προς το animation τα αρχεία που παράγονται. Για το λόγο αυτό, το Maya είναι συμβατό και με άλλα λογισμικά όπως το TopoGun, που είναι ιδανικό για retopology αλλά και με λογισμικά όπως το Adobe Photoshop, το Pixlr Editor και το GIMP που είναι ιδανικά για δημιουργία της υφής (texture) για τα τρισδιάστατα μοντέλα.

## **Κεφάλαιο 4. Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στην εκπαίδευση.**

### **4.1 Σχολική εκπαίδευση: μάθημα Ιστορίας και Κοινωνικών Επιστημών**

Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση όπως και η τρισδιάστατη εκτύπωση (3d printing) ως τεχνολογίες έχουν εισαχθεί εδώ και αρκετά χρόνια τόσο στην πρωτοβάθμια όσο και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση πολλών ανεπτυγμένων χωρών όπως για παράδειγμα ο Καναδάς, οι Η.Π.Α., η Φινλανδία, η Μ. Βρετανία, η Γερμανία και η Ιαπωνία. Επομένως, όπως είναι φυσικό, έχουν αρχίσει να διεξάγονται αρκετές έρευνες που μελετούν την εκπαιδευτική αξία αυτών των τεχνολογιών.

Μία μεγάλη διερευνητική μελέτη που διεξήχθη το 2015 και δημοσιεύτηκε το 2017, εξέτασε τη χρήση της 3D τεχνολογίας από εκπαιδευτικούς και μαθητές σε τέσσερις τάξεις του Γυμνασίου, στο μάθημα της Ιστορίας και των Κοινωνικών Επιστημών. Η εκπαιδευτική παρέμβαση και ανάλυση έγινε στα πλαίσια ενός ερευνητικού προγράμματος του University of Massachusetts at Amherst των ΗΠΑ, με την ονομασία “3D Printing 4 Teaching & Learning” (Maloy et al., 2017).

Στην έρευνα συμμετείχαν 23 καθηγητές (13 καθηγητές εν ενεργεία σε Γυμνάσια των ΗΠΑ και 10 υποψήφιοι καθηγητές). Οι εκπαιδευτικοί ενσωμάτωσαν τη χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης (3d modeling) και της τρισδιάστατης εκτύπωσης (3d printing) για να καλύψουν θέματα της διδακτέας ύλης που έχουν σχέση με την παγκόσμια γεωγραφία, την ιστορία των ΗΠΑ, την κυβερνητική ιστορία αλλά και την αστική εξέλιξη της χώρας τους. Συγκεκριμένα, οι μαθητές χωρισμένοι σε μικρές ομάδες χρησιμοποιώντας το Autodesk Maya και με την καθοδήγηση κάποιων ειδικών στα θέματα της συγκεκριμένης τεχνολογίας, κλήθηκαν να δημιουργήσουν τρισδιάστατα μοντέλα, παρουσιάζοντας την εξέλιξη των κατοικιών στις ΗΠΑ σε διάφορες χρονικές περιόδους, τα οποία στη συνέχεια εκτυπώθηκαν σε τρισδιάστατο εκτυπωτή (Εικόνα 8).

*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*



**Εικόνα 8:** Τρισδιάστατα μοντέλα κατοικιών αμερικανικής προέλευσης, που δημιούργησαν μαθητές γυμνασίου στις ΗΠΑ, εκτυπωμένα με 3D printing.

Από την εν λόγω έρευνα συλλέχθηκαν πολλαπλά σύνολα δεδομένων, τόσο σχετικά με τη χρήση της 3D τεχνολογίας στα προαναφερθέντα μαθήματα όσο και με τις εντυπώσεις που προκάλεσε αυτή στους μαθητές και τους καθηγητές, τις δυσκολίες που αντιμετώπισαν και τις συμβουλές που θα είχαν να δώσουν σε άλλους εκπαιδευτικούς που θα ήθελαν στο μέλλον την χρησιμοποιήσουν. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσα από παρατήρηση των μαθητών την ώρα που δημιουργούσαν και εκτύπωναν τα μοντέλα τους, αλλά και μέσα από συνεντεύξεις των συμμετεχόντων, τόσο σε προσωπικό επίπεδο όσο και μέσα από ομάδες εστίασης (focus group).

Επτά βασικά συμπεράσματα προέκυψαν από την έρευνα:

- Αρχικά, τόσο οι εκπαιδευτικοί όσο και οι μαθητές, βρήκαν δύσκολο να φανταστούν τρόπους με τους οποίους θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν τρισδιάστατα εκτυπωμένα αντικείμενα ώστε να εκφράσουν πολύπλοκες έννοιες του μαθήματος των Κοινωνικών Επιστημών.
- Ωστόσο οι μαθητές είχαν αντίθετη (θετική) άποψη ως προς τη χρησιμότητα της τρισδιάστατης μοντελοποίησης και της τρισδιάστατης εκτύπωσης στα πλαίσια του μαθήματος της Ιστορίας αφού συμφώνησαν, στην πλειοψηφία

τους, ότι ήταν ένας πολύ θετικός και αυτοτελής τρόπος για να παρουσιάσουν τις ιδέες τους και να κατανοήσουν λεπτομέρειες και στοιχεία που θα ήταν δύσκολο να συλλάβουν διαφορετικά.

- Τόσο οι καθηγητές όσο και οι μαθητές βρήκαν το πρόγραμμα τρισδιάστατης μοντελοποίησης δύσκολο στην εκμάθηση και τη χρήση.
- Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση και εκτύπωση άλλαξε την παγιωμένη σχέση «καθηγητής = εμπειρογνώμων / μαθητής = αρχάριος».
- Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση και εκτύπωση άλλαξαν τον τρόπο διδασκαλίας και μάθησης στα μαθήματα Ιστορίας και Κοινωνικών Επιστημών.
- Η συνεργασία των εκπαιδευτικών με ειδικούς πάνω στα θέματα του 3D Modeling / 3D Printing έπαιξε σημαντικό ρόλο στην επιτυχία, μέσω της σωστής χρήσης των εν λόγω τεχνολογιών στα συγκεκριμένα μαθήματα.
- Αρκετοί καθηγητές άλλαξαν τις αρχικές τους θέσεις και απόψεις σχετικά με την αξία χρήσης των 3D Modeling / 3D Printing στα μαθήματα Ιστορίας και Κοινωνικών Επιστημών.

Οι πληροφορίες που πάρθηκαν από τη συγκεκριμένη έρευνα μπορούν να διευκολύνουν τη μελλοντική ενσωμάτωση της 3D τεχνολογίας στο μάθημα της Ιστορίας και των Κοινωνικών Επιστημών.

#### **4.2 Πρωτοβάθμια εκπαίδευση: μάθημα Τοπικής Ιστορίας.**

Μια ακόμα έρευνα σχετική με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, που έγινε το 2013 στην Τσεχία, είχε ως σκοπό να εισάγει τρισδιάστατα μοντέλα ιστορικών αντικειμένων της Τσέχικης Δημοκρατίας και να τα παρουσιάσει στους μαθητές στο πλαίσιο ενός προγράμματος με τίτλο “Man and his world,” μέσα από μία σειρά αλληλεπιδραστικών εφαρμογών. Είχε σκοπό να μελετήσει αν η τρισδιάστατη μοντελοποίηση είναι σε θέση να επηρεάσει την παιδαγωγική αλληλεπίδραση και την επικοινωνία μεταξύ δασκάλου και μαθητών (Chadimová & Maněšová, 2015). Στόχος της έρευνας ήταν να εκμεταλλευθεί τα



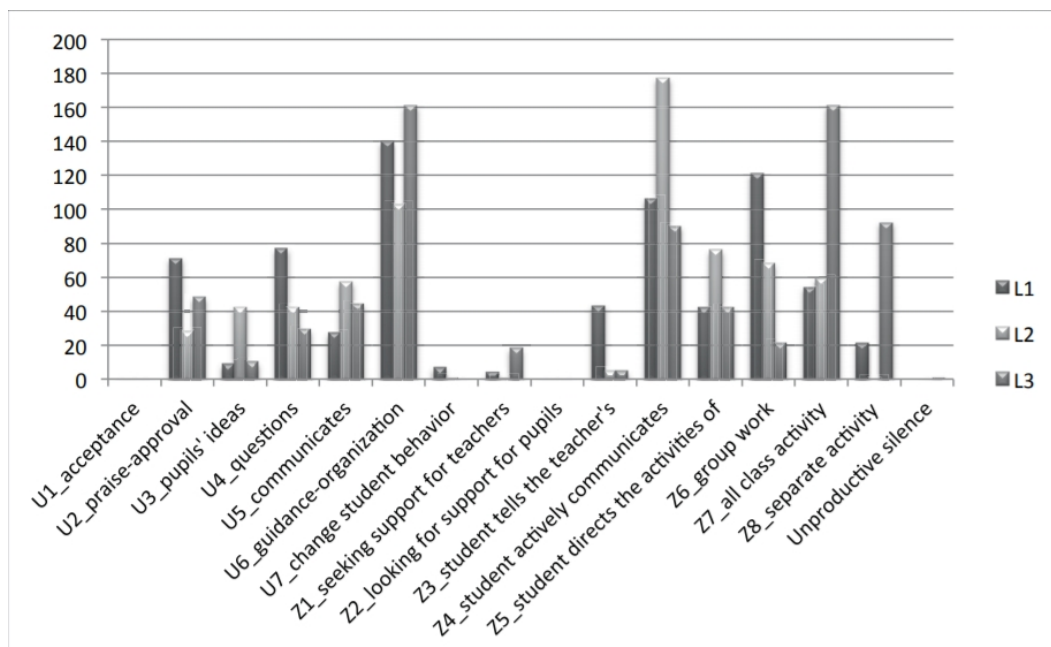
στοιχειώδη χαρακτηριστικά της παιχνιδοποίησης (gamification), δηλαδή τη διαδικασία χρήσης της παιγνιώδους σκέψης και της μηχανικής των παιχνιδιών, ώστε να εμπλακούν οι μαθητές στην επίλυση προβλημάτων και την εφαρμογή των λύσεών τους στο πλαίσιο της διδασκαλίας στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση.

Μέσα από μία εργασία με θέμα “Place, where we live” οι μαθητές 11 δημοτικών σχολείων της περιοχής Hradec Králové της Τσεχίας ανέλαβαν να μελετήσουν ένα καμένο μεσαιωνικό κάστρο, ως ιστορικό αντικείμενο. Οι μαθητές με την βοήθεια τριών εκπαιδευτικών από κάθε δημοτικό σχολείο που συμμετείχε, κλήθηκαν να δημιουργήσουν το τρισδιάστατο μοντέλο του κάστρου, όπως ήταν στην περίοδο ακμής του. Το ψηφιακό κάστρο δημιουργήθηκε με το λογισμικό 3Ds Max 2011. Αφού ολοκληρώθηκε το βασικό μοντέλο μαζί με τις υφές και τα χρώματά του, οι μαθητές δημιούργησαν με απλά γεωμετρικά σχήματα διάφορα αντικείμενα της εποχής για να το διακοσμήσουν εσωτερικά. Το ψηφιακό εξωτερικό περιβάλλον του κάστρου (δέντρα, ουρανός, γρασίδι) αναπτύχθηκε τελευταίο και στη συνέχεια, αφού ολοκληρώθηκαν όλα τα μοντέλα, μεταφέρθηκε το project στο λογισμικό ανάπτυξης ψηφιακών παιχνιδιών Unity 3D.

Ο προγραμματισμός του project έγινε στο περιβάλλον Unity όπου και τοποθετήθηκαν οι κάμερες. Η διαδραστικότητα υλοποιείται από τις κάμερες και τα στοιχεία, τα οποία ενεργοποιούνται μετά από κλικ. Η κύρια κάμερα σαρώνει τη σκηνή και εισάγει περαιτέρω κάμερα. Ο χρήστης επιλέγοντας κάθε φορά την κατάλληλη κάμερα μετακινείται μέσα στο κάστρο και επιλέγοντας συγκεκριμένα σημεία ενδιαφέροντος μαθαίνει ιστορικές πληροφορίες γι' αυτά. Επειδή η παρουσίαση της ολοκληρωμένης εφαρμογής έπρεπε να γίνει σε όλους τους μαθητές ταυτόχρονα, χρησιμοποιήθηκε το Unity Web Player. Το προεπιλεγμένο σεν για εκκίνηση ήταν σε μορφή HTML (Chadimová & Maněnová, 2015). Όπως αναφέρουν οι δύο ερευνήτριες, η διαδικασία της έρευνας ήταν αρκετά απαιτητική και χρειάστηκε πολύ μεθοδικό στήσιμο και συνεργασία με τους εκπαιδευτικούς, οι οποίοι δούλεψαν μαζί με τους ερευνητές. Το μοντέλο του κάστρου ενσωματώθηκε ελεύθερα στο μάθημα της Τοπικής Ιστορίας, σε μια προσπάθεια να χρησιμοποιηθεί από τους μαθητές ανάλογα με τις ανάγκες τους. Καταγράφηκαν τρία βίντεο από τα μαθήματα αυτά. Με το τέλος της δραστηριότητας έγινε συζήτηση με τους

εκπαιδευτικούς σχετικά με τη χρησιμότητα της τρισδιάστατης μοντελοποίησης και τη δυνατότητα ένταξής της στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Τα ληφθέντα βίντεο από τα μαθήματα βοήθησαν τις ερευνήτριες να σχηματίσουν άποψη για το μάθημα από την πλευρά της παιδαγωγικής επικοινωνίας και της αλληλεπίδρασης τόσο μεταξύ των μαθητών όσο και μεταξύ των δασκάλων και των μαθητών. Στην πρώτη φάση της έρευνας συγκεντρώθηκαν και μελετήθηκαν ξεχωριστά ορισμένα χαρακτηριστικά αλληλεπίδρασης, που εμφανίστηκαν κατά τη διάρκεια των μαθημάτων, μέσω καθορισμένων κατηγοριών δραστηριοτήτων (Εικόνα 9), ενώ υπολογίστηκαν σε όλα τα μαθήματα που έγιναν, τόσο οι μερικοί όσο και οι συνολικοί δείκτες αλληλεπίδρασης (Εικόνα 10).



Εικόνα 9: Ραβδόγραμμα με δείκτες ανά κατηγορία δραστηριοτήτων που παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια των τριών μαθημάτων (L1, L2, L3).

*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*

|                      | <b>L1</b> | <b>L2</b> | <b>L3</b> |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>U<sub>a</sub></b> | 0,11      | 0,11      | 0,08      |
| <b>U<sub>v</sub></b> | 0,14      | 0,15      | 0,10      |
| <b>U<sub>r</sub></b> | 0,20      | 0,16      | 0,22      |
| <b>Z<sub>o</sub></b> | 0,01      | 0,00      | 0,02      |
| <b>Z<sub>a</sub></b> | 0,24      | 0,28      | 0,26      |
| <b>Z<sub>p</sub></b> | 0,30      | 0,31      | 0,31      |
| <b>A<sub>u</sub></b> | 0,46      | 0,41      | 0,40      |
| <b>A<sub>z</sub></b> | 0,54      | 0,59      | 0,60      |
| <b>I<sub>i</sub></b> | 1,18      | 1,41      | 1,47      |

**Εικόνα 10:** Δείκτες αλληλεπίδρασης στα μαθήματα.

Από τα τρία ξεχωριστά μαθήματα προκύπτει ότι ο συνολικός δείκτης αλληλεπίδρασης και στις τρεις περιπτώσεις ήταν υψηλότερος από 1.0. Αυτό σημαίνει ότι η δραστηριότητα και η ενεργή εμπλοκή των μαθητών ήταν εξαιρετικά υψηλή. Όλα τα μαθήματα βιντεοσκοπήθηκαν, υπήρξε όμως και ζωντανή παρατήρηση και καταγραφή των δραστηριοτήτων των μαθητών.

Εκτός από την παρατήρηση, στα πλαίσια της έρευνας έγιναν και συζητήσεις με τους τρεις υπεύθυνους για το πρόγραμμα εκπαιδευτικούς. Οι εκπαιδευτικοί ανέφεραν πως η υλοποίηση του τρισδιάστατου μοντέλου του κάστρου αποτέλεσε μία πρωτόγνωρη και απαιτητική πρόκληση γι' αυτούς. Αρχικά, πριν την υλοποίηση της έρευνας έθεσαν το ερώτημα αν θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν το τρισδιάστατο μοντέλο του κάστρου μεθοδολογικά σωστά και να το εντάξουν μέσα στο μάθημα.

Στο πρώτο μάθημα, που έγινε σε καθένα από τα 11 δημοτικά σχολεία που πήραν μέρος στην έρευνα, το τρισδιάστατο μοντέλο του κάστρου χρησιμοποιήθηκε απλά ως ένα επιπλέον στοιχείο και εντάχθηκε στο μάθημα απλά για να το δουν οι μαθητές και να πάρουν από αυτό κάποιες επιπλέον πληροφορίες. Αυτό που παρατήρησαν με έκπληξη οι ερευνητές αλλά και οι εκπαιδευτικοί ήταν ότι οι μαθητές έμαθαν γρήγορα να δουλεύουν το τρισδιάστατο μοντέλο και βρήκαν αρχιτεκτονικά στοιχεία του κάστρου όπως τα τόξα. Στα υπόλοιπα μαθήματα το

τρειςδιάστατο μοντέλο λειτούργησε ως ένα στοιχείο που έδινε κίνητρο στους μαθητές ώστε να κάνουν περαιτέρω έρευνα σχετικά με την πόλη Hradec Králové (Chadimová & Maněnová, 2015).

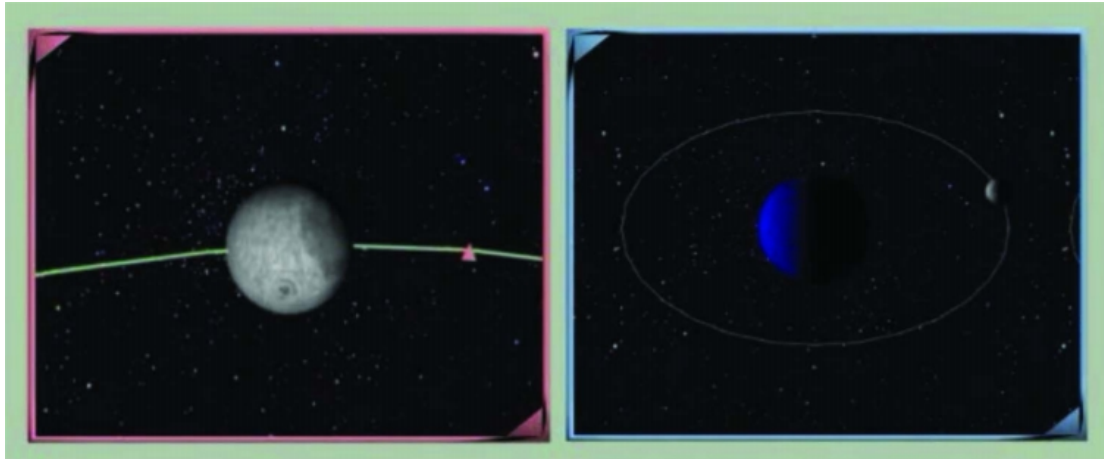
Από την παρατήρηση των μαθημάτων αλλά και από τις συζητήσεις μεταξύ ερευνητών και εκπαιδευτικών φάνηκε ότι, τόσο οι μαθητές όσο και οι εκπαιδευτικοί «αγκάλιασαν» γρήγορα την τρισδιάστατη μοντελοποίηση ως μέρος του μαθήματος της τοπικής ιστορίας. Οι εκπαιδευτικοί είδαν το ενδιαφέρον των μαθητών, ωστόσο επισήμαναν τη δική τους ελλιπή εκπαίδευση σχετικά με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση και τόνισαν πως πρέπει να επικεντρωθούν στο να εκπαιδευτούν πρώτοι αυτοί στην εν λόγω τεχνολογία αλλά και να βρουν τρόπους να χρησιμοποιούν τρισδιάστατα μοντέλα με σωστή – κατάλληλη διδακτική εφαρμογή. Επιπλέον, το ενδιαφέρον τους ήταν τέτοιο που είπαν πως θα «καλωσόριζαν» το μάθημα της τρισδιάστατης μοντελοποίησης, ως αυτοδύναμο, στο δημοτικό σχολείο, αν υπήρχε η δυνατότητα να διδαχθεί ως ξεχωριστό μάθημα (Chadimová & Maněnová, 2015).

#### **4.3 Πρωτοβάθμια εκπαίδευση: Αστρονομία**

Μία εξαιρετικά ενδιαφέρουσα μελέτη που δημοσιεύτηκε το 2009 με τίτλο “The Effect of 3D Computer Modeling and Observation-Based Instruction on the Conceptual Change Regarding Basic Concepts of Astronomy in Elementary School Students” εξέτασε το αντίκτυπο της διδασκαλίας ορισμένων βασικών εννοιών της αστρονομίας μέσω μιας στρατηγικής πρόβλεψης-παρατήρησης-εξήγησης. Η έρευνα στηρίχθηκε σε εκπαιδευτική παρέμβαση που έκανε χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης και στη συνέχεια κατέγραψε παρατηρήσεις σχετικά με τις εννοιολογικές αλλαγές που έφερε η χρήση της, όσον αφορά την κατανόηση δυσκολονόητων αστρονομικών φαινομένων από τους μαθητές. Ειδικότερα, στόχος της συγκεκριμένης μελέτης ήταν να γίνουν κατανοητές από τους συμμετέχοντες έννοιες της Φυσικής όπως: το φαινόμενο της ημέρας και της νύχτας, οι εναλλαγές των εποχών, οι φάσεις της Σελήνης και οι κινήσεις των πλανητών του ηλιακού μας συστήματος σε σχέση με τον Ήλιο (Küçüközer et al., 2009).

Στην έρευνα συμμετείχαν 131 μαθητές της ΣΤ' τάξης Δημοτικού Σχολείου (ηλικίας 11-13 ετών). Χρησιμοποιήθηκε από τους ερευνητές ένα ACT (Astronomy Concept Test) που δημιουργήθηκε με βάση τη σχετική βιβλιογραφία, για να εξετάσει κατά πόσο οι μαθητές κατανόησαν τα αστρονομικά φαινόμενα που διδάχτηκαν πριν και μετά τη χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Το ACT περιελάμβανε ερωτήσεις σχετικά με τις έννοιες και τα φαινόμενα της ημέρας και της νύχτας, τις εποχές, τις φάσεις της Σελήνης, τα αστέρια και τον Ήλιο. Η εγκυρότητα του περιεχομένου του ACT καθορίστηκε μετά από διαβούλευση με τρεις ακαδημαϊκούς που ειδικεύονται στην διδασκαλία της Φυσικής. Κάθε τάξη χρειάστηκε περίπου 30-40 λεπτά για να απαντήσει στις ερωτήσεις του ACT. Στην ανάλυση των δεδομένων, η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε ήταν η ταξινόμηση των εξηγήσεων των μαθητών που μελέτησαν παρόμοια αστρονομικά φαινόμενα σε κατηγορίες. Το πιο σημαντικό συμπέρασμα της μελέτης ήταν ότι η διδασκαλία στο μάθημα της Αστρονομίας με βάση την παρατήρηση και την τρισδιάστατη μοντελοποίηση σε Η/Υ, ήταν σημαντικά αποτελεσματική για την επίτευξη της εννοιολογικής αλλαγής και την επιτυχία της μάθησης (Küçüközer et al., 2009).

Μία από τις ερωτήσεις του ACT, που είχε σχέση με τη Σελήνη, ζητούσε από τους μαθητές, αφού είχαν δει πρώτα σε ένα λογισμικό τρισδιάστατης μοντελοποίησης την κίνησή της γύρω από τη Γη και τον Ήλιο, να προβλέψουν την αιτία των φάσεων της Σελήνης (Εικόνα 11). Η προσομοίωση 3D που είδαν οι μαθητές χρησιμοποιούσε δύο εικονικές κάμερες, μια κάμερα έδειχνε τη Σελήνη από τη Γη, ενώ ταυτόχρονα, η δεύτερη κάμερα έδειχνε τις σχετικές θέσεις της Σελήνης και της Γης όπως παρατηρήθηκαν από το διάστημα. Αξιοποιώντας τη δυνατότητα να σταματούν την προσομοίωση αρκετές φορές, οι μαθητές παρατήρησαν τις διάφορες φάσεις της Σελήνης καθώς επίσης και την κίνηση της Σελήνης όπως φαίνεται από τη Γη και στη συνέχεια ακολούθησε σχετική συζήτηση στην τάξη.



**Εικόνα 11:** Στιγμιότυπα από το την τρισδιάστατη προσομοίωση με την κίνηση της Σελήνης, που μελέτησαν οι μαθητές.

Εκτός από την τρισδιάστατη μοντελοποίηση, στη συγκεκριμένη έρευνα έγινε και χρήση τηλεσκοπίου, με το οποίο οι μαθητές έκαναν νυχτερινές παρατηρήσεις. Παρατήρησαν τους πλανήτες Δία και Κρόνο, τη Σελήνη και τα άστρα Antares, Vega και Deneb. Ζητήθηκε από τους μαθητές πριν χρησιμοποιήσουν το τηλεσκόπιο να περιγράψουν τις διαφορές ενός πλανήτη με ένα άστρο. Πριν από κάθε παρατήρηση οι μαθητές κάνανε μία πρόβλεψη σχετικά με το ποιο από τα δύο ουράνια σώματα θα είναι πιο φωτεινό. Μετά τις παρατηρήσεις τους κατέγραψαν αυτά που είδαν και έγινε συζήτηση πάνω στα ερωτήματα που τέθηκαν (Küçüközer et al., 2009).

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης σε συνδυασμό με την παρατήρηση με χρήση τηλεσκοπίου και τη στρατηγική POE (Prediction-Observation-Explanation) στην εκπαιδευτική διαδικασία είχαν πολύ θετικό αντίκτυπο στους μαθητές. Όπως φάνηκε και από το Pre-test και Post-test που χρησιμοποιήθηκε, οι αντιλήψεις των μαθητών αλλά και ο τρόπος με τον οποίο έδωσαν απαντήσεις για τα θέματα που μελετήθηκαν άλλαξαν μέσα από αυτή τη διαδικασία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ερώτηση σχετικά με τις αντιλήψεις που είχαν οι μαθητές για τις διάφορες φάσεις της Σελήνης.

Όλοι οι μαθητές, στη διαδικασία της συνέντευξης, ανέφεραν ότι πριν την επαφή τους με την τρισδιάστατη προσομοίωση είχαν σκεφτεί ότι η σκιά πάνω στη Σελήνη προήλθε από τη Γη, ωστόσο η μελέτη της 3D προσομοίωσης τους βοήθησε

να διαπιστώσουν με ακρίβεια ότι, η αλλαγή στην εμφάνιση της Σελήνης ήταν αποτέλεσμα της περιστροφής της Σελήνης γύρω τη Γη. Η έρευνα έδειξε, ότι αυτού του είδους οι εννοιολογικές αλλαγές προέκυψαν στους μαθητές μέσω της τρισδιάστατης μοντελοποίησης, της παρατήρησης και της συζήτησης μέσα στην τάξη. Οι συχνότητες αλλά και τα αποτελέσματα του  $\chi^2$ -test των μαθητών, που έδειξαν την επιστημονική κατανόηση ή την έλλειψή της από αυτούς, σχετικά με τις φάσεις της Σελήνης, στα pre- και post-tests παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Εικόνα 12).

|                             | Pretest (f) | Post-test (f) | $\chi^2$ | p                    |
|-----------------------------|-------------|---------------|----------|----------------------|
| Scientific understanding    | 8           | 63            | 56.34    | 0.00001 <sup>a</sup> |
| Nonscientific understanding | 123         | 68            |          |                      |

<sup>a</sup> $p < 0.01$ .

**Εικόνα 12:** Οι απαντήσεις των μαθητών στο Pre-test και Post-test σχετικά με τις φάσεις της Σελήνης (Küçüközer et al., 2009).

Όπως διαπιστώθηκε από τους ερευνητές, σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, υπήρξε μία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της συχνότητας με την οποία απάντησαν οι μαθητές επιστημονικά στο Pre-test και το Post-test, όταν ερωτήθηκαν για τις φάσεις της Σελήνης, ευνοώντας αυτούς που έδωσαν επιστημονικές απαντήσεις ( $\chi^2_{(1,131)}=56.34; p < 0.01$ ).

Η συγκεκριμένη έρευνα έδειξε επιπλέον πως, η τρισδιάστατη μοντελοποίηση που χρησιμοποιήθηκε ως μέρος της στρατηγικής ΡΟΕ, όχι μόνο διευκόλυne τη μάθηση αλλά ήταν και εξαιρετικά αποτελεσματική στο να παρακινήσει τους μαθητές και να τους δώσει κίνητρο να ολοκληρώσουν με ενθουσιασμό την μελέτη των αστροφυσικών φαινομένων. Το πιο σημαντικό συμπέρασμα της εν λόγω μελέτης ήταν ότι η τρισδιάστατη μοντελοποίηση, βασισμένη στη στρατηγική και τις παρατηρήσεις της μεθόδου ΡΟΕ, έχει ευεργετική επίδραση στην εννοιολογική αλλαγή και την γνώση / κατανόηση δυσκολονόητων εννοιών της Αστρονομίας από τους μαθητές (Küçüközer et al., 2009).

## **Κεφάλαιο 5. Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση στη Φυσική ΣΤ' Δημοτικού (μοντέλο οφθαλμού)**

### **5.1 Σκοπός και περιγραφή της έρευνας**

Η συγκεκριμένη έρευνα έχει ως βασικό στόχο να μελετήσει κατά πόσο η τρισδιάστατη μοντελοποίηση μπορεί να συμβάλει στην καλύτερη (βαθύτερη και πιο γρήγορη) κατανόηση δυσκολονόητων κεφαλαίων των φυσικών επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Η αναγκαιότητα και η αξία της συγκεκριμένης έρευνας έγκειται στη μελέτη της εκπαιδευτικής αποτελεσματικότητας μίας πτυχής της τεχνολογίας, όπως είναι το 3d modeling, η οποία χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια σε πολλούς άλλους τομείς (στη διαφήμιση, τον κινηματογράφο, τις εφαρμογές κινητών συσκευών, τα βιντεοπαιχνίδια) και άλλα επιστημονικά πεδία (όπως η ιατρική, οι επιστημονικές προσομοιώσεις κ.λ.π.) αλλά φαίνεται ότι απουσιάζει από τον χώρο της εκπαίδευσης. Ιδιαίτερα στον χώρο της ελληνικής πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, η τρισδιάστατη μοντελοποίηση δεν έχει χρησιμοποιηθεί σχεδόν καθόλου και θα είχε ενδιαφέρον να εξεταστεί κατά πόσο μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα το περιεχόμενο της διδασκαλίας ενός απαιτητικού μαθήματος αλλά και την ίδια την τεχνολογία και τις δυνατότητές της.

Για να εξεταστεί η αποτελεσματικότητα της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στην πρωτοβάθμια ελληνική εκπαίδευση, σχεδιάστηκε και διεξήχθη μία έρευνα του τύπου της μελέτης περίπτωσης (case study). Η έρευνα περιλαμβάνει εκπαιδευτική παρέμβαση που πραγματοποιείται συγκριτικά μεταξύ δύο τμημάτων της ΣΤ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου, στο ένα τμήμα με συμβατική διδασκαλία και στο άλλο με χρήση τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Με βάση τα δεδομένα που συλλέγονται πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την παρέμβαση, πραγματοποιείται αξιολόγηση τόσο των γνώσεων που αποκόμισαν οι μαθητές όσο και της εμπειρίας τους συνολικά από την παρέμβαση, και επιχειρείται να δοθούν απαντήσεις στα εξής ερευνητικά ερωτήματα:



1. Είναι σε θέση οι μαθητές αυτής της ηλικίας (11-13 ετών) να χρησιμοποιήσουν αποτελεσματικά ένα λογισμικό τρισδιάστατης μοντελοποίησης;
2. Είναι σε θέση οι μαθητές αυτής της ηλικίας να κατανοήσουν τη χρησιμότητα ενός λογισμικού τρισδιάστατης μοντελοποίησης ως εκπαιδευτικού εργαλείου;
3. Μπορεί η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης ως εκπαιδευτικού εργαλείου να βοηθήσει τους μαθητές αυτής της ηλικίας να γνωρίσουν και να κατανοήσουν το ανθρώπινο μάτι και τις λειτουργίες του καλύτερα σε σχέση με τους μαθητές που θα διδαχθούν το ίδιο αντικείμενο συμβατικά;

Τα δύο πρώτα ερωτήματα εστιάζουν στο αν τελικά η εν λόγω τεχνολογία απευθύνεται σε ή μπορεί να χρησιμοποιηθεί από παιδιά ηλικίας προς το τέλος της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Για να απαντηθούν αυτά τα ερωτήματα, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί η παρατήρηση των μαθητών κατά τη διάρκεια της παρέμβασης και η ομαδική συνέντευξη (Focus Group) μετά, ώστε να βγουν συμπεράσματα για το αν αντιλήφθηκαν ή όχι οι μαθητές τις δυνατότητες του λογισμικού (Autodesk Maya), όπως επίσης να καταγραφεί και ο βαθμός δυσκολίας που συνάντησαν κατά τη χρήση του.

Το τρίτο ερώτημα διερευνά συγκριτικά την μαθησιακή αποτελεσματικότητα του μέσου αυτού, για μαθητές πάντα της ίδιας ηλικιακής ομάδας. Για να απαντηθεί αυτό το ερώτημα, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν συγκριτικά pre-tests και post-tests σε δύο ισοδύναμα τμήματα των 13 μαθητών, στην ίδια τάξη του ίδιου σχολείου.

