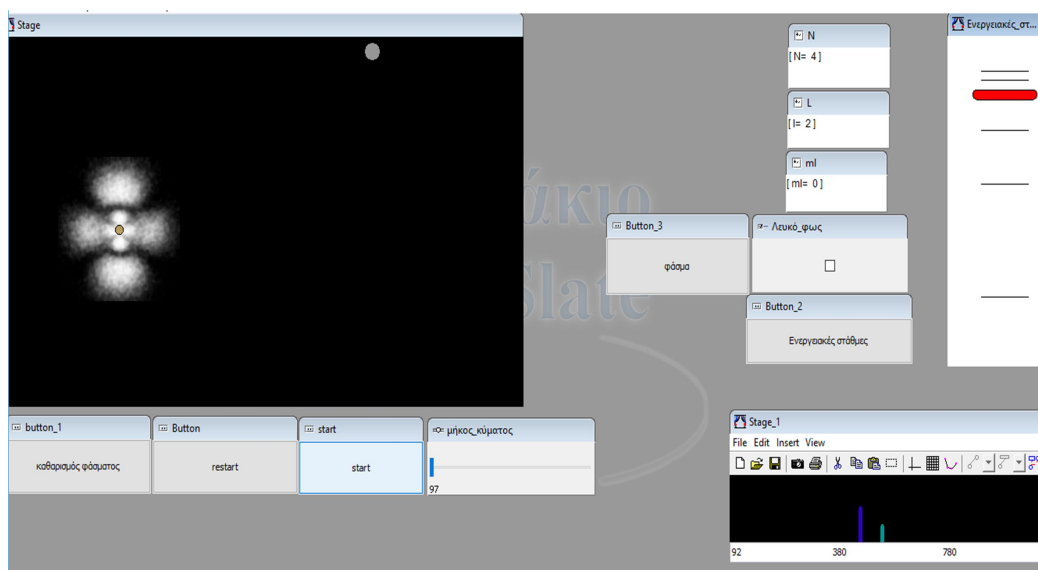




ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ:
ΘΕΩΡΙΑ, ΠΡΑΞΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ

**«Δημιουργία νοημάτων μέσα από την αξιοποίηση και τροποποίηση λογισμικού
προσομοίωσης σε φαινόμενα ατομικής Φυσικής»**



Διπλωματική Εργασία

Φιλίππου Γιώργος

A.M. : 214049

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Ζ. Σμυρναίου

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία
εκπονήθηκε στα πλαίσια των σπουδών
για την απόκτηση του
Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης
που απονέμει το
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Θεωρία, Πράξη και Αξιολόγηση του Εκπαιδευτικού Έργου»

Εγκρίθηκε τηναπό Εξεταστική Επιτροπή αποτελούμενη από τους :

Ονοματεπώνυμο

Βαθμίδα

Υπογραφή

1) Σμυρναίου Ζαχαρούλα
(επιβλέπουσα Καθηγήτρια)

Επίκουρη Καθηγήτρια
Πανεπιστημίου
Αθηνών

.....

2)Κυνηγός Χρόνης
(Συμβουλευτική Επιτροπή)

Καθηγητής Πανεπιστημίου
Πανεπιστημίου
Αθηνών

.....

3)Γιαννούτσου Νικολέτα
(Συμβουλευτική Επιτροπή)

Διδάκτωρ Εκπαιδευτικής
Τεχνολογίας

.....

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών, «Θεωρία, Πράξη και Αξιολόγηση του Εκπαιδευτικού Έργου», της κατεύθυνσης «Ψηφιακές Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση», του Τμήματος Φιλοσοφίας, Παιδαγωγικής και Ψυχολογίας του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, υπό την επίβλεψη της Επίκουρης Καθηγήτριας Σμυρναίου Ζαχαρούλας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τη Επίκουρη Καθηγήτρια Σμυρναίου Ζαχαρούλα για την καθοδήγησή που μου παρείχε αλλά και για την άριστη συνεργασία μας καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Επίσης ευχαριστώ την διδάκτορα Νικολέτα Γιαννούτσου και τον καθηγητή Κυνηγό Χρόνη που με τίμησαν με τη συμμετοχή τους στη συμβουλευτική επιτροπή.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους διδάσκοντες του τμήματος και όλους τους συναδέλφους - συμφοιτητές μου που συνέβαλαν με τα σχόλια, την κριτική και τις γνώσεις τους στη δική μου γνωστική εξέλιξη και στην παρούσα εργασία.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω το φροντιστηριακό οργανισμό Σπουδή για τη δυνατότητα που μου παρείχε να πραγματοποιήσω την έρευνά μου.

Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους γονείς μου για την αδιάκοπη ηθική υποστήριξη που μου παρείχαν.

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας έρευνας ήταν να εξετάσει τα αποτελέσματα της χρήσης ενός ψηφιακού εργαλείου κατά την εκπαιδευτική πρακτική των φυσικών επιστημών και συγκεκριμένα στο άτομο του υδρογόνου. Πιο συγκεκριμένα για τον σκοπό αυτό διερευνώνται τρεις βασικοί άξονες: α) οι παρανοήσεις των μαθητών σχετικά με την εκπομπή και απορρόφηση φωτονίων από το άτομο του υδρογόνου, β) ο ρόλος των μικρόκοσμων στην κατανόηση των προαναφερθέντων φυσικών εννοιών και γ) ο ρόλος του λογισμικού και της συνεργασίας στην δημιουργία επιστημονικών νοημάτων. Με βάση αυτούς τους άξονες αλλά και το μέγεθος του ερευνητικού υποκειμένου επιλέχθηκε η μεθοδολογία έρευνας της μελέτης περίπτωσης (casestudy) προκειμένου να διερευνηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν. Στην έρευνα συμμετείχαν μαθητές της Β Λυκείου. Το μέγεθος του δείγματος ήταν 10 μαθητές. Στο τέλος της έρευνας παραθέτονται τα αποτελέσματα τα οποία προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων καθώς και οι περιορισμοί της έρευνας.

Λέξεις κλειδιά : *Διερευνητική μάθηση (InquiryLearning), Μοντελοποίηση, Μικρόκοσμοι (Microworlds), Μελέτη περίπτωσης (CaseStudy), Πυρηνική Φυσική*

Abstract :

The objective of this study was to examine the effect of the use The purpose of this study was to examine the results of the use of a digital tool in the educational practice of the natural sciences, namely the hydrogen atom. More specifically, three basic axes are investigated: a), a) students' misconceptions about the emission and absorption of photons by the hydrogen atom, b) the role of microworlds in understanding the above-mentioned physical concepts, and c) the role of software and cooperation in the creation of scientific concepts. Based on these axes and the size of the research subject, the casestudy methodology was chosen to investigate the research questions raised. The study included students of the the second class of high school. The sample size was 10 students. At the end of the survey, the results from the data analysis and research constraints are listed.

Περιεχόμενα

	Περίληψη	4
	Λίστα εικόνων	7
	Λίστα πινάκων	7
	Εισαγωγή	9
1.	Θεωρητικό πλαίσιο	10
1.1.	Εισαγωγή	10
1.2.	Διερευνητική μάθηση και φυσικές επιστήμες	13
1.3.	Κονστραξιονισμός και διδασκαλία φυσικών επιστημών	20
1.4.	Μοντέλα-Μοντελοποίηση στις φυσικές επιστήμες	24
2.	Μεθοδολογία Έρευνας	31
2.1.	Σκοπός της έρευνας	31
2.2.	Ερευνητικά ερωτήματα	31
2.3.	Μέθοδος της έρευνας	32
2.3.1.	Επιλογή μεθόδου	32
2.3.2.	Μελέτης περίπτωσης	32
2.3.3.	Αναγκαιότητα έρευνας	33
2.4.	Το πλαίσιο και οι συνθήκες της έρευνας	35
2.4.1.	Ο χώρος και ο χρόνος	35
2.4.2.	Το δείγμα και ο ερευνητής	36
2.4.3.	Πλαίσιο Εφαρμογής	36
2.4.3.1.	Απαιτούμενα βοηθητικά υλικά και εργαλεία	36
2.4.3.2.	Προετοιμασία	37
2.4.3.3.	Καινοτομίες διδακτικής παρέμβασης	37
2.4.3.4.	Κοινωνική ενορχήστρωση.	38
2.4.3.5.	Η πορεία και οι φάσεις της έρευνας	40
2.4.4.	Μέσα συλλογής δεδομένων	41
2.4.4.1.	Συμμετοχική παρατήρηση	42
2.4.4.2.	Εργαλείο καταγραφής οθόνης και ήχου (hypercam.)	43
2.4.4.3.	Φύλλο εργασίας	43
2.4.4.4.	Pre-test και post-test	43
2.4.4.5.	Λογισμικό	44
2.4.4.6.	Ρουμπρίκα αξιολόγησης	44
2.5.	Ψηφιακά εργαλεία	45
2.5.1.	Αβάκιο	45
2.5.2.	Γλώσσα προγραμματισμού Logo	47
2.5.3.	Αφετηρία	47
2.5.4.	Περιγραφή Λογισμικού	48
2.5.5.	Πρόσθετη παιδαγωγική αξία λογισμικού	53
3.	Ανάλυση δεδομένων	55

3.1.	Πλαίσιο ανάλυσης	55
3.2.	Κατηγορίες ανάλυσης	55
3.3.	Ανάλυση δεδομένων και Αποτελέσματα	56
3.3.1.	Φάση Α: Pre – Test	56
3.3.2.	Φάση Β : Φύλλο εργασίας	66
3.3.3.	Φάση Γ: Post – Test	75
3.3.4	Ανάλυση των διαλόγων των μαθητών	83
3.3.5.	Ρουμπρίκα αξιολόγησης	99
3.3.6.	Συγκριτική ανάλυση απαντήσεων των μαθητών στα pre και post - test	100
4.	Συμπεράσματα	107
5.	Περιορισμοί και περαιτέρω έρευνα	111
6.	Βιβλιογραφία	112
7.	Παράρτημα	119

Λίστα εικόνων

Εικόνα 1 : Φάσεις της διερεύνησης.....	20
Εικόνα 2 : Πλαίσιο της διερεύνησης.....	21
Εικόνα 3 : Σύνδεση διερεύνησης μοντελοποίησης και κονστραξιονισμού.....	45
Εικόνα 4 : Λογισμικό.....	51
Εικόνα 5 : Πρότυπο του Bohr.....	51
Εικόνα 6 : Πρότυπο του De Broglie.....	52
Εικόνα 7 : Πρότυπο του Schrodinger.....	52
Εικόνα 8 : Πραγματικό άτομο του υδρογόνου.....	52
Εικόνα 9 : Γραφική παράσταση διαλογικών αλληλεπιδράσεων.....	107
Εικόνα 10 : Γραφική παράσταση διαλογικών αλληλεπιδράσεων.....	108
Εικόνα 11 : Γραφική παράσταση διαλογικών αλληλεπιδράσεων.....	109
Εικόνα 12 : Γραφική παράσταση διαλογικών αλληλεπιδράσεων.....	109

Λίστα πινάκων

Πίνακας 1 : απαντήσεις των μαθητών - Pre test.....	56
Πίνακας 2 : απαντήσεις των μαθητών - Pre test.....	57
Πίνακας 3 : απαντήσεις των μαθητών - Pre test.....	58
Πίνακας 4 : απαντήσεις των μαθητών - Pre test.....	59
Πίνακας 5 : απαντήσεις των μαθητών - Pre test.....	61
Πίνακας 6 : απαντήσεις των μαθητών - Pre test.....	63
Πίνακας 7 : απαντήσεις των μαθητών - Pre test.....	63
Πίνακας 8 : απαντήσεις των μαθητών - Pre tes.....	65
Πίνακας 9 : απαντήσεις των μαθητών - Pre test.....	66
Πίνακας 10 : απαντήσεις των μαθητών – Φύλλο εργασίας.....	66
Πίνακας 11 : απαντήσεις των μαθητών – Φύλλο εργασίας.....	67
Πίνακας 12 : απαντήσεις των μαθητών – Φύλλο εργασίας.....	68
Πίνακας 13 : απαντήσεις των μαθητών – Φύλλο εργασίας.....	69
Πίνακας 14 : απαντήσεις των μαθητών – Φύλλο εργασίας.....	70
Πίνακας 15 : απαντήσεις των μαθητών – Φύλλο εργασίας.....	71
Πίνακας 16 : απαντήσεις των μαθητών – Φύλλο εργασίας.....	71
Πίνακας 17 : απαντήσεις των μαθητών – Φύλλο εργασίας.....	72
Πίνακας 18 : απαντήσεις των μαθητών – Φύλλο εργασίας.....	73
Πίνακας 19 : απαντήσεις των μαθητών – Φύλλο εργασίας.....	74
Πίνακας 20 : απαντήσεις των μαθητών – Φύλλο εργασίας.....	75
Πίνακας 21 : απαντήσεις των μαθητών – Post Test.....	75
Πίνακας 22 : απαντήσεις των μαθητών – Post Test.....	77
Πίνακας 23 : απαντήσεις των μαθητών – Post Test.....	77
Πίνακας 24 : απαντήσεις των μαθητών – Post Test.....	78

Πίνακας 25 : απαντήσεις των μαθητών – Post Test.....	79
Πίνακας 26 : απαντήσεις των μαθητών – Post Test.....	80
Πίνακας 27 : απαντήσεις των μαθητών – Post Test.....	81
Πίνακας 28 : απαντήσεις των μαθητών – Post Test.....	82
Πίνακας 29 : απαντήσεις των μαθητών – Post Test.....	83
Πίνακας 30 : Διάλογοι μαθητών.....	84
Πίνακας 31 : Διάλογοι μαθητών.....	84
Πίνακας 32 : Διάλογοι μαθητών.....	85
Πίνακας 33 : Διάλογοι μαθητών.....	86
Πίνακας 34 : Ποσοστά κατηγορίας ανάλυσης.....	87
Πίνακας 35 : Διάλογοι μαθητών.....	88
Πίνακας 36 : Διάλογοι μαθητών.....	88
Πίνακας 37 : Διάλογοι μαθητών.....	89
Πίνακας 38 : Διάλογοι μαθητών.....	90
Πίνακας 39: Ποσοστά κατηγορίας ανάλυσης.....	90
Πίνακας 40 : Διάλογοι μαθητών.....	91
Πίνακας 41 : Διάλογοι μαθητών.....	92
Πίνακας 42 : Διάλογοι μαθητών.....	92
Πίνακας 43 : Διάλογοι μαθητών.....	93
Πίνακας 44 : Διάλογοι μαθητών.....	94
Πίνακας 45 : Ποσοστά κατηγορίας ανάλυσης.....	94
Πίνακας 46 : Διάλογοι μαθητών.....	95
Πίνακας 47 : Διάλογοι μαθητών.....	96
Πίνακας 48 : Ποσοστά κατηγορίας ανάλυσης.....	96
Πίνακας 49 : Διάλογοι μαθητών.....	97
Πίνακας 50 : Διάλογοι μαθητών.....	98
Πίνακας 51 : Διάλογοι μαθητών.....	98
Πίνακας 52 : Ποσοστά κατηγορίας ανάλυσης.....	99
Πίνακας 53 : Αποτελέσματα ρουμπρίκας αξιολόγησης.....	99
Πίνακας 54: Σχόλια των μαθητών σχετικά με το λογισμικό.	100
Πίνακας 55 : Ποσοστό σωστών απαντήσεων στα PreTest και PostTest.....	100
Πίνακας 56 : Ποσοστό σωστών απαντήσεων στα PreTest και PostTest.....	101
Πίνακας 57 : Ποσοστό σωστών απαντήσεων στα PreTest και PostTest.....	102
Πίνακας 58 : Ποσοστό σωστών απαντήσεων στα PreTest και PostTest.....	102
Πίνακας 59 : Ποσοστό σωστών απαντήσεων στα PreTest και PostTest.....	103
Πίνακας 60 : Ποσοστό σωστών απαντήσεων στα PreTest και PostTest.....	104
Πίνακας 61 : Ποσοστό σωστών απαντήσεων στα PreTest και PostTest.....	105
Πίνακας 62 : Ποσοστό σωστών απαντήσεων στα PreTest και PostTest.....	105
Πίνακας 63 : Ποσοστό σωστών απαντήσεων στα PreTest και PostTest.....	106

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια η εκπαιδευτική τεχνολογία αναπτύσσεται ραγδαία. Συνεχώς δημιουργούνται νέα λογισμικά αλλά και νέα διαδικτυακά εργαλεία που βελτιώνουν τη μαθησιακή διαδικασία. Η πρόοδος αυτή επηρεάζει το πλαίσιο μέσα στο οποίο συντελείται η διαδικασία της διδασκαλίας και της μάθησης. Για τους σύγχρονους μαθητές οι ψηφιακές τεχνολογίες αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής τους, καθώς καθημερινά επικοινωνούν με τους φίλους τους μέσω e-mail και μέσω των δικτύων κοινωνικής δικτύωσης, παίζουν παιχνίδια τα οποία προσεγγίζουν κατά πολύ την πραγματικότητα, διαβάζουν ηλεκτρονικά βιβλία και περιηγούνται στον παγκόσμιο ιστό για εύρεση πληροφοριών πάσης φύσεως. Αποτελεί επομένως επιτακτική ανάγκη η αντίληψη και η πρακτική της εκπαιδευτικής διαδικασίας να ακολουθήσει μια πορεία δυναμικής και συνεχούς μετεξέλιξης για να μπορέσει να συμπορευθεί με την σύγχρονη πραγματικότητα.

Οι εκπαιδευτικοί οι οποίοι αποτελούν, μαζί με τους μαθητές, τα σημαντικότερα κεφάλαια της εκπαίδευσης πρέπει να ανταποκριθούν στην πρόκληση αυτή και να αναλάβουν πρωτοβουλίες μέσα από το σχεδιασμό καινοτόμων διδακτικών δράσεων, οι οποίες θα ανταποκρίνονται στις ανάγκες των σύγχρονων μαθητών, εμπλέκοντάς τους ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία, με στόχο τη δημιουργία γνωστικών σχημάτων και την παραγωγή νοημάτων. Επομένως, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να είναι σε θέση να επαναπροσδιορίσουν τις μεθόδους της διδακτικής πρακτικής τους εισάγοντας καινοτόμες δραστηριότητες που να ενισχύουν την οικοδόμηση της γνώσης μέσα από την έμπρακτη εφαρμογή νέων θεωριών, την αίσθηση της εγγενούς παρακίνησης, τη συνεργατική μάθηση και τη διαχείριση πολλαπλών πηγών πληροφορίας.

Στην παρούσα έρευνα γίνεται μελέτη της δημιουργίας επιστημονικών νοημάτων από τους μαθητές στα πλαίσια των ομάδων που έχουν συγκροτήσει και μέσω του λογισμικού που έχει σχεδιάσει ο ερευνητής. Πιο συγκεκριμένα η έρευνα και η ανάλυση προσπαθούν να απαντήσουν σε τρία ερευνητικά ερωτήματα. Α) Ποιες παρανοήσεις έχουν οι μαθητές σχετικά με την εκπομπή και απορρόφηση φωτονίων από το άτομο του υδρογόνου καθώς και την κατανομή των ηλεκτρονίων σε αυτό, Β) Ποιος ο ρόλος των μικρόκοσμων στην κατανόηση των προαναφερθέντων φυσικών εννοιών και Γ) Ποιος είναι ο ρόλος του λογισμικού και της συνεργασίας στην

δημιουργία επιστημονικών νοημάτων. Το γνωστικό αντικείμενο της μελέτης είναι η πυρηνική φυσική και αφορά μαθητές της Β τάξης ενιαίου λυκείου. Η ερευνητική μέθοδος που επιλέχθηκε ήταν αυτή της μελέτης περίπτωσης καθώς ταίριαζε περισσότερο στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της έρευνας. Το λογισμικό που δημιούργησε ο ερευνητής προσομοιώνει την συμπεριφορά του πραγματικού ατόμου του υδρογόνου όταν συγκρούεται με δέσμη φωτονίων. Εκτός από το πραγματικό άτομο του υδρογόνου εξετάζεται και η συμπεριφορά και άλλων παλαιότερων μοντέλων.

Η έρευνα αποτελείται από τέσσερα (4) κεφάλαια. Το 1ο Κεφάλαιο (Θεωρητικό Πλαίσιο) περιλαμβάνει την θεωρητική πλαισίωση της ερευνητικής εργασίας. Οι κύριοι θεωρητικοί πυλώνες της έρευνας είναι η διερευνητική μάθηση, κονστραξιονισμός και η μοντελοποίηση. Πρώτα αναλύεται η διερευνητική μάθηση στην οποία έχει στηριχθεί κατά μεγαλύτερο μέρος η διδακτική παρέμβαση Στην συνέχεια γίνεται αναφορά στον κονστραξιονισμό, στην θεωρία από την οποία προήλθε αλλά και στο πώς εφαρμόζεται στην παρούσα έρευνα. Τέλος αναφέρεται η μοντελοποίηση η οποία συνδέεται άρρηκτα με το λογισμικό που σχεδίασε ο ερευνητής.

Στο 2ο Κεφάλαιο (Μεθοδολογία Έρευνας) παρουσιάζεται η μεθοδολογία της παρούσας έρευνας. Ειδικότερα, παρουσιάζεται ο σκοπός, τα ερευνητικά ερωτήματα και η ερευνητική μέθοδος που ακολουθήθηκε. Ακόμα, περιγράφονται αναλυτικά το πλαίσιο και οι συνθήκες της έρευνας, όπως και τα μέσα συλλογής δεδομένων που αξιοποιήθηκαν. Επίσης γίνεται περιγραφή του λογισμικού και των ψηφιακών εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν.

Στο 3ο Κεφάλαιο (Ανάλυση και Αποτελέσματα) γίνεται αναφορά τόσο στο πλαίσιο ανάλυσης, όσο και στις κατηγορίες ανάλυσης των δεδομένων. Οι κατηγορίες ανάλυσης που προέκυψαν, αφορούν το λογισμικό και την αλληλεπίδραση των μαθητών με αυτό στη βάση της θεωρίας του κονστραξιονισμού, την συνεργασία, την διερεύνηση και το επιστημονικό περιεχόμενο. Στην ανάλυση παρατίθενται χαρακτηριστικά αποσπάσματα της ομιλίας των μαθητών κατά τη διεξαγωγή της έρευνας. Τέλος μετά την ανάλυση της κάθε κατηγορίας παρουσιάζονται και τα αποτελέσματά της τα οποία πλαισιώνονται με γραφήματα και πίνακες.

Στο 4ο Κεφάλαιο (Συμπεράσματα), το οποίο αποτελεί τον επίλογο της μεταπτυχιακής εργασίας, επιχειρείται η εξαγωγή κάποιων συμπερασμάτων πάνω στα αποτελέσματα της έρευνας. Η δομή των συμπερασμάτων ακολουθεί αυτή των ερευνητικών ερωτημάτων που τέθηκαν στην αρχή της έρευνας. Επιπλέον, γίνεται αναφορά και στους περιορισμούς που περιλάμβανε η εν λόγω έρευνα.

Τέλος, ακολουθούν η βιβλιογραφία και τα παραρτήματα. Στα παραρτήματα περιλαμβάνεται το Ερευνητικό Πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε και τα φύλλα εργασίας για τη συλλογή των δεδομένων της συγκεκριμένης έρευνας.

1. Θεωρητικό πλαίσιο

1.1. Εισαγωγή

Στην παρούσα ενότητα περιγράφεται το θεωρητικό πλαίσιο πάνω στο οποίο βασίζεται ο σκοπός και τα επί μέρους ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας. Μέσα από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας, επιχειρείται η θεωρητική θεμελίωση η οποία συνδέεται με τις προσεγγίσεις της διδακτικής παρέμβασης που εφαρμόζεται στην παρούσα έρευνα. Αρχικά γίνεται μια προσπάθεια μέσα από την αρκετά εκτενής βιβλιογραφία στο κομμάτι της διερευνητικής μάθησης να εξαχθεί ένα συνεκτικό θεωρητικό πλαίσιο το οποίο αφενός να συνοψίζει την ποικιλία των όρων που συναντώνται στην βιβλιογραφία και αφετέρου να ταιριάζει με τις παιδαγωγικές προσεγγίσεις της παρούσας έρευνας. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά και ερευνάται ο ρόλος της μοντελοποίησης και των μοντέλων στην μαθησιακή διαδικασία και ιδιαίτερα σε αυτή των φυσικών επιστημών. Ένα ουσιαστικό μέρος της επιστημονικής δραστηριότητας συνίσταται στη χρήση των μοντέλων, στην τροποποίησή τους και στην αναδημιουργία τους. Επομένως η εμπλοκή των μαθητών με δραστηριότητες μοντελοποίησης μέσα από μια διερευνητική διαδικασία ενισχύει τη συλλογιστική διαδικασία των μαθητών και βελτιώνει την κατανόηση των επιστημονικών εννοιών. Η μοντελοποίηση συνδέεται άμεσα και με το τρίτο θεωρητικό πλαίσιο που αναλύεται στην παρούσα έρευνα, αυτό του κονστραξιονισμού. Η κατασκευή και η τροποποίηση ψηφιακών δομημάτων συνδέεται άρρηκτα με τις αρχές της μοντελοποίησης και οι μαθητές εμπλέκονται σε δραστηριότητες οι οποίες δεν απαιτούν από αυτούς απλά την αλληλεπίδραση με τα ψηφιακά λογισμικά μόνο ως χρήστες. Αντίθετα αναλαμβάνουν και έναν πιο ενεργητικό ρόλο, αυτό του δημιουργού, πραγματοποιώντας αλλαγές στο λογισμικό. Χρησιμοποιούν δηλαδή το λογισμικό σύμφωνα με τις έννοιες του λευκού και του μαύρου κουτιού. Σχετικά με τα εκπαιδευτικά λογισμικά και τις υπόλοιπες ΤΠΕ πρέπει να σημειώσουμε ότι αποτελούν εργαλεία τα οποία μας βοηθούν να χτίσουμε ένα κόσμο μεταξύ της πειραματικής και της θεωρητικής προσέγγισης και η ραγδαία εξάπλωσή τους έχουν επιφέρει σημαντικές αλλαγές στα παραδοσιακά περιβάλλοντα μάθησης.

1.2. Διερευνητική μάθηση και φυσικές επιστήμες.