Η παρέμβαση επιλέχθηκε να γίνει στο μάθημα της Φυσικής, στην ΣΤ τάξη του Δημοτικού Σχολείου. Καθώς ο χειρισμός λογισμικού τρισδιάστατης μοντελοποίησης είναι αρκετά απαιτητικός, μικρότερες τάξεις κρίθηκαν ακατάλληλες. Επιπλέον, έγινε μία σύγκριση και με αποτελέσματα στην αμέσως μεγαλύτερη τάξη (Α Γυμνασίου).

Το κεφάλαιο που επιλέχθηκε ως βάση για τη μελέτη ήταν το 10<sup>ο</sup> κεφάλαιο του βιβλίου της ΣΤ' τάξης «Φυσικά Δημοτικού – Ερευνώ και Ανακαλύπτω» το οποίο μιλάει για το φως και εξηγεί πώς το αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος. Τα θέματα που στοχεύει να καλύψει η διδασκαλία του εν λόγω κεφαλαίου, σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα, είναι:

1. η ανατομία του ανθρώπινου ματιού,
2. η σημασία της αίσθησης της όρασης,
3. η ποικιλομορφία των διαφόρων χρωματικών συνδυασμών του ανθρώπινου ματιού και
4. το φαινόμενο της διάθλασης.

Το κεφάλαιο αυτό επιλέχθηκε για δύο βασικούς λόγους. Ο πρώτος είναι ότι το ανθρώπινο μάτι, χάρις στη μορφολογία και τη φυσιολογία του, προσφέρεται ως πεδίο για τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου μοντέλου το οποίο έχει σχετικά μικρό βαθμό πολυπλοκότητας. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι το κεφάλαιο αυτό καλύπτει πολύ συγκεκριμένες και σαφείς πλευρές του θέματος (π.χ. τα μέρη του ανθρώπινου ματιού και η λειτουργία τους) και επομένως προσφέρεται για αξιολόγηση μαθησιακών αποτελεσμάτων μετά τη διδασκαλία μέσω της τρισδιάστατης μοντελοποίησης, ώστε να είναι σαφή τα αποτελέσματα που θα προκύψουν.

Τα δύο τμήματα της ΣΤ τάξης που συμμετείχαν στην έρευνα ανήκουν στο ίδιο Δημοτικό Σχολείο και είχαν από 13 μαθητές το καθένα. Το σχολείο στο οποίο έγινε η μελέτη περίπτωσης είναι το Δημοτικό Σχολείο Απαλού – πρόκειται για ένα μικρό χωριό που βρίσκεται 5 χιλιόμετρα ανατολικά της Αλεξανδρούπολης, στο νομό Έβρου, στη Θράκη. Το συγκεκριμένο σχολείο επιλέχθηκε διότι είναι εξαιρετικά καλά εξοπλισμένο, καθώς διαθέτει όλο τον απαραίτητο τεχνολογικό εξοπλισμό για μία τέτοιου είδους παρέμβαση (σύγχρονους υπολογιστές που μπορούν να υποστηρίξουν λογισμικά τρισδιάστατης μοντελοποίησης όπως το Maya, data projectors, φωτοτυπικά μηχανήματα και επίσης τρισδιάστατο εκτυπωτή). Επιπλέον, ο αριθμός των μαθητών (13 σε κάθε τμήμα) ήταν κατάλληλος για τη διαμόρφωση

*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*

μικρών ομάδων και την υλοποίηση μίας εκπαιδευτικής παρέμβασης με απαιτητικό τεχνολογικό περιεχόμενο.

## **5.2 Πρώτη φάση παρέμβασης – κοινή για τα δύο τμήματα**

Αρχικά τα δύο τμήματα της ΣΤ' Δημοτικού που επιλέχθηκαν για την συγκριτική αυτή μελέτη διδάχθηκαν μέσω παραδοσιακής διδασκαλίας (διάλεξη, προβολή εκπαιδευτικού βίντεο και συζήτηση μέσα στην τάξη) το κεφάλαιο του μαθήματος της Φυσικής που έχει σχέση με το ανθρώπινο μάτι. Αφιερώθηκε μία (1) εκπαιδευτική ώρα στο καθένα τμήμα. Το ωριαίο αυτό μάθημα και στα δύο τμήματα είχε την ίδια ακριβώς δομή, ώστε να πάρουν οι μαθητές τις ίδιες πληροφορίες με τον ίδιο τρόπο.

Το μάθημα ξεκίνησε με συζήτηση στην τάξη σχετικά με τις πέντε (5) αισθήσεις του ανθρώπου. Στη συνέχεια η διδασκαλία επικεντρώθηκε στη σημασία της όρασης και στα είδη σχημάτων και των χρωματικών συνδυασμών του ανθρώπινου ματιού. Αφού έγινε μία συζήτηση με τους μαθητές του κάθε τμήματος, κατά την οποία ανέφεραν τους λόγους για τους οποίους πιστεύουν ότι η όραση είναι η σημαντικότερη αίσθηση του ανθρώπου, ακολούθησε η προβολή ενός βίντεο που ετοιμάστηκε ειδικά για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας, (Εικόνα 13).



*Εικόνα 13: Στιγμιότυπο από το εκπαιδευτικό βίντεο που δημιουργήθηκε στα πλαίσια της έρευνας και προβλήθηκε στα δύο τμήματα της ΣΤ' τάξης.*

Το βίντεο, διάρκειας 5 λεπτών, αποτελεί σύνθεση υλικών από αποσπάσματα διαφόρων clips που προέρχονται από το YouTube. Τα clips αυτά ενώθηκαν χάρις στο λογισμικό για μοντάζ Sony Vegas Pro 14, με τέτοιο τρόπο ώστε στο τελικό βίντεο να υπάρχει μία εισαγωγή, το κυρίως θέμα και ένα κλείσιμο-συμπέρασμα. Ο ήχος από τα αρχικά clips αφαιρέθηκε και τη θέση του πήραν τα ηχογραφημένα λόγια του γράφοντος (στα ελληνικά), σε συνδυασμό με μία πολύ απαλή και χαμηλής έντασης μουσική, στόχος της οποίας ήταν να κάνει το βίντεο πιο ευχάριστο χωρίς όμως να αποσπά την προσοχή των θεατών από την εικόνα και το λόγο. Παράλληλα με την εικόνα και τον ήχο, σε ορισμένα σημεία εμφανίζεται και κείμενο. Τα σημεία αυτά είναι όταν γίνεται αναφορά σε κάποιο ποσοστό (π.χ. το παγκόσμιο ποσοστό των ανθρώπων με πράσινα μάτια) αλλά και όταν αναφέρεται η ονομασία ενός τμήματος της ανατομίας του ανθρώπινου ματιού (π.χ. ο αμφιβληστροειδής χιτώνας). Ο σκοπός του βίντεο ήταν μέσα από τη χρήση των πολυμέσων (εικόνα, animation, κείμενο, αφήγηση και μουσική), οι μαθητές να αποκτήσουν μία σφαιρική πρώτη εικόνα για το ανθρώπινο μάτι σε 5 λεπτά.

Το βίντεο ξεκινάει θέτοντας ως αφορμή προβληματισμού των μαθητών την ερώτηση: *«Τι είναι αυτό που κάνει το ανθρώπινο μάτι τόσο ξεχωριστό;»*. Βασικός στόχος τόσο της διδασκαλίας όσο και του βίντεο ήταν να μην δουν το ανθρώπινο μάτι οι μαθητές μόνο ως ένα όργανο υπεύθυνο για την όραση αλλά να αντιληφθούν πιο σφαιρικά τη σημασία του, η οποία πηγάζει από τη σημασία της αίσθησης της όρασης. Για το λόγο αυτό αναφέρθηκαν και ιδιαιτερότητες του ανθρώπινου ματιού που πολύ πιθανό να μην τις είχαν αντιληφθεί οι περισσότεροι μαθητές από μόνοι τους όπως οι εξής:

- Εξαιτίας των ματιών μπορεί να αναγνωρίσει ο άνθρωπος και να διαφοροποιήσει τα πρόσωπα με τα οποία έρχεται σε επαφή καθημερινά. Τα μάτια είναι το κυριότερο χαρακτηριστικό που δίνει σε κάθε πρόσωπο μία συγκεκριμένη ταυτότητα.
- Μέσω των ματιών μπορεί κάποιος να καταλάβει τα συναισθήματα των άλλων ανθρώπων.

- Μέσω των εκφράσεων και των κινήσεών τους, τα μάτια συχνά λειτουργούν και ως όργανο επικοινωνίας και άμεσης συνεννόησης χωρίς λόγια, ανάμεσα σε δύο πρόσωπα που γνωρίζονται για αρκετό καιρό.

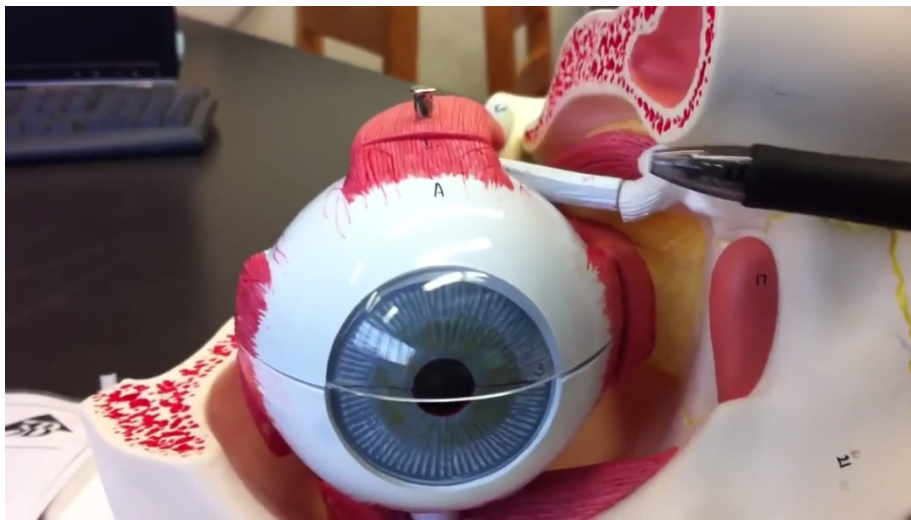
Για να γίνουν ακόμα πιο αισθητά τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά των ματιών, αλλά και για να διαμορφωθεί πιο ευχάριστο κλίμα στην τάξη ώστε το βίντεο να τραβήξει την προσοχή των μαθητών, χρησιμοποιήθηκαν στην αρχή αποσπάσματα από διάφορα cartoon, στα οποία φαίνεται η σημασία που έχουν τα μάτια, ώστε να δοθεί ταυτότητα και ζωή στους χαρακτήρες (Εικόνα 14). Στη συνέχεια του βίντεο έγινε αναφορά στους διάφορους χρωματικούς συνδυασμούς και στη συχνότητα εμφάνισής τους.



**Εικόνα 14:** Μέσα από γνωστά cartoon φαίνεται καθαρά η σημασία που έχουν τα μάτια στην έκφραση συναισθημάτων και την ταυτοποίηση των χαρακτήρων.

Στο κύριο μέρος του βίντεο (εκπαιδευτικό) γίνεται λόγος για τους μύες που συνδέονται με το ανθρώπινο μάτι και το κινούν/ελέγχουν. Αναφέρονται οι ονομασίες τους και η χρήση του καθενός από αυτούς. Το βίντεο τελειώνει με τα τμήματα που συνθέτουν την ανατομία του ματιού. Αρχικά, όλα τα τμήματα παρουσιάζονται σε ένα πρόπλασμα ματιού ξεκινώντας από έξω προς τα μέσα (Εικόνα 15). Τέλος, τόσο οι μύες όσο και τα μέρη του ματιού παρουσιάζονται ξανά, για λόγους εμπέδωσης, με βέλη σε δύο εικόνες.

Κατά τη διάρκεια προβολής του βίντεο, όπου χρειαζόταν γινόταν παύση για να δοθούν περαιτέρω διευκρινήσεις στους μαθητές. Εκτός από τη σημασία της όρασης και των ματιών γενικά στον άνθρωπο, τα είδη των χρωματικών συνδυασμών, τους μύες και τα μέρη του, έγινε αναφορά και στο φαινόμενο της διάθλασης, με αφορμή τη λειτουργία κάποιων συγκεκριμένων τμημάτων του ματιού όπως ο κρυσταλλοειδής φακός, το υδατοειδές υγρό και ο αμφιβληστροειδής χιτώνας. Συγκεκριμένα, έγινε αναφορά στο ανεστραμμένο είδωλο της εικόνας που σχηματίζεται στο βάθος του ματιού, και μεταδίδεται στον εγκέφαλο μέσα από το οπτικό νεύρο. Μέσα από μία ζωγραφιά στον πίνακα της κάθε αίθουσας, δόθηκε ένα παράδειγμα για το πώς βλέπει ένας άνθρωπος ένα αντικείμενο, π.χ. ένα δέντρο, πώς η εικόνα του ειδώλου μέσω της διάθλασης φτάνει ανεστραμμένη στον αμφιβληστροειδή χιτώνα και πως τελικά ο άνθρωπος την αντιλαμβάνεται σωστά μέσω του εγκεφάλου του.



**Εικόνα 15:** Απόσπασμα του βίντεο που προβλήθηκε, στο οποίο παρουσιάζονται τα μέρη του ανθρώπινου ματιού πάνω σε ένα ιατρικό μοντέλο.

Αφού είδαν το βίντεο οι μαθητές, ακολούθησε συζήτηση και στα δύο τμήματα σχετικά με την όραση και το μοντέλο του ματιού. Τέθηκαν ερωτήσεις με σκοπό να γίνει αντιληπτό κατά πόσο κατανόησαν οι μαθητές αυτά που διδάχθηκαν. Πέρα από τις ερωτήσεις έγινε συζήτηση και σχολιασμός από τους μαθητές και το δάσκαλο της κάθε τάξης. Από αυτή τη συζήτηση και μέσα από τα σχόλια των

παιδιών προέκυψαν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την αντίληψη που είχαν για την όραση και πώς αυτή άλλαξε μέσω των νέων γνώσεων που έλαβαν. Τα σχόλια αυτά και οι παρατηρήσεις θα παρουσιαστούν αναλυτικά στα επόμενα κεφάλαια.

### **5.3 Δεύτερη φάση παρέμβασης: χρήση τρισδιάστατης μοντελοποίησης**

Όπως προαναφέρθηκε, βασικός σκοπός της έρευνας ήταν να μελετήσει κατά πόσο η τρισδιάστατη μοντελοποίηση μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές προς το τέλος της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης να κατανοήσουν ένα δύσκολο κεφάλαιο της Φυσικής αλλά και να εξεταστεί η δυνατότητά τους να ανταπεξέλθουν ή όχι στη χρήση ενός απαιτητικού και περίπλοκου λογισμικού. Για το λόγο αυτό σχεδιάστηκε μία εκπαιδευτική παρέμβαση που βασίζεται στη χρήση του λογισμικού Autodesk Maya 2013. Η δεύτερη αυτή φάση της παρέμβασης υλοποιήθηκε στο ένα από τα δύο τμήματα (ΣΤ'1) της ΣΤ τάξης του Δημοτικού Σχολείου του Απαλού Έβρου, μέσα σε ένα εκπαιδευτικό δίκωρο.

Η εκπαιδευτική παρέμβαση χωρίστηκε σε 2 μέρη. Στο πρώτο μέρος της οι δεκατρείς (13) μαθητές του τμήματος χωρίστηκαν σε ομάδες (πέντε δυάδες και μία τριάδα). Οι ομάδες σχηματίστηκαν τυχαία, με σκοπό τον αμερόληπτο χωρισμό τους ενώ παράλληλα ενισχύθηκε η συνεργασία τους. Οι μαθητές αφού μελέτησαν για λίγη ώρα κάποιες πολύ βασικές λειτουργίες του User Interface του λογισμικού Maya (πώς να κάνουν zoom-in/ zoom-out στα τρισδιάστατα μοντέλα και πώς να κάνουν rotation, να τα βλέπουν δηλαδή απ' όλες τις πιθανές οπτικές γωνίες), προσπάθησαν να σχεδιάσουν τα ορατά μέρη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού χρησιμοποιώντας το λογισμικό, ύστερα από ακριβείς οδηγίες που τους δόθηκαν, και να τοποθετήσουν το μάτι σε ένα έτοιμο μοντέλο τρισδιάστατου κεφαλιού που είχε δημιουργηθεί από τον ερευνητή (Εικόνα 16). Το πρώτο αυτό μέρος της παρέμβασης διήρκεσε μία ώρα και ένα τέταρτο.

Το δεύτερο μέρος της παρέμβασης είχε τη μορφή ενός παιχνιδιού τρισδιάστατου ruzzle. Οι μαθητές μελέτησαν για λίγη ώρα ένα τρισδιάστατο ανθρώπινο κρανίο με ολοκληρωμένο το οπτικό σύστημα (όχι μόνο τα εξωτερικά

*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*

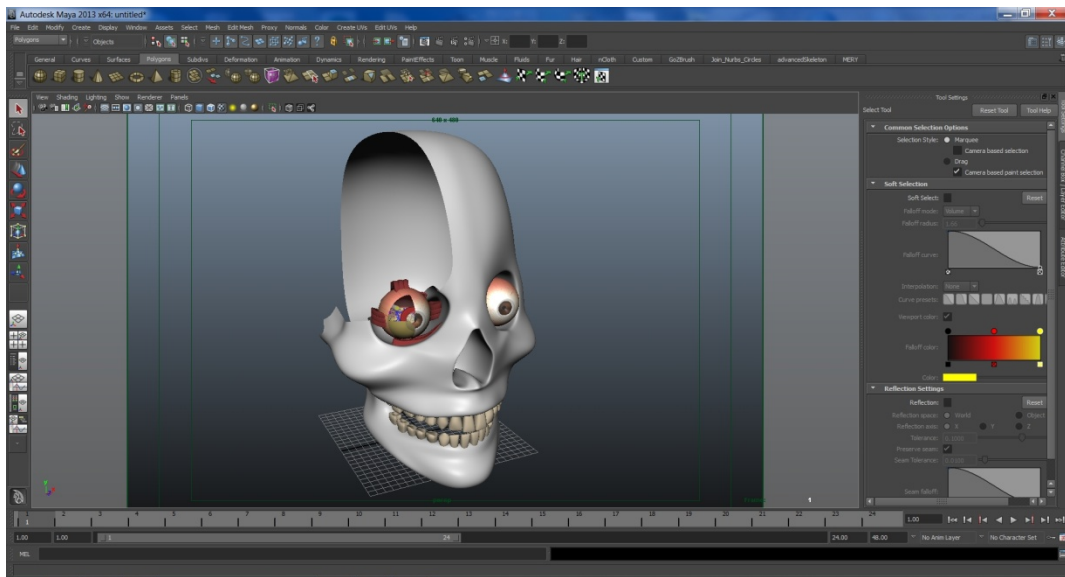
μέρη του) (Εικόνα 17), που δημιουργήθηκε στο Autodesk Maya 2013, και παρουσιάστηκε από έναν κεντρικό υπολογιστή που χειριζόταν ο ερευνητής μέσω του projector, στον πίνακα της τάξης. Στη συνέχεια ο ερευνητής διαχώρισε τα κομμάτια του μοντέλου, ενώ οι μαθητές κλήθηκαν να τα ενώσουν ξανά σωστά. Σήκωναν το χέρι τους και σε όποιον δίνονταν ο λόγος επέλεγε ένα τμήμα του ανθρώπινου οπτικού μοντέλου, το ονομάτιζε, έλεγε λίγα λόγια για τη λειτουργία του και τέλος έδειχνε στον πίνακα πού πρέπει να τοποθετηθεί. Ο χειρισμός του προγράμματος και η τοποθέτηση των διαφόρων τμημάτων έγινε από τον ερευνητή για εξοικονόμηση χρόνου αλλά και γιατί διαπιστώθηκε ότι, όπως θα περιγραφεί και πιο κάτω αναλυτικά, πολλοί μαθητές δυσκολεύτηκαν να αντιληφθούν την κίνηση ενός μοντέλου μέσα σε ένα τρισδιάστατο εικονικό χώρο. Η δραστηριότητα αυτή διήρκεσε περίπου 30 λεπτά.



**Εικόνα 16:** Οι μαθητές του τμήματος ΣΤ-1 υλοποιούν το πρώτο μέρος της εκπαιδευτικής παρέμβασης με τη χρήση του Autodesk Maya 2013.



*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*



**Εικόνα 17:** Το δεύτερο μέρος της παρέμβασης με ολοκληρωμένο το μοντέλο κρανίου που περιελάμβανε πλήρες το οπτικό σύστημα του ανθρώπου.

#### **5.4 Τρίτη φάση παρέμβασης: αξιολόγηση αποτελεσμάτων**

Η αξιολόγηση των γνώσεων που απέκτησαν οι μαθητές και των δύο τμημάτων της ΣΤ' τάξης σχετικά με το ανθρώπινο μάτι έγινε με ένα γραπτό τεστ (Παράρτημα 1) το οποίο περιείχε ερωτήσεις σχετικά με :

- Τη συχνότητα εμφάνισης συγκεκριμένων χρωμάτων στο ανθρώπινο μάτι.
- Την ορθή τοποθέτηση των τμημάτων και των μυών του ματιού σε ένα μοντέλο.
- Την ορθή αντιστοίχιση συγκεκριμένων τμημάτων ή μυών του ματιού με τη λειτουργία τους.
- Την αναφορά τουλάχιστον 2 λόγων για τους οποίους οι μαθητές πιστεύουν ότι τα μάτια είναι τόσο σημαντικά για τον άνθρωπο.
- Να εξηγήσουν οι μαθητές τη φράση «Τα μάτια είναι ο καθρέφτης της ψυχής».
- Την κατανόηση ή μη του φαινομένου της διάθλασης σε σχέση με το ανθρώπινο μάτι.

Το τεστ που δημιουργήθηκε για να εξετάσει το κατά πόσο οι μαθητές κατανόησαν αυτά που διδάχθηκαν, περιείχε ποικιλία ερωτήσεων ώστε να καλύψει όλη την απαιτούμενη ύλη (Παράρτημα 1). Επιπλέον, οι ερωτήσεις ήταν τόσο ανοικτού όσο και κλειστού τύπου. Κλειστό χαρακτήρα είχαν οι ερωτήσεις σχετικά με τα μέρη και τους μύες του ματιού, όπου ζητήθηκε από τους μαθητές να τοποθετήσουν τα ονόματα των μυών και των τμημάτων στο κατάλληλο σημείο των εικόνων που περιείχε το τεστ. Τον ίδιο χαρακτήρα είχαν και οι ερωτήσεις που εξέταζαν τη λειτουργία που επιτελούν συγκεκριμένα μέρη και μύες του ματιού, καθώς επίσης και η ερώτηση σχετικά με το ανεστραμμένο είδωλο και το πώς αντιλαμβάνεται την εικόνα ενός αντικειμένου το ανθρώπινο μάτι. Σκοπός των ερωτήσεων κλειστού τύπου ήταν να αναλυθούν οι απαντήσεις των μαθητών ώστε να προκύψουν κάποια ποσοστά για να γίνει με περισσότερη ακρίβεια η σύγκριση μεταξύ γνώσεων που αποκτήθηκαν στο τμήμα που ασχολήθηκε με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση και στο τμήμα που διδάχθηκε συμβατικά το μάθημα.

Εκτός από τις ερωτήσεις κλειστού τύπου, το τεστ περιείχε και δύο (2) ερωτήσεις ανοικτού τύπου. Αυτές ζητούσαν από τους μαθητές να αναπτύξουν μέσα σε λίγες προτάσεις ή φράσεις τις σκέψεις τους σχετικά με τη σημασία της όρασης και του ματιού ως οργάνου στον άνθρωπο. Αυτό έγινε για να τους δοθεί η δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν ελεύθερο λόγο και να εκφράσουν τις σκέψεις τους, αλλά και για να διαπιστωθεί κατά πόσο κατάλαβαν πέρα από τα μέρη του ματιού και τη λειτουργία τους, τη σημασία του ματιού σε ένα διαφορετικό, πιο αφηρημένο, συμβολικό επίπεδο. Η πρώτη από τις δύο ερωτήσεις ζητούσε από τους μαθητές να αναφέρουν δύο (2) λόγους για τους οποίους πιστεύουν ότι τα μάτια του ανθρώπου είναι από τα σημαντικότερα όργανα που διαθέτει. Η δεύτερη ερώτηση ζητούσε από τους μαθητές να εξηγήσουν τη φράση «τα μάτια είναι ο καθρέφτης της ψυχής».

Παράλληλα με το τεστ αξιολόγησης για την κατανόηση της ύλης που διδάχθηκε, στους μαθητές του τμήματος ΣΤ-1' που πήραν μέρος στην εκπαιδευτική παρέμβαση με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση, δόθηκε προς συμπλήρωση και ένα ερωτηματολόγιο όπου καλούνταν να αξιολογήσουν τόσο το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε στην παρέμβαση, όσο και την ίδια τη μέθοδο της τρισδιάστατης μοντελοποίησης ως εκπαιδευτικό εργαλείο (Παράρτημα 2). Το ερωτηματολόγιο

περιελάμβανε συνολικά επτά (7) ερωτήσεις. Οι έξι (6) ήταν κλειστού τύπου και η μία (1) ήταν ανοικτού τύπου.

Οι ερωτήσεις ζητούσαν από τους μαθητές να σημειώσουν πόσο τους δυσκόλεψε το λογισμικό Autodesk Maya, αν θα ήθελαν να χρησιμοποιήσουν ξανά την τρισδιάστατη μοντελοποίηση σε κάποιο μάθημά τους στο μέλλον και κατά πόσο τους βοήθησε η χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας να θυμούνται τα μέρη του ματιού και τη λειτουργία τους. Επιπλέον, ζητήθηκε από τους μαθητές να ταξινομήσουν το Maya σε σχέση με άλλα εκπαιδευτικά «εργαλεία» όπως το εκπαιδευτικό βίντεο και η συζήτηση μέσα στην τάξη. Ζητήθηκε, επίσης, από τους μαθητές να επιλέξουν τι τους δυσκόλεψε περισσότερο στη χρήση του λογισμικού ώστε να γίνει αντιστοιχία των απαντήσεών τους με τις σημειώσεις του ερευνητή, από την παρατήρηση που έκανε κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής παρέμβασης. Τέλος, οι μαθητές κλήθηκαν να επιλέξουν μέσα από μια λίστα μαθημάτων, μέχρι και τρία (3) μαθήματα στα οποία πιστεύουν ότι θα βοηθούσε η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Στην ανοικτή ερώτηση, που ήταν η τελευταία, έπρεπε να δώσουν ένα συγκεκριμένο παράδειγμα χρήσης της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στην εκπαιδευτική διαδικασία, για καθένα από τα τρία (3) μαθήματα που είχαν επιλέξει στην προηγούμενη ερώτηση. Η τελευταία αυτή ερώτηση ήταν σημαντική ώστε να προκύψει εάν κατάλαβαν οι μαθητές τις αδυναμίες και τις δυνατότητες της συγκεκριμένης τεχνολογίας στο εκπαιδευτικό πλαίσιο.

### **5.5 Πιλοτική δοκιμή σε μαθητές Γυμνασίου**

Οι δύο δραστηριότητες της εκπαιδευτικής παρέμβασης καθώς και η μετέπειτα αξιολόγηση γνώσεων και εμπειρίας με το τεστ γνώσεων και το ερωτηματολόγιο σχετικά με την εμπειρία της τρισδιάστατης μοντελοποίησης, δοκιμάστηκαν αρχικά σε μία μικρή πιλοτική ομάδα αποτελούμενη από πέντε (5) μαθητές της Α' τάξης του Γυμνασίου (3 αγόρια, 2 κορίτσια) στο ίδιο σχολείο. Οι μαθητές της πιλοτικής ομάδας αρχικά παρακολούθησαν τη διάλεξη για το ανθρώπινο μάτι (τα μέρη του, πώς λειτουργεί και ποια είναι η σημασία της όρασης για τον άνθρωπο σε πολλαπλά επίπεδα). Η διάλεξη, που διήρκεσε μία ώρα, περιελάμβανε την προβολή του

*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*

πεντάλεπτου εκπαιδευτικού βίντεο σχετικά με το μάτι και στη συνέχεια συζήτηση πάνω στην αίσθηση της όρασης.

Μέσα σε ένα δίωρο η πιλοτική ομάδα ολοκλήρωσε τις δύο (2) δραστηριότητες που έκαναν χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Αφού έγινε στους μαθητές μία γενική «ξενάγηση» στις βασικές λειτουργίες του Autodesk Maya 2013, τους ζητήθηκε να δημιουργήσουν και να τοποθετήσουν στο τρισδιάστατο ανθρώπινο μοντέλο τα μάτια του (Εικόνα 18). Όταν ολοκλήρωσαν οι μαθητές την πρώτη δραστηριότητα, που διήρκεσε περίπου μία ώρα και είκοσι λεπτά, ξεκίνησε η δεύτερη δραστηριότητα, που ζητούσε τη σωστή τοποθέτηση όλων των τμημάτων του ανθρώπινου ματιού (ορατών και μη) στο μοντέλο με το τρισδιάστατο ανθρώπινο κρανίο.



**Εικόνα 18:** Μία από τις δύο πιλοτικές ομάδες Α' Γυμνασίου (3 αγόρια) χρησιμοποιεί το λογισμικό Maya.

Η πιλοτική ομάδα επιλέχθηκε να είναι από μεγαλύτερα παιδιά, και χρησιμοποιήθηκε με σκοπό:

- α) να εξεταστεί κατά πόσον η διδασκόμενη ύλη μπορεί να καλυφθεί μέσα στα χρονικά πλαίσια που ορίστηκαν (1 διδακτική ώρα),
- β) να δοκιμαστεί από τους μαθητές η τεχνολογία της τρισδιάστατης μοντελοποίησης, και

γ) να γίνει μία πρώτη εφαρμογή της εκπαιδευτικής παρέμβασης.

Δοκιμάζοντας πρώτα πιλοτικά την παρέμβαση σε παιδιά Α Γυμνασίου, δηλαδή λίγο μεγαλύτερης ηλικίας από την πραγματική ομάδα-στόχο (ΣΤ Δημοτικού), ο ερευνητής μπορεί να εξάγει κάποια πρώτα συμπεράσματα σχετικά με δυσκολίες που μπορεί να συναντήσουν οι μαθητές χρησιμοποιώντας ένα απαιτητικό λογισμικό όπως το Autodesk Maya. Ανάλογα με τις δυσκολίες αυτές θα μπορούσε έπειτα να διαμορφωθεί η εκπαιδευτική παρέμβαση, ώστε να είναι ρεαλιστική η απαίτηση να υλοποιηθεί μέσα στα χρονικά πλαίσια που τέθηκαν και να ρυθμιστεί το επίπεδο δυσκολίας της (να απλουστευθεί ή να γίνει λίγο πιο απαιτητική).

Ένα τελικό σχόλιο σχετικά με την σχεδίαση της παρέμβασης, αφορά το ρόλο του λογισμικού. Σημαντικός στόχος σε μία τέτοιου είδους έρευνα είναι να λειτουργήσει το λογισμικό ως ένα υποστηρικτικό εργαλείο δηλαδή μία γέφυρα για την αποτελεσματικότερη και ταχύτερη απόκτηση και αφομοίωση της γνώσης. Ζητούμενο είναι να βοηθήσει ώστε οι μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα και σε μεγαλύτερο βάθος τη διδασκόμενη ύλη που στην περίπτωση της συγκεκριμένης έρευνας είναι το ανθρώπινο μάτι (τα μέρη, οι λειτουργίες του και γενικότερα η σημασία της όρασης) και όχι να αποτελέσει ένα αυτόνομο διδακτικό αντικείμενο («μαθαίνω το Autodesk Maya»). Σύμφωνα με αυτό το σκεπτικό, η παρέμβαση σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε η τρισδιάστατη μοντελοποίηση να χρησιμοποιηθεί ως εκπαιδευτικό εργαλείο, προσέχοντας να μη γίνει το κύριο διδασκόμενο αντικείμενο.

## **Κεφάλαιο 6. Ανάλυση μαθησιακών αποτελεσμάτων (Τεστ Γνώσεων)**

### **6.1 Τα χρώματα του ανθρώπινου ματιού - Ερώτηση 1**

Η 1<sup>η</sup> ερώτηση του τεστ Γνώσεων, με τίτλο «Πόσο καλά γνωρίζεις το ανθρώπινο μάτι;» που δόθηκε στους μαθητές και των δύο τμημάτων, τους ζητούσε να ταξινομήσουν τη συχνότητα εμφάνισης των χρωμάτων των ματιών στον άνθρωπο, από το πιο συνηθισμένο στο πιο ασυνήθιστο. Οι επιλογές που δόθηκαν ήταν τέσσερις (4): Γαλάζια, Καστανά, Συνδυασμός Χρωμάτων, Πράσινα. Η ορθή απάντηση είναι ότι το ποσοστό εμφάνισης της κάθε κατηγορίας είναι: [Καστανά 55%, Συνδυασμός Χρωμάτων 33%, Γαλάζια 10%, Πράσινα 2%]. Οι πληροφορίες συχνότητας εμφάνισης για τα Καστανά, τα Γαλάζια και τα Πράσινα μάτια εμφανίστηκαν, μαζί με το ποσοστό τους, στο εκπαιδευτικό βίντεο που είδαν και τα δύο τμήματα. Ο συνδυασμός χρωμάτων προκύπτει με συνδυαστική σκέψη (είναι το υπόλοιπο ποσοστό μέχρι το 100% που μένει, αν προστεθούν τα ποσοστά των τριών (3) χρωμάτων που εμφανίζονται καθαρά στο ανθρώπινο μάτι). Το τμήμα που χρησιμοποίησε την τρισδιάστατη μοντελοποίηση (ΣΤ-2) είχε την ευκαιρία να θυμηθεί ξανά τη συχνότητα εμφάνισης των χρωμάτων που δόθηκαν στο τεστ για το ανθρώπινο μάτι μέσω της πρώτης από τις δύο δραστηριότητες που έκανε κατά την εκπαιδευτική παρέμβαση (αυτή κατά την οποία οι μαθητές κατασκεύασαν και τοποθέτησαν σε ένα ανθρώπινο τρισδιάστατο μοντέλο τα ορατά μέρη του ματιού).