Η ιδέα της διερεύνησης και της ανακάλυψης έχει μεγάλη ιστορία ως μια μαθησιακή προσέγγιση (de Jong, 2006). Μπορούμε να τοποθετήσουμε την αρχή της στους αρχαίους Έλληνες και συγκεκριμένα στη διδασκαλία του Σωκράτη. Σε αυτή την διάσταση της διερευνητικής μάθησης ο εκπαιδευτικός και ο μαθητής θέτουν διερευνητικά ερωτήματα με σκοπό να αποσαφηνίσουν τις βασικές παραδοχές που στηρίζουν ένα αξίωμα ή τις λογικές συνέπειες μιας συγκεκριμένης σκέψης. Ο όρος βέβαια inquiry μπορεί να αναχθεί στα μέσα του 13ου αιώνα μέσα από τη λατινική λέξη *inquirere*, που κυριολεκτικά σημαίνει «να αναζητήσουν». Το πνεύμα της αναζήτησης απαντήσεων για τα μυστήρια του σύμπαντος βασισμένο όχι στις καθορισμένες παραδόσεις ή προκαταλήψεις αλλά στην παρατήρηση, στον πειραματισμό και στην εμπειρική επαλήθευση αναδύθηκε στην διάρκεια της Αναγέννησης, περίοδος κατά την οποία σημαντικές ιστορικές προσωπικότητες (Γαλιλαίος, Da Vinci κ.α) έκαναν διάφορες επιστημονικές ανακαλύψεις. Κατά την πιο σύγχρονη περίοδο ο Dewey ήταν αυτός ο οποίος μίλησε για την διερεύνηση. Ο Dewey πίστευε ότι ο δάσκαλος δεν πρέπει απλά να στέκεται μπροστά στην τάξη και να διαβιβάζει πληροφορίες που πρέπει να απορροφηθούν παθητικά από τους μαθητές. Αντ' αυτού, οι μαθητές πρέπει να συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία της μάθησης και να δοθεί ένας βαθμός ελέγχου πάνω στο τι μαθαίνουν οι μαθητές (Friesen & Scott, 2013). Σύμφωνα με τον Dewey τα προβλήματα με τα οποία ασχολούνται οι μαθητές στο σχολείο πρέπει να σχετίζονται με τις εμπειρίες τους, και να είναι εντός των νοητικών τους ικανοτήτων, με σκοπό οι μαθητές να παίρνουν περισσότερες πρωτοβουλίες για την αναζήτηση της γνώσης (Barrow, 2006). Επίσης πίστευε ότι δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στα γεγονότα και όχι τόσο σημασία όσο θα έπρεπε στον τρόπο με τον οποίο σκέφτονταν οι μαθητές.

Σύγχρονοι ερευνητές στον τομέα της εκπαίδευσης στηρίζόμενοι στις προαναφερθείσες θεωρίες αξιοποιούν την διερευνητική μάθηση στη σημερινή πραγματικότητα. Σήμερα η διερευνητική μάθηση ορίζεται ως μια προσέγγιση στη μάθηση που περιλαμβάνει μια διαδικασία εξερεύνησης του φυσικού ή υλικού κόσμου που οδηγεί στην διατύπωση ερωτήσεων, την πραγματοποίηση ανακαλύψεων και στην συνεχή εξέταση αυτών με σκοπό την βαθύτερη κατανόηση του κόσμου (National Science Foundation, όπως αναφέρεται de Jong, 2006). Η Hattie μετά από ανασκόπηση δύο μετα-αναλύσεων δίνει τον ακόλουθο ορισμό. Η διερευνητική μάθηση είναι η

διαδικασία ανάπτυξης μαθησιακού περιβάλλοντος που εμπεριέχει το στοιχείο της πρόκλησης στο οποίο οι μαθητές καλούνται να παρατηρήσουν και να αμφισβητούν φαινόμενα, να δώσουν εξηγήσεις για αυτά που παρατηρούν, να σχεδιάσουν και διεξάγουν πειράματα στα οποία συλλέγουν δεδομένα για να υποστηρίξουν ή να καταρρίψουν θεωρίες που οι ίδιοι δημιούργησαν, να αναλύσουν δεδομένα, να εξάγουν συμπεράσματα από τα πειραματικά δεδομένα, να σχεδιάσουν και να κατασκευάσουν μοντέλα ή οποιοδήποτε συνδυασμό αυτών (Hattie όπως αναφέρεται Friesen & Scott, 2013). Οι Pedaste, de Jong, Zacharia, et al., δίνουν και αυτή στη δική τους ανασκόπηση διάφορους ορισμούς. Έτσι για τον Keselman η διερευνητική μάθηση είναι μια εκπαιδευτική στρατηγική στην οποία οι μαθητές ακολουθούν μεθόδους και πρακτικές παρόμοιες με αυτές των επιστημόνων, προκειμένου να κατασκευάσουν τη γνώση. Επίσης μπορεί να οριστεί και ως μια διαδικασία ανακάλυψης νέων σχέσεων, στις οποίες ο μαθητής διατυπώνει υποθέσεις και τις ελέγχει κάνοντας πειράματα και παρατηρήσεις.

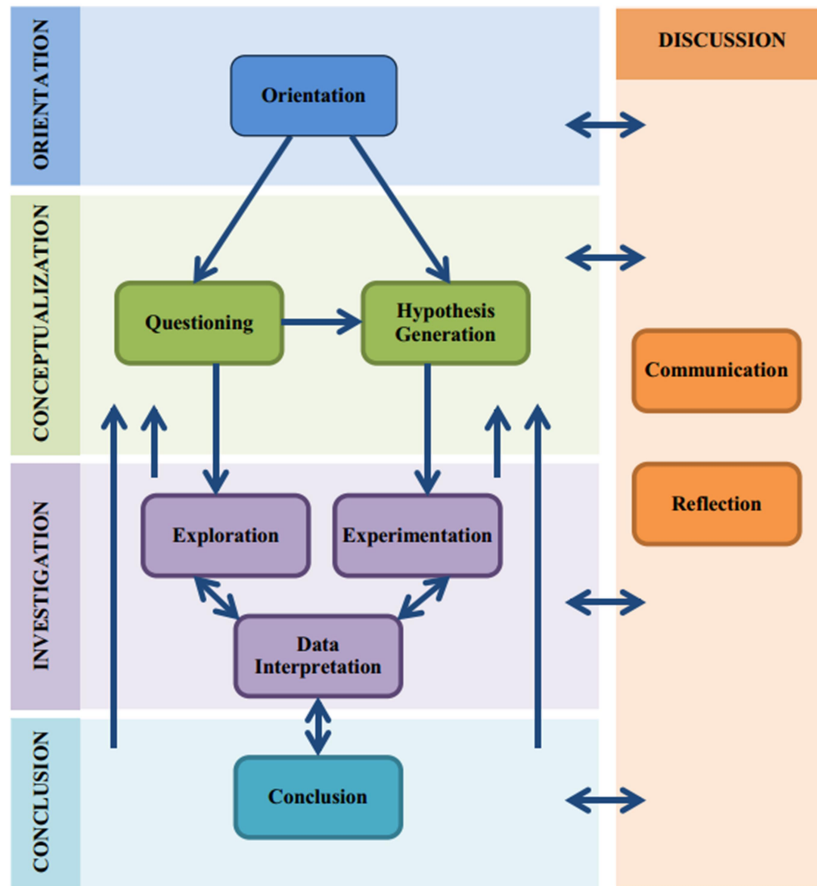
Η Διερευνητική μάθηση φιλοδοξεί να εμπλέξει τους μαθητές σε μια αυθεντική διαδικασία επιστημονικής ανακάλυψης. Από παιδαγωγική άποψη, η σύνθετη επιστημονική διαδικασία χωρίζεται σε μικρότερες, λογικά συνδεδεμένες μονάδες που καθοδηγούν τους μαθητές και στρέφουν την προσοχή τους σε σημαντικά χαρακτηριστικά της επιστημονικής σκέψης. Αυτές οι μεμονωμένες μονάδες ονομάζονται φάσεις της έρευνας, και το σύνολο συνδέσεων τους σχηματίζει τον κύκλο της έρευνας (Pedaste, et al, 2015). Στην εκπαιδευτική βιβλιογραφία υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία των φάσεων έρευνας και του κύκλου της. Σε έρευνά τους οι Pedaste, de Jong, Zacharia et. al. (2015) κατέληξαν σε έναν κατάλογο με 109 διαφορετικούς όρους για τις φάσεις έρευνας. Παρόλο που ο αριθμός αυτός είναι αρκετά μεγάλος, κατά την σύγκριση των περιγραφών των φάσεων οι όροι αυτοί παρουσίασαν σημαντική επικάλυψη. Έτσι μετά από ενδελεχή ανάλυση και σύγκριση των διάφορων ορισμών κατέληξαν σε 5 φάσεις που συγκροτούν τον κύκλο της διερεύνησης. Οι φάσεις αυτές καθώς και η περιγραφή τους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Phases and sub-phases of the synthesized inquiry-based learning framework.

General phases	Definition	Sub-phases	Definition
Orientation	The process of stimulating curiosity about a topic and addressing a learning challenge through a problem statement		
Conceptualization	The process of stating theory-based questions and/or hypotheses.	<i>Questioning</i>	The process of generating research questions based on the stated problem.
		<i>Hypothesis Generation</i>	The process of generating hypotheses regarding the stated problem.
Investigation	The process of planning exploration or experimentation, collecting and analysing data based on the experimental design or exploration.	<i>Exploration</i>	The process of systematic and planned data generation on the basis of a research question.
		<i>Experimentation</i>	The process of designing and conducting an experiment in order to test a hypothesis.
		<i>Data Interpretation</i>	The process of making meaning out of collected data and synthesizing new knowledge.
Conclusion	The process of drawing conclusions from the data. Comparing inferences made based on data with hypotheses or research questions.		
Discussion	The process of presenting findings of particular phases or the whole inquiry cycle by communicating with others and/or controlling the whole learning process or its phases by engaging in reflective activities.	<i>Communication</i>	The process of presenting outcomes of an inquiry phase or of the whole inquiry cycle to others (peers, teachers) and collecting feedback from them. Discussion with others.
		<i>Reflection</i>	The process of describing, critiquing, evaluating and discussing the whole inquiry cycle or a specific phase. Inner discussion.

Εικόνα 1 : Φάσεις της διερεύνησης

Όπως προαναφέρθηκε στην βιβλιογραφία υπάρχει ένας τεράστιος αριθμός φάσεων για την διεξαγωγή της διερεύνησης. Αυτός ο μεγάλος αριθμός καθιστά δύσκολο για τους αρχαίους σχεδιαστές και εκπαιδευτικούς να κατανοήσουν ποιες είναι οι βασικές φάσεις και οι διαδικασίες της διερευνητικής μάθησης. Η σημαντικότητα του παραπάνω πίνακα έγκειται στο γεγονός ότι προσφέρει ένα συνεκτικό τρόπο παρουσίασης των κυριότερων βημάτων και διαδικασιών. Στηριζόμενοι στο προηγούμενο σχήμα αλλά και σε ένα μεγάλο αριθμό πρακτικών οι Pedaste,de Jong ,Zacharia et. al. (2015) ανέπτυξαν το πλαίσιο που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 2 : Πλαίσιο της διερεύνησης

Τα βέλη στο σχήμα δείχνουν διαφορετικές διαδρομές μέσω του πλαισίου. Παρόλο που ο κύκλος της διερεύνησης στο πλαίσιο αυτό αλλά και σε πολλά από τα άρθρα της εκπαιδευτικής βιβλιογραφίας ξεκινά με τον προσανατολισμό υπάρχει αρκετή ευελιξία στις διαδρομές που μπορεί να ακολουθηθούν. Για παράδειγμα κάποιος θα μπορούσε να αρχίσει από την εξερεύνηση ενός φαινομένου, αργότερα να μεταπηδήσει στην πλαισίωση του. Αν κάποιος ακολουθήσει τα βέλη μπορεί να διακρίνει 3 κύκλους διερεύνησης

- Orientation, Questioning, Exploration, Questioning, Exploration, Data Interpretation, Conclusion.
- Orientation, Hypothesis Generation, Experimentation, Data Interpretation, Hypothesis Generation, Experimentation, Data Interpretation, Conclusion.

- Orientation, Questioning, Hypothesis Generation, Experimentation, Data Interpretation, (Questioning) -- Hypothesis, Generation, Experimentation, Data Interpretation, Conclusion.

Οι 3 κύκλοι αυτοί δεν είναι γραμμικοί. Είναι στην ελευθερία του κάθε ερευνητή και εκπαιδευτικού ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες να παρακάμψει κάποια από τις φάσεις, να επιστρέψει σε κάποιες από αυτές περισσότερες από μια φορές, ακόμα και να χρησιμοποιήσει και άλλους κύκλους διερεύνησης ακολουθώντας πάντα τα βασικά χαρακτηριστικά του πλαισίου.