Ως σωστές απαντήσεις θεωρήθηκαν αυτές που είχαν ακριβώς τη σειρά συχνότητας όπως προαναφέρθηκε: [καστανά, συνδυασμός χρωμάτων, γαλάζια, πράσινα]. Όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 1 τα ποσοστά απαντήσεων των δύο τμημάτων είναι σχεδόν τα ίδια. Στο ΣΤ-2 απάντησαν σωστά 4 από τους 13 μαθητές (30,7 %) ενώ στο ΣΤ-1 σωστές απαντήσεις έδωσαν οι 3 στους 13 μαθητές (23%). Όλοι οι μαθητές ανέφεραν τα καστανά μάτια ως αυτά με τη συχνότερη εμφάνιση στον άνθρωπο. Ωστόσο μπερδεύτηκαν, όπως φάνηκε από τις απαντήσεις τους, με την επιλογή «Συνδυασμός χρωμάτων», την οποία πολλοί μαθητές και από τα δύο τμήματα τοποθέτησαν είτε στο τέλος είτε μετά τα «γαλάζια μάτια». Η διαφορά κατά μία (1) μόνο στις σωστές απαντήσεις από το ΣΤ-2 έδειξε ότι η τρισδιάστατη μοντελοποίηση σε αυτού του είδους την πληροφορία δεν έπαιξε κάποιο σημαντικό

*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*

ρόλο. Ένα ενδιαφέρον στοιχείο είναι ότι οι δύο (2) από τους τέσσερις (4) μαθητές του ΣΤ-2 που έδωσαν σωστή απάντηση στην ταξινόμηση της συχνότητας των χρωμάτων, έγραψαν δίπλα και τα ποσοστά ακριβώς (κάτι που δεν ζητήθηκε). Το εκπαιδευτικό βίντεο και η συζήτηση μέσα στην τάξη (μέσα από ένα παιχνίδι στο οποίο παρατήρησε ο κάθε μαθητής το χρώμα των ματιών των συμμαθητών του) ήταν αυτό που βοήθησε τους μαθητές που απάντησαν σωστά, ενώ η τρισδιάστατη μοντελοποίηση δεν φάνηκε να παίζει κάποιο σημαντικό ρόλο στην απόκτηση και απομνημόνευση της εν λόγω γνώσης.

**Πίνακας 1:** Τα ποσοστά σωστών και λανθασμένων απαντήσεων συγκριτικά στα 2 τμήματα.

|                                            | <b>ΑΠΑΝΤΗΣΑΝ ΣΩΣΤΑ</b><br>(αριθμός παιδιών<br>[ποσοστό %]) | <b>ΑΠΑΝΤΗΣΑΝ ΛΑΘΟΣ</b><br>(αριθμός παιδιών<br>[ποσοστό %]) | <b>ΣΥΝΟΛΑ</b> |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>Τμήμα ΣΤ1</b><br>(συμβατική διδασκαλία) | 3 [23.1%]                                                  | 10 [76.9%]                                                 | 13 [100%]     |
| <b>Τμήμα ΣΤ2</b><br>(3d modeling)          | 4 [30.7%]                                                  | 9 [69.3%]                                                  | 13 [100%]     |

Από τις απαντήσεις των μαθητών φάνηκε ότι η πρώτη ερώτηση του τεστ γνώσεων δυσκόλεψε αρκετά και την πιλοτική ομάδα, η οποία, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, αποτελούνταν από παιδιά λίγο μεγαλύτερης ηλικίας (Πίνακας 2). Ειδικότερα, οι 3 από τους 5 μαθητές (60%) έκαναν σωστή ταξινόμηση, ενώ οι άλλοι 2 (40%) έκαναν λάθος. Όλοι οι μαθητές της πιλοτικής ομάδας όπως και οι μαθητές των δύο τμημάτων της ΣΤ' έβαλαν την επιλογή «Καστανά Μάτια» πρώτη. Όπως και στην περίπτωση των μαθητών του Δημοτικού έτσι και οι μαθητές της Α' Γυμνασίου φάνηκε ότι δυσκολεύτηκαν με την επιλογή «Συνδυασμός Χρωμάτων». Ενώ κατάλαβαν δηλαδή ότι τα καστανά μάτια είναι τα πιο συνηθισμένα και ότι τα γαλανά είναι επίσης πιο κοινά από τα πράσινα, τοποθέτησαν την επιλογή «Συνδυασμός Χρωμάτων» είτε τελευταία είτε ανάμεσα στις επιλογές «γαλάζια» και «πράσινα» μάτια.

Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού

**Πίνακας 2:** Ποσοστά σωστών και λανθασμένων απαντήσεων στην πιλοτική ομάδα (5 παιδιά της Α Γυμνασίου).

|                                               | <b>ΑΠΑΝΤΗΣΑΝ ΣΩΣΤΑ</b><br><b>(αριθμός παιδιών</b><br><b>[ποσοστό %])</b> | <b>ΑΠΑΝΤΗΣΑΝ ΛΑΘΟΣ</b><br><b>(αριθμός παιδιών</b><br><b>[ποσοστό %])</b> | <b>ΣΥΝΟΛΑ</b> |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>Πιλοτική Ομάδα</b><br><b>(3d modeling)</b> | 3 [60%]                                                                  | 2 [40%]                                                                  | 5 [100%]      |

Συμπερασματικά από την 1<sup>η</sup> Ερώτηση του τεστ γνώσεων φάνηκε ότι οι μαθητές δυσκολεύτηκαν να σκεφτούν συνδυαστικά. Η συχνότητα εμφάνισης των χρωμάτων στο ανθρώπινο μάτι συζητήθηκε μέσα στην αίθουσα κατά την πρώτη φάση της παρέμβασης, όπως και με την πιλοτική ομάδα, ενώ εμφανίστηκε και στο εκπαιδευτικό βίντεο που παρακολούθησαν όλοι. Η επιλογή «Συνδυασμός Χρωμάτων» δυσκόλεψε τους μαθητές γιατί έπρεπε να θυμούνται ίσως τα ποσοστά για να την τοποθετήσουν στη σωστή της θέση, που ήταν μετά τα «Καστανά Μάτια» και πριν τα «Γαλάζια». Οι μαθητές που ασχολήθηκαν με το λογισμικό Maya και πήραν μέρος στην εκπαιδευτική παρέμβαση είχαν την ευκαιρία να ακούσουν ξανά τις παραπάνω πληροφορίες καθώς κατασκεύαζαν το ανθρώπινο μάτι, στην πρώτη δραστηριότητα της εκπαιδευτικής παρέμβασης. Ωστόσο, επειδή ήταν μία θεωρητική πληροφορία και όχι κάτι που έπρεπε να κατασκευάσουν, και δεν αφορούσε την ενασχόλησή τους με το λογισμικό, φάνηκε πως δεν τους εντυπώθηκε αρκετά ώστε να την ανακαλέσουν όταν τους ζητήθηκε.

## **6.2 Τοποθέτηση των τμημάτων του ματιού στο μοντέλο – Ερώτηση 2**

Η δεύτερη ερώτηση του Τεστ Γνώσεων ζητούσε από τους μαθητές να αντιστοιχίσουν σε ένα μοντέλο τα 14 τμήματα του ανθρώπινου ματιού, τα οποία τους δίνονταν. Ο σκοπός της συγκεκριμένης ερώτησης δεν ήταν να εξετάσει κατά πόσο οι μαθητές μπορούν να απομνημονεύσουν ονομασίες αλλά να φανεί αν η χρήση ενός λογισμικού τρισδιάστατης μοντελοποίησης, όπως το Maya, μπορεί να συμβάλει σημαντικά στο να θυμούνται οι μαθητές με μεγαλύτερη ακρίβεια πού



*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*

βρίσκονται τα συγκεκριμένα, επιμέρους όργανα που συνθέτουν το ανθρώπινο μάτι. Συγκρίνοντας τον αριθμό των μαθητών που απάντησαν σωστά τουλάχιστον τις μισές ερωτήσεις, ανάμεσα στα 2 τμήματα της ΣΤ' τάξης, φαίνεται (Πίνακας 3) ότι η τρισδιάστατη μοντελοποίηση δεν συνέβαλε ουσιαστικά στο να θυμούνται οι μαθητές του τμήματος ΣΤ' 2 καλύτερα από τους μαθητές του τμήματος ΣΤ' 1 την ακριβή θέση των διάφορων τμημάτων του ανθρώπινου ματιού. Ωστόσο, συγκρίνοντας τις σωστές απαντήσεις συνολικά των μαθητών φαίνεται ότι το ΣΤ' 2 που έκανε χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης είχε καλύτερα αποτελέσματα, αφού απάντησε σωστά σε 83 στις 182 ερωτήσεις έναντι 71 σωστών στις 182 για το τμήμα ΣΤ' 1 (Πίνακας 4). Τα δύο τμήματα είχαν μέσο όρο μικρότερο του 50%, αφού είχαν από 6 μαθητές το καθένα που αντιστοίχισαν σωστά λιγότερα από τα μισά τμήματα του ανθρώπινου ματιού, δηλαδή αυτοί οι μαθητές πέτυχαν έξι (6) ή λιγότερα τμήματα μεταξύ των δεκατεσσάρων (14). Τα συγκεκριμένα ποσοστά αποτέλεσαν έκπληξη καθώς το ΣΤ' 2 που ασχολήθηκε ένα δίωρο παραπάνω με το ανθρώπινο μάτι και έκανε χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης, ιδιαίτερα με τη δεύτερη δραστηριότητα της εκπαιδευτικής παρέμβασης, στην οποία οι μαθητές έπρεπε να τοποθετήσουν τα διάφορα τμήματα του ματιού σωστά, αναμενόταν να έχει πολύ καλύτερα αποτελέσματα από το ΣΤ' 1.

**Πίνακας 3:** Ο αριθμός των μαθητών που βρήκε τουλάχιστον 7 από τα 14 μέρη του ματιού σωστά είναι ακριβώς ο ίδιος και για τα 2 τμήματα της ΣΤ'.

|                                         | <b>ΒΡΗΚΑΝ ΤΟΥΛΑΧΙΣΤΟΝ 7 ΑΠΟ ΤΑ 14 ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΜΑΤΙΟΥ ΣΩΣΤΑ (αριθμός παιδιών [ποσοστό %])</b> | <b>ΒΡΗΚΑΝ ΛΙΓΟΤΕΡΑ ΑΠΟ 7 ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΜΑΤΙΟΥ ΣΩΣΤΑ (αριθμός παιδιών [ποσοστό %])</b> | <b>ΣΥΝΟΛΑ</b> |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>Τμήμα ΣΤ1 (συμβατική διδασκαλία)</b> | 6 [46.2%]                                                                                 | 7 [53.8%]                                                                        | 13 [100%]     |
| <b>Τμήμα ΣΤ2 (3d modeling)</b>          | 6 [46.2%]                                                                                 | 7 [53.8%]                                                                        | 13 [100%]     |

Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού

**Πίνακας 4:** Ο αριθμός σωστών απαντήσεων του τμήματος ΣΤ' 2 ήταν μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο του ΣΤ' 1.

|                                             | <b>ΣΩΣΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ<br/>ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ<br/><br/>(αριθμός απαντήσεων<br/>[ποσοστό %])</b> |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Τμήμα ΣΤ1<br/>(συμβατική διδασκαλία)</b> | 71/182 [39%]                                                                                 |
| <b>Τμήμα ΣΤ2<br/>(3d modeling)</b>          | 83/182 [45.6%]                                                                               |

Όσον αφορά την Ομάδα Ελέγχου, στη συγκεκριμένη ερώτηση τα πήγε πολύ καλύτερα από τα δύο τμήματα της ΣΤ' τάξης, όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 5. Ο Μέσος Όρος σωστών απαντήσεων των μαθητών ήταν πολύ πάνω από το 50%, συγκεκριμένα 87,1%. Όλοι οι μαθητές της Ομάδας Ελέγχου θυμόταν τη σωστή θέση τουλάχιστον σε 10 από τα 14 τμήματα του ανθρώπινου ματιού. Η μεγάλη διαφορά του ποσοστού αυτού με το 45,6% του ΣΤ' 2 προκαλεί μία σχετική έκπληξη. Το γεγονός ότι οι μαθητές της Ομάδας Ελέγχου έκαναν την εκπαιδευτική παρέμβαση με το Maya σε 2 μικρές χωριστές ομάδες, 3 αγόρια η μία ομάδα και 2 κορίτσια η άλλη, σε διαφορετικές μέρες, έχοντας την πλήρη προσοχή του εκπαιδευτή όλη την ώρα σε συνδυασμό με την λίγο μεγαλύτερη ηλικία τους, πιθανόν να ήταν οι λόγοι που οδήγησαν στο να κατανοήσουν και να είναι σε θέση να ανακαλέσουν πολύ πιο εύκολα την ακριβή θέση των τμημάτων του ανθρώπινου ματιού.

Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού

**Πίνακας 5:** Ο Μέσος Όρος των Σωστών Απαντήσεων των μαθητών της Ομάδας Ελέγχου ήταν πολύ υψηλότερος από τους αντίστοιχους των 2 τμημάτων της ΣΤ' τάξης.

|                                         | <b>ΣΩΣΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ<br/>ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ</b><br><br>(αριθμός απαντήσεων<br>[ποσοστό %]) |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Πιλοτική Ομάδα<br/>(3d modeling)</b> | 61 / 70 [87,1 %]                                                                          |

### 6.3 Μύες του ανθρώπινου ματιού – Ερώτηση 3

Στην τρίτη ερώτηση του Τεστ Γνώσεων, οι μαθητές καλούνταν να αντιστοιχίσουν τους μύες του ανθρώπινου ματιού στην εικόνα ενός μοντέλου. Η φύση της συγκεκριμένης ερώτησης είναι η ίδια με την 2η ερώτηση του Τεστ και σκοπό είχε να δείξει εάν οι μαθητές που έκαναν χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης κατάλαβαν καλύτερα που βρίσκεται ο κάθε μυς του ματιού, από τους μαθητές που διδάχθηκαν μόνο με παραδοσιακή διδασκαλία το μάθημα. Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 6, στη συγκεκριμένη ερώτηση οι μαθητές του ΣΤ' 2 πήγαν αρκετά καλύτερα από τους μαθητές του ΣΤ' 1. Ειδικότερα, ο Μέσος Όρος των σωστών απαντήσεων της ΣΤ' 2 ήταν 80,7% ενώ ο αντίστοιχος του ΣΤ' 1 ήταν 71,7%.

**Πίνακας 6:** Οι μαθητές του ΣΤ'2 είχαν και σε αυτή την ερώτηση ένα ελαφρώς καλύτερο ποσοστό Σωστών Απαντήσεων από το ΣΤ' 1.

|                                             | <b>ΣΩΣΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ<br/>ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ</b><br><br>(αριθμός απαντήσεων<br>[ποσοστό %]) |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Τμήμα ΣΤ1<br/>(συμβατική διδασκαλία)</b> | 56 / 78 [71.7%]                                                                           |
| <b>Τμήμα ΣΤ2<br/>(3d modeling)</b>          | 63 /78 [80.7%]                                                                            |

Οι μαθητές της Ομάδας Ελέγχου, όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 7, αντιστοιχισαν σωστά όλους τους μύες του ματιού στο μοντέλο και είχαν έτσι Μέσο Όρο σωστών απαντήσεων 100%. Παρατηρείται γενικά πως στην ερώτηση τρία (3) όλοι οι μαθητές είχαν καλύτερα ποσοστά. Αυτό οφείλεται εν μέρει στο ότι η ερώτηση ήταν λιγότερο απαιτητική από την προηγούμενη (2<sup>η</sup>) ερώτηση, καθώς ζητούσε από τους μαθητές να αντιστοιχίσουν 6 μύες από τους οποίους οι 4 (ο Ανώτερος Μυϊκός Ιστός, ο Κατώτερος Μυϊκός Ιστός, ο Πάνω Λοξός Μυϊκός Ιστός και ο Κάτω Λοξός Μυϊκός Ιστός) μπορούσαν να αντιστοιχισθούν πιο εύκολα από τους μαθητές με βάση τη λογική. Οι δύο πιο απαιτητικές επιλογές ήταν ο Μέσος Μυϊκός Ιστός και ο Πλευρικός Μυϊκός Ιστός.

**Πίνακας 7:** Όλοι οι μαθητές της Ομάδας Ελέγχου κατάλαβαν ακριβώς που βρίσκονται όλοι οι μύες που συνδέονται με το ανθρώπινο μάτι.

|                                         | <b>ΣΩΣΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ<br/>ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ<br/>(αριθμός απαντήσεων<br/>[ποσοστό %])</b> |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Πιλοτική Ομάδα<br/>(3d modeling)</b> | 70 / 70 [100 %]                                                                         |

Η διαφορά της τάξεως του 10% που παρατηρείται υπέρ του ΣΤ' 2 στη συγκεκριμένη ερώτηση, που είναι μεγαλύτερη από τη διαφορά του 6.6% που παρουσίασε το ίδιο τμήμα σε σχέση με το ΣΤ' 1 στην ερώτηση 2, οφείλεται πιθανόν στο γεγονός ότι μέσα από την τρισδιάστατη μοντελοποίηση οι μαθητές του ΣΤ' 2 κατανόησαν καλύτερα τη χρησιμότητα του κάθε μυός ξεχωριστά. Μέσα τόσο από την πρώτη, αλλά κυρίως μέσα από τη δεύτερη δραστηριότητα της εκπαιδευτικής παρέμβασης, οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να δουν το μάτι να αλλάζει κατευθύνσεις ανάλογα με τον μυ που χρησιμοποιείται κάθε φορά. Αφού ολοκλήρωσαν, δηλαδή, τη συναρμολόγηση των τμημάτων του ματιού, τους

δόθηκαν κάποιες οδηγίες π.χ. «*Κάντε το Μάτι να Κοιτάξει Πάνω και Δεξιά*» και αυτοί χρησιμοποιώντας το εργαλείο που περιστρέφει τα τρισδιάστατα μοντέλα (Rotation Tool) άλλαζαν την κατεύθυνση που κοιτούσε το μάτι, εξηγώντας παράλληλα ποιος μυς συνέβαλε για να πραγματοποιηθεί η εν λόγω κίνηση.

Η συγκεκριμένη διαδικασία, που είχε τη δυνατότητα να την προσφέρει μόνο το λογισμικό της τρισδιάστατης μοντελοποίησης, πιθανόν να συνέβαλε ώστε οι μαθητές να θυμούνται καλύτερα τη θέση και τη λειτουργία του κάθε μυός του ματιού ξεχωριστά. Επιπλέον, ένα ενδιαφέρον σχόλιο είναι ότι δεν υπήρχε ούτε ένας μαθητής στο ΣΤ' 2 που να μην αντιστοιχίσει σωστά τουλάχιστον 2 από τους 6 μύες του ματιού ενώ αντίθετα στο ΣΤ' 1 υπήρχαν 2 μαθητές που έκαναν όλες τις αντιστοιχίσεις λάθος.

#### **6.4 Η λειτουργία συγκεκριμένων τμημάτων του ματιού – Ερώτηση 4**

Στην τέταρτη ερώτηση του Τεστ Γνώσεων οι μαθητές κλήθηκαν να αντιστοιχήσουν 6 τμήματα του ανθρώπινου ματιού (Κεντρικό Βοθρίο, Ανώτερος Μυϊκός Ιστός, Οπτικό Νεύρο, Κρυσταλλοειδής Φακός, Τυφλό Σημείο και Ίριδα) σε σχέση με τη λειτουργία τους ή τα χαρακτηριστικά που τα κάνουν ξεχωριστά. Η συγκεκριμένη ερώτηση δεν εξετάζει το πού βρίσκεται το κάθε επιμέρους όργανο του ματιού αλλά ποια είναι η διεργασία που επιτελούν συγκεκριμένα τμήματα στο σύστημα της ανθρώπινης όρασης. Εξετάζοντας τον Πίνακα 8, που δείχνει το ποσοστό των σωστών απαντήσεων των δύο τμημάτων της ΣΤ' στη συγκεκριμένη αντιστοίχιση, φαίνεται ξεκάθαρα πως το τμήμα ΣΤ' 1, παρόλο που δεν ασχολήθηκε καθόλου με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση, πήγε πολύ καλύτερα από το ΣΤ' 2. Ειδικότερα το ποσοστό των σωστών απαντήσεων για το ΣΤ' 1 ήταν 79,4% ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για το ΣΤ' 2 ήταν μόλις 60,2%.

**Πίνακας 8:** Τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων των δύο τμημάτων ΣΤ' στην Ερώτηση 4 του Τεστ Γνώσεων.

|                                             | <b>ΣΩΣΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ<br/>ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ</b><br><br>(αριθμός απαντήσεων<br>[ποσοστό %]) |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Τμήμα ΣΤ1<br/>(συμβατική διδασκαλία)</b> | 62 / 78 [79.4%]                                                                           |
| <b>Τμήμα ΣΤ2<br/>(3d modeling)</b>          | 47 / 78 [60.2%]                                                                           |

Στο ΣΤ' 2 υπήρχαν 6 μαθητές που επέτυχαν τις μισές ή λιγότερες σωστές απαντήσεις, είχαν δηλαδή σωστές απαντήσεις από 0 έως 3 στις 6, ενώ στο ΣΤ' 1 μόλις 2 μαθητές απάντησαν σωστά 3 ή λιγότερες φορές. Αν και το ποσοστό των σωστών απαντήσεων ξεπερνάει το 50% και στα 2 τμήματα, φαίνεται μία σημαντική διαφορά της τάξεως του 19,2%, που προβληματίζει όσον αφορά τη χρησιμότητα της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο συγκεκριμένο εξεταζόμενο αντικείμενο. Ενώ στις 3 προηγούμενες ερωτήσεις, έστω και οριακά, το τμήμα ΣΤ' 2 είχε καλύτερους μέσους όρους σωστών απαντήσεων, σε αυτή την ερώτηση συμβαίνει το αντίθετο.

Μπορεί έτσι, σχετικά εύκολα, να βγει το συμπέρασμα ότι η τρισδιάστατη μοντελοποίηση μπορεί να συμβάλει ως ένα βαθμό στο να θυμούνται οι μαθητές την ακριβή θέση ενός οργάνου ή ενός τμήματος που ανήκει σε ένα μεγαλύτερο και πιο πολύπλοκο σύστημα ενώ αντίθετα δεν είναι η κατάλληλη μέθοδος ώστε οι μαθητές αυτής της ηλικίας (11-12 χρονών) να κατανοήσουν και να θυμούνται τις λειτουργίες ή τον ακριβή ρόλο που παίζει ένα όργανο ή ένα τμήμα ενός πιο σύνθετου μοντέλου.

Στην τέταρτη ερώτηση, η Ομάδα Ελέγχου είχε πολύ υψηλό ποσοστό σωστών απαντήσεων. Συγκεκριμένα μόνο 1 μαθητής από τους 5, αντί να έχει και τις 6 αντιστοιχίσεις σωστές είχε τις 4. Έτσι το ποσοστό σωστών απαντήσεων της Ομάδας Ελέγχου διαμορφώθηκε στο 93,3% (Πίνακας 9). Η διαφορά της τάξεως του 13,9% και 33,1% των σωστών απαντήσεων της Ομάδας Ελέγχου έναντι των τμημάτων ΣΤ'1 και ΣΤ' 2 αντίστοιχα, δείχνει ότι η τρισδιάστατη μοντελοποίηση ως τεχνολογία ίσως λειτούργησε πιο αποδοτικά στα παιδιά της Α' Γυμνασίου, εξαιτίας της πιο

*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*

ανεπτυγμένης αντιληπτικής τους ικανότητας αλλά και λόγω της συνδυαστικής τους σκέψης. Φυσικά, για τον ίδιο ακριβώς λόγο δεν μπορεί να ειπωθεί με βεβαιότητα ότι η τρισδιάστατη μοντελοποίηση ήταν αυτή μόνο που οδήγησε τους μαθητές να κατανοήσουν την ακριβή λειτουργία των τμημάτων του ματιού που δόθηκαν στην αντιστοίχιση.

**Πίνακας 9:** Το συνολικό ποσοστό σωστών απαντήσεων της Πιλοτικής Ομάδας στην ερώτηση 4 του Τεστ Γνώσεων.

|                                         | <b>ΣΩΣΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ<br/>ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ</b><br><br>(αριθμός απαντήσεων<br>[ποσοστό %]) |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Πιλοτική Ομάδα<br/>(3d modeling)</b> | 28 / 30 [93.3 %]                                                                          |

Το γεγονός ότι το ποσοστό σωστών απαντήσεων της Ομάδας Ελέγχου, στις 3 από τις 4 Ερωτήσεις που εξετάστηκαν ως τώρα, είναι τόσο υψηλό στις ερωτήσεις του Τεστ Γνώσεων (Ερώτηση 1: **60%**, Ερώτηση 2: **84,2%**, Ερώτηση 3: **100%**, Ερώτηση 4: **93,3%**) συγκριτικά με τα αντίστοιχα ποσοστά του ΣΤ' 2 (Ερώτηση 1: **23%**, Ερώτηση 2: **45,6%**, Ερώτηση 3: **80,7%**, Ερώτηση 4: **60,2%**) που διδάχθηκε ακριβώς τα ίδια πράγματα, στον ίδιο χρόνο, με την ίδια εκπαιδευτική παρέμβαση και με τη χρήση του ίδιου λογισμικού (Autodesk Maya 2013) απαιτεί από μόνο του μία ερμηνεία. Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση στο πλαίσιο μίας εκπαιδευτικής παρέμβασης σε μικρές ομάδες παιδιών Γυμνασίου φαίνεται να επιφέρει πολύ καλύτερα αποτελέσματα από ότι σε μικρές ομάδες παιδιών του Δημοτικού. Αυτό μπορεί να συμβαίνει για πολλούς λόγους:

- Πιο ανεπτυγμένη αντιληπτική ικανότητα.
- Εξοικείωση και εκμάθηση πιο εύκολα μίας καινούργιας και απαιτητικής τεχνολογίας.
- Ανεπτυγμένη συνδυαστική σκέψη.

- Εξοικείωση με τη χρήση πολλαπλών μέσων για συλλογή πληροφοριών.

Γενικά, οι μαθητές των δύο τμημάτων της ΣΤ' τάξης φάνηκε ότι κατανόησαν καλύτερα τη λειτουργία του Οπτικού Νεύρου, του Ανώτερου Μυϊκού Ιστού και του Τυφλού Σημείου, ενώ συχνά μπέρδευαν τη λειτουργία της Ίριδας με τον Κρυσταλλοειδή Φακό. Συνέδεσαν δηλαδή την Ίριδα με τη λειτουργία του Φακού στο μάτι και επέλεξαν την επιλογή «Το φως περνάει από μέσα του και μεταβάλλεται έτσι ώστε το είδωλο του κάθε αντικειμένου να εμφανίζεται καθαρό στον αμφιβληστροειδή χιτώνα» για την Ίριδα. Αντίθετα για τον Κρυσταλλοειδή Φακό επέλεξαν την απάντηση «Είναι το χρωματιστό μέρος του ματιού που είναι διαφορετικό σε κάθε άνθρωπο».

Άξιο αναφοράς είναι επίσης το γεγονός ότι οι μαθητές δεν έδειξαν στην πλειοψηφία τους να δυσκολεύονται με τη λειτουργία του Κεντρικού Βοθρίου και το συνέδεσαν με την κεντρική όραση του ανθρώπου. Σε αυτό ίσως συνέβαλε και το χαρακτηριστικό παράδειγμα που δόθηκε και στα 2 τμήματα την ώρα της διδασκαλίας. Επειδή σε πολλούς μαθητές φάνηκε αστείο το όνομα Βοθρίο τονίστηκε ότι μπορούν να θυμούνται τον Βόθρο, δηλαδή όπως ο Βόθρος μαζεύει τα απόβλητα έτσι και στο Κεντρικό Βοθρίο του ανθρώπινου ματιού είναι συγκεντρωμένα και τα περισσότερα φωτοευαίσθητα κύτταρα και άρα είναι υπεύθυνο για την κεντρική όραση του ανθρώπου. Ένα απλό και λίγο αστείο παράδειγμα επομένως αποτέλεσε την αφορμή να συγκρατήσουν οι μαθητές την εν λόγω πληροφορία.

## **6.5 Η σημασία της όρασης και των ματιών για τον άνθρωπο – Ερώτηση 5**

Η πέμπτη ερώτηση του Τεστ Γνώσεων ήταν ανοικτού τύπου και ζητούσε από τους μαθητές να αναφέρουν δύο (2) λόγους για τους οποίους πιστεύουν ότι τα μάτια είναι από τα σημαντικότερα όργανα που διαθέτει ο άνθρωπος. Ο σκοπός της συγκεκριμένης ερώτησης ήταν να μπορέσουν οι μαθητές να εκφραστούν πιο ελεύθερα και να αναπτύξουν κάποια επιχειρήματα και σκέψεις, σχετικά με τη σημασία της όρασης ως αίσθησης αλλά και το ίδιο το ανθρώπινο μάτι ως αντιληπτικό όργανο, μέσο επικοινωνίας αλλά και ως σύμβολο. Με αυτό τον τρόπο



θα μπορέσει να γίνει με μεγαλύτερη σαφήνεια αντιληπτό εάν οι μαθητές κατανόησαν την πολύπλευρη και πολυποίκιλη φύση του συγκεκριμένου οργάνου, αλλά και αν είναι σε θέση να καταλάβουν τη σημασία που έχει ως σύμβολο πέρα από τη διαδικασία της όρασης. Κατά την παράδοση του μαθήματος αλλά και μέσα από το εκπαιδευτικό βίντεο που είδαν οι μαθητές τονίστηκαν αυτές οι ιδιότητες του ματιού που σε μία πρώτη ανάλυση μπορεί να μην ήταν και τόσο εμφανείς.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η παρουσία χαρακτήρων κινουμένων σχεδίων στην αρχή του βίντεο οι οποίοι λειτούργησαν με δύο τρόπους. Αφενός τράβηξαν την προσοχή των μαθητών, μιας και είναι παιδιά μικρότερης ηλικίας, αφετέρου μέσα από την ποικιλία με την οποία ζωγραφίζονται από τους καλλιτέχνες αλλά και τις υπερβολικές εκφράσεις των ηρώων στα περισσότερα παιδικά animation, έδωσαν έναυσμα για να ανοίξει μία συζήτηση μέσα στην εκάστοτε τάξη. Στη συζήτηση αυτή αναφέρθηκε η σημασία των ματιών ως κομμάτι της ταυτότητας του κάθε ανθρώπου. Ειπώθηκε ότι η περιοχή των ματιών και των φρυδιών πολλές φορές από μόνη της μπορεί να οδηγήσει στην αναγνώριση ακόμα και προσώπων που δεν είναι οικεία. Επίσης τονίστηκε ότι τα φρύδια μαζί με τα μάτια μπορούν να χρησιμοποιηθούν – και χρησιμοποιούνται πολύ συχνά – ως ένας κώδικας μη λεκτικής επικοινωνίας ανάμεσα σε φίλους, μέλη μίας οικογένειας αλλά και συνεργάτες στη δουλειά ή ανάμεσα σε συμμαθητές στο σχολείο, κλπ.

Το ΣΤ' 2 που έλαβε μέρος στην εκπαιδευτική παρέμβαση είχε την ευκαιρία, μέσα από την πρώτη από τις δύο δραστηριότητες που έγιναν μέσα στην τάξη και στις οποίες χρησιμοποιήθηκε η τρισδιάστατη μοντελοποίηση (Εικόνα 19), να ξανακούσει τις εν λόγω πληροφορίες. Όταν οι μαθητές χρειάστηκε να χρωματίσουν την ίριδα του ανθρώπινου ματιού που τοποθέτησαν στο τρισδιάστατο μοντέλο, ρωτήθηκαν για τη συχνότητα εμφάνισης των διαφόρων χρωμάτων στο ανθρώπινο μάτι και ύστερα υπήρξε μία συζήτηση στην τάξη σχετικά με αυτά που αναφέρθηκαν και πιο πάνω, δηλαδή ότι τα μάτια του κάθε ανθρώπου τον κάνουν ξεχωριστό και ότι μπορεί μέσα από αυτά να εκφράσει τα συναισθήματά του (φόβο, αγωνία, έκπληξη, συγκίνηση, λύπη, χαρά, κλπ.).

*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*

Επομένως, θα έχει ενδιαφέρον να εξεταστεί κατά πόσο η ενασχόληση των μαθητών του ΣΤ' 2 με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση, είναι σε θέση ή όχι να τους ωθήσει να δουν και να κατανοήσουν καλύτερα από τους μαθητές του ΣΤ' 1 και αυτή την πλευρά του ανθρώπινου ματιού. Αρχικά, για να εξεταστεί αν υπάρχει κάποια διαφορά ανάμεσα στα δύο τμήματα της ΣΤ', όσον αφορά τις απόψεις τους πάνω στην Ερώτηση 5 του Τεστ Φυσικής, πρέπει να μελετηθεί πόσοι μαθητές από το κάθε τμήμα βρήκαν δύο διαφορετικούς λόγους που να δείχνουν τη σημασία του ματιού για τον άνθρωπο, πόσοι βρήκαν μόνο ένα λόγο και αν υπάρχουν μαθητές που δεν έγραψαν κανένα λόγο.



**Εικόνα 19:** Μαθητές του ΣΤ' 2 του Δημοτικού Σχολείου Απαλού την ώρα που ολοκληρώνουν την πρώτη δραστηριότητα της εκπαιδευτικής παρέμβασης με τη χρήση του Μαγα.

Εξετάζοντας τις απαντήσεις των μαθητών (Πίνακας 10) προκύπτει ότι, αν και από τους μαθητές του ΣΤ' 2 δεν υπήρχε ούτε ένας που να μην έγραψε τουλάχιστον ένα λόγο για τη σημασία των ματιών για τον άνθρωπο, σε αντίθεση με το ΣΤ' 1 όπου υπήρχε ένας μαθητής που δεν ανέφερε κανένα λόγο, ωστόσο γενικά το τμήμα ΣΤ' 1 τα πήγε πολύ καλύτερα από το ΣΤ' 2. Συγκεκριμένα στο ΣΤ' 1, 10 από τους 13 μαθητές, δηλαδή ένα ποσοστό 76,9%, ανέφερε δύο (2) διαφορετικούς λόγους που δείχνουν τη χρησιμότητα των ματιών ως οργάνων για τον άνθρωπο. Αντιθέτως, στο

*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*

ΣΤ' 2, μόλις 6 στους 13 μαθητές, δηλαδή λιγότερο από τους μισούς (46,1%) ανέφεραν δύο (2) διαφορετικούς λόγους.

**Πίνακας 10:** Οι μαθητές του ΣΤ' 1 στην πλειοψηφία τους μπόρεσαν να βρουν και να εξηγήσουν τουλάχιστον 2 λόγους χρησιμότητας του ματιού για τον άνθρωπο.

|                                                 | <b>0 Λόγοι της<br/>Σημασίας των<br/>ματιών</b><br><br>(αριθμός<br>απαντήσεων<br>[ποσοστό %]) | <b>1 Λόγος της<br/>Σημασίας των<br/>ματιών</b><br><br>(αριθμός<br>απαντήσεων<br>[ποσοστό %]) | <b>2 Λόγοι της<br/>Σημασίας των<br/>ματιών</b><br><br>(αριθμός<br>απαντήσεων<br>[ποσοστό %]) | <b>ΣΥΝΟΛΟ<br/>ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ</b> |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| <b>Τμήμα ΣΤ1<br/>(συμβατική<br/>διδασκαλία)</b> | 1 [7.6%]                                                                                     | 2 [15.3%]                                                                                    | 10 [76.9%]                                                                                   | 13 [100%]                    |
| <b>Τμήμα ΣΤ2<br/>(3d modeling)</b>              | 0 [0%]                                                                                       | 7 [53.9%]                                                                                    | 6 [46.1%]                                                                                    | 13 [100%]                    |

Αξίζει να αναφερθεί ότι κανένας μαθητής δεν άφησε αναπάντητη την πέμπτη ερώτηση του Τεστ Γνώσεων, καθώς ακόμα και ο μαθητής του ΣΤ' 1 που δεν ανέφερε λόγους που να δείχνουν τη σημασία του ματιού για τον άνθρωπο, απάντησε στην ερώτηση. Ωστόσο, αντί να αναφέρει 2 λόγους, έγραψε 2 τμήματα του ματιού (Κεντρικό Βοθρίο, Αιμοφόρα Αγγεία). Προφανώς δεν κατανόησε την ερώτηση.

Αναλύοντας και συγκρίνοντας τις απαντήσεις των μαθητών των δύο τμημάτων της ΣΤ', φάνηκαν τα εξής:

- Εννέα (9) στους δεκατρείς (13) μαθητές (69,2%) του ΣΤ' 1 απάντησαν ότι μέσω των ματιών ο άνθρωπος εκφράζει τα συναισθήματά του, ενώ στο ΣΤ' 2 μόλις 6 μαθητές στους 13 συνέδεσαν τα μάτια με τα συναισθήματα.
- Σχεδόν όλοι οι μαθητές και στα δύο τμήματα της ΣΤ', έντεκα (11) στους δεκατρείς (13) (84,6%) στο ΣΤ' 1 και δώδεκα (12) στους δεκατρείς (13)

(92,3%) στο ΣΤ' 2, ανέφεραν ως βασικό λόγο την αυτονόητη σημασία των ματιών για τη διαδικασία της όρασης με απαντήσεις όπως: «Τα μάτια μας βοηθούν να καταλάβουμε που είμαστε». «Εξαιτίας των ματιών μπορούμε να αντιληφθούμε τον κόσμο γύρω μας».

- Συνολικά επτά (7) μαθητές, έξι (6) από το ΣΤ' 2 και ένας (1) από το ΣΤ' 1, ανέφεραν ότι τα μάτια προστατεύουν τον άνθρωπο από διάφορους «κινδύνους», με απαντήσεις όπως: «Χωρίς τα μάτια μας θα κινδυνεύαμε να χτυπήσουμε». «Τα μάτια μας βοηθάνε να ξέρουμε που πηγαίνουμε ώστε να μην πέφτουμε».

Μερικά από τα πιο ενδιαφέροντα σχόλια των μαθητών σχετικά με τη σημασία που έχουν για τον άνθρωπο τα μάτια ως όργανα είναι τα παρακάτω:

- «Τα ανθρώπινα μάτια είναι το παράθυρο μας για την πραγματικότητα».
- «Με τα μάτια μας μπορούμε να κάνουμε γκριμάτσες και να αλληθωρίζουμε».
- «Χωρίς τα μάτια δεν μπορούμε να κάνουμε τίποτα. Δεν μπορούμε να διαβάσουμε, να περπατάμε στο δρόμο και να βλέπουμε τους αγαπημένους μας ανθρώπους».
- «Ο πρώτος λόγος και ο βασικότερος, για τον οποίο τα μάτια μας είναι σημαντικά, είναι ότι μας βοηθάνε να δούμε τι συμβαίνει γύρω μας. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι μέσα από αυτά μπορούμε να εκφράσουμε τα συναισθήματά μας, να διαβάσουμε, να ξέρουμε τι αγγίζουμε και να απολαμβάνουμε κάθε στιγμή της ζωής μας».

Από τις απαντήσεις φαίνεται ότι οι περισσότεροι μαθητές του ΣΤ' 1 απάντησαν πιο συνοπτικά και έκαναν αναφορά στη σημασία των ματιών τόσο για την όραση όσο και την έκφραση συναισθημάτων. Οι περισσότεροι μαθητές του ΣΤ' 2 δεν βρήκαν δύο διαφορετικούς λόγους για τη σημασία του ανθρώπινου ματιού, ωστόσο απάντησαν τις περισσότερες φορές με παράγραφο ολοκληρωμένη (πιο ελεύθερο λόγο) και με περισσότερη φαντασία. Επίσης εντύπωση προκαλεί το γεγονός ότι σχεδόν οι μισοί μαθητές του τμήματος (6 από τους 13) κάνουν αναφορά

στο πόσο προστατεύουν τα μάτια τον άνθρωπο από κινδύνους κάτι που ανέφερε μόνο 1 μαθητής στο ΣΤ' 1.

Ο ελεύθερος λόγος και η φαντασία που χρησιμοποίησαν οι μαθητές του ΣΤ' 2 ίσως οφείλεται στο ότι είχαν την ευκαιρία να σκεφτούν πιο εποικοδομητικά ύστερα από τη χρήση της εκπαιδευτικής παρέμβασης με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση γύρω από το ανθρώπινο μάτι. Δεν εστίασαν δηλαδή τόσο πολύ στις πληροφορίες που διατυπώθηκαν αυτούσιες μέσα στην ώρα της διάλεξης. Αντίθετα, στο ΣΤ' 1 οι απαντήσεις των μαθητών είχαν, τις περισσότερες φορές, τη μορφή λίστας η οποία απαριθμούσε εντελώς λιτά τους 2 λόγους που τονίστηκαν κατά τη διάρκεια της διάλεξης. Για να απαντήσουν, δηλαδή, σε μία ανοικτού τύπου ερώτηση, οι μαθητές βασίστηκαν στη μνήμη τους και δεν χρησιμοποίησαν τη φαντασία τους ώστε να δώσουν πιο πρωτότυπες και πολυποίκιλες απαντήσεις ή παραδείγματα.

Οι 4 από τους 5 μαθητές της Ομάδας Ελέγχου, όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 11, απάντησαν στην πέμπτη ερώτηση του Τεστ Γνώσεων σωστά, αναφέροντας δύο διαφορετικούς λόγους που να δείχνουν τη σημασία των ματιών για τον άνθρωπο. Μόνο μία μαθήτρια ανέφερε ένα μόνο λόγο, που ήταν και ο κλασσικός που ανέφεραν σχεδόν όλοι οι μαθητές: «Χωρίς τα μάτια ο άνθρωπος δεν θα μπορούσε να δει». Εκτός από αυτή τη μαθήτρια, οι υπόλοιποι μαθητές, όσον αφορά τις απαντήσεις τους, κινήθηκαν κάπου ανάμεσα στο ΣΤ' 1 και το ΣΤ' 2. Φάνηκε ότι θυμόντουσαν τους λόγους της σημασίας των ματιών που διατυπώθηκαν στην παράδοση του μαθήματος, ωστόσο ανέπτυξαν περισσότερο το λόγο τους απ' ότι οι μαθητές του ΣΤ' 1 και έδωσαν επεξηγηματικά παραδείγματα για να υποστηρίξουν τις απαντήσεις τους. Για παράδειγμα ένα μαθητής έγραψε: « Τα μάτια είναι τόσο σημαντικά για τον άνθρωπο γιατί μας βοηθούν να βλέπουμε και να ξέρουμε που βρισκόμαστε. Μας προστατεύουν από κινδύνους π.χ. όταν περνάει ένα αυτοκίνητο θα το δούμε και δεν θα περάσουμε τον δρόμο. Επιπλέον, μέσω των ματιών μπορούμε να εκφράσουμε τα συναισθήματά μας».

*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*

**Πίνακας 11:** Σχεδόν όλοι οι μαθητές της Ομάδας Ελέγχου ανέφεραν δύο διαφορετικούς λόγους για τη σημασία των ματιών ως οργάνων για τον άνθρωπο.

|                                                   | <b>0 Λόγοι της Σημασίας των ματιών</b><br><br>(αριθμός απαντήσεων [ποσοστό %]) | <b>1 Λόγος της Σημασίας των ματιών</b><br><br>(αριθμός απαντήσεων [ποσοστό %]) | <b>2 Λόγοι της Σημασίας των ματιών</b><br><br>(αριθμός απαντήσεων [ποσοστό %]) | <b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ</b> |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| <b>Πιλοτική Ομάδα</b><br><br><b>(3d modeling)</b> | 0 [0%]                                                                         | 1 [20%]                                                                        | 4 [80%]                                                                        | 10 [100%]                |

#### **6.6 Εξήγηση της έκφρασης «τα μάτια είναι ο καθρέφτης της ψυχής» - Ερώτηση 6**

Στην έκτη ερώτηση του Τεστ Γνώσεων, που ήταν και αυτή ανοικτού τύπου, ζητήθηκε από τους μαθητές να προσπαθήσουν να εξηγήσουν τη φράση «Τα μάτια είναι ο καθρέφτης της ψυχής». Με τη συγκεκριμένη φράση, η οποία δεν αναφέρθηκε καθόλου κατά τη διάρκεια μαθήματος, μπορεί να εξεταστεί κατά πόσο οι μαθητές, μέσα από τις πληροφορίες που πήραν από το εκπαιδευτικό βίντεο, την διάλεξη και την τρισδιάστατη μοντελοποίηση, μπόρεσαν να αντιληφθούν τον επικοινωνιακό χαρακτήρα του ματιού. Η συγκεκριμένη ερώτηση μπορεί να φαίνεται παρόμοια με την πέμπτη ερώτηση, ωστόσο επικεντρώνεται σε μία αλληγορική θεώρηση του ματιού. Οι μαθητές έλαβαν πολλές πληροφορίες που δίνουν εξήγηση για τη φράση και έπρεπε να σκεφτούν λίγο πιο συνδυαστικά και να «δουν» πέρα από την προφανή χρήση του ματιού, ώστε να απαντήσουν σωστά στην ερώτηση. Έχει ενδιαφέρον να εξεταστεί αν η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης βοήθησε τους μαθητές του ΣΤ' 2 να σκεφτούν γύρω από το ανθρώπινο μάτι ώστε να έχουν πιο στοχευμένες απαντήσεις στη συγκεκριμένη ερώτηση, από αυτές των μαθητών του ΣΤ' 1.

Αναλύοντας τις απαντήσεις των μαθητών των δύο τμημάτων της ΣΤ', φαίνεται ότι το ποσοστό των μαθητών που κατάλαβε και εξήγησε σωστά τη φράση «Τα μάτια είναι ο καθρέφτης της ψυχής» ήταν αρκετά υψηλότερος στο ΣΤ' 2

*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*

(Πίνακας 12). Ειδικότερα, 10 από τους 13 μαθητές του τμήματος (76,9%) κατάλαβαν και εξήγησαν σωστά τη φράση, ενώ οι υπόλοιποι 3 (23,1%) δεν την κατανόησαν καθόλου. Στο ΣΤ' 1 οι μαθητές που έδωσαν σωστή εξήγηση ήταν 7 από τους 13 (53,9%) ενώ οι υπόλοιποι 6 (46,1%) δεν μπόρεσαν να την εξηγήσουν σωστά.

**Πίνακας 12:** Ο Πίνακας δείχνει πως το ποσοστό μαθητών που κατάλαβε και εξήγησε σωστά τη φράση «Τα μάτια είναι ο καθρέφτης της ψυχής» είναι αρκετά υψηλότερο στο ΣΤ' 2 σε σχέση με το ΣΤ' 1.

|                                                 | <b>ΕΛΛΕΙΨΗ<br/>ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ ΤΗΣ<br/>ΦΡΑΣΗΣ</b><br><br>(αριθμός<br>απαντήσεων<br>[ποσοστό %]) | <b>ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΗΣ<br/>ΦΡΑΣΗΣ</b><br><br>(αριθμός<br>απαντήσεων<br>[ποσοστό %]) | <b>ΣΥΝΟΛΟ<br/>ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ</b> |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| <b>Τμήμα ΣΤ1<br/>(συμβατική<br/>διδασκαλία)</b> | 6 [46.1%]                                                                                  | 7 [53.9%]                                                                     | 13 [100%]                    |
| <b>Τμήμα ΣΤ2<br/>(3d modeling)</b>              | 3 [23.1%]                                                                                  | 10 [76.9%]                                                                    | 13 [100%]                    |

Κάποια ενδιαφέροντα σχόλια που προκύπτουν με την εξέταση των απαντήσεων των μαθητών των 2 τμημάτων της ΣΤ' είναι τα εξής:

- Στο ΣΤ' 1, από τα 7 αγόρια του τμήματος μόνο 1 κατάλαβε και εξήγησε σωστά την έκφραση που δόθηκε. Τα 3 από τα 6 αγόρια προσπάθησαν να εξηγήσουν την έκφραση αλλά μέσα από τα παραδείγματα που έδωσαν φάνηκε ότι δεν την κατάλαβαν, ενώ τα υπόλοιπα 3 αγόρια δεν έδωσαν καμία απάντηση στην Ερώτηση 6.
- Όλα τα κορίτσια του ΣΤ' 1 απάντησαν στην Ερώτηση 6 του Τεστ Φυσικής και εξήγησαν σωστά τη φράση «Τα μάτια είναι ο καθρέφτης της ψυχής».
- Αν και το ποσοστό των σωστών απαντήσεων στην Ερώτηση 6 του Τεστ Φυσικής των μαθητών του ΣΤ' 1 ήταν μικρότερο από το αντίστοιχο του ΣΤ' 2,

οι απαντήσεις των μαθητών του ΣΤ' 1 παρουσίασαν μεγαλύτερη ποικιλία, πρωτοτυπία και φαντασία.

- Υπήρχε μία ποικιλία απαντήσεων στη συγκεκριμένη ερώτηση, ωστόσο οι περισσότεροι μαθητές συνέδεσαν τη φράση «Τα μάτια είναι ο καθρέφτης της ψυχής» με τα συναισθήματα που νιώθει ένας άνθρωπος, ενώ υπήρχαν και περιπτώσεις όπου τα μάτια συνδέθηκαν με την μνήμη ή παρομοιάστηκαν με καθρέφτη στον οποίο αντανακλάται η μορφή του ανθρώπου που τα κοιτάει.

Κάποιες από τις πιο ενδιαφέρουσες απαντήσεις των μαθητών σχετικά με τη σημασία της φράσης «Τα μάτια είναι ο καθρέφτης της ψυχής» είναι οι εξής:

- «Από τα μάτια μας εξαρτάται το αίσθημα που νιώθουμε, για παράδειγμα αν δούμε κάτι άσχημο, νιώθουμε άσχημα». (ΣΤ' 2)
- «Εννοούμε ότι τα μάτια εκφράζουν το συναίσθημα που νιώθουμε μία συγκεκριμένη στιγμή. Επίσης, το χρώμα των ματιών εκφράζει το χαρακτήρα κάποιου». (ΣΤ' 2)
- «Όταν βλέπουμε τα μάτια του άλλου καταλαβαίνουμε τα αισθήματά του π.χ αν είναι χαρούμενος ή λυπημένος κ.τ.λ.». (ΣΤ' 2)
- «Ό,τι μπορείς να δεις τον άλλο πως αισθάνεται». (ΣΤ' 2)
- «Όπως είπα και πιο πάνω με τα μάτια μπορούμε να καταλάβουμε τα συναισθήματα των γύρω μας. Μπορούμε να καταλάβουμε ότι ο άλλος είναι έκπληκτος (όταν ανοίγουν τα μάτια του διάπλατα και σηκώνει τα φρύδια του) μπορούμε να καταλάβουμε ότι ο άλλος είναι θυμωμένος (όταν σουφρώνει τα φρύδια του και μικραίνουν τα μάτια του) και πολλά άλλα συναισθήματα». (ΣΤ' 1)
- «Πιστεύω ότι ένας άνθρωπος ας πούμε αρχίζει να δακρύζει από τα μάτια όταν νιώθει χαρά ή λύπη και μπορεί και πολλά άλλα ανάλογα με την ψυχολογία του ή με το πώς αισθάνεται». (ΣΤ' 1)
- «Όταν βλέπουμε τον άλλο μέσα από τα μάτια του βλέπουμε εμάς». (ΣΤ' 1)
- «Ό,τι βλέπουμε περνάει στην ψυχή και μετά μπορούμε να το ξαναβλέπουμε όποτε θέλουμε». (ΣΤ' 1)



- «Ό,τι μπορούμε με την πρώτη ματιά να αναγνωρίσουμε ένα συγκεκριμένο άνθρωπο». (ΣΤ' 1)

Εξετάζοντας τις απαντήσεις των μαθητών στη συγκεκριμένη ερώτηση, διαπιστώνεται ότι η τρισδιάστατη μοντελοποίηση βοήθησε τους μαθητές, ως ένα βαθμό, να επισημάνουν τη σχέση των ματιών με την έκφραση των συναισθημάτων του ανθρώπου. Ωστόσο δεν τους ώθησε να σκεφτούν σε μεγαλύτερο βάθος και από πολλές οπτικές γωνίες γύρω από το μάτι ως σύμβολο. Αντίθετα οι μαθητές του ΣΤ' 1 που προσέγγισαν αυτή την ερώτηση με βάση τις γνώσεις που έλαβαν από την παράδοση του μαθήματος, τη συζήτηση μέσα στην τάξη και το εκπαιδευτικό βίντεο, έδωσαν πιο σύνθετες, ποικιλόμορφες ή εναλλακτικές απαντήσεις.

Με βάση τις απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές μπορεί να σχολιαστεί ότι η τρισδιάστατη μοντελοποίηση ίσως ώθησε τους μαθητές που τη χρησιμοποίησαν να επικεντρωθούν περισσότερο σε «τεχνικές λεπτομέρειες» σχετικά με το όργανο του ματιού και να παραμελήσουν ή να αφήσουν σε δεύτερη μοίρα τους συμβολισμούς και την καλλιτεχνική – φιλοσοφική προσέγγιση με την οποία μπορεί κάποιος να προσεγγίσει το ανθρώπινο μάτι. Το μέσο δηλαδή που κυριάρχησε στο μυαλό των μαθητών (το λογισμικό του Maya) για τη μελέτη του ματιού, κατά κάποιο τρόπο οδήγησε τους μαθητές να σκεφτούν με λιγότερη πρωτοτυπία, πιο πεζά, μονολεκτικά και σχετικά ομοιόμορφα. Συνεπώς, θα μπορούσε να διατυπωθεί η υπόθεση ότι ίσως η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι περισσότερο κατάλληλη και χρηστική όταν το ζητούμενο είναι να μάθουν κάτι πολύ συγκεκριμένο οι μαθητές (όπως π.χ. που βρίσκεται ο αμφιβληστροειδής χιτώνας του ματιού) ενώ μάλλον δεν είναι το κατάλληλο εκπαιδευτικό εργαλείο για να μεταδώσει περισσότερο αφηρημένες ή/και λογοτεχνικές προεκτάσεις ενός αντικειμένου προς μελέτη.

Στην αντίστοιχη ερώτηση, οι 4 από τους 5 μαθητές της Ομάδας Ελέγχου απάντησαν σωστά (Πίνακας 13). Όπως και στην περίπτωση του ΣΤ' 2, ωστόσο, αυτά που έγραψαν οι μαθητές δεν παρουσίασαν μεγάλη ποικιλία καθώς και οι 4 απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές που απάντησαν την ερώτηση ήταν πανομοιότυπες και είχαν σχέση με τη σύνδεση των ματιών του ανθρώπου με τα συναισθήματα που νιώθει. Σύμφωνα με τις απαντήσεις των μαθητών θα μπορούσε

*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*

να διατυπωθεί η άποψη και για την Ομάδα Ελέγχου (αν και ήταν παιδιά λίγο μεγαλύτερης ηλικίας) ότι πολύ πιθανόν και αυτοί εξαιτίας της ενασχόλησής τους με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση να δυσκολεύτηκαν να εστιάσουν στις πιο φιλοσοφικές προεκτάσεις του ματιού.

**Πίνακας 13:** Σχεδόν όλοι οι μαθητές της Ομάδας Ελέγχου κατανόησαν τη φράση «Τα μάτια είναι ο καθρέφτης της ψυχής».

|                                         | <b>ΕΛΛΕΙΨΗ<br/>ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ ΤΗΣ<br/>ΦΡΑΣΗΣ</b><br><br>(αριθμός<br>απαντήσεων<br>[ποσοστό %]) | <b>ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΗΣ<br/>ΦΡΑΣΗΣ</b><br><br>(αριθμός<br>απαντήσεων<br>[ποσοστό %]) | <b>ΣΥΝΟΛΟ<br/>ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ</b> |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| <b>Πιλοτική Ομάδα<br/>(3d modeling)</b> | 1 [20%]                                                                                    | 4 [80%]                                                                       | 5 [100%]                     |

Οι απαντήσεις των μαθητών της Ομάδας Ελέγχου ήταν οι εξής:

- «Με αυτή την έκφραση πιστεύω ότι εννοούμε πως με τα μάτια μπορούμε να χαρακτηριστούμε ενώ π.χ. δεν μπορούμε να χαρακτηριστούμε από τα αυτιά».
- «Εννοούμε ότι με τα μάτια μπορούμε να καταλάβουμε την έκφραση του άλλου ανθρώπου δηλαδή άμα είναι θυμωμένος, στεναχωρημένος, χαρούμενος κ.α.».
- «Γιατί αν κοιτάξεις κάποιον στα μάτια θα καταλάβεις τα συναισθήματά του π.χ. όταν κλαίει είναι λυπημένος».
- «Επειδή με τα μάτια μπορούμε να εκφραστούμε δηλαδή (ξαφνιαζόμαστε, στεναχωριόμαστε κ.τ.λ.) Επίσης από τα μάτια μπορούμε να καταλάβουμε πως νιώθει ο άλλος».

### **6.7 Πώς βλέπει το μάτι του ανθρώπου ένα αντικείμενο – Ερώτηση 7**

Στην έβδομη και τελευταία ερώτηση του Τεστ Γνώσεων, οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν πώς αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι το είδωλο ενός δέντρου, δια της επιλογής. Οι επιλογές που δόθηκαν ήταν τρεις (3). Στην πρώτη περίπτωση το είδωλο του δέντρου εμφανίζεται χωρίς κάποια αλλαγή στον αμφιβληστροειδή χιτώνα, στην δεύτερη επιλογή το είδωλο του δέντρου εμφανίζεται αντεστραμμένο στον αμφιβληστροειδή ενώ στην τελευταία επιλογή το είδωλο του δέντρου εμφανίζεται με μία κλίση  $45^\circ$ . Ο σκοπός της συγκεκριμένης ερώτησης ήταν να εξεταστεί κατά πόσο οι μαθητές θυμούνται τη θεωρία του αντεστραμμένου ειδώλου και το φαινόμενο της διάθλασης που συζητήθηκε κατά τη διάρκεια του μαθήματος και δόθηκαν και αρκετά παραδείγματα. Το ΣΤ' 2 και η Ομάδα Ελέγχου είχαν την ευκαιρία να δουν και μέσα στο Autodesk Maya τη διαδικασία σύλληψης μίας εικόνας από το ανθρώπινο μάτι και πως το αντεστραμμένο είδωλο που λαμβάνει ο αμφιβληστροειδής, ο εγκέφαλος το αντιλαμβάνεται ξανά με τη σωστή του μορφή. Έχει ενδιαφέρον επομένως να εξεταστεί εάν η ενασχόληση με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση βοήθησε του μαθητές του ΣΤ' 2 να κατανοήσουν καλύτερα από τους μαθητές του ΣΤ' 1 το φαινόμενο του αντεστραμμένου ειδώλου.

Εξετάζοντας τις απαντήσεις των μαθητών και των δύο τμημάτων της ΣΤ' (Πίνακας 14) φαίνεται ότι σχεδόν όλοι οι μαθητές και στα 2 τμήματα κατανόησαν το συγκεκριμένο φαινόμενο αφού επέλεξαν την δεύτερη επιλογή όπου το είδωλο του δέντρου εμφανίζεται αντεστραμμένο στον αμφιβληστροειδή του ανθρώπινου ματιού. Συγκεκριμένα, και οι 13 μαθητές του ΣΤ' 2 απάντησαν σωστά (100%) ενώ τη σωστή απάντηση έδωσαν 10 από τους 13 μαθητές (77%) από το ΣΤ' 1.

Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού

**Πίνακας 14:** Σχεδόν όλοι οι μαθητές και στα δύο τμήματα της ΣΤ' απάντησαν σωστά στην Ερώτηση 7 του Τεστ Γνώσεων. Το ΣΤ' 2 ωστόσο είχε ποσοστό σωστών απαντήσεων 100%.

|                                                 | <b>ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΕΣ<br/>ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ</b><br><br>(αριθμός<br>απαντήσεων<br>[ποσοστό %]) | <b>ΣΩΣΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ</b><br><br>(αριθμός<br>απαντήσεων<br>[ποσοστό %]) | <b>ΣΥΝΟΛΟ<br/>ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ</b> |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| <b>Τμήμα ΣΤ1<br/>(συμβατική<br/>διδασκαλία)</b> | 3 [23%]                                                                         | 10 [77%]                                                               | 13 [100%]                    |
| <b>Τμήμα ΣΤ2<br/>(3d modeling)</b>              | 0 [0%]                                                                          | 13 [100%]                                                              | 13 [100%]                    |

Στο ΣΤ' 1 δόθηκε ένα παράδειγμα κατά την παράδοση του μαθήματος ώστε να κατανοήσουν οι μαθητές πώς βλέπει ο άνθρωπος. Συγκεκριμένα, στον πίνακα της τάξης, μέσω μίας ζωγραφιάς, είδαν οι μαθητές ένα ανθρώπινο μάτι να κοιτάει μία εικόνα σαν ruzzle στο οποίο λείπει μόνο ένα κομμάτι. Εξηγήθηκε στους μαθητές ότι το κομμάτι που λείπει προέρχεται από το τυφλό σημείο (την έλλειψη δηλαδή φωτοευαίσθητων κυττάρων στην απόληξη του οπτικού νεύρου). Το ruzzle αυτό, λόγω της διάθλασης που συμβαίνει όταν περνάει το φως από το υδατοειδές υγρό του ματιού, φτάνει αντεστραμμένο στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού. Από τις πληροφορίες που λαμβάνει από το δεύτερο μάτι, ο εγκέφαλος συμπληρώνει το κομμάτι που λείπει και γυρνάει την εικόνα του ruzzle σωστά ώστε να την αντιληφθεί και να επεξεργαστεί το περιεχόμενό της. Το συγκεκριμένο παράδειγμα, αν και ακούγεται ίσως λίγο περίπλοκο, βοήθησε όπως φάνηκε αρκετά τους μαθητές να κατανοήσουν το φαινόμενο του αντεστραμμένου ειδώλου και να απαντήσουν σχεδόν όλοι σωστά. Ωστόσο, όπως φάνηκε και από τις απαντήσεις των μαθητών, ο παραστατικός τρόπος με τον οποίο διδάχθηκαν οι μαθητές του ΣΤ' 2 το φαινόμενο του αντεστραμμένου ειδώλου, μέσω του της τρισδιάστατης μοντελοποίησης, τους βοήθησε να έχουν το απόλυτο ποσοστό επιτυχίας.

*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*

Οι μαθητές της Πιλοτικής Ομάδας, όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 15, πήγαν και αυτοί καλά στην έβδομη ερώτηση του Τεστ Γνώσεων. Συγκεκριμένα, μόνο 1 από τους 5 μαθητές έδωσε λάθος απάντηση στον τρόπο με τον οποίο εμφανίζεται το είδωλο του δέντρου στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού. Από τις απαντήσεις των δύο τμημάτων της ΣΤ' και της Ομάδας Ελέγχου γενικά φάνηκε ότι, οι μαθητές κατάλαβαν στο σύνολο τους το φαινόμενο του αντεστραμμένου ειδώλου και ότι τόσο το παράδειγμα της ζωγραφιάς στον πίνακα της τάξης όσο και η αναπαράσταση μέσα στο λογισμικό της τρισδιάστατης μοντελοποίησης βοήθησαν τους μαθητές να συγκρατήσουν και να ανακαλέσουν τη συγκεκριμένη γνώση. Ο λόγος που τα πήγαν λίγο καλύτερα οι μαθητές του ΣΤ' 2 σε σχέση με τους μαθητές του ΣΤ' 1 ίσως είναι ότι μέσω του Maya η συγκεκριμένη πληροφορία παρουσιάστηκε στους μαθητές με πιο παραστατικό και επεξηγηματικό τρόπο που δεν χωρούσε περιθώρια αμφιβολίας ή σύγχυσης. Στη συγκεκριμένη ερώτηση φάνηκε καθαρά η υπεροχή ενός λογισμικού που έχει τη δυνατότητα να παρουσιάσει στους μαθητές ένα δυσνόητο φαινόμενο με ένα ενδιαφέροντα τρόπο ώστε να κατανοηθεί καλύτερα, σε σχέση με μία ζωγραφιά ή ένα λεκτικό παράδειγμα, όσο πετυχημένα και αν είναι.