Τα μαθήματα των φυσικών επιστημών, προσφέρονται για την εφαρμογή της διερευνητικής μάθησης. Μέσα από τον πειραματισμό και την επιστημονική έρευνα, οι μαθητές μπορούν να αποκτήσουν την επιστημονική γνώση που τους ενδιαφέρει (Σμυρναίου, Πετροπούλου & Κωστίκας, 2014). Στις φυσικές επιστήμες η διερευνητική μάθηση έχει δύο στόχους. Αρχικά είναι ένα μέσο για τη μάθηση του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών και στη συνέχεια αποτελεί μαθησιακό στόχο, ο οποίος περιλαμβάνει την άσκηση δεξιοτήτων της επιστημονικής διερεύνησης και τον αναστοχασμό για την κατανόηση της φύσης της (Waight & Abd-El-Khalick, 2007). Η διερευνητική μάθηση περιλαμβάνει δραστηριότητες οι οποίες προκαλούν του μαθητές να εμπλακούν ουσιαστικά σε υψηλού επιπέδου νοητικές διεργασίες μέσω μιας διαδικασίας διατύπωσης ερωτήσεων και αναζήτησης αποδείξεων σε ένα δομημένο πλαίσιο επιστημονικών δραστηριοτήτων με σκοπό τον χειρισμό των φυσικών νόμων που διέπουν το περιβάλλον στο οποίο ζουν (de Jong, όπως αναφέρεται στο Smyrniou, Moustaki, Kynigos 2016). Μέσα από την αντιμετώπιση προκλήσεων οι μαθητές κινητοποιούνται να επιλύσουν το τιθέμενο πρόβλημα επιστρατεύοντας νοητικές δεξιότητες απαραίτητες και για τη μετέπειτα επαγγελματική τους σταδιοδρομία και πλήρως ευθυγραμμισμένες με τις νέες απαιτήσεις της τεχνολογικά προσανατολισμένης κοινωνίας: μαθαίνουν να κάνουν στοχευμένες παρατηρήσεις, να συλλέγουν και να αναλύουν πληροφορίες από πολλαπλές πηγές, να συνδυάζουν και να συσχετίζουν δεδομένα ώστε να καταλήγουν σε ορθολογικά και επιστημονικά τεκμηριωμένα συμπεράσματα (Σμυρναίου, Πετροπούλου & Κωστίκας, 2014).

Βέβαια εδώ θα πρέπει να τονίσουμε ότι η μάθηση μέσω της διερεύνησης συμβάλλει όχι μόνο στην νοητική ανάπτυξη των παιδιών αλλά και στην κοινωνική, καθώς και

στην πνευματική τους ανάπτυξη. Οι δραστηριότητες της διερεύνησης πραγματοποιούνται συνήθως σε ένα κοινωνικό πλαίσιο. Οι μαθητές συζητούν τα σχέδια τους, ανταλλάσσουν επιχειρήματα και εργάζονται συνεργατικά για την διεξαγωγή των διαφόρων δραστηριοτήτων. Επιπροσθέτως δίνεται συνεχώς η ευκαιρία στους μαθητές να πάρουν αποφάσεις. Μπορούν να αποφασίσουν με ποιες ερωτήσεις θα ασχοληθούν κατά την διάρκεια της διερεύνησης, ποιες και γιατί θα ερευνήσουν σε βάθος, ποια επιστημονικά εργαλεία θα χρησιμοποιήσουν για τις διαφορετικές εργασίες, πώς θα οργανώσουν τα δεδομένα και αν θα καταλήξουν σε συμπεράσματα. Με αυτόν τον τρόπο τα παιδιά μαθαίνουν να αναπτύσσουν ικανότητες λήψης αποφάσεων σε συνεργασία με τους συνομηλίκους τους, και με τη βοήθεια του δασκάλου. Τέλος μπορεί να προετοιμάσουν τη δουλειά τους και να κάνουν παρουσιάσεις μέσα στην τάξη στην οποία οι συμμαθητές να έχουν το ρόλο των κριτικών φίλων (Ash, 1998).

Μία από τις πιο σημαντικές προκλήσεις για την επιτυχή εφαρμογή της διερευνητικής προσέγγισης είναι οι δεξιότητες και οι γνώσεις του οι εκπαιδευτικοί πρέπει να έχουν σε αυτή την εναλλακτική μορφή της διδασκαλίας και της μάθησης (Good & Brophy, 1986). Όταν οι δάσκαλοι δεν κατανοούν πλήρως την πολυπλοκότητα της μάθησης με βάση την διερεύνηση, μπορεί απλά να σκεφτούν ότι αυτή η προσέγγιση δεν έχει συγκεκριμένη δομή, και μπορεί, ως εκ τούτου, να μην παρέχουν την κατάλληλη καθοδήγηση, αξιολόγηση και ανακατεύθυνση στους μαθητές. Η έρευνα πάνω στην διερευνητική μάθηση έχει αναδείξει τους κινδύνους και τις συνέπειες όταν οι μαθητές δεν έχουν προηγούμενη εμπειρία σε τέτοιες δραστηριότητες ή έχουν ανεπαρκή στήριξη από τους καθηγητές. Για παράδειγμα οι μαθητές μπορεί να έχουν πρόβλημα να θέσουν τις κατάλληλες ερωτήσεις ή να αξιολογήσουν σωστά αν οι ερωτήσεις που έθεσαν μπορούν να απαντηθούν από την έρευνα που θα πραγματοποιήσουν. Όσον αφορά γενικές ακαδημαϊκές δεξιότητες, οι μαθητές μπορεί να έχουν δυσκολία στην ανάπτυξη λογικών επιχειρημάτων και αποδεικτικών στοιχείων για την υποστήριξη των ισχυρισμών τους. Όσον αφορά την διαχείριση της εργασίας τους, οι μαθητές συχνά βρίσκουν δυσκολίες στην συνεργασία, στην διαχείριση του χρόνου τους και πολλές φορές παρουσιάζουν έλλειψη κινήτρων όταν βρεθούν αντιμέτωποι με δυσκολίες. Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι η εφαρμογή της διερευνητικής μάθησης στην τάξη ενέχει μεγάλο φόρτο εργασίας για τους εκπαιδευτικούς ενώ

προϋποθέτει ότι και το επίπεδο κατάρτισή τους είναι αρκετά υψηλό (Barron & Darling-Hammond, 2008).

Όσον αφορά τις νέες τεχνολογίες η αξιοποίηση ενός τεχνολογικού εργαλείου σχεδιασμένου στα πρότυπα της ανακαλυπτικής/διερευνητικής μάθησης συμβάλει σημαντικά στην καθοδήγηση των μαθητών έτσι ώστε να ακολουθήσουν ένα επιστημονικά ορθολογικό τρόπο για την επίλυση του προβλήματος και βοηθάει να κατανοήσουν τη σημασία των αρχών της συγκεκριμένης μεθόδου (Zacharia, 2006). Ένα τεχνολογικό εργαλείο το οποίο έχει σχεδιαστεί να εμπλέκει τους μαθητές σε διερευνητικές διαδικασίες μέσα από ένα δομημένο πλαίσιο βημάτων και διαδικασιών με σκοπό την ανακάλυψη διαφόρων σχέσεων από το χρήστη προάγει την καλλιέργεια μετασχηματιστικών διερευνητικών δεξιοτήτων. Τα υπολογιστικά περιβάλλοντα παρέχουν στους μαθητές συνήθως μέσω χειρισμού μεταβλητών άφθονες επιλογές για να εξερευνήσουν έναν εικονικό κόσμο. Αν αυτά τα περιβάλλοντα συνδυαστούν με διερευνητικές δραστηριότητες οι μαθητές όχι μόνο βελτιώνουν δεξιότητες σχετικές με την διερεύνηση αλλά εμπλουτίζουν και τις γνώσεις τους σχετικά με το επιστημονικό περιεχόμενο. (Maeots & Pedaste, 2014). Η υιοθέτηση και ενσωμάτωση των αρχών της ανακαλυπτικής/διερευνητικής μεθόδου στο εργαλείο προϋποθέτει την οπτικοποίηση των ερευνητικών ερωτημάτων, τη διαδικασία πειραματισμού, την ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων καθώς και την ενεργοποίηση αναστοχαστικών μηχανισμών (Kori, Maeots & Pedaste, 2014). Παρόλο που σε πολλές χώρες παγκοσμίως, και ιδιαίτερα στην Ευρώπη, η διερευνητική μάθηση προωθείται ως μια παιδαγωγική προσέγγιση για τη βελτίωση της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών (Minner, Levy & Century, 2010) δεν είναι ακόμη ευρέως διαδεδομένη στα σχολεία (Martin et al., 2004)

Στην παρούσα έρευνα ακολουθήθηκε ο εξής διερευνητικός κύκλος : Orientation, Hypothesis Generation, Experimentation, Data Interpretation, Hypothesis Generation, Experimentation, Data Interpretation, Conclusion. Ο ερευνητής εισήγαγε τους μαθητές μέσω της συζήτησης και της αναζήτησης πληροφοριών στο υπό μελέτη θέμα. Στη συνέχεια οι μαθητές αφού απέκτησαν μια πρώτη επαφή με το θέμα και με τη βοήθεια του λογισμικού διατύπωσαν τις υποθέσεις τους. Το μεγαλύτερο κομμάτι της δραστηριότητας αφορούσε τον πειραματισμό και την ερμηνεία των δεδομένων. Οι μαθητές πειραματίστηκαν με το λογισμικό, προσπάθησαν να βγάλουν κάποιο συμπέρασμα και στη συνέχεια επέστρεψαν και πάλι στο πείραμα. Τα παραπάνω

πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια των ομάδων που σχημάτισαν οι μαθητές, μέσω των οποίων αντάλλαξαν επιχειρήματα και συγκρούστηκαν καθώς σε πολλές περιπτώσεις η χρήση του λογισμικού δεν οδηγούσε σε εύκολα συμπεράσματα. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς όταν μαθητές υποστηρίζουν διαφορετικές ιδέες έρχονται σε γνωστική σύγκρουση μεταξύ τους. Αυτό είναι ιδιαίτερα ωφέλιμο για τους μαθητές διότι πρέπει να εξηγήσουν στα υπόλοιπα μέλη της ομάδας τους λόγους που υποστηρίζουν την ιδέα τους με αποτέλεσμα μέσω της διαδικασίας εξήγησης να κατακτούν καλύτερα τη γνώση ή να αντιλαμβάνονται ότι είναι λανθασμένη και να την απορρίπτουν. Έτσι μέσα από την επανάληψη του πειραματισμού και την επιχειρηματολογία κατέληξαν σε ένα τελικό συμπέρασμα. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς αποτελεί, στο πλαίσιο της δραστηριότητας, μια αυθεντική επιστημονική ανακάλυψη μέσω της εξάσκησης των μαθητών σε δραστηριότητες επιστημονικής διερεύνησης. Σχετικά με την καθοδήγηση των διερευνητικών δραστηριοτήτων από τον καθηγητή, αν και ο συνδυασμός καθοδήγησης και ελευθερίας είναι ο πιο αποτελεσματικός στην παρούσα έρευνα λόγω δυσκολίας του αντικείμενου καθώς και χρονικών περιορισμών οι μαθητές δεν αφέθηκαν ελεύθεροι να αλληλεπιδράσουν με το λογισμικό. Οι δραστηριότητες που σχεδίασε ο ερευνητής είχαν υψηλό βαθμό δόμησης και εκτός της κονστραξιονιστικής δραστηριότητας δεν παρείχαν ιδιαίτερη ελευθερία στους μαθητές.

1.3. Κονστραξιονισμός και διδασκαλία φυσικών επιστημών.

Ο Κονστρουκτιβισμός προήλθε από τον Piaget και αντιλαμβάνεται τη μάθηση ως την δημιουργία νοημάτων από τα άτομα καθώς συνεχώς προσπαθούν να βρουν κάποια συνοχή στους τρόπους με τους οποίους ερμηνεύουν τον κόσμο. Απτές εμπειρίες από τον φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον χρησιμοποιούνται για να δημιουργηθούν γενικεύσεις, να γίνει διάκριση μεταξύ σταθερών και να κατασκευασθούν αφαιρέσεις (Alimisis & Kynigos, 2009).

Ο κονστραξιονισμός μπορεί να θεωρηθεί ως μια ειδική περίπτωση μάθησης σε καταστάσεις στις οποίες δημιουργούμε ή πειραματιζόμαστε με ένα αντικείμενο ή μια οντότητα. Από τον Papert αυτό θεωρήθηκε ως ένας από τους τρόπους που η σκέψη μπορεί να εκδηλωθεί και να δημοσιοποιηθεί. Η διαδικασία της κατασκευής γίνεται αντιληπτή ως μια αναδυόμενη διαδικασία κατά την οποία γίνονται πολλές

τροποποιήσεις και ο σχεδιασμός αυτής δεν είναι προ-αποφασισμένος αλλά γίνεται κατά την διάρκεια αυτής και περιλαμβάνει όχι μόνο την κατασκευή αλλά και την αποδόμηση της υπό κατασκευής οντότητας. Στην προσπάθειά του να διατυπώσει τον όρο ο Papert ήθελε να εκφράσει μια διαφορετική αντίληψη για την μάθηση από τον Piaget, δηλαδή ότι οι άνθρωποι δεν πασχίζουν απαραίτητα για την συνοχή με το περιβάλλον τους αλλά αμφισβητούν από την φύση τους την οπτική που έχουν για τον κόσμο.

Σε ένα βαθύτερο ωστόσο επίπεδο των δύο βασικών εκπροσώπων, η μεταξύ τους διαφορά είναι ότι για τον Piaget το ενδιαφέρον ήταν κυρίως στην οικοδόμηση της εσωτερικής σταθερότητας, ενώ ο Papert ενδιαφέρεται περισσότερο για τη δυναμική των αλλαγών. Για τον Papert η έρευνα εστιάζεται στο πώς σχηματίζεται και πώς μεταμορφώνεται η γνώση μέσα σε ειδικά πλαίσια, πώς διαμορφώνεται και πώς εκφράζεται μέσω των διαφορετικών μέσων, και πώς υποβάλλεται σε επεξεργασία στις συνειδήσεις διαφορετικών ανθρώπων (Ackermann, 2001).

Αναλυτικότερα, σύμφωνα με τον Papert (1980), ο κονστραξιονισμός περιλαμβάνει δύο διασυνδεδεμένες διαδικασίες. Η πρώτη είναι μία εσωτερική, ενεργητική διαδικασία, όπου οι μαθητές κατασκευάζουν τα δικά τους νοήματα μέσα από τα βιώματα που αποκτούν στον εξωτερικό κόσμο, ενώ η δεύτερη διαδικασία είναι εξωτερική και αντανακλά την άποψη πως οι μαθητές μαθαίνουν καλύτερα όταν κατασκευάζουν τεχνουργήματα τα οποία στη συνέχεια μοιράζονται και με άλλους.

Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές ειδικά και οι ψηφιακές τεχνολογίες γενικά έχουν ένα ιδιαίτερο ενδιαφέρον τόσο από εκπαιδευτική άποψη όσο και από την πλευρά του κονστραξιονισμού. Υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις για τους τρόπους που μπορεί να εφαρμοστούν οι ψηφιακές τεχνολογίες στην εκπαιδευτική πράξη. Αυτό που είναι ιδιαίτερα σημαντικό είναι να βρεθούν οι τρόποι ώστε οι νέες τεχνολογίες να έχουν πρόσθετη παιδαγωγική αξία. Δηλαδή να βρεθούν εκείνες οι δραστηριότητες τις οποίες οι μαθητές και ο εκπαιδευτικός δεν θα μπορούσαν να κάνουν (ή είναι πολύ δύσκολο να πραγματοποιηθούν) χωρίς την τεχνολογία (Κυνηγός, 2011). Ένας από τους τρόπους που χρησιμοποιούνται πλέον οι υπολογιστές και ο οποίος έχει πρόσθετη παιδαγωγική αξία είναι η δημιουργία λογισμικών microworlds (μικρόκοσμοι). Οι μικρόκοσμοι είναι ανοικτού τύπου εξερευνητικά υπολογιστικά περιβάλλοντα τα οποία ενσωματώνουν ένα συνεκτικό σύνολο από έννοιες και σχέσεις σχεδιασμένο

κατά τέτοιο τρόπο ώστε να δίνει στους μαθητές τη δυνατότητα να εμπλακούν σε διερευνητική και δημιουργική δραστηριότητα παραγωγής νοημάτων αν βέβαια συνοδεύεται από ένα σύνολο κατάλληλων ασκήσεων και διδακτικής καθοδήγησης (Κυνηγός, 2011). Τα δομήματα αυτά που κατασκευάζονται κατά την αλληλεπίδραση των μαθητών με το μικρόκοσμο και το μαθησιακό πλαίσιο, αποτελούν ταυτόχρονα, αναπαραστάσεις των ιδεών και των τρόπων που αντιλαμβάνονται οι μαθητές τον κόσμο (Daskolia, Kynigos, 2012). Σύμφωνα με τον Κυνηγό (2007) οι μισοψημένοι μικρόκοσμοι μπορεί να γίνουν το επίκεντρο γύρω από το οποίο οι μαθητές θα οργανώσουν τις δραστηριότητές τους ή να αποτελέσουν μέσο επικοινωνίας μεταξύ των μαθητών κατά τη διαδικασία ερμηνείας διαφόρων γεγονότων που συμβαίνουν στο μικρόκοσμο. Έτσι, ο μισοψημένος μικρόκοσμος αποκτά την ιδιότητα ενός οριακού αντικειμένου. Οι μισοψημένοι μικρόκοσμοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για την εκπαίδευση των μαθητών είτε για την εκπαίδευση των καθηγητών. Δηλαδή, είναι πολύ σημαντικό ο εκπαιδευτικός να μην χρησιμοποιήσει ένα έτοιμο εικονικό περιβάλλον αλλά να το κατασκευάσει ο ίδιος προκειμένου να εισάγει τις έννοιες που εκείνος θέλει, να εισάγει την κατάλληλη υποστήριξη στο λογισμικό και γενικότερα να το κατασκευάσει με τρόπο τέτοιο ώστε να οδηγήσει τους μαθητές σε γνωστική σύγκρουση.

Άμεση σχέση με τα παραπάνω καθώς και με τον τρόπο που χρησιμοποιούνται οι τεχνολογίες την σημερινή εποχή αλλά και στην παρούσα έρευνα έχουν οι όροι “λευκό κουτί” και “μαύρο κουτί”. Με τον όρο “ μαύρο κουτί ” εννοείται ένα προκατασκευασμένο τεχνούργημα, αδιαφανή στον χρήστη την λειτουργία του οποίου δεν κατανοεί. Με την ίδια λογική, χρησιμοποιείται η λέξη “ λευκό ” για να υπαινιχθεί η διαφάνεια και η δυνατότητα τροποποιήσεως του τεχνουργήματος (Kynigos 2004). Τα όργανα που χρησιμοποιούνται στις σχολικές αίθουσες στις θετικές επιστήμες σε συλ μαύρων κουτιών είναι πολύ αποτελεσματικά στη λήψη μετρήσεων και τη συλλογή δεδομένων ενώ όταν ενταχθούν σε εργαστηριακές-επιστημονικές δραστηριότητες μπορούν επιτρέψουν την εκτέλεση προηγμένων επιστημονικών πειραμάτων. Όμως την ίδια στιγμή, οι χρήστες τους δεν κατανοούν τις εσωτερικές τους λειτουργίες, ενώ λόγω της μη ελκυστικής εμφάνισης τους δεν δίνουν την ευκαιρία στο χρήστη να δημιουργήσει μια προσωπική σχέση με την επιστημονική δραστηριότητα (Resnick, Berg & Eisenberg 2000). Παρόλο που η χρησιμοποίηση οργάνων για την συλλογή , ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων είναι βασικό συστατικό

της μάθησης που βασίζεται στη διερεύνηση, είναι πολύ σημαντικό για τους μαθητές να έχουν την ευκαιρία να επέμβουν και κάποιες φορές ακόμα και να σχεδιάσουν τα δικά τους εργαλεία (Resnick, 2002). Έτσι μέσα από την τροποποίηση και σχεδίαση των υπάρχοντων ή δεδομένων επιστημονικών εργαλείων οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν καλύτερα τις μετρήσεις και τον τρόπο λειτουργίας τους καθώς και να αποκτήσουν μια πιο διαισθητική αντίληψη για την λειτουργία του εργαλείου. Ακόμα πρέπει να επισημανθεί ότι συχνά οι μαθητές έχουν ιδιαίτερα ανεπτυγμένο το αίσθημα της προσωπικής εμπλοκής σε επιστημονικές διαδικασίες και έρευνες όταν οι ίδιοι έχουν σχεδιάσει τα όργανα και ιδιαίτερα όταν έχουν βάλει την δική τους καλλιτεχνική χροιά (Resnick, Berg & Eisenberg 2000). Βέβαια εδώ πρέπει να επισημανθεί ότι τα μαύρα κουτιά δεν είναι εξ'ορισμού κακά. Η πρόκληση για τον σχεδιαστή, ρόλο τον οποίο πρέπει να αναλαμβάνει ο σύγχρονος εκπαιδευτικός είναι να επιλέξει τα στοιχεία και τις λεπτομέρειες που πρέπει να αποκρύψει ενώ την ίδια στιγμή πρέπει να αναδείξει τα στοιχεία εκείνα τα οποία καλλιεργούν την δημιουργικότητα και ευνοούν την πραγματοποίηση αλλαγών σύμφωνα με τις ανάγκες και τα θέλω των μαθητών.

Επίσης οι μικρόκοσμοι δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές του προγραμματισμού μέσω της γλώσσας Logo. Κατά την άποψη του Sherin (1996) οι γλώσσες προγραμματισμού μπορούν να αναχθούν σε αναπαραστασιακά συστήματα για την Φυσική, που σημαίνει ότι έχουν το δυναμικό και τις αντίστοιχες λειτουργικότητες με την σημειογραφία της Άλγεβρας, δηλαδή αντί οι μαθητές να αναπαριστούν τους νόμους της Φυσικής με εξισώσεις να τους αναπαριστούν με προγραμματιστικό κώδικα. Συγκεκριμένα καθώς πρέπει να αναπαραστήσουν φυσικά φαινόμενα μέσα από τα μοντέλα, οι μαθητές πρέπει να αποδομήσουν την κατανόησή τους για το συγκεκριμένο φυσικό μηχανισμό σε μικρά προγραμματιζόμενα κομμάτια της γνώσης, προκειμένου να μετατρέψουν μια ιδέα της επιστήμης σε συγκεκριμένο, τεχνικά ακριβή κώδικα του προγράμματος (Louca, όπως αναφέρεται Louca & Zacharia, 2009). Ως εκ τούτου, ο προγραμματισμός μπορεί να αποτελέσει μια εναλλακτική γλώσσα για χρήση στην ανάπτυξη και την κατανόηση της επιστήμης (Sherin, 1996). Τέλος εδώ μπορούμε να σημειώσουμε ότι ο προγραμματισμός συνδέεται άμεσα με δεξιότητες επίλυσης προβλήματος ενώ στην σημερινή εποχή της πληροφορίας αποτελεί μια δεξιότητα και γνώση αρκετά σημαντική.

Στην παρούσα έρευνα οι μαθητές καλούνται να δουν ως «λευκό κουτί» το πρόγραμμα που κατασκεύασε ο ερευνητής και να το παραμετροποιήσουν. Πατώντας ένα κουμπί οι μαθητές μπορούν να μελετήσουν των κώδικά του προγράμματος, να κατανοήσουν τον τρόπο αναπαράστασης των φυσικών μεγεθών μέσω της γλώσσας Logo και να πραγματοποιήσουν αλλαγές. Το πρόγραμμα το οποίο αποτελεί ένα ψηφιακό όργανο, είναι στην ουσία ένας «μικρόκοσμος» ο οποίος θα αποτελέσει το επίκεντρο της δραστηριότητας. Οι μικρόκοσμοι όπως έχουμε αναφέρει είναι ψηφιακές τεχνολογίες με βασικά χαρακτηριστικά την προσβασιμότητα και την ευχρηστία, χαρακτηριστικά τα οποία θα χρησιμοποιήσουν οι μαθητές για να εμπλακούν όχι μόνο ως απλοί χρήστες ενός επιστημονικού εργαλείου αλλά και ως δημιουργοί. Χρησιμοποιώντας το μικρόκοσμο οι μαθητές διερευνούν την λειτουργία του λογισμικού και αρχικά το χρησιμοποιούν ως ένα απλό επιστημονικό όργανο για να εξερευνήσουν την συμπεριφορά του ατόμου του υδρογόνου. Στην συνέχεια οι μαθητές πρέπει να αντιμετωπίσουν το όργανο ως «λευκό κουτί», να κατανοήσουν την λειτουργία και στο τέλος να κατασκευάσουν στα πλαίσια της ομάδας το δικό τους τεχνούργημα το οποίο και θα μοιραστούν με τους συμμαθητές τους.

1.4. Μοντέλα-Μοντελοποίηση στις φυσικές επιστήμες.

Οι άνθρωποι στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν τον κόσμο, να ερμηνεύσουν τα διάφορα φαινόμενα, να κάνουν προβλέψεις για τη συμπεριφορά διαφόρων συστημάτων αλλά και για να ενεργήσουν πάνω σε αυτά, επιστρατεύουν τις συμβολικές, παραστατικές και δημιουργικές τους ικανότητες δημιουργώντας πραγματικά ή συμβολικά κατασκευάσματα που μιμούνται ή αναπαριστούν – σε μια ιδεατή μορφή – στοιχεία ή πτυχές της πραγματικότητας (Raptis & Rapti, 2002). Τα κατασκευάσματα αυτά ονομάζονται μοντέλα και μπορούν να έχουν – σε επίπεδο δομής - αναλογικές και τοπολογικές ομοιότητες (φυσικά μοντέλα δύο ή τριών διαστάσεων ή ομοιώματα) ή να συνιστούν συμβολικές κατασκευές που δεν σχετίζονται φαινομενολογικά με το προς αναπαράσταση σύστημα (Ράπτης & Κομής, 2002). Για τον Black το μοντέλο αποτελεί μια απλοποιημένη αναπαράσταση ενός φαινομένου που δίνει έμφαση σε συγκεκριμένα στοιχεία αυτής της αναπαράστασης και επομένως προκαλεί το επιστημονικό ενδιαφέρον. (Black ,όπως αναφέρεται Ingham & Gilbert, 1991). Για τον Hestenes (1997) το μοντέλο αναφέρεται

ως μια αναπαράσταση της δομής ενός φυσικού συστήματος και των ιδιοτήτων του. Περιγράφει 4 τύπους δομών που σχετίζονται με τα μοντέλα. Α) συστημική δομή Β) γεωμετρική δομή Γ) προσωρινή δομή και Δ) δομές αλληλεπίδρασης. Ένα μοντέλο μπορεί επίσης να γίνει κατανοητό μέσω τριών βασικών μερών του: το υλικό μέρος, το οποίο είναι τα επιμέρους μέρη του, το δυναμικό μέρος, το οποίο αναφέρεται στις σχέσεις μεταξύ των στοιχείων του και τα περιστασιακά μέρη, τα οποία αναφέρονται στους σκοπούς και τις λειτουργίες του (Oh & Oh 2010). Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι ένα μοντέλο δεν μπορεί να είναι ακριβής περιγραφή του φαινομένου το οποίο απεικονίζει γιατί αν ήταν δεν θα αποτελούσε το ίδιο ένα μοντέλο αλλά μια ακριβής αντιγραφή του φαινομένου.