**Πίνακας 15:** *Σχεδόν όλοι οι μαθητές της Ομάδας Ελέγχου απάντησαν σωστά στην Ερώτηση 7 του Τεστ Γνώσεων.*

|                                         | <b>ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΕΣ<br/>ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ</b><br><br>(αριθμός<br>απαντήσεων<br>[ποσοστό %]) | <b>ΣΩΣΤΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ</b><br><br>(αριθμός<br>απαντήσεων<br>[ποσοστό %]) | <b>ΣΥΝΟΛΟ<br/>ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ</b> |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| <b>Πιλοτική Ομάδα<br/>(3d modeling)</b> | 1 [20%]                                                                         | 4 [80%]                                                                | 5 [100%]                     |

## **7. Παρουσίαση - Ανάλυση Αποτελεσμάτων (Ερωτηματολόγιο Τρισδιάστατης Μοντελοποίησης/ Maya)**

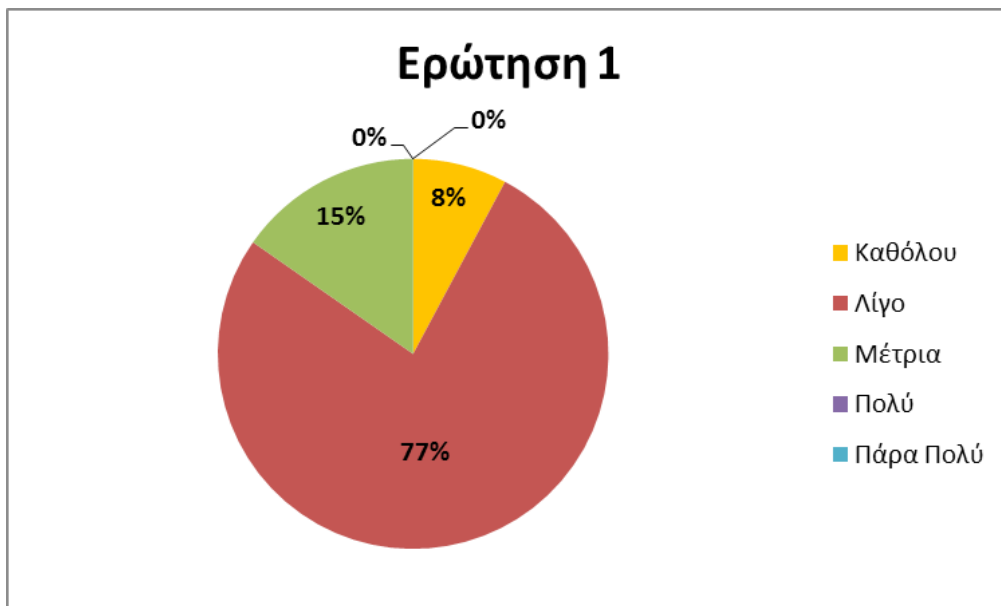
### **7.1 Ερώτηση 1: Πόσο δυσκόλεψε το Autodesk Maya τους μαθητές;**

Από τους μαθητές του ΣΤ' 2, που χρησιμοποίησαν το Autodesk Maya κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής παρέμβασης, ζητήθηκε να αξιολογήσουν την τρισδιάστατη μοντελοποίηση συμπληρώνοντας ένα ερωτηματολόγιο, με σκοπό να διερευνηθεί σε ποιο βαθμό αντιλήφθηκαν το ρόλο και την εκπαιδευτική χρήση ενός τέτοιου λογισμικού. Συγχρόνως μέσα από το ερωτηματολόγιο συγκεντρώθηκαν στοιχεία σχετικά με το εάν και κατά πόσο θεωρούν οι μαθητές ότι τους βοήθησε η χρήση ενός τέτοιου προγράμματος στο μάθημα της Φυσικής που διδάχθηκαν. Το ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από 7 ερωτήσεις από τις οποίες οι 6 ήταν κλειστού τύπου και μόνο η τελευταία ήταν ανοικτού τύπου.

Η πρώτη ερώτηση, που είχε τη μορφή της διαβαθμισμένης κλίμακας Likert, ζητούσε τους μαθητές να αξιολογήσουν πόσο τους δυσκόλεψε το Maya στη χρήση. Εξετάζοντας το γράφημα 16, φαίνεται ότι οι μαθητές δεν θεώρησαν ιδιαίτερα δύσκολο το λογισμικό αφού, 10 από τους 13 (77%), στη συγκεκριμένη ερώτηση απάντησαν «Λίγο», 2 από τους 13 (15%), απάντησαν «Μέτρια» και 1 στους 13 (8%) απάντησε «Καθόλου». Οι απαντήσεις «Πολύ» και «Πάρα Πολύ» ήταν 0%, αφού κανένας μαθητής του ΣΤ' 2 δεν τις επέλεξε.

Μέσω της παρατήρησης, κατά την διάρκεια των 2 δραστηριοτήτων της εκπαιδευτικής παρέμβασης, φάνηκε ότι οι μαθητές δυσκολεύτηκαν αρκετά με την έννοια του βάθους (άξονας Z) και με το κομμάτι της μοντελοποίησης (π.χ. να αλλάξουν το σχήμα της σφαίρας). Οι απαντήσεις τους επομένως, δεν συνάδουν με τη δυσκολία που φάνηκε ότι αντιμετώπισαν όταν κάνανε χρήση του Maya. Ίσως οι μαθητές έδωσαν αυτές τις απαντήσεις διότι κατάφεραν, έστω και με αυτές τις δυσκολίες να ολοκληρώσουν τις 2 δραστηριότητες με τη χρήση του Maya. Επιπλέον, το γεγονός ότι δόθηκαν πολύ συγκεκριμένες οδηγίες για όλα τα βήματα της 1<sup>ης</sup> δραστηριότητας με το Maya σε συνδυασμό με το ότι οι μαθητές ήταν σχετικά μικροί

σε ηλικία, χωρίς προηγούμενη εμπειρία με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση, να τους ώθησε να υποτιμήσουν, κατά κάποιο τρόπο, τις δυσκολίες και την πολυπλοκότητα ενός λογισμικού τρισδιάστατης μοντελοποίησης και animation όπως το Autodesk Maya.



**Γράφημα 16:** Το γράφημα δείχνει πως όλοι οι μαθητές του ΣΤ' 2 ανέφεραν ότι δυσκολεύτηκαν από Καθόλου έως Μέτρια με το Λογισμικό Autodesk Maya 2011.

Στην 1η Ερώτηση του ερωτηματολογίου, σχετικά με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση, παρόμοιες ήταν και οι απαντήσεις της Ομάδας Ελέγχου. Συγκεκριμένα, 2 από τους 5 μαθητές απάντησαν «Μέτρια» ενώ 3 από τους 5 έδωσαν την απάντηση «Λίγο». Κανένας μαθητής δεν απάντησε «Καθόλου», «Πολύ» ή «Πάρα Πολύ». Οι απαντήσεις τόσο του ΣΤ' 2 όσο και της Ομάδας Ελέγχου, προκάλεσαν αρκετή εντύπωση καθώς σύμφωνα με τις προβλέψεις και την παρατήρηση που έγινε όταν οι μαθητές χρησιμοποιούσαν το λογισμικό, οι αναμενόμενες απαντήσεις ήταν από «Μέτρια» μέχρι «Πάρα Πολύ». Οι δομημένες δραστηριότητες με συγκεκριμένες οδηγίες, η εξοικείωση των σημερινών παιδιών με την τεχνολογία και το γεγονός ότι μπορεί να μην ήθελαν να παραδεχτούν ότι τους

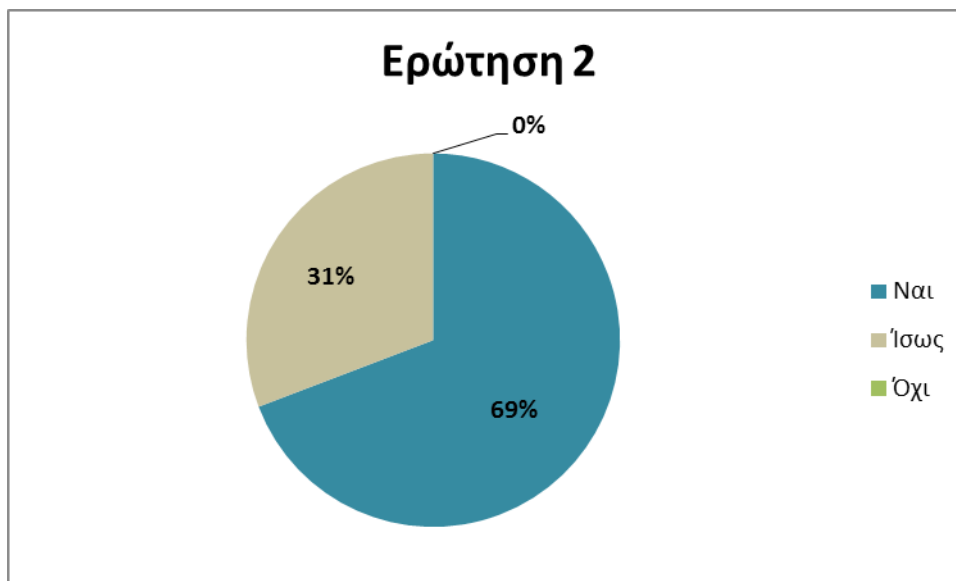
δυσκόλεψε «Πολύ» ή «Πάρα Πολύ» το λογισμικό, μάλλον, είναι οι κύριοι λόγοι που δίνουν εξήγηση για τις συγκεκριμένες απαντήσεις των μαθητών.

## **7.2 Ερώτηση 2: Θα ήθελαν οι μαθητές να χρησιμοποιήσουν ξανά την τρισδιάστατη μοντελοποίηση;**

Στη 2η ερώτηση του Ερωτηματολογίου οι μαθητές ερωτήθηκαν εάν θα ήθελαν να χρησιμοποιήσουν ξανά την τεχνολογία της τρισδιάστατης μοντελοποίησης σε ένα από τα μαθήματά τους. Εξετάζοντας τις απαντήσεις των μαθητών του ΣΤ' 2 (Γράφημα 17) φαίνεται ότι οι περισσότεροι μαθητές ήταν θετικοί στο να χρησιμοποιήσουν ξανά την τρισδιάστατη μοντελοποίηση στο μέλλον στη διδασκαλία κάποιου μαθήματος. Ειδικότερα, οι 9 από τους 13 μαθητές (69%) απάντησαν «Ναι» στη συγκεκριμένη ερώτηση ενώ οι 4 στους 13 (31%) δεν ήταν τόσο σίγουροι και απάντησαν «Ίσως». Κανένας μαθητής του τμήματος δεν επέλεξε την απάντηση «Όχι». Οι απαντήσεις αυτές των μαθητών δείχνουν ότι βρήκαν ενδιαφέρουσα την ενασχόλησή τους με το Maya και ότι θα ήθελαν να το ξαναχρησιμοποιήσουν στο μέλλον ως εκπαιδευτικό εργαλείο.

Σε αυτή την περίπτωση οι απαντήσεις των μαθητών δεν αποτελούν ιδιαίτερη έκπληξη, εφόσον ένιωσαν ότι δεν δυσκολεύτηκαν ιδιαίτερα με τη χρήση του λογισμικού και δεδομένου ότι ως τεχνολογία η τρισδιάστατη μοντελοποίηση είναι κάτι καινούργιο και διαφορετικό για αυτούς, θα ήθελαν να συνεχίσουν να τη χρησιμοποιούν. Παρόμοιες ήταν και οι απαντήσεις της Ομάδας Ελέγχου στη συγκεκριμένη ερώτηση καθώς οι 3 από τους 5 (60%) απάντησαν «Ναι» και 1 (20%) απάντησε «Ίσως». Η διαφορά ήταν ότι ένας από τους 5 μαθητές της Ομάδας Ελέγχου απάντησε «Όχι». Ωστόσο, συνολικά από τους 18 μαθητές που χρησιμοποίησαν την εν λόγω τεχνολογία, αυτή ήταν και η μοναδική αρνητική απάντηση. Μπορεί λοιπόν να βγει το συμπέρασμα ότι ως εκπαιδευτικό μέσο άρεσε στους μαθητές τόσο το λογισμικό Maya όσο και η τρισδιάστατη μοντελοποίηση.

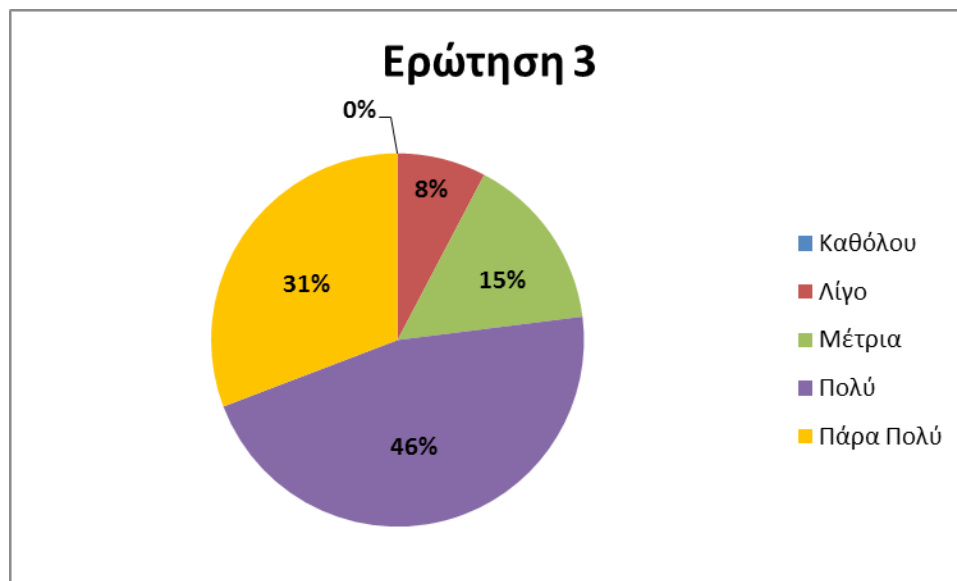




**Γράφημα 17:** Η πλειοψηφία των μαθητών του ΣΤ' 2 θα ήθελε να χρησιμοποιήσει ξανά την τρισδιάστατη μοντελοποίηση στο μέλλον για να διδαχθεί ένα μάθημα.

### 7.3 Ερώτηση 3: Πόσο βοήθησε το Maya τους μαθητές να θυμούνται τα μέρη του ματιού και τη λειτουργία τους;

Η 3η ερώτηση του Ερωτηματολογίου σχετικά με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση ζητούσε από τους μαθητές του ΣΤ' 2 να πουν κατά πόσο πιστεύουν ότι τους βοήθησε η συγκεκριμένη τεχνολογία ώστε να θυμούνται τα μέρη του ματιού και τη λειτουργία τους. Η ερώτηση είχε τη μορφή της διαβαθμισμένης κλίμακας Likert. Από τις απαντήσεις που λήφθηκαν φάνηκε ότι οι μαθητές στην πλειοψηφία τους θεώρησαν ότι η ενασχόλησή τους με το Autodesk Maya τους βοήθησε να θυμούνται τα μέρη του ματιού και ποια λειτουργία επιτελεί το καθένα από αυτά (Γράφημα 18). Συγκεκριμένα, 10 από τους 13 μαθητές (77%) στη συγκεκριμένη ερώτηση απάντησαν «Πολύ» ή «Πάρα Πολύ». Την απάντηση «Μέτρια» έδωσαν 2 από τους 13 μαθητές (15,3%) ενώ την απάντηση «Λίγο» έδωσε 1 από τους 13 μαθητές (7,7%). Εντύπωση προκάλεσε το γεγονός πως κανένας μαθητής του τμήματος δεν επέλεξε την απάντηση «Καθόλου».



**Γράφημα 18:** Στην πλειοψηφία τους οι μαθητές του ΣΤ' 2 θεώρησαν ότι το Autodesk Maya τους βοήθησε να θυμούνται τα μέρη του ματιού και τη λειτουργία τους.

Οι απαντήσεις των μαθητών δείχνουν ότι οι δύο δραστηριότητες που διεξήχθησαν κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής παρέμβασης, ειδικά η δεύτερη που ζητούσε από τους μαθητές να τοποθετήσουν τα μέρη του ανθρώπινου ματιού στο μοντέλο ενός τρισδιάστατου κεφαλιού, τους βοήθησαν να έχουν μία πιο ολοκληρωμένη εικόνα για την ακριβή τοποθεσία του κάθε επιμέρους τμήματος του ματιού. Όταν οι μαθητές τοποθετούσαν ένα τμήμα του μοντέλου του ματιού π.χ τον Κρυσταλοειδή Φακό εξηγούσαν παράλληλα και τη λειτουργία που επιτελεί κατά τη διαδικασία της όρασης. Με αυτό τον τρόπο κατέστη πιο εύκολο, ενδεχομένως, να αποδομήσουν το μάτι σε μικρότερα τμήματα και έτσι να θυμούνται πιο εύκολα τη λειτουργία και την ακριβή θέση όλων των επιπλέον στοιχείων που το απαρτίζουν. Θεώρησαν επομένως οι μαθητές που χρησιμοποίησαν την τρισδιάστατη μοντελοποίηση ότι η συγκεκριμένη τεχνολογία τους βοήθησε σε αυτό το κομμάτι.

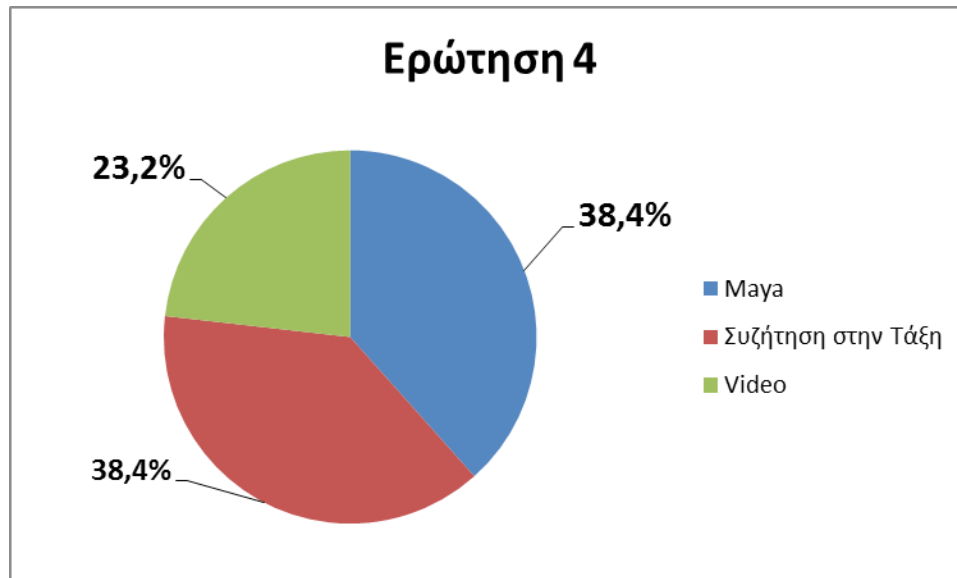
Την ίδια άποψη φαίνεται να είχαν και οι μαθητές της Ομάδας Ελέγχου, καθώς 4 από τους 5 απάντησαν στη συγκεκριμένη ερώτηση «Πολύ» ή «Πάρα Πολύ». Συγκεκριμένα, 3 μαθητές θεώρησαν ότι το Maya τους βοήθησε «Πολύ» στο να θυμούνται τα τμήματα του ανθρώπινου ματιού και τη λειτουργία τους και 1 μαθητής θεώρησε ότι τον βοήθησε «Πάρα Πολύ». Μόνο 1 μαθητής στους 5 δεν

φάνηκε να θεωρεί αρκετά σημαντική τη συνεισφορά του Maya και απάντησε «Μέτρια». Τις απαντήσεις «Λίγο» και «Καθόλου» δεν τις έδωσε κανένας μαθητής της Ομάδας Ελέγχου.

#### **7.4 Ερώτηση 4: Ταξινόμηση εκπαιδευτικών εργαλείων**

Στην 4<sup>η</sup> Ερώτηση του ερωτηματολογίου ζητήθηκε από τους μαθητές να ταξινομήσουν τους εξής τρόπους διδασκαλίας: (α) εκπαιδευτικό βίντεο, (β) χρήση του λογισμικού Maya, και (γ) συζήτηση μέσα στην τάξη, βάζοντας πρώτο αυτόν που τους βοήθησε περισσότερο στο να καταλάβουν πως λειτουργεί το ανθρώπινο μάτι και τελευταίο αυτόν που τους βοήθησε λιγότερο. Με τη συγκεκριμένη ερώτηση μπορεί να φανεί πιο ξεκάθαρα η αποτελεσματικότητα των 3 διαφορετικών εκπαιδευτικών μεθόδων, σύμφωνα με τους μαθητές.

Εξετάζοντας τις απαντήσεις των μαθητών στη συγκεκριμένη ερώτηση φαίνεται ότι δεν υπήρξε κάποια εκπαιδευτική μέθοδος η οποία να προηγηθεί ξεκάθαρα, αλλά οι απαντήσεις των μαθητών μοιράστηκαν σχετικά ομοιόμορφα (Γράφημα 19). Ειδικότερα, 5 στους 13 μαθητές (38,4%) θεώρησαν ότι το Maya τους βοήθησε περισσότερο να καταλάβουν πως λειτουργεί το ανθρώπινο μάτι, άλλοι 5 μαθητές στους 13 (38,4%) θεώρησαν ότι η Συζήτηση μέσα στην τάξη ήταν αυτή που τους βοήθησε περισσότερο και 3 στους 13 (23,2%) θεώρησαν ότι το Εκπαιδευτικό Βίντεο τους βοήθησε περισσότερο να καταλάβουν πως λειτουργεί το ανθρώπινο μάτι. Το Maya και η συζήτηση μέσα στην τάξη έδειξαν να υπερτερούν ελαφρώς από το εκπαιδευτικό βίντεο σύμφωνα με τους μαθητές του ΣΤ' 2.



**Γράφημα 19:** Δεν υπήρξε σημαντική προήγηση ενός εκπαιδευτικού εργαλείου έναντι των υπολοίπων, όσον αφορά κατά πόσο θεωρούν οι μαθητές ότι τους βοήθησε να κατανοήσουν το ανθρώπινο μάτι.

Ένα ενδιαφέρον σχόλιο που παρατηρήθηκε από τις απαντήσεις των μαθητών στη συγκεκριμένη ερώτηση είναι ότι οι 5 μαθητές που επέλεξαν ως πρώτη επιλογή το Maya, επέλεξαν ως τελευταία επιλογή τη συζήτηση μέσα στην τάξη. Αυτό το μοτίβο των απαντήσεων ίσως φανερώνει ότι οι συγκεκριμένοι μαθητές είναι πιο εύκολο να κατανοήσουν ένα απαιτητικό κεφάλαιο με πολλές ονομασίες και πληροφορίες μέσα από διαδραστικές μεθόδους ή μέσα από παρουσίαση των πληροφοριών με τη μορφή οπτικοακουστικού υλικού (εκπαιδευτικό βίντεο). Το γεγονός ότι το Εκπαιδευτικό Βίντεο προτιμήθηκε λιγότερο ως εκπαιδευτικό εργαλείο (εμφανίστηκε μόνο 3 φορές ως πρώτη επιλογή) αποτελεί και αυτό ένα ενδιαφέρον αποτέλεσμα. Αν και αποτελεί τεχνολογικό μέσο, ωστόσο η έλλειψη διαδραστικότητας και το γεγονός ότι οι μαθητές δεν ήταν δημιουργοί αλλά καταναλωτές του προβαλλόμενου υλικού, τους ώθησε να το τοποθετήσουν πιο κάτω από το Maya και από τη συζήτηση μέσα στην τάξη. Στις άλλες δύο επιλογές (Maya και συζήτηση) ο ρόλος των μαθητών είναι πιο ενεργός και έτσι δεν είναι

παράλογο να υποστηρίξουν ότι τους βοήθησαν περισσότερο να κατανοήσουν το ανθρώπινο μάτι.

Στη συγκεκριμένη ερώτηση οι απαντήσεις της Ομάδας Ελέγχου ήταν και σε αυτή την περίπτωση μοιρασμένες. Πιο συγκεκριμένα, 2 από τους 5 μαθητές απάντησαν ότι το Maya τους βοήθησε περισσότερο να θυμούνται τα μέρη του ματιού και τη λειτουργία τους, άλλοι 2 απάντησαν ότι το Εκπαιδευτικό Βίντεο ήταν αυτό που τους βοήθησε περισσότερο ενώ μόνο 1 από τους 5 έδωσε ως πρώτη επιλογή τη Συζήτηση μέσα στην τάξη. Στην περίπτωση των μαθητών της Ομάδας Ελέγχου παρατηρήθηκε ότι οι 3 μαθητές που δεν έβαλαν ως πρώτη επιλογή το Maya, το τοποθέτησαν τελευταίο. Οι μαθητές αυτοί, ίσως και λόγω του τρόπου εκπαίδευσης στο Γυμνάσιο, είναι πολύ πιο εξοικειωμένοι με τη Συζήτηση και το Εκπαιδευτικό Βίντεο ως μέσα διδασκαλίας και έτσι ίσως δυσκολεύτηκαν να πάρουν τις περισσότερες γνώσεις γύρω από το μάτι μέσα από τις δραστηριότητες που έκαναν με τη χρήση του Autodesk Maya, καθώς αυτός ο τρόπος απόκτησης γνώσης μέσω της δημιουργίας και της αλληλεπίδρασης δεν τους είναι οικείος.

#### **7.5 Ερώτηση 5: Τι δυσκόλεψε τους μαθητές περισσότερο στη χρήση του Maya;**

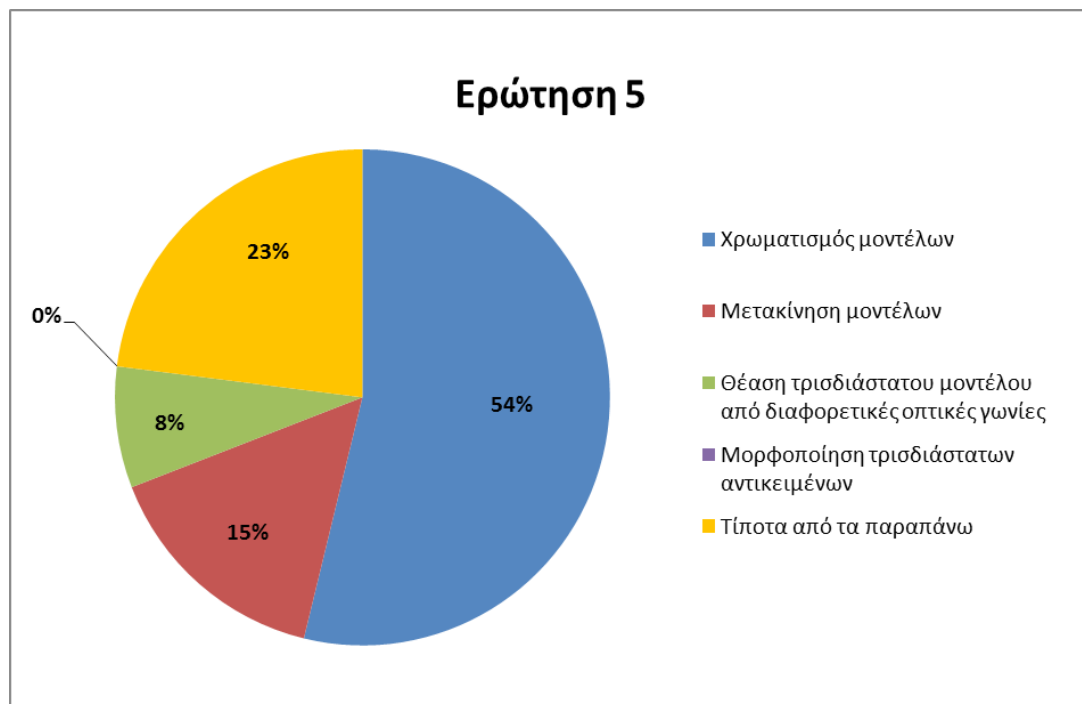
Στην Ερώτηση 5 του Ερωτηματολογίου, οι μαθητές του ΣΤ' 2 κλήθηκαν να απαντήσουν τι τους δυσκόλεψε περισσότερο κατά τη χρήση του Maya. Οι επιλογές που τους δόθηκαν ήταν οι εξής:

1. «Να καταλάβω πώς χρωματίζω τα αντικείμενα και τους βάζω εικόνες»,
2. «Να καταλάβω πώς μετακινώ τα αντικείμενα»,
3. «Να καταλάβω πώς μπορώ να δω ένα αντικείμενο από διαφορετικές πλευρές»,
4. «Να καταλάβω πώς αλλάζω σχήμα σε ένα αντικείμενο» και
5. «Τίποτα από τα παραπάνω».

Όπως φάνηκε και από τις απαντήσεις των μαθητών (Γράφημα 20) οι περισσότεροι μαθητές επέλεξαν την απάντηση 1, «Να καταλάβω πώς χρωματίζω τα αντικείμενα και τους βάζω εικόνες». Συγκεκριμένα, 7 στους 13 μαθητές (53,8%) επέλεξαν τη συγκεκριμένη απάντηση, 3 στους 13 μαθητές (23%) επέλεξαν την τελευταία

απάντηση «Τίποτα από τα παραπάνω», 2 στους 13 μαθητές (15,3%) ανέφεραν ότι τους δυσκόλεψε η μετακίνηση αντικειμένων στο Maya και τέλος 1 στους 13 μαθητές (7,9%) σημείωσε την επιλογή «Να καταλάβω πώς μπορώ να δω ένα αντικείμενο από διαφορετικές πλευρές». Την απάντηση «Να καταλάβω πώς αλλάζω σχήμα σε ένα αντικείμενο» δεν την επέλεξε κανένας μαθητής.

Η πρώτη επιλογή, που είχε σχέση με το χρωματισμό των τρισδιάστατων μοντέλων και την τοποθέτηση εικόνων πάνω στην επιφάνειά τους, είναι λογικό να έχει επιλεγεί από τόσους πολλούς μαθητές καθώς στα λογισμικά τρισδιάστατης μοντελοποίησης είναι μία αρκετά περίπλοκη διαδικασία. Ειδικότερα στο Maya, κάθε καινούργιο αντικείμενο που δημιουργεί ο χρήστης εμφανίζεται με ένα προεπιλεγμένο υλικό με την ονομασία (Lambert 1). Ο χρήστης για να μπορέσει να το χρωματίσει πρέπει αρχικά να ανοίξει τον πίνακα με τα διάφορα υλικά να επιλέξει είτε το Lambert ξανά (που έχει τη μορφή ενός πλαστικού όσον αφορά τον τρόπο που αντανακλά το φως) είτε κάποιο άλλο υλικό, να του δώσει ονομασία και στη συνέχεια, είτε να επιλέξει από τον πίνακα χρωμάτων την απόχρωση που θα έχει αυτό το υλικό, είτε να επιλέξει να το «ντύσει» με μία εικόνα. Ωστόσο, ειδικά στην περίπτωση της τοποθέτησης εικόνας πάνω σε ένα τρισδιάστατο μοντέλο, ο χρήστης πρέπει να έχει υπόψη του τους άξονες (U, V) που είναι το μήκος και το πλάτος της εικόνας μέσα στον τρισδιάστατο χώρο (X, Y, Z). Αφού δημιουργήσει το υλικό, ο χρήστης μπορεί να το τοποθετήσει πάνω στο μοντέλο που δημιούργησε. Αυτή η διαδικασία φάνηκε ότι δυσκόλεψε αρκετά τους μαθητές, αν και δόθηκε με πολύ συγκεκριμένα βήματα και την είδαν να επαναλαμβάνεται αρκετές φορές μέσα από τον βιντεοπροβολέα που ήταν συνδεδεμένος με τον υπολογιστή του εκπαιδευτή.



**Γράφημα 20** Τα ποσοστά % της βασικής δυσκολίας που αντιμετώπισαν οι μαθητές του ΣΤ' 2 κατά τη χρήση του Autodesk Maya 2011.

Εκτός από το χρωματισμό των τρισδιάστατων μοντέλων, όπως φάνηκε μέσα από την παρατήρηση που έγινε κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής παρέμβασης, οι μαθητές αντιμετώπισαν αρκετές δυσκολίες και στη μετακίνηση των αντικειμένων στον τρισδιάστατο ψηφιακό χώρο αλλά και στη διαδικασία της περιστροφής των μοντέλων (rotation) ώστε να βλέπουν το μοντέλο που έχουν μπροστά τους από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Ειδικότερα, μόνο 1 από τους 13 μαθητές του ΣΤ' 2 κατάφερε στην πρώτη δραστηριότητα της εκπαιδευτικής παρέμβασης να τοποθετήσει τα μάτια που δημιούργησε μέσα στο τρισδιάστατο μοντέλο του ανθρώπινου κεφαλιού. Μάλιστα, οι συμμαθητές του τον συγχάρηκαν με χειροκρότημα ενθουσιασμένοι, γιατί οι υπόλοιποι μαθητές ζήτησαν βοήθεια. Επιπλέον, όσον αφορά το rotation, αρκετοί μαθητές το μπόρδευαν με το zoom in και το zoom out. Ο λόγος που μόνο 3 από τους 13 μαθητές επέλεξαν αυτές τις 2 απαντήσεις είναι ίσως ότι θεώρησαν αυτές τις δυσκολίες όχι τόσο σημαντικές αλλά αναμενόμενες εξαιτίας της έλλειψης εξάσκησης - εξοικείωσης με το λογισμικό και τον τρισδιάστατο ψηφιακό χώρο.

Αυτό που δεν φάνηκε να δυσκολεύει τους μαθητές ήταν η αλλαγή μεγέθους των τρισδιάστατων αντικειμένων (scale) και η περιστροφή τους (rotation) στον τρισδιάστατο χώρο, σε αντίθεση με την περιστροφή της κάμερας που τους μπέρδευε αρκετά. Έτσι δικαιολογείται η απουσία της επιλογής «Να καταλάβω πώς αλλάζω σχήμα σε ένα αντικείμενο». Οι 3 μαθητές που έδωσαν την επιλογή «Τίποτα από τα παραπάνω» μπορεί να θεώρησαν γενικά το λογισμικό ευκολονόητο εάν ακολουθηθούν οι οδηγίες που δίνονται ή απλά δεν θέλησαν να πουν τι ήταν αυτό που τους δυσκόλεψε περισσότερο για άλλους λόγους.

Μέσα από τις απαντήσεις της Ομάδας Ελέγχου στη συγκεκριμένη ερώτηση φαίνεται ότι δεν υπήρξε κάτι συγκεκριμένο που να δυσκόλεψε και τους 5 μαθητές. Οι 2 από τους 5 μαθητές της Ομάδας Ελέγχου απάντησαν «Τίποτα από τα παραπάνω», 1 μαθητής απάντησε ότι τον δυσκόλεψε ο χρωματισμός των μοντέλων, 1 μαθητής απάντησε ότι τον δυσκόλεψε περισσότερο η θέαση των τρισδιάστατων μοντέλων από διαφορετικές οπτικές γωνίες και 1 μαθητής απάντησε ότι τον δυσκόλεψε η μορφοποίηση των τρισδιάστατων αντικειμένων. Εντύπωση προκάλεσε ότι κανένας μαθητής δεν επέλεξε την μετακίνηση των αντικειμένων μέσα στον τρισδιάστατο χώρο. Αυτό επιβεβαιώνεται και από την παρατήρηση που έγινε κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής παρέμβασης που δοκιμάστηκε αρχικά, στα παιδιά του Γυμνασίου. Φάνηκε δηλαδή, ότι δεν αντιμετώπισαν δυσκολία στη μετακίνηση των μοντέλων και στην κατανόηση του ψηφιακού τρισδιάστατου χώρου (και ειδικότερα του άξονα του βάθους Z) σε αντίθεση με τα παιδιά του ΣΤ' 2 που δυσκολεύτηκαν πολύ περισσότερο να κατανοήσουν αυτές τις έννοιες.