Η γνωστική διαδικασία, η οποία χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό των αρχών μιας θεωρίας με σκοπό την παραγωγή ενός μοντέλου που να αναπαριστά ένα φυσικό αντικείμενο ή διαδικασία, ονομάζεται ανάπτυξη μοντέλου ή απλά μοντελοποίηση. (Hestenes, όπως αναφέρεται Παραεντιρίδου, 2012). Η μοντελοποίηση αποτελεί ένα ουσιαστικό συστατικό της ανθρώπινης δραστηριότητας δεδομένου ότι είναι παρούσα κάθε φορά που το άτομο προσπαθεί να καταλάβει, να ερμηνεύσει τα διάφορα φαινόμενα του κόσμου και να κάνει προβλέψεις (Σμυρναίου, 2010). Αφορά στην παραγωγή και αναθεώρηση μοντέλων και αποτελεί μια συστηματική δραστηριότητα για την ανάπτυξη και υιοθέτηση της επιστημονικής γνώσης τόσο στις φυσικές επιστήμες όσο και στις άλλες επιστήμες. Επιπρόσθετα, η μοντελοποίηση περιλαμβάνει δραστηριότητες κατασκευής, χρήσης, αξιολόγησης και βελτίωσης του μοντέλου. (Φελλάς, Χ., Παπαευριπίδου, Μ. & Ζαχαρίας, Ζ., 2008). Οι σύγχρονες διδακτικές θεωρήσεις (κυρίως στο χώρο της διδακτικής των φυσικών επιστημών) υποστηρίζουν ότι οι μαθητές πρέπει να εμπλέκονται σε δραστηριότητες μοντελοποίησης αναγνωρίζοντας σε αυτές τα πλεονεκτήματα της διεπιστημονικής προσέγγισης και της χρήσης μεθόδων και πρακτικών που μοιάζουν με τις αυθεντικές επιστημονικές δραστηριότητες (Gilbert & Boulter 2000). Για τον de Jong και τον van Jooligen οι διαδικασίες μοντελοποίησης μπορούν να γίνουν ένα ισχυρό εργαλείο που μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές στην ενίσχυση της συλλογιστικής τους πορείας και τη βελτίωση της κατανόησης των επιστημονικών εννοιών (Σμυρναίου, Κυνίγος, Μoustaki, 2012). Η προσέγγιση που βοηθά τους μαθητές να εκφράζουν και να σκέφτονται με όρους μοντέλων και όχι με μαθηματικά σύμβολα ή γλωσσικές εκφράσεις φαίνεται ότι ενισχύει την κατανόησή και όχι τη στείρα απομνημόνευση

(Vosniadou & Ioannides, 1998). Αρκετές έρευνες στην επιστημονική εκπαίδευση δείχνουν την επίδραση που μπορεί να έχει η διερεύνηση και η μοντελοποίηση στην εννοιολογική κατανόηση της επιστήμης, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται κατάλληλα τεχνολογικά εργαλεία εκπαίδευσης (Smyrniou, Kynigos, Moustaki, 2012).

Μια αρκετά σημαντική κατηγορία μοντέλων είναι τα αναλογικά μοντέλα. Τα αναλογικά μοντέλα αναπαριστούν κάποιο υλικό αντικείμενο, σύστημα ή διαδικασία, το οποίο είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να αναπαριστά όσο το δυνατόν πιο πειστικά σε κάποιο καινούργιο μέσο την δομή ή το πλέγμα των σχέσεων του αρχικού. (Black, στο Ingham & Gilbert, 1991). Στα αναλογικά μοντέλα ανήκουν και οι προσομοιώσεις οι οποίες αποτελούν μια κατηγορία πολύπλευρων δυναμικών μοντέλων. Για τον de Jong και τον van Jooligen η προσομοίωση είναι ένα πρόγραμμα το οποίο περιέχει ένα μοντέλο ενός συστήματος είτε αυτό είναι φυσικό είτε τεχνητό (Rutten, Wouter, van Jooligen & van der Veen, 2012). Οι Thompson, Simonson και Hargraves (1996) όρισαν την προσομοίωση ως μια αναπαράσταση/μοντέλο ενός αντικειμένου, ενός γεγονότος ή ενός φαινομένου. Στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών σύμφωνα με τους Akpan και Andre (1999) η προσομοίωση στον υπολογιστή είναι η χρησιμοποίηση του υπολογιστή για την προσομοίωση ενός δυναμικού συστήματος σε έναν πραγματικό ή φανταστικό κόσμο.

Οι προσομοιώσεις υπολογιστών, τα τελευταία χρόνια, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας γίνονται όλο και πιο ισχυρές ενώ η διάδοση του διαδικτύου έχει βελτιώσει σε μεγάλο βαθμό και την πρόσβαση σε αυτές (Smetana & Bell, όπως αναφέρεται Trundle, & Bell, 2010). Αρκετές έρευνες έχουν αποδείξει σε πολλές περιπτώσεις την αποτελεσματικότητα και την σημαντικότητα των προσομοιώσεων κατά την διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας. Κάποιες από αυτές επικεντρώνονται στην βοήθεια που παρέχουν για την απόκτηση ειδικών γνώσεων συγκεκριμένου περιεχομένου (φυσική, βιολογία), ενώ άλλες επικεντρώνονται στην υποστήριξη δραστηριοτήτων διερεύνησης (κυρίως στις θετικές επιστήμες) και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων έκφρασης λογικών επιχειρημάτων με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων (Trundle, & Bell, 2010). Στις θετικές επιστήμες οι προσομοιώσεις επιτρέπουν στους μαθητές και στους επιστήμονες να απεικονίσουν αντικείμενα και διαδικασίες που είναι πέρα από την αντίληψή τους. Επιπροσθέτως, πολλές προσομοιώσεις επιτρέπουν στους μαθητές να χειραγωγήσουν μεταβλητές που είναι πέρα από τον έλεγχο τους στο φυσικό κόσμο και με αυτόν τον τρόπο προωθούν την

γνωστική ασυμφωνία και την εννοιολογική αλλαγή αποτελεσματικότερα σε σχέση με την άμεση εμπειρία (Trundle, & Bell, 2010). Θα πρέπει να τονιστεί ότι η ύπαρξη εξειδικευμένων προσομοιώσεων ευνοεί τη μείωση του κόστους, την εξοικονόμηση χρόνου, τη μετάβαση σε απρόσιτους χώρους και τη διαχείριση ασύμβατων κλιμάκων (Ολυμπίου & Ζαχαρία, 2012). Άλλα πλεονεκτήματα επίσης είναι η εύκολη μεταφορά οποιουδήποτε φαινομένου στο εργαστήριο, η ασφάλεια, η αντιμετώπιση του υψηλού κόστους, η ελαχιστοποίηση σφαλμάτων, η ενίσχυση ή μείωση των προσωρινών και χωρικών διαστάσεων και η συμπερίληψη ευέλικτων δυναμικών αναπαραστάσεων και δεδομένων (Klahr, Zimmerman & Jirout, 2011).

Είναι πολύ σημαντικό να τονιστεί ότι η αποτελεσματικότητα των προσομοιώσεων είναι άμεσα συνδεδεμένη με τις παιδαγωγικές θεωρίες βάση των οποίων αξιοποιούνται (Flick & Bell, 2000). Η απλή παροχή πρόσβασης στον υπολογιστή ή στο λογισμικό χωρίς σωστή υποστήριξη και εκπαιδευτικά μοντέλα δεν είναι πιθανό να οδηγήσει σε επιθυμητά εκπαιδευτικά αποτελέσματα. (Trundle & Bell, 2010). Αν δεν υπάρχει επαρκής υποστήριξη σε εκπαιδευτικές δραστηριότητες που υποστηρίζονται από προσομοιώσεις, οι μαθητές μπορεί να συναντήσουν αρκετά προβλήματα. Η ελαχιστοποίηση της καθοδήγησης οδηγεί ξεκάθαρα σε μείωση της αποδοτικότητας της εκπαιδευτικής παρέμβασης. Από την άλλη η παροχή λεπτομερούς υποστήριξης μειώνει σε σημαντικό βαθμό την ελευθερία που έχουν οι μαθητές για να εξερευνήσουν το περιβάλλον της προσομοίωσης και ως αποτέλεσμα μειώνει τα μαθησιακά αποτελέσματα. Συμπερασματικά, όπως υποδεικνύεται και από την βιβλιογραφία προτείνεται να συνυπάρχει ένα βαθμός καθοδήγησης και ελευθερίας σε δραστηριότητες που περιλαμβάνουν προσομοιώσεις (Rutten, van Joolingen & van der Veen, 2011; Chang et al., 2008; Gonzalez-Cruz et al., 2003).

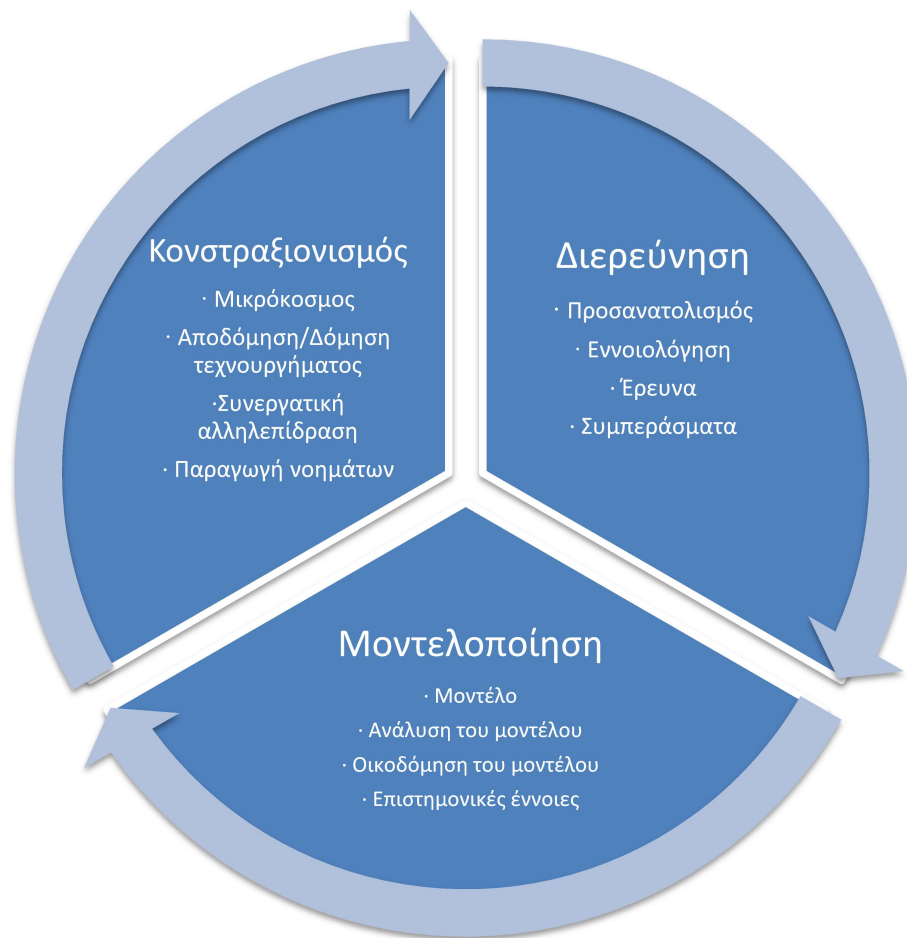
Οι εκπαιδευτικοί και οι επιστήμονες πιστεύουν ότι τα αναλογικά μοντέλα (στα οποία κατατάσσονται τόσο οι προσομοιώσεις όσο και τα νοητικά μοντέλα) βοηθούν τους μαθητές να χτίσουν και να χειραγωγήσουν νοητικά μοντέλα αφηρημένων και μη παρατηρήσιμων φαινομένων. Για αυτό το λόγο, τα αναλογικά μοντέλα και οι προσομοιώσεις χρησιμοποιούνται τακτικά, για να περιγράψουν και να εξηγήσουν εννοιολογικά σημαντικές δομές και λειτουργίες (Treagust & Harrison 2000, στο Harrison & Treagust 2000). Οι προσομοιώσεις μπορεί να βοηθούν τους μαθητές να κατανοήσουν διάφορα φαινόμενα, όμως, η ταύτιση της κατανόησης των μαθητών με τις προσδοκίες των εκπαιδευτικών είναι ένα ανοικτό ερώτημα στην περίπτωση που οι

εκπαιδευτικοί δεν διαπραγματευτούν ενεργά την εξοικείωση των μαθητών με τις προσομοιώσεις και των εμφανών και κρυφών χαρακτηριστικών τους. Για αυτό όταν οι εκπαιδευτικοί επιλέγουν μοντέλα/προσομοιώσεις για να εξηγήσουν έννοιες είναι σημαντικό να γνωρίζουν τις ανάγκες των μαθητών και την προηγούμενη σχετικά με το θέμα γνώση, τη φύση του περιεχομένου της επιστήμης και το είδος της εξήγησης που χρησιμοποιείται.

Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι αν και τα μοντέλα όπως προαναφέρθηκε έχουν πολύ μεγάλη σημασία στη ζωή του ανθρώπου καθώς βοηθούν τόσο τους επιστήμονες να εκφράσουν ευκολότερα πολύπλοκες ιδέες αλλά και τους μαθητές και τους καθηγητές στην εκπαιδευτική διαδικασία παραμένουν ανθρώπινα κατασκευάσματα. Αυτό σημαίνει ότι κάθε μοντέλο περιέχει τις επιστημολογικές και οντολογικές απόψεις του δημιουργού του και επομένως περιγράφει μόνο ένα μέρος της φυσικής πραγματικότητας και μάλιστα με τον τρόπο με τον οποίο την αντιλαμβάνεται ο σχεδιαστής του εκάστοτε μοντέλου.

Στην έρευνά μας οι μαθητές αλληλεπιδρούν κυρίως με την προσομοίωση που έχει κατασκευάσει ο ερευνητής και η οποία έχει γνωστικό αντικείμενο τη φυσική. Με αυτή τους την αλληλεπίδραση οι μαθητές έρχονται σε επαφή με φαινόμενα ,αντικείμενα και διαδικασίες που είναι πέρα από την αντίληψή τους και είναι πολύ δύσκολο τα προσεγγίσουν με άλλο τρόπο. Παράλληλα όπως αναφέραμε οι μαθητές παρεμβαίνουν στο λογισμικό και έτσι έρχονται σε επαφή και με την έννοια της μοντελοποίησης. Μέσα από την αλληλεπίδραση με το λογισμικό οι διανοητικές αναπαραστάσεις των μαθητών μετατρέπονται σε δράση, πράγμα που τους δίνει τη δυνατότητα να ερμηνεύσουν, να κατανοήσουν, να επικοινωνήσουν και τελικά να δημιουργήσουν επιστημονικά νοήματα σχετικά με τα υπό μελέτη φυσικά φαινόμενα. Το γεγονός ότι το λογισμικό μοντελοποίησης είναι μια προσομοίωση, ενισχύει ακόμα περισσότερο την ενεργό και δυναμική διάσταση των διανοητικών αναπαραστάσεων των μαθητών. Όπως αναφέρθηκε είναι ιδιαίτερα σημαντικό οι μαθητές να γνωρίζουν τις συμβάσεις του κάθε μοντέλου καθώς αυτά αποτελούν ανθρώπινα κατασκευάσματα. Στα μοντέλα της έρευνάς μας, τα οποία αποτελούν μοντέλα διάφορων επιστημόνων για τα άτομο του υδρογόνου, ο ερευνητής διαπραγματεύτηκε από την πρώτη στιγμή τις συμβάσεις που έκανε κατά τον σχεδιασμό του λογισμικού έτσι ώστε να μην υπάρχουν παρανοήσεις από τους μαθητές.

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 2) καταγράφεται η συσχέτιση των τριών θεωρητικών πεδίων – πλαισίων, που αξιοποιήσαμε για τις ανάγκες του παρόντος ερευνητικού εγχειρήματος. Παρατηρούμε ότι, υπάρχει σύνδεση μεταξύ και των τριών κατηγοριών αν και η μοντελοποίηση παρουσιάζει την μεγαλύτερη διασύνδεση με τα υπόλοιπα.



Εικόνα 3 : Σύνδεση διερεύνησης, μοντελοποίησης και κονστραξιονισμού.

Τα στάδια του προσανατολισμού και της εννοιολόγησης δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερη σύνδεση με την μοντελοποίηση και τον κονστραξιονισμό. Αυτό οφείλεται και στο γεγονός ότι η μέθοδος της διερεύνησης που επιλέξαμε γινόταν εντός συγκεκριμένου πλαισίου το οποίο δεν άφηνε πολλά περιθώρια ελευθερίας στους μαθητές. Το στάδιο της έρευνας συνδέεται άμεσα με το στάδιο της ανάλυσης μοντέλου καθώς αφορούν

την διερεύνηση του φαινομένου. Το στάδιο της οικοδόμησης του μοντέλου από τους ίδιους τους μαθητές στο οποίο γίνεται σύγκριση και λαμβάνονται αποφάσεις σχετικά με τις λειτουργικότητες του, αντιστοιχίζεται με την διαδικασία κατασκευής τεχνουργημάτων της φάσης του κονστραξιονισμού. Στην ερευνά αυτή αυτά τα δύο στάδια αφορούν την 3^η φάση της δραστηριότητάς μας κατά την οποία οι μαθητές προσπαθούν να αλλάξουν το λογισμικό. Το τελευταίο στάδιο και στις τρεις διαδικασίες είναι η εξαγωγή συμπερασμάτων/νοημάτων. Μπορεί αυτό να φαίνεται παρόμοιο και στα τρία θεωρητικά πλαίσια αλλά η διαδικασία μέσα από την οποία παράγονται νοήματα είναι διαφορετική. Πρέπει να σημειωθεί ότι η συνεργατική αλληλεπίδραση που έχει εξέχουσα θέση στον κονστραξιονισμό συνδέεται με τα υπόλοιπα δύο θεωρητικά πλαίσια καθώς όλες οι δραστηριότητες πραγματοποιούνται σε ομαδικά πλαίσια. Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι το σχήμα μας είναι κυκλικό καθώς όπως αναφέραμε, τα παραπάνω στάδια δεν είναι όλα γραμμικά αλλά οι μαθητές επανέρχονται πολλές φορές σε κάποια από αυτά.

2. Μεθοδολογία έρευνας

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η μεθοδολογία της παρούσας έρευνας. Συγκεκριμένα, παρατίθεται ο σκοπός της έρευνας, τα ερευνητικά ερωτήματα, η επιλογή μεθόδου, η αναγκαιότητα της έρευνας, , το πλαίσιο και οι συνθήκες της έρευνας και τα ψηφιακά εργαλεία.

2.1. Σκοπός της έρευνας

Σκοπός της παρούσας είναι να εξετάσει τον ρόλο των μικρόκοσμων στη κατανόηση εννοιών της φυσικής και της χημείας. Συγκεκριμένα εξετάζεται ο ρόλος τους στην κατανόηση της εκπομπής και της απορρόφησης φωτονίων από το άτομο του υδρογόνου καθώς και η κατανομή των ηλεκτρονίων στον πυρήνα του ατόμου αλλά και η φύση του πυρήνα. Τα θέματα αυτά αποτελούν επιστημονικές περιοχές τόσο της φυσικής όσο και της χημείας αν και σκοπός του ερευνητή είναι να επικεντρωθεί περισσότερο στα κομμάτια που αφορούν την φυσική. Παρόλα αυτά η έρευνα περιέχει χρήσιμες πληροφορίες και ίσως συμπεράσματα για κάποιον ο οποίος ενδιαφέρεται και για την χημεία. Σκοπός επίσης της έρευνας είναι να διερευνήσει τον ρόλο του λογισμικού και της συνεργασίας στην δημιουργία επιστημονικών νοημάτων. Τέλος ενδιαφέρον του ερευνητή αποτελεί και η καταγραφή των παρανοήσεων των μαθητών πάνω στα υπό μελέτη θέματα.

2.2. Ερευνητικά ερωτήματα

Αναλυτικότερα, στην έρευνα αυτή έγινε προσπάθεια να απαντηθούν τα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα :

- Ποιες παρανοήσεις έχουν οι μαθητές σχετικά με την εκπομπή και απορρόφηση φωτονίων από το άτομο του υδρογόνου καθώς και την κατανομή των ηλεκτρονίων σε αυτό.
- Ποιος ο ρόλος των μικρόκοσμων στην κατανόηση των προαναφερθέντων φυσικών εννοιών.
- Ποιος είναι ο ρόλος του λογισμικού και της συνεργασίας στην δημιουργία επιστημονικών νοημάτων.

2.3. Μέθοδος της έρευνας

2.3.1. Επιλογή μεθόδου

Η παρούσα έρευνα είναι μια ποιοτική έρευνα. Το είδος της κατατάσσεται στην εμπειρική έρευνα, υπό την έννοια ότι πρόκειται για μια διαδικασία μέσω της οποίας ελέγχεται, αν οι θεωρητικά διατυπωμένες εικασίες για ένα φαινόμενο, ισχύουν σε πραγματικές συνθήκες (Νόβα-Καλτσούνη, Χ., 2006, σ. 17). Σύμφωνα με τους Denzin & Lincoln (2005), η ποιοτική έρευνα είναι μια ερμηνευτική νατουραλιστική προσέγγιση για τον κόσμο. Αυτό σημαίνει ότι οι ποιοτικοί ερευνητές μελετούν τα πράγματα στα φυσικά τους περιβάλλοντα, προσπαθώντας να κατανοήσουν ή να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα σύμφωνα με το νόημα που δίνουν οι συμμετέχοντες σε αυτά. Προσπαθούν δηλαδή να μελετήσουν εις βάθος ορισμένα χαρακτηριστικά και συμπεριφορές των ατόμων. Η ποιοτική έρευνα είναι μια αρκετά σημαντική μέθοδος εκπαιδευτικής έρευνας και διαδραματίζει ένα αρκετά σημαντικό ρόλο στις κοινωνικές επιστήμες. Σύμφωνα με τους Darling & Scott (2002) παρόλο που οι μέθοδοι ποιοτικής έρευνας προέρχονται από διάφορους κλάδους και ανήκουν σε διαφορετικές παραδόσεις οι βασικές ποιοτικές μέθοδοι μπορούν να περιγραφούν ως εξής :

- Σε βάθος συνέντευξη ατόμων και μικρών ομάδων.
- Συστηματική παρατήρηση της συμπεριφοράς.
- Ανάλυση δεδομένων τεκμηρίωσης.

Η μέθοδος ποιοτική έρευνας στην οποία ανήκει η παρούσα έρευνα είναι η μελέτη περίπτωσης, η οποία κατατάσσεται στην συστηματική παρατήρηση της συμπεριφοράς και η οποία αναλύεται στη συνέχεια.

2.3.2. Μελέτης περίπτωσης

Σύμφωνα με τον Yin η μελέτη περίπτωσης είναι μια στρατηγική διεξαγωγής έρευνας που περιλαμβάνει μια εμπειρική διερεύνηση ενός συγκεκριμένου σύγχρονου φαινομένου μέσα στο πραγματικό πλαίσιο της ζωής του χρησιμοποιώντας πολλαπλές πηγές απόδειξης. Ο Robson (2007) θεωρεί ότι η μελέτη περίπτωσης είναι μια καλά εδραιωμένη ερευνητική στρατηγική όπου το επίκεντρο είναι σε μια περίπτωση (η οποία ερμηνεύεται με μεγάλη ευρύτητα, ώστε να περιλαμβάνει την περίπτωση ενός

μεμονωμένου ατόμου, μιας ομάδας, ενός περιβάλλοντος, ενός οργανισμού) καθαυτή, ενώ λαμβάνεται παράλληλα υπόψη και το πλαίσιο της. Τυπικά περιλαμβάνει πολλαπλές μεθόδους συλλογής δεδομένων και συνήθως περιλαμβάνει ποιοτικά δεδομένα αν και κάποιες φορές μπορεί να περιλαμβάνει και ποσοτικά.

Οι μελέτες περίπτωσης προσπαθούν να σκιαγραφήσουν το πώς είναι να βρίσκεται κανείς σε μια συγκεκριμένη κατάσταση, να συλλάβουν την πραγματικότητα σε πρώτο πλάνο, να παραγάγουν μια γενική περιγραφή των βιωμάτων, των σκέψεων και των συναισθημάτων των συμμετεχόντων. Για αυτό το λόγο είναι σημαντικό να αφήνουμε τα γεγονότα και τις καταστάσεις «να μιλήσουν από μόνα τους» αντί να ερμηνεύονται, να αξιολογούνται ή να κρίνονται στο μεγαλύτερό τους μέρος από τον ερευνητή. Από αυτή την άποψη η μελέτη περίπτωσης είναι συγγενική με το ντοκιμαντέρ. (Cohen, Manio & Morison, 2008)

Στις μελέτες περίπτωσης ο ερευνητής δεν ενδιαφέρεται να ανακαλύψει συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών που συμπεριλαμβάνει στην έρευνα, ούτε να διατυπώσει «νόμους» για τις παρατηρούμενες συμπεριφορές και γεγονότα. Αντίθετα παρατηρεί ορισμένα χαρακτηριστικά και μορφές συμπεριφοράς ενός ατόμου ή ατόμων, με στόχο να τα μελετήσει σε βάθος. Ως εργαλεία έρευνας σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται συχνά η συμμετοχική και η μη συμμετοχική παρατήρηση. Οι μελέτες περίπτωσης έχουν ένα μεγάλο πλεονέκτημα απέναντι σε άλλα είδη ερευνών : ο ερευνητής μπορεί να μείνει για μεγάλο διάστημα με τα άτομα που ερευνά, με αποτέλεσμα να είναι σε θέση να συλλέξει και δεδομένα τα οποία δεν εκφράζονται συνήθως με γλωσσικά σύμβολα (Νόβα, 2006).

Υπάρχουν διάφορα είδη μελετών περίπτωσης. Ο Yin (1984) προσδιορίζει τρία είδη με βάση τα αποτελέσματά τους. α) επεξηγηματικές μελέτες περίπτωσης οι οποίες ελέγχουν θεωρίες, β) διερευνητικές μελέτες περίπτωσης οι οποίες λειτουργούν πιλοτικά προκειμένου να γίνουν άλλες μελέτες, γ) περιγραφικές μελέτες περίπτωσης οι οποίες περιέχουν αφηγηματικές περιγραφές. Η Merriam συμφωνεί με την παραπάνω κατηγοριοποίηση του Yin αλλά επιπλέον κατηγοριοποιεί τέσσερις συνηθισμένους τομείς ή είδη μελετών περίπτωσης : τις εθνογραφικές, τις ιστορικές, τις ψυχολογικές και τις κοινωνιολογικές.