#### **7.6 Ερώτηση 6: Αναφορά 3 μαθημάτων στα οποία πιστεύουν οι μαθητές ότι θα βοηθούσε η τρισδιάστατη μοντελοποίηση.**

Η Ερώτηση 6 του Ερωτηματολογίου ζητούσε από τους μαθητές να αναφέρουν μέχρι 3 μαθήματα για τα οποία πιστεύουν ότι η συγκεκριμένη τεχνολογία θα βοηθούσε περισσότερο στη διδασκαλία και την κατανόησή τους από τους ίδιους. Η ερώτηση αυτή είχε ως βασικό σκοπό να εξετάσει εάν οι μαθητές



κατανόησαν τις δυνατότητες και τις χρήσεις της τρισδιάστατης μοντελοποίησης ως εκπαιδευτικού εργαλείου. Η λίστα των μαθημάτων που δόθηκε ήταν η εξής:

1. Ιστορία,
2. Γεωγραφία,
3. Μαθηματικά,
4. Κοινωνική και Πολιτική Αγωγή,
5. Εικαστικά,
6. Αγγλικά,
7. Μουσική,
8. Γυμναστική,
9. Θρησκευτικά,
10. Άλλο (σε αυτή την επιλογή είχαν οι μαθητές δυνατότητα να αναφέρουν σε ποιο μάθημα θα βοηθούσε που δεν είναι στη λίστα).

Όπως φάνηκε από τις απαντήσεις των μαθητών, τα μαθήματα που επιλέχθηκαν τις περισσότερες φορές ήταν τα Εικαστικά και η Ιστορία (Πίνακας 21). Συγκεκριμένα, 8 από τους 13 μαθητές (61,5%) έδωσαν ως μία από τις τρεις επιλογές τους τα Εικαστικά, ενώ 7 στους 13 (53,8%) έδωσαν την Ιστορία. Αμέσως μετά από τα μαθήματα αυτά, 6 από τους 13 ανέφεραν τα Θρησκευτικά (46,1%) και 4 από τους 13 τη Γεωγραφία (30,7%). Τα μαθήματα που αναφέρθηκαν λιγότερο ήταν τα Μαθηματικά, που επιλέχθηκαν από 2 μόλις μαθητές στους 13 (15,3%) και η Κοινωνική και Πολιτική Αγωγή που επιλέχθηκε από 1 μαθητή στους 13 (7,6%). Τα Αγγλικά, η Μουσική και η Γυμναστική δεν αναφέρθηκαν από κανένα μαθητή, μέσα στις 3 επιλογές. Επιπλέον, η επιλογή «Άλλο» δεν σημειώθηκε από κανέναν από τους 13 μαθητές του ΣΤ' 2.

Όπως φάνηκε από τις απαντήσεις των μαθητών του ΣΤ' 2, τα παιδιά του δημοτικού επέλεξαν μαθήματα πιο θεωρητικά όπως π.χ. Ιστορία, Γεωγραφία και Θρησκευτικά ενώ παράλληλα φάνηκε ότι μάλλον κατάλαβαν και τις καλλιτεχνικές δυνατότητες ενός λογισμικού τρισδιάστατης μοντελοποίησης όπως είναι το Maya. Εντύπωση προκάλεσε κυρίως από τις επιλογές των μαθητών το μάθημα των Θρησκευτικών, καθώς αν εξαιρεθεί η μελέτη κάποιων καθαρά ιστορικών κεφαλαίων, π.χ. εξέλιξη των Ναών, το μάθημα δεν προσφέρεται, όντας καθαρά ηθικοπλαστικό και θεωρητικό με νοήματα και έννοιες που δεν μπορούν να

*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*

απεικονιστούν, για διδασκαλία μέσω της τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Επιπλέον, εντύπωση προκάλεσε η χαμηλή προτίμηση των Μαθηματικών καθώς το Μαγα όπως και όλα τα λογισμικά τρισδιάστατης μοντελοποίησης χρησιμοποιούν σε πολύ μεγάλο βαθμό τη Γεωμετρία. Τέλος, ενώ η απουσία μαθημάτων, όπως η Νεοελληνική Γλώσσα, τα Αγγλικά και η Γυμναστική, από τις επιλογές των μαθητών, δεν προκαλούν ιδιαίτερη εντύπωση ωστόσο, η απουσία άλλων μαθημάτων όπως η Πληροφορική και η μικρή προτίμηση των Μαθηματικών είναι άξιες σχολιασμού.

**Πίνακας 21:** *Οι μαθητές εντόπισαν τη χρησιμότητα του Μαγα κυρίως σε 2 κατηγορίες μαθημάτων: Εικαστικά και πιο θεωρητικά μαθήματα(π.χ. Ιστορία, Γεωγραφία, Θρησκευτικά).*

| <b>Μάθημα</b>                           | <b>Μαθητές που το Επέλεξαν<br/>(αριθμός απαντήσεων<br/>[ποσοστό %])</b> | <b>Σύνολο Μαθητών</b> |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| <b>Εικαστικά</b>                        | 8 [61.5%]                                                               | <b>13 [100%]</b>      |
| <b>Ιστορία</b>                          | 7 [53.8%]                                                               |                       |
| <b>Θρησκευτικά</b>                      | 6 [46.1%]                                                               |                       |
| <b>Γεωγραφία</b>                        | 4 [30.7%]                                                               |                       |
| <b>Μαθηματικά</b>                       | 2 [15.3%]                                                               |                       |
| <b>Κοινωνική και Πολιτική<br/>Αγωγή</b> | 1 [7.6%]                                                                |                       |
| <b>Αγγλικά</b>                          | 0 [0%]                                                                  |                       |
| <b>Μουσική</b>                          | 0 [0%]                                                                  |                       |
| <b>Γυμναστική</b>                       | 0 [0%]                                                                  |                       |
| <b>Άλλο</b>                             | 0 [0%]                                                                  |                       |

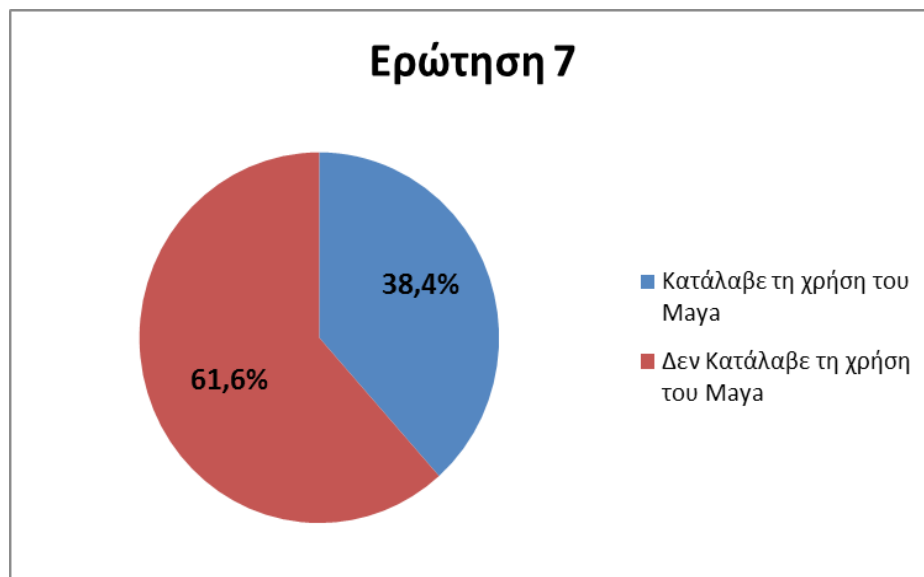
Οι μαθητές αντιμετώπισαν το Maya ως πρόγραμμα πιο καλλιτεχνικό, αφού αντιλήφθηκαν έμπρακτα τις αναπαραστατικές και δημιουργικές δυνατότητες του εν λόγω λογισμικού, γι' αυτό και επέλεξαν πιθανόν τα συγκεκριμένα μαθήματα. Οι λόγοι που μαθήματα όπως τα Μαθηματικά και η Πληροφορική δεν επιλέχθηκαν σχεδόν καθόλου, μάλλον οφείλεται στο ότι οι δύο δραστηριότητες της εκπαιδευτικής παρέμβασης ήταν πιο αυστηρά δομημένες, με συγκεκριμένα βήματα που απέφυγαν τη χρήση γραμμών κώδικα και την εκτεταμένη χρήση πολλών διαφορετικών γεωμετρικών σχημάτων (εκτός της σφαίρας). Έτσι, ενώ οι μαθητές, μέσω της δημιουργίας του ματιού, κατάλαβαν τις δημιουργικές δυνατότητες και την ελευθερία που δίνει ένα ανοιχτό λογισμικό όπως το Maya δεν εστίασαν, σχεδόν καθόλου, στον τρόπο με τον οποίο δημιούργησαν το μοντέλο του ματιού, ούτε στο πως λειτουργεί η τρισδιάστατη μοντελοποίηση στο κομμάτι της σύνθεσης και αλλοίωσης βασικών γεωμετρικών σχημάτων. Η μεγάλη προτίμηση των μαθητών στα Θρησκευτικά αλλά και η εμφάνιση του μαθήματος της Κοινωνικής και Πολιτικής Αγωγής φανερώνει επίσης ότι οι μαθητές δεν κατανόησαν πλήρως το πώς η τρισδιάστατη μοντελοποίηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί με εύχρηστο και πρακτικό τρόπο ώστε να βοηθήσει τους ίδιους να κατακτήσουν γνώση που με άλλα μέσα ή τρόπους διδασκαλίας θα ήταν πολύ πιο δύσκολο.

Όσον αφορά τους μαθητές Γυμνασίου της Ομάδας Ελέγχου, οι απαντήσεις τους στην Ερώτηση 6 του Ερωτηματολογίου σχετικά με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση έδειξαν ότι κατάλαβαν ακριβώς σε ποια μαθήματα μπορεί να τους βοηθήσει η εν λόγω τεχνολογία και σε ποια όχι. Ειδικότερα, τα μαθήματα που επιλέχθηκαν τις περισσότερες φορές ήταν κατά σειράν η Γεωγραφία (3 από τους 5 μαθητές), η Βιολογία (2 από τους 5 μαθητές) και τα μαθήματα της Ιστορίας, της Πληροφορικής, των Εικαστικών και των Μαθηματικών από μία φορά. Το γεγονός ότι απουσίαζαν από τις επιλογές των μαθητών μαθήματα όπως: η Κοινωνική και Πολιτική Αγωγή, τα Θρησκευτικά, τα Αγγλικά και η Νεοελληνική Γλώσσα δείχνει πως οι μαθητές κατάλαβαν ότι τα θεωρητικά αυτά μαθήματα δεν είναι τόσο κατάλληλα ώστε να διδαχθούν μέσω της τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Εντύπωση επίσης προκαλεί το γεγονός πως το μάθημα των Εικαστικών εμφανίζεται μόνο μία φορά και ότι δεν επιλέχθηκε από την πλειοψηφία των μαθητών όπως έγινε στο ΣΤ' 2.

Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι είτε οι μαθητές δεν κατανόησαν ή δεν έδωσαν τόσο σημασία στις καλλιτεχνικές προεκτάσεις και δυνατότητες του Maya, σε αντίθεση με τους μαθητές του Δημοτικού, είτε ότι το μάθημα των Εικαστικών λόγω της φύσης του (δεν είναι από τα μαθήματα βαρύτητας) πέρασε απαρατήρητο στους μαθητές γυμνασίου και δεν το επέλεξαν.

### **7.7 Ερώτηση 7: Παράδειγμα χρήσης του Autodesk Maya για ένα από τα σχολικά μαθήματα που επέλεξε ο κάθε μαθητής.**

Η τελευταία Ερώτηση του Ερωτηματολογίου σχετικά με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση ήταν ανοικτού τύπου και ζητούσε από τους μαθητές του ΣΤ' 2 να δώσουν ένα παράδειγμα χρήσης του Autodesk Maya για ένα τουλάχιστον από τα μαθήματα που επέλεξαν στην Ερώτηση 6. Η συγκεκριμένη ερώτηση αποσκοπούσε στο να εξεταστεί εάν οι μαθητές κατάλαβαν με ακρίβεια τις δυνατότητες του Maya ως εκπαιδευτικό εργαλείο. Μέσα από τα παραδείγματα των μαθητών του Δημοτικού φάνηκε ότι αυτοί στην πλειοψηφία τους δεν κατάλαβαν ακριβώς τις χρήσεις που θα μπορούσε να έχει ένα τέτοιο πρόγραμμα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Ειδικότερα, 8 στους 13 μαθητές (61,6%) έδωσαν άστοχα παραδείγματα πιθανών χρήσεων του Maya στην ελληνική εκπαίδευση, ενώ μόλις 5 στους 13 μαθητές (38,4%) φάνηκε ότι κατάλαβαν πού μπορεί το συγκεκριμένο λογισμικό να βοηθήσει ως εκπαιδευτικό εργαλείο (Γράφημα 22).



**Γράφημα 22:** Στην πλειοψηφία τους οι μαθητές, μέσα από τα παραδείγματα χρήσης του Maya που έδωσαν, δεν κατάλαβαν πως θα μπορούσε αυτό να βοηθήσει να κατανοήσουν οι μαθητές καλύτερα συγκεκριμένα μαθήματα.

Οι εύστοχες απαντήσεις των μαθητών σχετικά με τη χρήση του Maya ήταν οι εξής:

«Πιστεύω πως το Maya θα με βοηθούσε στα Μαθηματικά γιατί έχει πολλά γεωμετρικά σχήματα, τα οποία μπορώ να επεξεργαστώ και να μελετήσω».

- «Θα χρησιμοποιούσα το Maya για να κατασκευάσω και να μελετήσω τα μέρη του σώματός μας».
- «Στο μάθημα των καλλιτεχνικών θα το χρησιμοποιούσα για να δημιουργήσω ένα δικό μου cartoon».
- «Στα Εικαστικά θα μπορούσα μέσα από το Maya να φτιάχνω πολλά πρόσωπα και σχέδια».
- «Θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε το Maya στο μάθημα της Ιστορίας για να βλέπουμε πως ήταν παλιά οι άνθρωποι και τα σπίτια τους».

Μέσα από τις απαντήσεις 8 μαθητών του ΣΤ' 2 φάνηκε ότι 4 μαθητές δεν μπόρεσαν να εξηγήσουν με ακρίβεια πως θα χρησιμοποιούσαν το Maya ως λογισμικό στην εκπαιδευτική διαδικασία (από τις απαντήσεις τους φάνηκε ότι είχαν

μία γενική ιδέα για το τι θα μπορούσαν να κάνουν με το συγκεκριμένο πρόγραμμα αλλά δεν έδωσαν ένα στοχευμένο παράδειγμα) και 4 μαθητές οι οποίοι δεν κατανόησαν καθόλου τις χρήσεις που θα μπορούσε να έχει το Maya στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

Μερικές από τις απαντήσεις των μαθητών που δεν κατανόησαν την αποτελεσματική χρήση που θα μπορούσε να έχει το Maya στην εκπαίδευση είναι οι εξής:

- «Θα ήταν χρήσιμο το Maya στο μάθημα της Ιστορίας γιατί πιστεύω ότι μπορεί να μας βοηθήσει να μαθαίνουμε πιο εύκολα τα κατεβατά του μαθήματος αλλά θα βοηθούσε και στα τεστ».
- «Θα βοηθούσε το Maya στην Ιστορία ώστε να βλέπαμε στο μάθημα της ημέρας τι γινόταν τότε. Π.χ. την δολοφονία του Καποδίστρια στις 27/9/1831».
- «Στα Εικαστικά για να τα κάνουμε τρισδιάστατα».
- «Θα βοηθούσε τους μαθητές πιστεύω το Maya στο μάθημα των Θρησκευτικών για να βλέπουν σημαντικά γεγονότα, όπως η Σταύρωση του Χριστού κ.α.».

Οι απαντήσεις των μαθητών σχετικά με τα μαθήματα της Ιστορίας και ακόμα περισσότερο των Θρησκευτικών θωρούνται λανθασμένες, διότι πρακτικά είναι πολύ πιο εύκολο και αποτελεσματικό για τον εκπαιδευτικό να δείξει ένα έτοιμο βίντεο, ένα animation ή μία ψηφιακή αφήγηση από το να δημιουργήσει ένα ψηφιακό γεγονός όπως π.χ. η Σταύρωση ή η Δολοφονία του Καποδίστρια ώστε να το δουν οι μαθητές. Με αυτές τις απαντήσεις φάνηκε ότι αρκετοί μαθητές δεν κατανόησαν την πολυπλοκότητα ενός τέτοιου εγχειρήματος, τις τεχνικές και προγραμματιστικές γνώσεις καθώς επίσης και το χρόνο που χρειάζεται για να υλοποιηθεί ένα τέτοιο αναπαραστατικό animation. Αν και σε θεωρητικό επίπεδο, ως ανοιχτό λογισμικό το Maya θα μπορούσε να υλοποιήσει κάτι τέτοιο, πρακτικά είναι σχεδόν αδύνατον. Αντίθετα, μέσα από άλλες μεθόδους, πολύ πιο γρήγορες, εύκολες και αποτελεσματικές θα μπορούσαν οι μαθητές να φτάσουν στο ίδιο επίπεδο γνώσης.

Εντύπωση προκάλεσε η απάντηση μίας μαθήτριας του ΣΤ' 2, που έκανε λόγο για τη βοήθεια που θα μπορούσε να παρέχει το λογισμικό αυτό ώστε να απομνημονεύσει τα κατεβατά της Ιστορίας, όπως και η απάντηση μίας άλλης μαθήτριας που ανέφερε ότι το Maya θα μπορούσε να βοηθήσει στο μάθημα της γλώσσας. Οι απαντήσεις αυτές σε συνδυασμό με τις απαντήσεις των μαθητών που δώσανε ως παράδειγμα τη χρήση του Maya για αναπαράσταση ιστορικών γεγονότων, δείχνουν αφενός ότι αυτοί οι μαθητές δεν κατανόησαν τη φύση ενός λογισμικού τρισδιάστατης μοντελοποίησης, αφετέρου προκαλούν προβληματισμό και σκέψεις σχετικά με την ελληνική εκπαίδευση η οποία ακόμα και σήμερα σε μεγάλο βαθμό στηρίζεται στην μνημονική μάθηση και όχι στη δημιουργική και την ανακαλυπτική.

Οι απαντήσεις των μαθητών που έκαναν λόγο για τα γεωμετρικά σχήματα (π.χ. δημιουργία της Γης), μελέτη ανθρώπινων οργάνων και μελών, δημιουργία animation, προσώπων και χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στα Εικαστικά φάνηκαν να είναι πολύ πιο ρεαλιστικές και υλοποιήσιμες στα πλαίσια κάποιων εκπαιδευτικών ωρών. Ακόμα και η απάντηση σχετικά με την κατασκευή και μελέτη κατοικιών των αρχαίων ανθρώπων, αν και θεωρείται πιο απαιτητικό εγχείρημα, είναι υλοποιήσιμο υπό προϋποθέσεις, όπως φάνηκε και από την έρευνα που διεξήχθη στις Η.Π.Α και παρουσιάστηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Παρατηρώντας τις απαντήσεις των μαθητών Γυμνασίου, της Ομάδας Ελέγχου, φάνηκε ότι και οι 5 μαθητές κατανόησαν ακριβώς τις δυνατότητες και τη χρησιμότητα που θα μπορούσε να έχει ένα λογισμικό τρισδιάστατης μοντελοποίησης στην ελληνική εκπαίδευση. Οι απαντήσεις και τα παραδείγματα που έδωσαν έδειξαν ότι σε σχέση με τους μαθητές του ΣΤ' 2 μπόρεσαν να διακρίνουν σε μεγαλύτερο βαθμό τις δημιουργικές ικανότητες του λογισμικού. Οι απαντήσεις των μαθητών της Ομάδας Ελέγχου για το πώς θα χρησιμοποιούσαν το Maya ως εκπαιδευτικό εργαλείο ήταν οι εξής:

- «Το πρόγραμμα θα ήταν χρήσιμο στο μάθημα της Γεωγραφίας. Αν ο κύριος έφτιαχνε ένα χάρτη και με το Maya του έδινε χρώμα και μας έλεγε να βρούμε τις χώρες πάνω του».

- «Μέσα στο Maya θα μπορούσαμε να δημιουργήσουμε την Υδρόγειο Σφαίρα».
- «Το Maya θα βοηθούσε στη Βιολογία γιατί έχει πολλά μπερδεμένα πράγματα όπως κύτταρα, διάφορα σωματίδια κ.α. και πιστεύω ότι ο καθηγητής θα μας τα εξηγούσε καλύτερα έτσι».
- «Μάλλον θα μπορούσε το Maya να βοηθήσει σε μεγάλο βαθμό στη Βιολογία και όχι μόνο για το μάτι αλλά και για άλλα όργανα του ανθρώπινου σώματος π.χ καρδιά».
- «Θα μπορούσε το Maya να χρησιμοποιηθεί στο μάθημα της Γεωμετρίας για τη μελέτη των τρισδιάστατων σχημάτων, στο μάθημα της Γεωγραφίας για να μελετήσουμε τα βουνά, τις λίμνες και που βρίσκεται π.χ μία πόλη αλλά και στην Ιστορία για να καταλάβουμε πως έγινε κάποια μάχη».

Από τις παραπάνω απαντήσεις των μαθητών φαίνεται ότι αν και οι μαθητές του Γυμνασίου έδωσαν πιο συγκεκριμένα παραδείγματα και πρακτικούς τρόπους με τους οποίους θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν οι πολυποίκιλες δυνατότητες ενός ανοιχτού λογισμικού τρισδιάστατης μοντελοποίησης και animation όπως το Autodesk Maya, ωστόσο εντύπωση προκάλεσε το γεγονός ότι οι τρόποι που πρότειναν οι μαθητές να χρησιμοποιηθεί το συγκεκριμένο λογισμικό δεν είχαν σε πολλές περιπτώσεις τον παράγοντα της δημιουργίας από τους ίδιους. Οι απαντήσεις τους προϋπόθεταν να δημιουργήσει κάτι ο καθηγητής ή ο δάσκαλος και να χρησιμοποιηθεί το Maya στα πλαίσια της συμπεριφοριστικής μάθησης ώστε να δείξει στα παιδιά ένα φαινόμενο ή ένα ιστορικό γεγονός με ένα διαφορετικό – πιο εναλλακτικό τρόπο. Δεν φάνηκε επομένως πολλοί μαθητές να κατάλαβαν την πραγματική δύναμη ενός τέτοιου ανοιχτού λογισμικού που θα τους επέτρεπε να εκφραστούν, να δημιουργήσουν, να πειραματιστούν και να ανακαλύψουν μόνοι τους τη γνώση. Αυτό οφείλεται, μάλλον, σε μεγάλο βαθμό στον τρόπο που έχουν συνηθίσει να διδάσκονται τα περισσότερα μαθήματά τους, με ένα δάσκαλο ή καθηγητή-παντογνώστη που μεταδίδει έτοιμες, επεξεργασμένες πληροφορίες σε παθητικούς, σε μεγάλο βαθμό, ακροατές – τους μαθητές.



## **Κεφάλαιο 8. Επιπρόσθετες πληροφορίες της Έρευνας**

### **8.1 Ημερολόγιο παρατήρησης**

Ένας εξίσου σημαντικός με το ερωτηματολόγιο τρόπος να ληφθούν δεδομένα σχετικά με το πώς αντιμετώπισαν οι μαθητές του Δημοτικού Σχολείου το Maya και την τρισδιάστατη μοντελοποίηση γενικότερα, είναι και η παρατήρηση. Μέσα από αυτή γίνεται η καταγραφή των ενεργειών των μαθητών, της αλληλεπίδρασης που είχαν μεταξύ τους και με τον εκπαιδευτικό, κατά τη διάρκεια της παρέμβασης, ενώ παράλληλα διατηρούνται στη μνήμη του ερευνητή τα συναισθήματα των μαθητών, οι δυσκολίες που αντιμετώπισαν αλλά και ο χρόνος που χρειάστηκε για να ολοκληρώσουν καθεμιά από τις εκπαιδευτικές δραστηριότητες. Η λεπτομερής παρατήρηση και η καταγραφή των στοιχείων αυτών μπορεί να δώσει σημαντικότερα στοιχεία ακόμα και μη λεκτικής επικοινωνίας που θα ήταν αδύνατο να ληφθούν μέσω ενός ερωτηματολογίου ή μίας συνέντευξης.

Στην πρώτη από τις δύο εκπαιδευτικές δραστηριότητες που έγιναν στην τάξη οι μαθητές καλούνταν να δημιουργήσουν ένα ανθρώπινο μάτι, να το τοποθετήσουν στο μοντέλο του τρισδιάστατου κεφαλιού που ήταν έτοιμο και να το αντιγράψουν ώστε το ανθρώπινο μοντέλο να έχει δύο μάτια. Κατά τη διάρκεια της δημιουργίας του ματιού οι μαθητές μέσα από ερωτήσεις ανακαλούσαν πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργία που επιτελεί κάθε τμήμα από τα ορατά μέρη του ματιού (Ίριδα, Κόρη, Σκληρός Χιτώνας, Αιμοφόρα Αγγεία, Υδατοειδές Υγρό). Για τη δημιουργία του ματιού χρησιμοποιήθηκε η σφαίρα ως βασικό γεωμετρικό σχήμα στο οποίο έγιναν τροποποιήσεις βήμα- βήμα με τις οδηγίες ενός εκπαιδευτή. Οι οδηγίες αυτές δόθηκαν γραμμένες στον πίνακα της τάξης, αλλά μπορούσαν οι μαθητές να τις δουν και στον προβολέα που ήταν συνδεδεμένος με το φορητό υπολογιστή του εκπαιδευτή την ώρα που αυτός δημιουργούσε το μάτι. Μετά την ολοκλήρωση ενός βήματος, υπήρχε ένα μικρό χρονικό διάστημα στο οποίο γινόταν μία επανάληψη όπου εξηγούνταν η σημασία του οργάνου για τη διαδικασία της όρασης αλλά και πώς κατασκευάστηκε αυτό μέσω του προγράμματος. Βασικός στόχος ήταν να μη μείνουν κάποιοι μαθητές πίσω αλλά να προχωράει όλη η τάξη μαζί. Φυσικά, λόγω

των οδηγιών που υπήρχαν στον πίνακα μπορούσαν όσοι μαθητές θέλανε να πειραματιστούν με τα επόμενα βήματα μόνοι τους.

Οι παρατηρήσεις που προέκυψαν μέσα από αυτή τη διαδικασία ήταν εξαιρετικά ενδιαφέρουσες. Αρχικά, φάνηκε ότι τα κορίτσια του ΣΤ' 2 έδειξαν περισσότερη υπομονή και επιμονή στο να δημιουργήσουν το μάτι ακριβώς όπως το έκανε ο εκπαιδευτής. Πράγματι, οι συγκεκριμένες μαθήτριες ακολουθούσαν κατά γράμμα τις οδηγίες και παρακολουθούσαν με πολλή προσοχή όλα τα βήματα της διαδικασίας. Ωστόσο, δεν πήραν οι μαθήτριες του τμήματος κάποια πρωτοβουλία όπως να δοκιμάσουν ένα εργαλείο, να δουν πως δουλεύει στο κατασκευαστικό κομμάτι της άσκησης, παρά μόνο στο κομμάτι χρωματισμού της ίριδας του ματιού πειραματίστηκαν με τους πιθανούς χρωματικούς συνδυασμούς και φάνηκε να τους εντυπωσιάζει αυτή η διαδικασία. Επιπλέον, εντυπωσιάστηκαν από το γεγονός ότι μπορούσαν να δουν το μοντέλο του ματιού αλλά και το μοντέλο του τρισδιάστατου κεφαλιού από πολλές οπτικές γωνίες. Πειραματίστηκαν έτσι, αρκετά και με το rotation της ψηφιακής κάμερας του λογισμικού ενώ δεν δίστασαν να κάνουν και zoom-in ή zoom-out στο μοντέλο για να δουν πώς φαίνεται μέσα από το κεφάλι το μάτι ή από πολύ μακριά. Γενικά, φάνηκε ότι η πλοήγηση μέσα στον τρισδιάστατο ψηφιακό χώρο δεν τις δυσκόλεψε πολύ.

Τα αγόρια του τμήματος γενικά ήταν πιο ανυπόμονα να ολοκληρώσουν την άσκηση και δεν ήταν τόσο πρόθυμα να ακολουθήσουν τις οδηγίες βήμα προς βήμα αλλά ήθελαν να πειραματιστούν από μόνα τους με τα διάφορα εργαλεία δημιουργίας του Maya. Φάνηκε ότι τους κέντρισε το ενδιαφέρον περισσότερο το κατασκευαστικό κομμάτι και πειραματίστηκαν αρκετά με τα τρισδιάστατα μεγέθη και τις σχέσεις των τρισδιάστατων μοντέλων μεταξύ τους. Μία παρέα 3 αγοριών μάλιστα άρχισε να αλλάζει σχήμα στη σφαίρα του ματιού κάνοντας scale σε έναν από τους τρεις άξονές της, π.χ. στον άξονα Y και φάνηκε να διασκεδάσει με τις παραμορφώσεις που δημιουργούνταν. Σε κάποια φάση έμειναν λίγο πίσω στην πρώτη άσκηση διότι αφοσιώθηκαν πολύ στον πειραματισμό με τα εργαλεία modeling του Maya. Παρόλα αυτά μόλις είδαν το αποτέλεσμα που έβγαλαν οι άλλες ομάδες παιδιών παρακινήθηκαν να ολοκληρώσουν και αυτοί την άσκηση. Φάνηκε

ότι είδαν το πρόγραμμα περισσότερο σαν παιχνίδι και λιγότερο σαν εκπαιδευτική άσκηση.

Εντύπωση επίσης προκάλεσε η γενικότερη δυσκολία που αντιμετώπισαν οι μαθητές στο να αντιληφθούν το βάθος (τον άξονα Z) μέσα στο Maya. Συγκεκριμένα, αυτό φάνηκε περισσότερο τη στιγμή που οι μαθητές ολοκλήρωσαν την κατασκευή του ματιού και έπρεπε να το τοποθετήσουν μέσα στο τρισδιάστατο μοντέλο του κεφαλιού. Το συχνότερο λάθος που έκαναν ήταν ότι νόμιζαν ότι το έβαλαν στην ακριβή του θέση διότι δεν άλλαζαν την οπτική γωνία. Όταν τους γινόταν υπενθύμιση να γυρίσουν κάπως αλλιώς την κάμερα, τότε έβλεπαν ότι δεν είχε τοποθετηθεί σωστά το μάτι στο κεφάλι και το διόρθωναν. Κάποιοι μαθητές προσπάθησαν περισσότερο από τους υπόλοιπους να το βάλουν στην ακριβή του θέση, όμως λόγω μικρής εξοικείωσης με τον τρισδιάστατο ψηφιακό χώρο δυσκολεύτηκαν περισσότερο από όσο περίμεναν και ζήτησαν τη βοήθεια του εκπαιδευτή. Εξαίρεση αποτέλεσε ένας μαθητής ο οποίος κατάφερε να βάλει σωστά το μάτι και εντυπωσίασε γενικά με την ταχύτητα της σκέψης του, την αντίληψη του τρισδιάστατου ψηφιακού χώρου αλλά και από το γεγονός ότι θυμόταν ακριβώς τις προηγούμενες οδηγίες που είχαν δοθεί αλλά και τα εργαλεία του λογισμικού και το τι κάνει το καθένα από αυτά. Μάλιστα, όταν κατάλαβαν οι υπόλοιποι μαθητές ότι τα κατάφερε μόνος του τον χειροκρότησαν με ενθουσιασμό δείχνοντας με αυτή τους την αντίδραση πόσο δυσκολεύτηκαν σε αυτό το κομμάτι στο σύνολό τους, ενώ ο μαθητής που τα κατάφερε χάρηκε πολύ και φάνηκε να τονώνεται η αυτοπεποίθησή του.

Το δεύτερο μέρος της εκπαιδευτικής παρέμβασης με το Maya ήταν ένα puzzle που απεικόνιζε ένα ολοκληρωμένο μοντέλο ανθρώπινου ματιού. Αφού διαχώρισε ο εκπαιδευτικός τα κομμάτια του, οι μαθητές έπρεπε να συνεργαστούν και να τα ξανασυναρμολογήσουν σωστά, ονομάζοντάς τα παράλληλα και αναφέροντάς τις ιδιότητες του καθενός από αυτά. Στο κομμάτι αυτό της εκπαιδευτικής παρέμβασης, που ήταν συμπεριφοριστικό και δεν απαιτούσε από τους μαθητές να κατασκευάσουν κάτι, φάνηκε να αναζωπυρώνεται το ενδιαφέρον των μαθητών, που είχαν αρχίσει να κουράζονται από τις συνεχόμενες οδηγίες της πρώτης δραστηριότητας – πιθανότατα γιατί το είδαν σαν ένα παιχνίδι.

Υπήρξαν ενδιαφέρουσες συζητήσεις και αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών του ΣΤ' 2 κατά τη διάρκεια της δεύτερης αυτής δραστηριότητας με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση. Οι συζητήσεις επικεντρώθηκαν κυρίως στο πώς θα συναρμολογήσουν τα τμήματα του ματιού, από ποια θα ξεκινήσουν και ποια θα αφήσουν στο τέλος. Φάνηκε γενικά, ότι την Ίριδα, την Κόρη, το Ασπράδι του Ματιού, τον Κερατοειδή Χιτώνα, τους Μύες, το Τυφλό Σημείο, το Κεντρικό Βοθρίο και τον Κρυσταλοειδή Φακό τα θυμόταν πιο εύκολα, ενώ αντίθετα, τα υπόλοιπα τμήματα του μοντέλου τους δυσκόλεψαν αρκετά και υπήρχαν διαφωνίες ως προς το σημείο που πρέπει να τοποθετηθούν. Ειδικότερα ο Χοριοειδής και ο Αμφιβληστροειδής Χιτώνας αλλά και το Οπτικό Νεύρο φάνηκε ότι δίχασαν τους μαθητές και γενικά τα μπέρδευαν μεταξύ τους και δυσκολεύονταν να θυμηθούν τις ονομασίες τους.

## **8.2 Συνέντευξη Focus Group**

Με το τέλος της εκπαιδευτικής παρέμβασης στο ΣΤ' 2 και αφού οι μαθητές είχαν συμπληρώσει το Τεστ Φυσικής αλλά και το Ερωτηματολόγιο σχετικά με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση σε προηγούμενες διδακτικές ώρες, πραγματοποιήθηκε και μία ομαδική συνέντευξη του τμήματος (Focus Group Interview). Ο σκοπός της συνέντευξης ήταν να παρθούν πληροφορίες σχετικά με τη σχέση των μαθητών με την τεχνολογία αλλά και να μπορέσουν αυτοί να εκφραστούν πιο ελεύθερα γύρω από την τρισδιάστατη μοντελοποίηση και το Μαγα. Από αυτή τη συνέντευξη προέκυψαν αρκετές ενδιαφέρουσες πληροφορίες που είναι σημαντικές και δεν θα μπορούσαν εύκολα να αποκαλυφθούν με κάποιο διαφορετικό τρόπο.

Αρχικά, όταν ερωτήθηκαν οι μαθητές αν έχουν συμμετάσχει σε κάποιο πρόγραμμα ή ομάδα, που είχε σχέση με νέες τεχνολογίες στο παρελθόν, έγινε γνωστό ότι 4 μαθητές της τάξης (2 αγόρια και 2 κορίτσια) συμμετείχαν τη σχολική χρονιά 2016-17 στην ομάδα Ρομποτικής που γινόταν μετά το τέλος των σχολικών μαθημάτων στο Δημοτικό Σχολείο του Απαλού. Συγκεκριμένα, ασχολήθηκαν πολύ με τη χρήση των Lego Mindstorms και Lego WeDo. Είχαν επομένως μία καλή επαφή,

για την ηλικία τους, με τη λογική της κατασκευής και της λύσης ενός πρακτικού προβλήματος.

Ο μαθητής που κατάφερε να τοποθετήσει το μάτι μόνος του στο τρισδιάστατο μοντέλο, ανέφερε ότι αν και δεν είχε ασχοληθεί στο παρελθόν ποτέ με κάποιο πρόγραμμα τρισδιάστατης μοντελοποίησης είχε παρακολουθήσει αρκετές φορές το θείο του που ήταν αρχιτέκτονας να χρησιμοποιεί τέτοια προγράμματα. Ο ίδιος μαθητής μάλιστα, όταν ρωτήθηκε το τμήμα με ποιο τρόπο θα μπορούσε το Maya να χρησιμοποιηθεί για το μάθημα της ρομποτικής, ανέφερε ότι θα μπορούσαν να δημιουργηθούν τα κομμάτια του ρομπότ ξεχωριστά μέσα στο Maya, να εκτυπωθούν με 3d printing και στη συνέχεια να τοποθετηθεί μέσα τους ο μηχανισμός για να λειτουργήσουν. Ο ίδιος μαθητής μάλιστα, ανέφερε με χιουμοριστική διάθεση ότι θα ήθελε μέσα στο Maya να δημιουργήσει ένα συμμαθητή του αλλά να τον κάνει να μοιάζει με zombie. Στη συζήτηση με τη δασκάλα του τμήματος αποκαλύφθηκε ότι ο μαθητής αυτός δεν ήταν από τους «δυνατούς» του τμήματος σύμφωνα με αυτήν, καθώς δεν διάβαζε πολύ στο σπίτι του και συχνά την ώρα του μαθήματος φαινόταν ότι δεν πρόσεχε και είχε αλλού το μυαλό του ή ασχολούνταν με το να φτιάχνει κάτι ή να πειράζει τους άλλους μαθητές. Τα μαθήματα που τον δυσκόλευαν περισσότερο ήταν τα θεωρητικά και ήταν πολύ ανορθόγραφος.

Όταν ρωτήθηκαν οι μαθητές αν ήξεραν κάποιο εκπαιδευτικό λογισμικό, ανέφεραν αμέσως το Scratch, το οποίο είχαν δουλέψει την περσινή χρονιά καθ' όλη τη διάρκεια του σχολικού έτους. Στη συνέχεια όταν ρωτήθηκαν οι μαθητές ποιο λογισμικό τους άρεσε περισσότερο το Scratch ή το Autodesk Maya και πώς θα βαθμολογούσαν τη δυσκολία του καθενός από αυτά σε κλίμακα από 1 μέχρι 10 (1 πάρα πολύ εύκολο - 10 πάρα πολύ δύσκολο) απάντησαν ότι τους φάνηκε πολύ πιο ενδιαφέρον το Maya και τη δυσκολία του Scratch την τοποθέτησαν κάπου ανάμεσα από 1 μέχρι 3 ενώ του Maya από 5 μέχρι 7. Εξαίρεση αποτέλεσε ένας μαθητής ο οποίος ανέφερε ότι το Maya τον δυσκόλεψε πάρα πολύ και για το λόγο αυτό του έβαλε δείκτη δυσκολίας 9. Ο ίδιος μαθητής εξήγησε ότι κατάλαβε τι έπρεπε να κάνει στις δραστηριότητες της εκπαιδευτικής παρέμβασης αλλά τον μπέρδευσε το περίπλοκο menu του λογισμικού. Είπε επίσης, ότι δεν είναι καλός στην

πληροφορική και ότι δεν τον ενδιαφέρει ιδιαίτερα η ενασχόληση με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

Οι υπόλοιποι μαθητές του ΣΤ' 2, εκτός από τον μαθητή που είπε ότι δυσκολεύτηκε πολύ, φάνηκε να είναι πολύ πιο επιεικείς με το λογισμικό Maya, αν και όπως δήλωσαν αντιμετώπισαν και αυτοί κάποιες δυσκολίες. Ειδικότερα, τα 3 κορίτσια του τμήματος τόνισαν ως βασική δυσκολία το γεγονός πως το Maya δεν έχει επιλογή γλώσσας στα ελληνικά γιατί, όπως είπαν, τα αγγλικά τους δυσκολεύουν σε αρκετά μεγάλο βαθμό. Θα τους άρεσε όπως είπαν να μπορούν να χρησιμοποιήσουν το συγκεκριμένο λογισμικό στα ελληνικά. Οι περισσότεροι μαθητές συμφώνησαν ότι η μεγαλύτερη πρόκληση ήταν η μετακίνηση των αντικειμένων στον τρισδιάστατο ψηφιακό χώρο του Maya και ότι αυτή τη διαδικασία την βρήκαν αρκετά κουραστική και βαρετή. Αντίθετα ο χρωματισμός των αντικειμένων και το κομμάτι της μοντελοποίησης (αλλαγή μεγεθών, τροποποίηση – παραμόρφωση σχημάτων) ήταν πολύ πιο ενδιαφέροντα, σύμφωνα με τους ίδιους.

Στη συνέχεια οι μαθητές του ΣΤ' 2 ερωτήθηκαν ποια από τις δύο δραστηριότητες της εκπαιδευτικής παρέμβασης τους άρεσε περισσότερο και ποια τους βοήθησε να θυμούνται περισσότερες πληροφορίες για το ανθρώπινο μάτι. Όλοι οι μαθητές συμφώνησαν ότι η πρώτη δραστηριότητα, στην οποία δημιούργησαν το δικό τους μάτι και το τοποθέτησαν στο τρισδιάστατο μοντέλο του ανθρώπινου κεφαλιού, τους ενθουσίασε και τους φάνηκε πιο ενδιαφέρουσα από τη δεύτερη δραστηριότητα – με μεγάλη διαφορά. Ωστόσο, η δεύτερη δραστηριότητα, το παιχνίδι Puzzle, στο οποίο έπρεπε να συναρμολογήσουν τα μέρη του ματιού ώστε να φτιάξουν το ολοκληρωμένο μοντέλο του, τους βοήθησε πολύ περισσότερο από την πρώτη στο να θυμούνται τις ονομασίες και τις λειτουργίες των επιμέρους τμημάτων του οργάνου. Από τα σχόλια των μαθητών φαίνεται ότι ο συμπεριφορισμός στη μάθηση σε κάποιες περιπτώσεις που οι μαθητές καλούνται να απομνημονεύσουν αυτούσιες πληροφορίες που δεν επιδέχονται αμφισβήτηση είναι ίσως πιο αποτελεσματικός από την ανακαλυπτική – διερευνητική μάθηση.

Στη συνέχεια της συνέντευξης, τέθηκε ξανά στους μαθητές η ερώτηση σχετικά με το πώς θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το Maya στην ελληνική πρωτοβάθμια εκπαίδευση και σε ποια μαθήματα θα ήταν πιο χρήσιμο. Οι απαντήσεις των μαθητών κινήθηκαν ανάμεσα στα Εικαστικά, τη Γεωγραφία και την Ιστορία. Οι απαντήσεις τους ήταν λίγο πιο γενικές στα Εικαστικά, δίνοντας την εντύπωση ότι κατάλαβαν τις καλλιτεχνικές δυνατότητες του προγράμματος αλλά δεν ήταν σίγουροι για τον τρόπο που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν στο συγκεκριμένο μάθημα. Αντίθετα, στην Ιστορία και τη Γεωγραφία οι απαντήσεις των μαθητών ήταν πιο συγκεκριμένες, με παραδείγματα όπως την κατασκευή και μελέτη λιμνών και βουνών καθώς επίσης και την κατασκευή ιστορικών μνημείων όπως οι Πυραμίδες, ο Παρθενώνας και η Αγία Σοφία. Ένας μαθητής ανέφερε ότι θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το Maya για τη διδασκαλία του animation στο σχολείο. Εντύπωση προκάλεσε επίσης, το γεγονός ότι οι μαθητές του Δημοτικού θεώρησαν το λογισμικό πιο κοντά στα Εικαστικά απ' ότι στην Πληροφορική, τον Προγραμματισμό και τα Μαθηματικά.

Η τελευταία ερώτηση της ομαδικής συνέντευξης του ΣΤ' 2, είχε να κάνει με το τι θα ήθελαν οι ίδιοι να δημιουργήσουν, αν ήξεραν να χειρίζονται πάρα πολύ καλά το Maya. Στη συγκεκριμένη ερώτηση όλοι σχεδόν οι μαθητές απάντησαν πως θα ήθελαν να δημιουργήσουν το δικό τους videogame. Ένας μαθητής ανέφερε μάλιστα πως θα μπορούσε να φτιαχτεί πολύ εύκολα ένα παιχνίδι σαν το Minecraft γιατί το Maya έχει κουτάκια (εννοούσε τους κύβους και τα υπόλοιπα γεωμετρικά σχήματα). Μια παρέα κοριτσιών απάντησε πως θα χρησιμοποιούσε το λογισμικό για να δημιουργήσει ένα παιχνίδι που να εξελίσσεται σε ένα φανταστικό κόσμο.

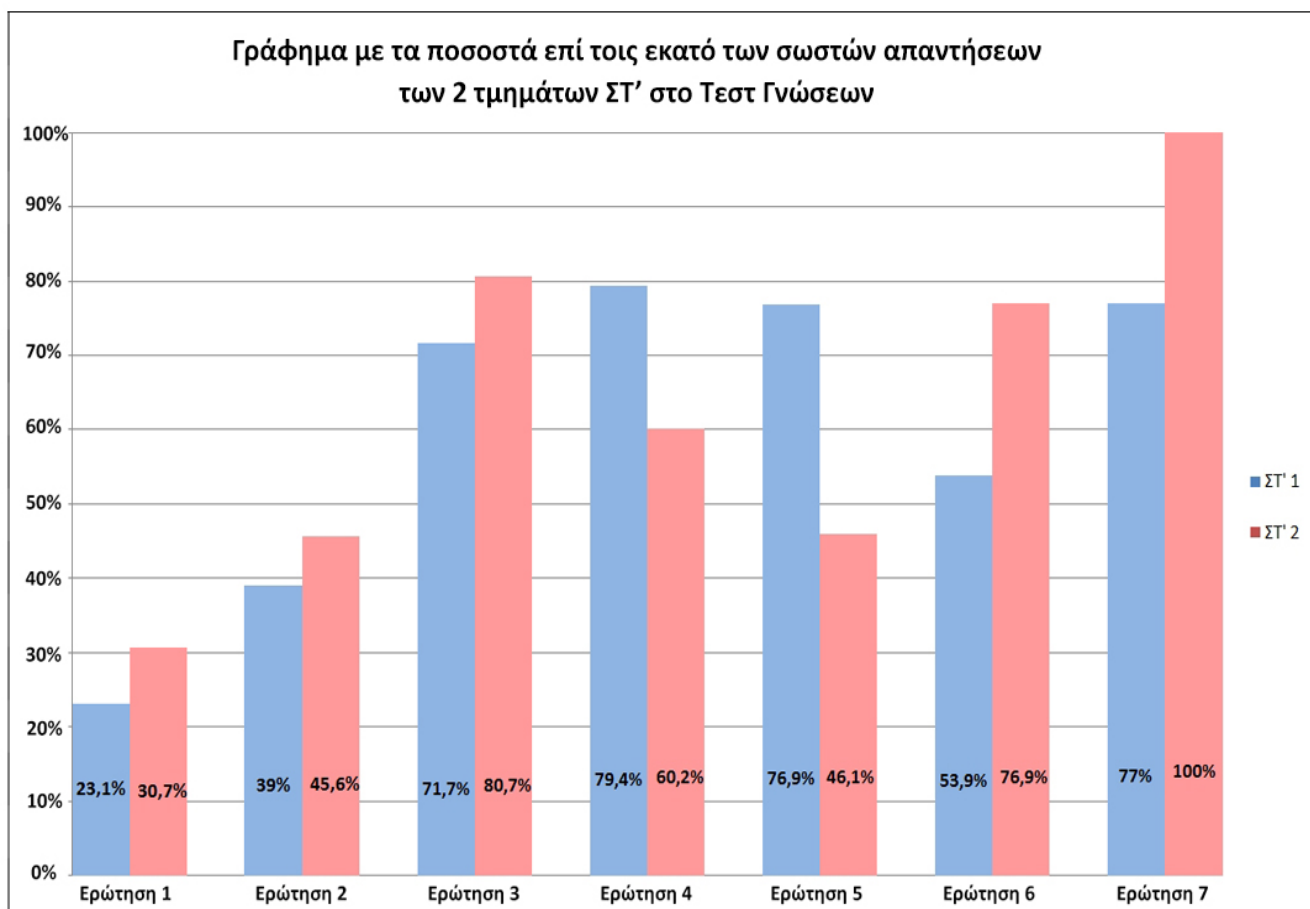
## **Κεφάλαιο 9. Συμπεράσματα της έρευνας**

### **9.1 1<sup>ο</sup> Ερευνητικό Ερώτημα.**

Με την ολοκλήρωση της μελέτης περίπτωσης που διεξήχθη στο Δημοτικό Σχολείο του Απαλού, στον Έβρο, με τη χρήση ενός λογισμικού τρισδιάστατης μοντελοποίησης (Autodesk Maya 2013) για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού στα πλαίσια του μαθήματος Φυσικά της ΣΤ' τάξης Δημοτικού, προέκυψαν αρκετά ενδιαφέροντα και ίσως ανατρεπτικά συμπεράσματα – απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν από την αρχή της έρευνας.

Το πρώτο ερευνητικό ερώτημα ήταν το εξής: *«Μπορεί η τρισδιάστατη μοντελοποίηση να βοηθήσει τους μαθητές που θα ασχοληθούν με αυτήν να κατανοήσουν καλύτερα το ανθρώπινο μάτι σε σχέση με τους μαθητές που θα διδαχθούν το εν λόγω αντικείμενο μόνο μέσω παραδοσιακής διδασκαλίας;»*. Παρατηρώντας και συγκρίνοντας τα ποσοστά των σωστών απαντήσεων και των 2 τμημάτων της ΣΤ' για όλες τις ερωτήσεις του τελικού τεστ αξιολόγησης για το ανθρώπινο μάτι (Ραβδόγραμμα 22) φαίνεται ότι η τρισδιάστατη μοντελοποίηση δεν βοήθησε όσο αναμενόταν το ΣΤ' 2 ώστε να έχει ένα καθαρό συνολικό προβάδισμα έναντι του ΣΤ' 1, που δεν έκανε χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας μέσω δραστηριοτήτων σχετικών με το αντικείμενο μελέτης. Συγκεκριμένα, από τις 7 ερωτήσεις του Τεστ Γνώσεων, στις 4 είχε πιο ψηλά ποσοστά σωστών απαντήσεων το ΣΤ' 2 (στις ερωτήσεις 2, 3, 6 και 7) ενώ στις υπόλοιπες 3 (1, 4 και 5) προηγήθηκε το ΣΤ' 1.





**Ραβδόγραμμα 22:** Η ενασχόληση του ΣΤ' 2 με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση έδωσε στο συγκεκριμένο τμήμα ένα προβάδισμα έναντι του ΣΤ' 1 στις περισσότερες ερωτήσεις.

Στην 1<sup>η</sup> Ερώτηση του Τεστ Γνώσεων (που είχε σχέση με τη σωστή τοποθέτηση των διαφόρων χρωματικών συνδυασμών των ματιών ανάλογα με τη συχνότητα εμφάνισής τους) τα ποσοστά σωστών απαντήσεων των δύο τμημάτων της ΣΤ' ήταν χαμηλά ενώ υπήρξε μία διαφορά της τάξεως του 7,6% υπέρ του ΣΤ' 1. Προκάλεσε ιδιαίτερη εντύπωση το γεγονός ότι το ΣΤ' 1 τα πήγε καλύτερα από το ΣΤ' 2. Οι πληροφορίες για τα ποσοστά εμφάνισης των διαφόρων χρωμάτων στα ανθρώπινα μάτια ειπώθηκαν μόνο στο εκπαιδευτικό βίντεο που παρακολούθησαν οι μαθητές ενώ δεν υπήρχαν στο βιβλίο. Οι μαθητές του ΣΤ' 2 μέσα από τις δύο εκπαιδευτικές δραστηριότητες με τη χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης και του Maya είχαν την ευκαιρία να ακούσουν ξανά τις συγκεκριμένες πληροφορίες

αρκετές φορές και για το λόγο αυτό θα περίμενε κανείς το ποσοστό των σωστών απαντήσεων του συγκεκριμένου τμήματος να είναι υψηλότερο από το αντίστοιχο του ΣΤ' 1. Ίσως οι μαθητές του ΣΤ' 2 ξέχασαν το εκπαιδευτικό βίντεο ή δεν έδωσαν τόση σημασία σε αυτό σε σχέση με τους μαθητές του ΣΤ' 1 και επικεντρώθηκαν περισσότερο στο να ολοκληρώσουν τις δραστηριότητες με την τρισδιάστατη μοντελοποίηση, γι' αυτό τους διέφυγε σε μεγάλο βαθμό η συγκεκριμένη πληροφορία, η οποία αν και ειπώθηκε ξανά κατά την εκπαιδευτική παρέμβαση, δεν ήταν το κύριο αντικείμενο στο οποίο αυτή εστίασε.

Στις επόμενες 2 Ερωτήσεις του Τεστ Γνώσεων (Ερώτηση 2 και Ερώτηση 3) τα πήγε καλύτερα το ΣΤ' 2 από το ΣΤ' 1. Οι Ερωτήσεις αυτές είχαν σχέση πιο άμεση με τις δραστηριότητες που έγιναν στην εκπαιδευτική παρέμβαση με τη χρήση του Maya. Στην Ερώτηση 2 οι μαθητές έπρεπε να αντιστοιχίσουν τις διάφορες ονομασίες των επιπλέον οργάνων που απαρτίζουν το ανθρώπινο μάτι σε μία εικόνα του ματιού. Στη συγκεκριμένη ερώτηση αν και τα πήγαν καλύτερα οι μαθητές του ΣΤ' 2, η διαφορά τους με τους μαθητές του ΣΤ' 1 δεν ήταν πολύ μεγάλη (6,6%) σε σχέση με το επιπλέον εκπαιδευτικό δώρο που αφιερώθηκε πάνω στη μελέτη του ανθρώπινου μοντέλου του ματιού. Δηλαδή φάνηκε πως η τρισδιάστατη μοντελοποίηση δεν βοήθησε όσο θα περίμενε κανείς τους μαθητές να θυμούνται σε μεγάλο βαθμό την ακριβή τοποθεσία των επιπλέον οργάνων του ματιού. Εντύπωση προκάλεσε αυτό το γεγονός γιατί ειδικά η δεύτερη δραστηριότητα, στην οποία οι μαθητές έπρεπε να συναρμολογήσουν τα τμήματα που απαρτίζουν το ανθρώπινο μάτι, στόχευε ακριβώς σε αυτό, να αποδομήσουν δηλαδή, οι μαθητές το σύστημα της όρασης σε μικρότερα κομμάτια και έτσι να τα απομνημονεύσουν καλύτερα ώστε να μπορούν να ανακαλέσουν με άνεση πού βρίσκεται ακριβώς το καθένα από αυτά.

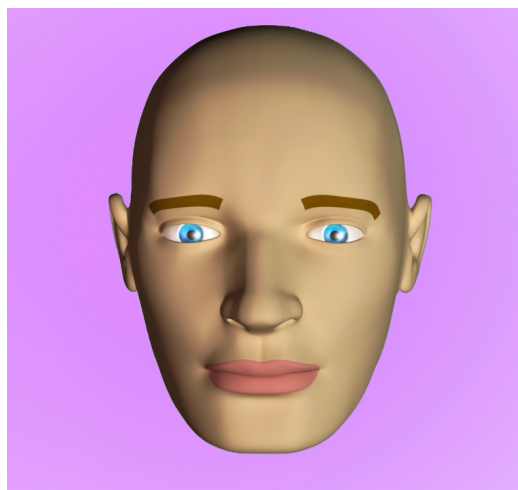
Στην Ερώτηση 3 ωστόσο του Τεστ Γνώσεων (που είχε σχέση με την αντιστοίχιση των μυών που συνδέονται με το ανθρώπινο μάτι σε μία άλλη εικόνα του ματιού) η διαφορά του ποσοστού των σωστών απαντήσεων υπέρ του ΣΤ' 2 ήταν αρκετά μεγαλύτερη. Αν και γενικά στην ερώτηση αυτή οι μαθητές και των 2 τμημάτων συγκέντρωσαν υψηλότερα ποσοστά σε σχέση με τις ερωτήσεις 1 και 2, το ΣΤ' 2 είχε ποσοστό σωστών απαντήσεων υψηλότερο κατά 9% από το αντίστοιχο

ποσοστό του ΣΤ' 1. Συγκεκριμένα, το ποσοστό σωστών απαντήσεων του ΣΤ' 2 ήταν 80,7% ενώ το αντίστοιχο του ΣΤ' 1 ήταν 71,7%. Αυτή η διαφορά που είναι μεγαλύτερη από αυτή της ερώτησης 2, αν και η φύση των δύο αυτών ερωτήσεων ήταν παρόμοια, μάλλον οφείλεται στο γεγονός ότι μέσω της τρισδιάστατης μοντελοποίησης οι μαθητές του ΣΤ' 2 είχαν την ευκαιρία να δουν όχι μόνο που βρίσκεται ο κάθε μυς του ματιού, αλλά και πώς βοηθάει ο καθένας από αυτούς το μάτι να κινηθεί. Ο παραστατικός αυτός τρόπος παρουσίασης των μυών και της λειτουργίας τους βοήθησε δηλαδή τους μαθητές να συγκρατήσουν σε μεγαλύτερο βαθμό τόσο τις ονομασίες τους όσο και το πού βρίσκονται.

Οι Ερωτήσεις 4 και 5 του Τεστ Γνώσεων έδειξαν μη αναμενόμενα αποτελέσματα καθώς και στις δύο Ερωτήσεις το ΣΤ'1 είχε πολύ υψηλότερο ποσοστό σωστών απαντήσεων από το αντίστοιχο του ΣΤ' 2. Συγκεκριμένα, στην Ερώτηση 4 που είχε σχέση με την αντιστοίχιση διαφόρων επιμέρους οργάνων ή μυών του ματιού με τη λειτουργία που επιτελούν κατά τη διαδικασία της όρασης, το ΣΤ' 1 είχε ποσοστό σωστών απαντήσεων 79,4% έναντι ενός ποσοστού της τάξεως του 60,2% που συγκέντρωσε το ΣΤ' 2. Αυτή η μεγάλη διαφορά, που αγγίζει το 20%, έδειξε πως η τρισδιάστατη μοντελοποίηση πολύ πιθανόν να μην ήταν η κατάλληλη μέθοδος για να διδαχθούν οι μαθητές τις ακριβείς λειτουργίες των οργάνων του ματιού. Φαινομενικά ο παραστατικός τρόπος απεικόνισής και η πιο αναλυτική παρουσίαση των επιμέρους τμημάτων του ματιού, θα έπρεπε να βοηθήσει τους μαθητές του ΣΤ' 2 να θυμούνται με ακρίβεια ποια λειτουργία επιτελεί το κάθε όργανο. Ωστόσο, η τρισδιάστατη μοντελοποίηση δεν λειτούργησε κατ' αυτό τον τρόπο τουλάχιστον στο βαθμό που θα περίμενε κανείς.

Η ερώτηση 5 του Τεστ Γνώσεων ήταν ίσως αυτή, που με βάση τις απαντήσεις που λήφθηκαν, επιδέχεται περισσότερο σχολιασμό. Το ζητούμενο ήταν το εξής: «Αναφέρετε 2 λόγους για τους οποίους πιστεύετε ότι τα μάτια μας είναι από τα σημαντικότερα όργανα που διαθέτουμε». Ο σκοπός αυτής της ερώτησης ήταν να φανεί κατά πόσο οι μαθητές των 2 τμημάτων της ΣΤ' Δημοτικού μπόρεσαν να διακρίνουν περισσότερες ιδιότητες – λειτουργίες του ματιού, πέρα από την προφανή, που είναι η όραση. Οι μαθητές του ΣΤ' 1 συγκέντρωσαν ένα ποσοστό σωστών απαντήσεων (σωστές κρίθηκαν οι απαντήσεις που ανέφεραν 2 λόγους) 77%

έναντι μόλις 46% σωστών απαντήσεων του ΣΤ' 2. Οι περισσότεροι μαθητές του ΣΤ' 1 ανέφεραν λόγους όπως, μη λεκτική επικοινωνία μέσω των ματιών (εκφράσεις), το γεγονός ότι τα μάτια μάς δίνουν μια ξεχωριστή ταυτότητα λόγω του χρώματος και του σχήματος που έχουν σε συνδυασμό με τα φρύδια κλπ. Αντίθετα, οι περισσότεροι μαθητές του ΣΤ' 2 εστίασαν στην όραση και δεν βρήκαν ένα δεύτερο λόγο που να δικαιολογεί τη σημασία των ματιών για τον άνθρωπο. Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση και σε αυτή την περίπτωση φάνηκε να παίζει ένα πιο μονοδιάστατο ρόλο διότι πολύ πιθανόν να ώθησε τους μαθητές να επικεντρωθούν στα διαφορετικά τμήματα του ματιού και στη χρήση του ίδιου του λογισμικού ώστε να μην εξετάσουν το θέμα του ματιού πιο ανοιχτά. Αυτό βέβαια θα μπορούσε να καλυφθεί εάν υπήρχε και μία 3<sup>η</sup> δραστηριότητα στην οποία οι μαθητές θα είχαν τη δυνατότητα να παίξουν με τις διάφορες εκφράσεις του τρισδιάστατου προσώπου στο οποίο τοποθέτησαν τα μοντέλα που δημιούργησαν (Εικόνα 20).



**Εικόνα 20:** Το ψηφιακό τρισδιάστατο κεφάλι με τοποθετημένα τα μάτια που δημιουργήθηκαν από μαθητή του ΣΤ' 2, πρώτη δραστηριότητα της εκπαιδευτικής παρέμβασης.

Στις δύο τελευταίες ερωτήσεις του Τεστ Γνώσεων (ερώτηση 6 και 7) οι μαθητές του ΣΤ' 2 τα πήγαν καλύτερα από τους μαθητές του ΣΤ' 1 σημειώνοντας αρκετά μεγαλύτερα ποσοστά σωστών απαντήσεων. Ειδικότερα, στην ερώτηση 6, η

οποία ζητούσε από τους μαθητές να προσπαθήσουν να εξηγήσουν τι σημαίνει η φράση «τα μάτια είναι ο καθρέφτης της ψυχής» οι μαθητές του ΣΤ' 2 απάντησαν σωστά σημειώνοντας ένα ποσοστό 77% ενώ οι μαθητές του ΣΤ' 1 δεν πήγαν τόσο καλά αφού συγκέντρωσαν ένα ποσοστό σωστών απαντήσεων της τάξεως του 54%. Ο λόγος που έγινε αυτό ήταν γιατί είχε τονιστεί κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής παρέμβασης αρκετές φορές ότι τα μάτια δεν είναι χρήσιμα μόνο για την όραση του ανθρώπου αλλά έχουν από το παρελθόν μέχρι σήμερα εξέχουσα θέση στις τέχνες, τις θρησκείες και τις παραδόσεις των λαών. Ωστόσο, πρέπει να τονιστεί πως αν και οι μαθητές του ΣΤ' 2 απάντησαν σε μεγαλύτερο ποσοστό σωστά από τους μαθητές του ΣΤ' 1 οι απαντήσεις των μαθητών του ΣΤ' 1 σε γενικές γραμμές παρουσίασαν περισσότερη πρωτοτυπία και ποικιλία. Επίσης ένα σχόλιο είναι ότι οι μαθητές στο σύνολό τους φάνηκε να μην επηρεάζονται από τη συγκεκριμένη ερώτηση ώστε να πονηρευτούν και να δώσουν ακόμα ένα λόγο για τη σημασία των ματιών και στην προηγούμενη ερώτηση. Αντιμετώπισαν δηλαδή τις ερωτήσεις μεμονωμένα και δεν έδειξαν ιδιαίτερη συνδυαστική σκέψη.

Η ερώτηση 7 του Τεστ Γνώσεων ήταν πολλαπλής επιλογής κατά την οποία οι μαθητές έπρεπε να επιλέξουν πώς θα εμφανιστεί το είδωλο ενός δέντρου που κοιτάει ο άνθρωπος στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού. Το παράδειγμα του αντεστραμμένου ειδώλου δόθηκε μέσα από μία ζωγραφιά στον πίνακα της τάξης για τους μαθητές του ΣΤ' 1 ενώ για τους μαθητές του ΣΤ' 2 εξηγήθηκε μέσα στο Maya. Γενικά φάνηκε ότι στο σύνολό τους οι μαθητές και των 2 τμημάτων της ΣΤ' τα πήγαν καλά. Το ΣΤ' 1 είχε ένα ποσοστό σωστών απαντήσεων της τάξεως του 77% ενώ το ΣΤ' 2 παρουσίασε απόλυτη επιτυχία στη συγκεκριμένη ερώτηση, αφού όλοι οι μαθητές απάντησαν σωστά στη συγκεκριμένη ερώτηση και έτσι συγκέντρωσε ένα ποσοστό 100%. Φάνηκε επομένως στην περίπτωση αυτή ότι η επιλογή να διδαχθεί μέσω του Maya η θεωρία του αντεστραμμένου ειδώλου με πιο παραστατικό τρόπο είχε πολύ θετικό αντίκτυπο στους μαθητές οι οποίοι την κατάλαβαν και έτσι απάντησαν όλοι σωστά σε αντίθεση με τους μαθητές του ΣΤ' 1.

Σε γενικές γραμμές, αν και οι μαθητές του ΣΤ' 2 τα πήγαν σε 4 από τις 7 ερωτήσεις του Τεστ Γνώσεων καλύτερα από τους μαθητές του ΣΤ' 1, φάνηκε ότι η τρισδιάστατη μοντελοποίηση και η χρήση του Maya δεν είχαν ιδιαίτερο αντίκτυπο

στην επίδοση των μαθητών. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη και τις απαντήσεις των μαθητών της Ομάδας Ελέγχου φαίνεται ότι για τις συγκεκριμένες επιδόσεις δεν ευθύνεται μάλλον μόνο η τρισδιάστατη μοντελοποίηση αλλά και η ηλικία των μαθητών όπως και το γεγονός ότι ήταν χωρισμένοι σε μικρές ομάδες και δεν είχε κάθε παιδί το δικό του υπολογιστή. Τα παιδιά της Α Γυμνασίου τα οποία διδάχθηκαν το ίδιο αντικείμενο, αλλά χωρισμένα σε μικρότερα γκρουπ (3 αγόρια, 2 κορίτσια) και έχοντας το καθένα ένα δικό του υπολογιστή, τα πήγαν πολύ καλύτερα από τους μαθητές του ΣΤ' 2. Επομένως, ο τρόπος που χρησιμοποιήθηκε η τρισδιάστατη μοντελοποίηση και στήθηκε η εκπαιδευτική παρέμβαση ίσως να χρειαζόταν κάποιες τροποποιήσεις, βελτιώσεις και προσθήκες (π.χ. μελέτη των εκφράσεων του τρισδιάστατου μοντέλου αφού του τοποθετήθηκαν τα μάτια) με σκοπό οι μαθητές να κατανοήσουν σε μεγαλύτερο βάθος το διδασκόμενο αντικείμενο. Τέλος, αν οι μαθητές της ΣΤ' τάξης του Δημοτικού ήταν εξοικειωμένοι με το συγκεκριμένο λογισμικό ενδεχομένως η χρήση του ως εκπαιδευτικού εργαλείου να λειτουργούσε πιο αποτελεσματικά μέσα στην τάξη.

## **9.2 2<sup>ο</sup> Ερευνητικό Ερώτημα.**

Το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα της μελέτης περίπτωσης που έγινε στο Δημοτικό Σχολείο του Απαλού ήταν το εξής: *«Είναι σε θέση μαθητές της ΣΤ' δημοτικού να κατανοήσουν τις χρήσεις ενός λογισμικού τρισδιάστατης μοντελοποίησης ως εκπαιδευτικό εργαλείο;»*. Με βάση τα παραδείγματα που έδωσαν οι μαθητές της ΣΤ' Δημοτικού, σχετικά με τα μαθήματα στα οποία θα μπορούσε να βοηθήσει το Maya, φάνηκε ότι οι περισσότεροι από αυτούς δεν κατανόησαν τις δυνατότητες και τη φύση του συγκεκριμένου λογισμικού.

Οι μαθητές του ΣΤ' 2 αντιμετώπισαν το Maya ως ένα καλλιτεχνικό λογισμικό και κατάλαβαν ότι θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως μέρος του μαθήματος των Εικαστικών. Εκτός από τα Εικαστικά πολλοί μαθητές δήλωσαν ότι το εν λόγω λογισμικό θα μπορούσε να βοηθήσει ως εκπαιδευτικό εργαλείο στα μαθήματα της Ιστορίας, των Θρησκευτικών και της Γεωγραφίας. Αν και οι επιλογές των μαθημάτων δεν ήταν τελείως λανθασμένες, αφού δεν αναφέρθηκαν μαθήματα

τελείως θεωρητικά όπως η Κοινωνική και Πολιτική Αγωγή, ωστόσο, από τα παραδείγματα που έδωσαν οι μαθητές, φάνηκε ότι δεν κατάλαβαν ακριβώς τα δυνατά σημεία του λογισμικού. Διατυπώθηκαν ορισμένα σωστά παραδείγματα της χρήσης του Maya στα μαθήματα της Ιστορίας (θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να μελετήσουμε πως ήταν τα σπίτια των αρχαίων Ελλήνων), της Γεωγραφίας (θα μπορούσαμε με το Maya να δημιουργήσουμε ένα χάρτη της περιοχής μας και να βάλουμε επάνω τα ποτάμια, τις λίμνες και τις πόλεις) των Εικαστικών (θα μπορούσαμε να φτιάξουμε ένα cartoon και διάφορα φανταστικά πρόσωπα) και των Μαθηματικών (το Maya θα μπορούσε να μας βοηθήσει στα Μαθηματικά γιατί έχει πολλά γεωμετρικά σχήματα να μελετήσουμε).

Πλην ορισμένων εξαιρέσεων, που αναφέρθηκαν παραπάνω, τα παραδείγματα των μαθητών ήταν άστοχα αφού το αντικείμενο μελέτης θα μπορούσε να διδαχθεί με άλλο πιο αποτελεσματικό τρόπο από τη χρήση ενός λογισμικού τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Οι μαθητές για παράδειγμα που έκαναν λόγο για χρήση του Maya ώστε να μελετηθεί η Σταύρωση του Χριστού ή η Δολοφονία του Καποδίστρια φάνηκε ότι δεν κατάλαβαν πόσο χρονοβόρο και ανούσιο θα ήταν να γίνει κάτι τέτοιο τη στιγμή που υπάρχουν τόσα βίντεο με σχετική θεματολογία που θα μπορούσαν οι μαθητές να μελετήσουν μέσα στην τάξη. Εντύπωση επίσης, προκάλεσε και το μικρό ποσοστό επιλογής μαθημάτων όπως τα Μαθηματικά ή η απουσία συγκεκριμένων μαθημάτων όπως η Πληροφορική από τις επιλογές των μαθητών της ΣΤ' Δημοτικού. Συνέδεσαν δηλαδή οι μαθητές του Δημοτικού το Maya και την τρισδιάστατη μοντελοποίηση με την εκπαίδευση πιο θεωρητικών μαθημάτων.

Οι απαντήσεις των μαθητών θα μπορούσαν να είναι πολύ πιο συγκεκριμένες, υλοποιήσιμες και να αξιοποιούν πραγματικά τις δυνατότητες της τρισδιάστατης μοντελοποίησης, αν είχαν, ίσως, οι ίδιοι περισσότερη εξοικείωση με τη συγκεκριμένη τεχνολογία. Η ηλικία τους επίσης, ίσως, έπαιξε και αυτή κάποιον ρόλο για τις απαντήσεις που έδωσαν, διότι οι απαντήσεις των μαθητών της Ά γυμνασίου (Ομάδα Ελέγχου) ήταν πολύ πιο συγκεκριμένες, πρακτικές και υλοποιήσιμες. Μπορεί επομένως να ειπωθεί πως ενώ κατάλαβαν το βάθος και τις

δυνατότητες του Maya οι μαθητές του δημοτικού δεν ήταν σε θέση να προτείνουν, στην πλειοψηφία τους, σωστές εφαρμογές του στην εκπαιδευτική διαδικασία.

### **9.3 3<sup>ο</sup> Ερευνητικό Ερώτημα.**

Το τελευταίο ερευνητικό ερώτημα ήταν το εξής: «Μπορούν μαθητές ηλικίας 11-13 χρονών να χρησιμοποιήσουν αποτελεσματικά ένα λογισμικό τρισδιάστατης μοντελοποίησης;». Η απάντηση στο συγκεκριμένο ερώτημα βασιζόταν κατά κύριο λόγο στην παρατήρηση κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής παρέμβασης. Γενικά, φάνηκε ότι οι μαθητές που ακολουθούσαν τις οδηγίες που τους δινόταν από τον εκπαιδευτή δεν αντιμετώπισαν πολλές δυσκολίες και κατάφεραν να ανταπεξέλθουν στο πρώτο ζητούμενο της παρέμβασης που ήταν η δημιουργία του ανθρώπινου ματιού. Η γενική δυσκολία που παρατηρήθηκε ήταν η σωστή τοποθέτηση των τρισδιάστατων αντικειμένων στον ψηφιακό χώρο του Maya. Η έννοια του βάθους (άξονας Z) δυσκόλεψε τους μαθητές σε μεγάλο βαθμό αφού εκτός ελαχίστων περιπτώσεων αν και δημιούργησαν το μάτι δυσκολεύτηκαν να το τοποθετήσουν σωστά στο τρισδιάστατο μοντέλο του ανθρώπινου κεφαλιού. Βέβαια οι μαθητές του γυμνασίου (οι μαθητές της Ομάδας Ελέγχου) μέσα από εξάσκηση και δική τους επιμονή κατάφεραν μόνοι τους να τοποθετήσουν τα μάτια στο μοντέλο του κεφαλιού κάτι που δεν έγινε με τους μαθητές του ΣΤ' 2. Οι μαθητές του Δημοτικού, εκτός από ένα παιδί που τα κατάφερε, φάνηκε ότι μπερδεύτηκαν περισσότερο στο συγκεκριμένο κομμάτι και δεν είχαν την υπομονή και επιμονή να το κάνουν μόνοι τους και έτσι ζήτησαν τη βοήθεια του εκπαιδευτή.

Εκτός από το κομμάτι της μετακίνησης των αντικειμένων δεν φάνηκε οι μαθητές να αντιμετωπίζουν κάποιο ιδιαίτερο πρόβλημα. Τόσο ο χρωματισμός όσο και η τροποποίηση των αντικειμένων που ανέφεραν κάποιοι από τους μαθητές ότι τους δυσκόλεψαν ήταν διαδικασίες στις οποίες δεν «κόλλησε» κάποιος μαθητής. Ακόμα και ένας μαθητής του ΣΤ' 2 που ανέφερε ότι δεν ήταν καλός με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και δεν είχε σχετική εμπειρία, μέσα από τις οδηγίες κατάφερε να επιτύχει το στόχο της άσκησης. Οι μαθητές ίσως ανέφεραν ως βασική δυσκολία τον χρωματισμό των αντικειμένων λόγω του ότι είναι μία πιο σύνθετη εργασία που απαιτεί πρώτα να τοποθετηθούν διαφορετικά υλικά στα διάφορα



μέρη του μοντέλου, που θα ονομαστούν το καθένα με δικό του όνομα, πριν γίνει ο χρωματισμός τους. Ωστόσο, μέσω των οδηγιών που δόθηκαν οι μαθητές κατάφεραν να χρωματίσουν μόνοι τους τα μοντέλα που δημιούργησαν.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως οι δυσκολίες που αντιμετώπισαν τόσο οι μαθητές του Δημοτικού, όσο και του Γυμνασίου είχαν να κάνουν με την έλλειψη εμπειρίας στην τρισδιάστατη μοντελοποίηση και με το γεγονός ότι έρχονταν για πρώτη φορά σε επαφή με τη συγκεκριμένη τεχνολογία. Το γεγονός εντούτοις, ότι ανταποκρίθηκαν στις απαιτήσεις των δύο δραστηριοτήτων της εκπαιδευτικής παρέμβασης, δείχνει πως οι μαθητές ηλικίας 11-13 χρονών είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν κάτω από κατάλληλη καθοδήγηση και μέσα από συγκεκριμένες οδηγίες επαγγελματικά λογισμικά τρισδιάστατης μοντελοποίησης όπως το Autodesk Maya. Η ηλικιακή διαφορά των παιδιών της Α' Γυμνασίου με τους μαθητές της ΣΤ' Δημοτικού φάνηκε στον τρόπο προσέγγισης της τρισδιάστατης μοντελοποίησης αφού οι μαθητές του Γυμνασίου ολοκλήρωσαν αρκετά πιο εύκολα τις δραστηριότητες της εκπαιδευτικής παρέμβασης και με πολύ λιγότερη βοήθεια. Επομένως, η χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας, ιδιαίτερα αν απαιτείται να δημιουργηθεί από τους μαθητές κάτι πιο περίπλοκο που χρειάζεται συνδυαστική σκέψη, συνεργασία και εξοικείωση με τους υπολογιστές, μάλλον απευθύνεται σε λίγο μεγαλύτερη ηλικία από αυτή του δημοτικού.

Τέλος, εκτός από την ηλικία υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που μπορούν να συμβάλουν στην επιτυχημένη χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στην εκπαίδευση. Οι παράγοντες αυτοί είναι η άριστη γνώση του λογισμικού από τον εκπαιδευτή, η σωστή καθοδήγηση των μαθητών βήμα-βήμα μέσα από ξεκάθαρες οδηγίες, η εξάσκησή τους στη χρήση του, ο μικρός αριθμός μαθητών στην τάξη και τέλος ένας αξιοπρεπής τεχνολογικός εξοπλισμός με υπολογιστές που διαθέτουν κατάλληλη επεξεργαστική ισχύ για την ομαλή λειτουργία επαγγελματικών λογισμικών τρισδιάστατης μοντελοποίησης όπως το Maya, το Blender και το Modo.

## **Επίλογος**

Η ταχύτατη εξέλιξη της τεχνολογίας έχει επιφέρει και θα συνεχίσει να φέρνει αλλαγές σε όλους τους τομείς της καθημερινής ζωής του ανθρώπου. Νέες εφευρέσεις, εφαρμογές και λογισμικά εμφανίζονται καθημερινά με σκοπό να κάνουν πιο εύκολη τη ζωή και τη μάθηση. Η εκπαίδευση επομένως δεν μπορεί να μείνει ανεπηρέαστη από αυτές τις αλλαγές. Οι νέες τεχνολογίες, μέσα από έρευνες όπως η παρούσα, μπορούν να αξιολογηθούν στην πράξη και να ενταχθούν στην εκπαιδευτική διαδικασία με σκοπό οι μαθητές να κατανοούν πιο εύκολα, γρήγορα και αποτελεσματικά δυσκολονόητα κεφάλαια απαιτητικών μαθημάτων όπως: η Φυσική, η Βιολογία, η Ιστορία και τα Μαθηματικά. Ωστόσο, η πολιτική ένταξης των τεχνολογιών αυτών στα ελληνικά σχολεία πρέπει να γίνει με καθαρά εκπαιδευτικά κριτήρια και προσοχή και όχι με τον αλόγιστο ενθουσιασμό που φέρνει κάθε τι καινούργιο.

Συγκεκριμένα, η τρισδιάστατη μοντελοποίηση, μία τεχνολογία που έχει στον πυρήνα της το κομμάτι της δημιουργίας και της φαντασίας του δημιουργού, θα αποτελούσε ένα πολύ ισχυρό εργαλείο στα χέρια τόσο των μαθητών όσο και των δασκάλων, ώστε να μπορούν να εκφραστούν εναλλακτικά, να ερευνήσουν ένα κεφάλαιο ή θέμα ενός μαθήματος από άλλη οπτική γωνία και σε μεγαλύτερο βάθος και να μπορούν έτσι να κατανοήσουν πιο αποτελεσματικά και πολλές φορές πιο γρήγορα ένα απαιτητικό αντικείμενο μελέτης. Λογισμικά όπως το Maya και το Blender που έχουν μία τεράστια ποικιλία εργαλείων (εργαλεία μοντελοποίησης, σύνθετα υλικά, προσομοιώσεις φυσικών φαινομένων κ.α.) και μπορούν να αποκτηθούν από τα σχολεία είτε δωρεάν είτε με ένα μικρό κόστος για μαθητική χρήση, μπορούν να φέρουν μία μικρή επανάσταση στον τρόπο που διδάσκονται αρκετά μαθήματα, που συχνά είναι δυσνόητα, βαρετά και αδιάφορα στους μαθητές.

Το σημαντικότερο προσόν αυτής της τεχνολογίας είναι ότι μπορεί να λειτουργήσει πολύ υποστηρικτικά στην παραδοσιακή διδασκαλία, δίνοντας στους μαθητές τη δυνατότητα να δημιουργήσουν ελεύθερα, με βάση τα όσα διδάχθηκαν στην τάξη τρισδιάστατα μοντέλα, animation και προσομοιώσεις που θα τα φέρουν

από τη θέση του καταναλωτή αυτών των προϊόντων στη θέση του δημιουργού. Η ενεργητική αυτή μάθηση ωστόσο, για να έχει εποικοδομητικά αποτελέσματα για τους μαθητές πρέπει να κατευθυνθεί έστω και διακριτικά από τον εκπαιδευτικό ώστε να μην χάσει το στόχο της. Υπάρχει ο κίνδυνος αν δεν στηθεί σωστά μία εκπαιδευτική παρέμβαση να περάσει σε πρώτο πλάνο η ίδια η τεχνολογία και να χαθεί το αντικείμενο μελέτης.

Ο εκπαιδευτικός πρέπει πρώτα απ' όλα ο ίδιος να έχει ασχοληθεί με την συγκεκριμένη τεχνολογία, να ξέρει τα υπέρ και τα κατά της, ώστε να είναι σε θέση να κατανοήσει πού μπορεί αυτή να βοηθήσει πρακτικά στην εκπαίδευση και πού όχι. Όταν υπάρχουν κάποιες συγκεκριμένες προϋποθέσεις, μπορεί η τρισδιάστατη μοντελοποίηση σε συνδυασμό με την παραδοσιακή διδασκαλία αλλά και με τη χρήση πολυμέσων (εκπαιδευτικά βίντεο, ψηφιακά παιχνίδια κ.α.) να λειτουργήσει πολύ ευεργετικά για τους μαθητές και να τους ωθήσει να εντρυφήσουν σε ένα θέμα και να έχουν πολύ καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι οι απαιτήσεις του εκπαιδευτικού πρέπει να έχουν σχέση με την ηλικία των μαθητών αλλά και με το τεχνολογικό υπόβαθρό τους. Μαθητές της Ε' και της ΣΤ' δημοτικού μπορούν να ασχοληθούν περισσότερο με τα βασικά γεωμετρικά σχήματα και με απλές προσομοιώσεις ενώ μαθητές του Γυμνασίου και του Λυκείου μπορούν να εντρυφήσουν περισσότερο στη διαδικασία της πιο σύνθετης μοντελοποίησης και του animation.

Ολοκληρώνοντας, η ελληνική εκπαίδευση οφείλει να προσαρμοστεί στις αλλαγές που έχει επιφέρει η τεχνολογική άνθιση των τελευταίων χρόνων κρατώντας όμως παράλληλα τα δυνατά της χαρακτηριστικά. Θα είναι ένα πολύ καλό σημάδι να αρχίσουν να χρησιμοποιούνται ενεργά στην εκπαιδευτική διαδικασία τεχνολογίες όπως η τρισδιάστατη μοντελοποίηση, η τρισδιάστατη εκτύπωση και η εικονική πραγματικότητα. Η σωστή χρήση των συγκεκριμένων τεχνολογιών μπορεί να θέσει τη βάση για μία πιο ενεργητική, αλληλεπιδραστική και ανακαλυπτική μάθηση που θα αντικαταστήσει σε μεγάλο βαθμό την παθητική μάθηση. Ο μαθητής από παθητικός δέκτης μεγάλης ποσότητας αυτούσιων πληροφοριών θα μετατραπεί έτσι σε ένα μικρό επιστήμονα που θα ερευνά με τα τεχνολογικά του εργαλεία ερωτήματα που θα έχει θέσει ο ίδιος.

## Παράρτημα 1 – Τεστ Γνώσεων

### Πόσο καλά γνωρίζεις το ανθρώπινο μάτι;

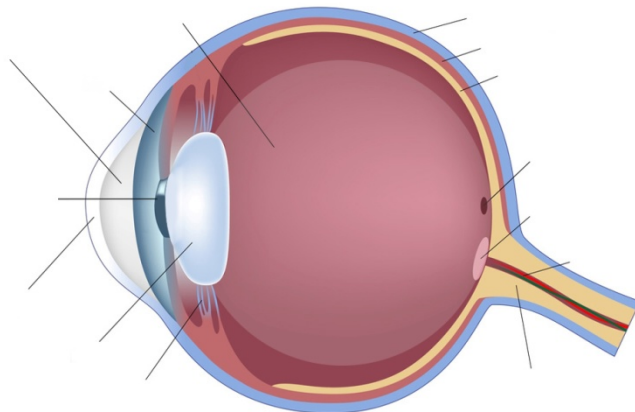
1. Ταξινόμησε τη συχνότητα εμφάνισης των χρωμάτων των ματιών από το πιο συνηθισμένο στο πιο ασυνήθιστο:

Γαλάζια, Καστανά, Συνδυασμός Χρωμάτων, Πράσινα

---



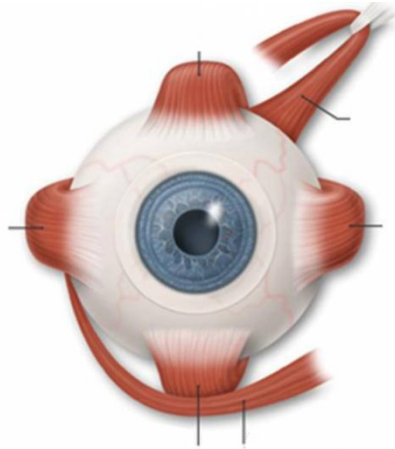
2. Στην παρακάτω εικόνα συμπλήρωσε τα μέρη του ανθρώπινου ματιού που σου δίνονται στο κατάλληλο σημείο:



Κόρη, Ίριδα, Οπτικό Νεύρο, Κρυσταλλοειδής Φακός, Υδατοειδές Υγρό,  
Κερατοειδής Χιτώνας, Τυφλό Σημείο, Κεντρικό Βοθρίο, Αιμοφόρα Αγγεία,  
Υαλώδες Σώμα, Χοριοειδής, Ακτινωτό Σώμα, Σκληρός Χιτώνας (Ασπράδι  
Ματιού), Αμφιβληστροειδής Χιτώνας

Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού

**3. Στην παρακάτω εικόνα συμπλήρωσε τους μύες του ανθρώπινου ματιού που σου δίνονται στο κατάλληλο σημείο:**



Κατώτερος Μυϊκός Ιστός, Πλευρικός Μυϊκός Ιστός, Ανώτερος Μυϊκός Ιστός ,  
Μέσος Μυϊκός Ιστός, Πάνω Λοξός Μυϊκός Ιστός, Κάτω Λοξός Μυϊκός Ιστός

**4. Αντιστοίχισε τα μέρη του Ματιού με τη Λειτουργία τους:**

Κεντρικό Βοθρίο

Μεταφέρει το οπτικό ερέθισμα από το μάτι στον εγκέφαλο.

Ανώτερος Μυϊκός Ιστός

Είναι το χρωματιστό μέρος του ματιού και είναι διαφορετικό σε κάθε άνθρωπο.

Οπτικό Νεύρο

Βοηθάει το μάτι να κοιτάει προς τα πάνω.

Κρυσταλλοειδής Φακός

Το τμήμα εκείνο του οπτικού πεδίου που αντιστοιχεί στην απουσία φωτοευαίσθητων κυττάρων.

Τυφλό Σημείο

Μικρή περιοχή δίπλα στο Τυφλό Σημείο που είναι υπεύθυνη για την κεντρική όραση.

Ίριδα

Το φως περνάει από μέσα του και μεταβάλλεται έτσι ώστε το είδωλο του κάθε αντικειμένου να εμφανίζεται καθαρό στον αμφιβληστροειδή χιτώνα.

*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*

**5. Αναφέρετε 2 λόγους για τους οποίους πιστεύετε ότι τα μάτια μας είναι από τα σημαντικότερα όργανα που διαθέτουμε.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**6. Πολλοί άνθρωποι λένε ότι «τα μάτια είναι ο καθρέφτης της ψυχής». Τι πιστεύετε ότι εννοούμε με αυτή την έκφραση;**

.....

.....

.....

.....

.....

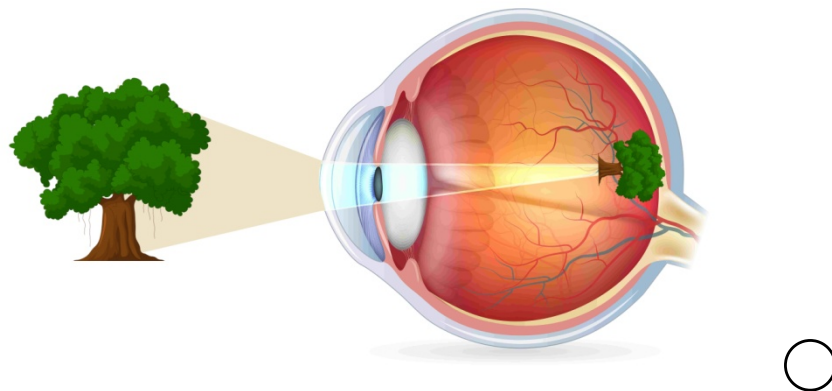
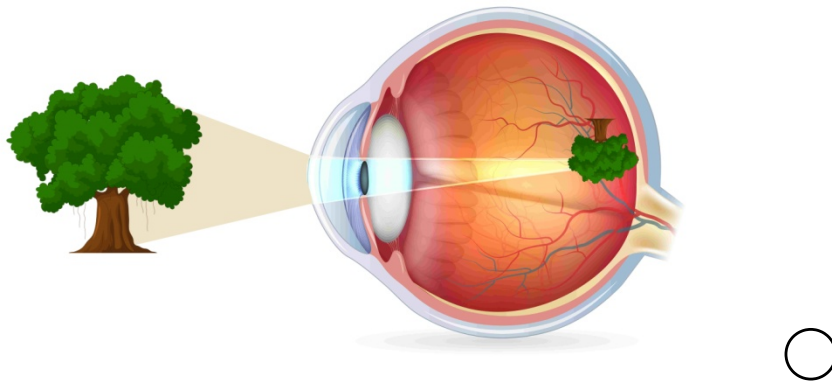
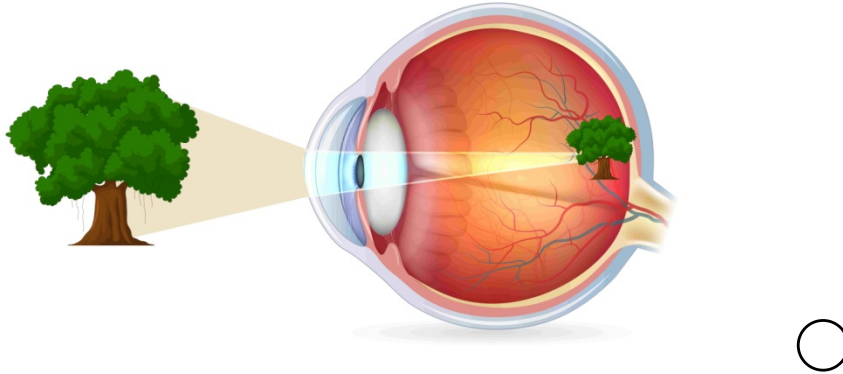
.....

.....



Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού

7. Πως βλέπει το μάτι μας αρχικά ένα αντικείμενο πριν επέλθει ο εγκέφαλος; Βάλτε ένα **X** στον κύκλο δίπλα από την εικόνα που πιστεύετε ότι είναι σωστή.



## Παράρτημα 2 - Ερωτηματολόγιο

(Τρισδιάστατη μοντελοποίηση – Autodesk Maya)

1. Πόσο σε δυσκόλεψε το Autodesk Maya;

α. Καθόλου β. Λίγο γ. Μέτρια δ. Πολύ ε. Πάρα Πολύ

2. Θα ήθελες να χρησιμοποιήσεις ξανά την τρισδιάστατη μοντελοποίηση, ως τεχνολογία, σε κάποιο μάθημα;

α. Ναι β. Ίσως γ. Όχι

3. Πόσο πιστεύεις ότι σε βοήθησε η τρισδιάστατη μοντελοποίηση να θυμάσαι τα μέρη του ανθρώπινου ματιού και τη λειτουργία τους;

α. Καθόλου β. Λίγο γ. Μέτρια δ. Πολύ ε. Πάρα Πολύ

4. Ταξινόμησε τους παρακάτω τρόπους διδασκαλίας, βάζοντας πρώτο αυτόν που σε βοήθησε περισσότερο να καταλάβεις πως λειτουργεί το μάτι και τελευταίο αυτόν που σε βοήθησε λιγότερο.

α. Βίντεο β. Maya γ. Συζήτηση μέσα στην Τάξη

.....

5. Τι σε δυσκόλεψε περισσότερο στο Maya;

- α. Να καταλάβω πως χρωματίζω τα αντικείμενα και τους βάζω εικόνες.
- β. Να καταλάβω πως μετακινώ τα αντικείμενα.
- γ. Να καταλάβω πως μπορώ να δω ένα αντικείμενο από διαφορετικές πλευρές.
- δ. Να καταλάβω πως αλλάζω σχήμα σε ένα αντικείμενο.
- ε. Τίποτα από τα παραπάνω.



6. Σε ποια από τα παρακάτω μαθήματα, εκτός της Φυσικής, πιστεύεις ότι θα σε βοηθούσε περισσότερο η τρισδιάστατη μοντελοποίηση; (Κύκλωσε μέχρι 3)

α. Ιστορία

στ. Αγγλικά

β. Γεωγραφία

ζ. Μουσική

γ. Μαθηματικά

η. Γυμναστική

δ. Κοινωνική και Πολιτική Αγωγή

θ. Θρησκευτικά

ε. Εικαστικά

ι. Άλλο .....

7. Δώσε ένα παράδειγμα χρήσης του Maya για ένα από τα μαθήματα που επέλεξες παραπάνω.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## Βιβλιογραφία

Baqersad J., Poozesh P., Niezrecki C. & Avitabile P. (2017). *Photogrammetry and optical methods in structural dynamics – A review*. Mechanical Systems and Signal Processing Volume 86, Part B, 1 March 2017, pp. 17-34.

Bigge, L. M. (2009). Θεωρίες μάθησης για εκπαιδευτικούς. (σ.234-236). Εκδόσεις: Πατάκη.

Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. Publisher: Belkapp Press, Cambridge, UK.

Chadimová, L. & Maněnová, M. (2015). 3D Models of Historical Objects in Teaching at the 1st Level of Primary School. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* (vol. 171 pp. 830 – 836). University of Hradec Králové, Czech Republic.

Dou, M., Taylor, J., Fuchs, H., Fitzgibbon, A. & Izadi, S. (2015). 3D Scanning Deformable Objects with a Single RGBD Sensor. *The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2015, pp. 493-501.

Gagne, R., Wager, W., Golas, K. & Keller, J. (2004). *Principles of Instructional Design*. Publisher: Cengage Learning; 5 edition (June 15, 2004), Boston, Massachusetts, USA.

Germano, J. (2016). *Simplifying Maya*. Publisher: And/Or Press, San Francisco Bay Area.

Jarvis, P. (1987). *Meaningful and Meaningless Experience: Towards an Analysis of Learning from Life*. *Adult Education Quarterly* (vol. 37, No. 3, pp. 164 – 172). University of Surrey, UK.

Κασσωτάκης, Μ. & Φλουρής, Γ. (2013). *Μάθηση και Διδασκαλία: Σύγχρονες απόψεις για τις διαδικασίες της μάθησης και της μεθοδολογίας της διδασκαλίας*. Εκδόσεις: Γρηγόρη, Αθήνα.

Καφετζόπουλος, Ε. (1995). *Εγκέφαλος, συνείδηση και συμπεριφορά: Μια ιστορική εισαγωγή στη νευροψυχολογία*. (σ. 102-103). Εκδόσεις: Εξάντας.

Kimble, G. (1980). *Principles of general psychology*. 5<sup>th</sup> Edition (pp. 238). New York, NY: Ronald Press Company.

Küçüközer, H., Korkusuz, E., Küçüközer, A. & Yürümezoglu, K. (2009). The Effect of 3D Computer Modeling and Observation-Based Instruction on the Conceptual Change regarding Basic Concepts of Astronomy in Elementary School Students. *Astronomy Education Review* (Vol. 9, Issue 2, December 2015, pp. 125-157). Dokuz Eylül University, Turkey.

Lorsbach, A. & Tobin, K. (1997). Constructivism as a referent for science teaching. *NARST News*, Volume 34, Part C, pp. 9-11.

Maloy, R., Trust, T., Kommers, S., Malinowski, A. & LaRoche, I. (2017). 3D Modeling and Printing in History/Social Studies Classrooms: Initial Lessons and Insights. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education* (vol. 17, No. 2, pp. 229-249). Society for Information Technology & Teacher Education, Waynesville, NC USA.

Ματσαγγούρας, Η. (2003). Η διαθεματικότητα στη σχολική γνώση (σ. 430-431). Αθήνα: Εκδόσεις Γρήγορη.

Ξωχέλλης, Π. (2018). Εισαγωγή στην Παιδαγωγική: Θεμελιώδη Προβλήματα της Παιδαγωγικής Επιστήμης. Αθήνα: Εκδόσεις ΑΦΟΙ Κυριακίδη.

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York, NY: Basic Books.

Ράπτης, Α. & Ράπτη, Α. (2013). Μάθηση και Διδασκαλία στην Εποχή της Διδασκαλίας. Αθήνα: Εκδόσεις Αθηνά.

Remplein, H. (1963). *The mental development of man in childhood and adolescence. Foundations, findings and pedagogical implications of child and adolescent psychology*. Bayern: Ernst Reinhardt Verlag.

Schmidt, R., Isenberg, T., Jepp, P., Singh, K. & Wyvill, B. (2007). Sketching, scaffolding, and inking: a visual history for interactive 3D modeling. *Proc. 5<sup>th</sup> Intl. Symp. on Non-photorealistic animation and rendering*, pp. 23-32. San Diego, California, USA.

Σγουροπούλου, Κ. & Κουτουμάνος, Α. (2001). Η Επικοινωνία Μέσω Υπολογιστή για την Υποστήριξη των Κοινοτήτων Μάθησης. 1<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο στην Ανοιχτή και εξ αποστάσεως Εκπαίδευση. Πάτρα.

*Η χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο μάθημα της Φυσικής ΣΤ' Δημοτικού, για τη μελέτη του μοντέλου του ανθρώπινου ματιού*

Spencer, S. (2012). ZBrush Creature Design: Creating Dynamic Concept Imagery for Film and Games. New Jersey, USA: Sybex.

Stones, E. (1978). Psychopedagogy: Psychological Theory and the Practice of Teaching. British Educational Research Journal (vol. 4, No. 2, pp. 26). University of Liverpool.

Τριλιανός, Θ. (2003). Μεθοδολογία της σύγχρονης διδασκαλίας Ι (σ. 95-97). Αθήνα: Εκδόσεις Ατραπός – Περιβολάκι.

Vygotsky, L. (1988). *Σκέψη και Γλώσσα*. Αθήνα: Εκδόσεις Γνώση.

Χαραλαμπίδης, Β. (2001). *Οργάνωση της Διδασκαλίας και της Μάθησης Γενικά*. (σ. 64-65). Αθήνα: Εκδόσεις Gutenberg.