Η μελέτη περίπτωσης όπως και κάθε τύπος έρευνας έχει ορισμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Είναι στην ευθύνη του εκάστοτε ερευνητή να τα αξιολογήσει και σε συνδυασμό με το υπό μελέτη θέμα να επιλέξει τον καταλληλότερο τύπο έρευνας.

2.3.3. Αναγκαιότητα έρευνας

Η ραγδαία ανάπτυξη των επιστημονικών και τεχνολογικών επιτευγμάτων στη σύγχρονη εποχή αποτελεί ένα αδιαμφισβήτητο φαινόμενο. Η ένταξη των τεχνολογιών αυτών υπό τον όρο «ΤΠΕ» στην εκπαίδευση αποτελεί στόχο των επίσημων εκπαιδευτικών πολιτικών σε πολλές χώρες του κόσμου, μεταξύ των οποίων και στην Ελλάδα, καθώς η ραγδαία διείσδυσή τους σε όλους τους τομείς της οικονομικής και κοινωνικής ζωής συνοδεύεται από αισιόδοξες εκτιμήσεις ως προς τη συμβολή τους στην αναβάθμιση της διδακτικής διαδικασίας και στη βελτίωση της ποιότητας της μάθησης. Οι ΤΠΕ περιλαμβάνουν επιμέρους εργαλεία (υπολογιστές, λογισμικό, διαδραστικά συστήματα, δίκτυα, τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες, κλπ) τα οποία στο χώρο της εκπαίδευσης, επιλέγονται κυρίως με βάση τις παιδαγωγικές παραμέτρους σχεδίασης και αξιοποίησής τους και τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να υποστηρίξουν τη διδασκαλία και τη μάθηση. (Μουζάκης, 2011). Οι υποστηρικτές των ΤΠΕ στην εκπαίδευση, θεωρούν ότι εκτός από την καλλιέργεια του πληροφορικού γραμματισμού στο πλαίσιο των απαιτήσεων της «κοινωνίας της γνώσης», συμβάλλουν και σε παιδαγωγικά ζητήματα, καθώς τα ψηφιακά μέσα εμπλουτίζουν την εκπαιδευτική διαδικασία με ανεξάντλητες πηγές εκπαιδευτικού υλικού και εργαλεία επικοινωνίας, ενώ μπορούν και να βελτιώσουν την ποιότητα της διδακτικής και μαθησιακής διαδικασίας. Επίσης έχει αποδειχθεί ότι βοηθούν στην κατανόηση βασικών εννοιών γνωστικών αντικειμένων, όπως τα μαθηματικά, οι φυσικές επιστήμες και η γλώσσα (δεξιότητες γραπτού και προφορικού λόγου), καθώς επίσης και στην ανάπτυξη ικανοτήτων, όπως είναι η αναζήτηση, η παρουσίαση και η κριτική αντιμετώπιση της πληροφορίας (Μουζάκης, 2011).

Σχετικά με το κομμάτι των νέων εξελίξεων στην επιστήμη, η διδασκαλία των θεωριών της φυσικής του 20ου αιώνα στην ανώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση δεν φαίνεται να έχει απασχολήσει ιδιαίτερα την εκπαιδευτική κοινότητα, η οποία συνήθως το αντιμετωπίζει με αμηχανία. Οι όποιες επιφυλάξεις των ερευνητών της εκπαιδευτικής κοινότητας που κατά καιρούς εκφράζονται, ίσως οφείλονται στο γεγονός ότι οι θεωρίες της φυσικής του 20ου αιώνα είναι πολύ απομακρυσμένες από

την αριστοτέλεια παράδοση που διέπει τη σκέψη πολλών μαθητών, αλλά ακόμη και από τη νευτώνεια σκέψη την οποία, όπως έχει δείξει η έρευνα, δεν έχουν κατακτήσει πολλοί από τους μαθητές του Λυκείου. Παρόλα αυτά διάφοροι λόγοι συνηγορούν υπέρ της εισαγωγής αυτών των θεωριών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Μερικοί από τους αυτούς είναι: α) η γνωριμία με την ιστορία της φυσικής και τη φύση της επιστήμης, β) η αναγκαιότητα υπέρβασης της κοινής λογικής και της αισθητηριακής εμπειρίας για την κατανόηση του κόσμου, γ) η συνειδητοποίηση της πολιτισμικής διάστασης της επιστήμης, δ) οι κοσμοθεωρίες του 20ου αιώνα μπορούν να αποτελέσουν αφορμή για τη δημιουργία θετικής στάσης προς την επιστήμη. Σύμφωνα με την Χαλκιά (όπως αναφέρεται Χαλκιά, 2013) η προσπάθεια εξοικείωσης των μαθητών με τις θεωρίες φυσικής του 20ου αιώνα είναι απαραίτητη για να κατανοήσουν τη φύση της επιστήμης, και να εκπαιδευτούν στο ευρύτερο πεδίο της φυσικής. Βέβαια εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι παρά το όφελος που μπορεί να έχουν για την εκπαίδευση οι κοσμοθεωρίες του 20ου αιώνα έχουν και κάποιες εγγενείς δυσκολίες, που απορρέουν από τον ισχυρά αφαιρετικό χαρακτήρα τους και από το γεγονός ότι συνήθως αναφέρονται σε κλίμακες εκτός της καθημερινής αισθητηριακής εμπειρίας των μαθητών.

Με βάση τα παραπάνω η παρούσα έρευνα επιχειρεί να εισάγει κάποια κομμάτια της σύγχρονης φυσικής με τη βοήθεια των ψηφιακών τεχνολογιών και συγκεκριμένα των προσομοιώσεων στην τάξη της Β λυκείου. Αρχικά γίνεται προσπάθεια να μελετηθεί πως μεταστρέφονται οι αρχικές παρανοήσεις/ιδέες/αναπαραστάσεις των μαθητών έπειτα από την αλληλεπίδρασή τους με τα λογισμικά. Επίσης ερευνάται κατά πόσο αυτά τα λογισμικά καθώς και η εργασία των μαθητών στα πλαίσια των ομάδων σχετίζονται με την δημιουργία επιστημονικών νοημάτων και την κατανόηση των υπό μελέτη θεμάτων με ένα ενδιαφέρον και ευχάριστο τρόπο.

2.4. Το πλαίσιο και οι συνθήκες της έρευνας

2.4.1. Ο χώρος και ο χρόνος

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε αίθουσα των φροντιστηρίων «Σπουδή» στον Πειραιά. Ο χώρος διεξαγωγής της έρευνας είχε διαμορφωθεί κατάλληλα προκειμένου να φιλοξενήσει τις ομάδες των μαθητών. Ο ερευνητής χρησιμοποίησε δύο υπολογιστές στους οποίους είχε εγκαταστήσει τα κατάλληλα λογισμικά. Επίσης μια ομάδα μαθητών πραγματοποίησε την δραστηριότητα εντός της οικίας του ερευνητή.

Η έρευνα διήρκησε 4 διδακτικές ώρες και διεξήχθη τον Απρίλιο της ακαδημαϊκής χρονιάς 2016-2017.

2.4.2. Το δείγμα και ο ερευνητής

Οι μαθητές, 10 στον αριθμό, που συμμετείχαν στην έρευνα είναι μαθητές Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, της Β' τάξης του Λυκείου. Οι περισσότεροι μαθητές φοιτούν σε σχολεία της περιοχής του Πειραιά. Τέσσερις από αυτούς φοιτούν σε σχολεία της επαρχίας. Οι μαθητές χωρίστηκαν με δική τους πρωτοβουλία και επιλογή, σε ομάδες των δύο και τριών ατόμων. Η κάθε ομάδα είχε το δικό της υπολογιστή και δεν είχε επικοινωνία με τις άλλες ομάδες. Σε αυτό βοήθησε και η διάταξη των θρανίων που διαμόρφωσε ο ερευνητής. Οι μαθητές ήταν εξοικειωμένοι με τη χρήση των βασικών λειτουργιών του ηλεκτρονικού υπολογιστή, αλλά ήταν η πρώτη τους επαφή με το υπολογιστικό περιβάλλον του «E-Slate» (Αβάκιο). Η συμμετοχή τους στην έρευνα ήταν εθελοντική και ανώνυμη και δεν είχαν πρότερη εμπειρία από ερευνητική δραστηριότητα. Επίσης, το γνωστικό τους επίπεδο ήταν σχεδόν το ίδιο. Ο ερευνητής ήταν παρών σε όλη τη διάρκεια της έρευνας με το ρόλο του άμεσου παρατηρητή. Ωστόσο, ο ρόλος του ήταν επίσης υποστηρικτικός ως προς τη ροή των δραστηριοτήτων και διευκολυντικός ως προς την εξοικείωση των συμμετεχόντων με τα ψηφιακά εργαλεία.

2.4.3. Πλαίσιο Εφαρμογής

2.4.3.1. Απαιτούμενα βοηθητικά υλικά και εργαλεία

Για την ομαλή εφαρμογή του διδακτικού πλάνου χρειάστηκαν:

- ✓ Ηλεκτρονικοί υπολογιστές με εγκατεστημένο το Αβάκιο, –πλατφόρμα ανάπτυξης μικρόκοσμων πολλαπλών αναπαραστάσεων το οποίο υποστηρίζει και ενθαρρύνει τη δημιουργία και την προσομοίωση μοντέλων.
- ✓ Το λογισμικό hypercam με το οποίο έγινε καταγραφή της φωνής των μαθητών αλλά και της οθόνης του υπολογιστή κατά την διάρκεια της δραστηριότητας.
- ✓ Φύλλα εργασίας (δόθηκαν από τον εκπαιδευτικό στις ομάδες προς επεξεργασία).

2.4.3.2. Προετοιμασία

Ο εκπαιδευτικός πριν την έναρξη του μαθήματος έκανε τις απαραίτητες χωροταξικές ρυθμίσεις. Επίσης, φρόντισε να υπάρχουν στους υπολογιστές τα ψηφιακά εργαλεία που θα χρειαστούν κατά τη διάρκεια του μαθήματος (Αβάκιο, σύνδεση με διαδίκτυο). Τέλος, είχε τυπωμένα τα φύλλα εργασίας που θα μοιράσει στους μαθητές.

2.4.3.3. Καινοτομίες διδακτικής παρέμβασης

Η βασική ιδέα σχεδιασμού της διδακτικής παρέμβασης, δηλαδή του σεναρίου που εφαρμόστηκε στην παρούσα έρευνα είναι οι μαθητές μέσω των πειραμάτων που θα διεξάγουν με τις προσομοιώσεις των μοντέλων του ατόμου του υδρογόνου να κατανοήσουν τον τρόπο παραγωγής του γραμμικού φάσματος του ατόμου του υδρογόνου μέσω της εκπομπής και απορρόφησης φωτονίων καθώς και την κατανομή των ηλεκτρονίων στον πυρήνα αλλά και τη φύση αυτού ανάλογα με το κάθε μοντέλο.

Βασική καινοτομία του παρόντος σεναρίου είναι η χρησιμοποίηση των ψηφιακών εργαλείων. Οι μικρόκοσμοι που χρησιμοποιήθηκαν δημιουργήθηκαν από τον ίδιο τον ερευνητή και αποτελούν προσομοιώσεις διαφόρων μοντέλων του ατόμου του υδρογόνου δίνοντας στους μαθητές την δυνατότητα να πειραματιστούν με ένα κομμάτι της φυσικής που είναι πολύ δύσκολο να προσεγγιστεί με άλλα μέσα. Ακόμα τους δίνεται η δυνατότητα να εξετάσουν τον τρόπο δημιουργίας του λογισμικού και να προβούν σε μικρές αλλαγές. Τέλος χρησιμοποιήθηκε το διαδίκτυο για την προβολή βίντεο αλλά και για την αναζήτηση πληροφοριών από τους μαθητές.

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο του σεναρίου είναι ο έλεγχος της μαθησιακής διαδικασίας και ο ρόλος του εκπαιδευτικού. Ο μαθητής έχει αυξημένο έλεγχο πάνω σε όλες τις δραστηριότητες που εκτελεί. Ο βαθμός ελέγχου ποικίλλει βέβαια από δραστηριότητα σε δραστηριότητα αλλά γενικά ο μαθητής είναι αυτός που εκτελεί ενεργά κάθε δραστηριότητα. Σε αυτό το πλαίσιο λοιπόν ο εκπαιδευτικός επιβλέπει απλώς τη μαθησιακή διαδικασία εστιάζοντας και υποστηρίζοντας συμβουλευτικά περισσότερο τους μαθητές. Το πρότυπο αυτό του εκπαιδευτικού διαφέρει ριζικά από το αντίστοιχο συμπεριφοριστικό, όπου ο εκπαιδευτικός περιορίζεται στη στείρα μετάδοση των γνώσεων.

Σε όλες τις δραστηριότητες οι μαθητές πρέπει να σχηματίσουν ομάδες. Ο εκπαιδευτικός κατά τον σχηματισμό των ομάδων έλαβε υπόψη του τις ιδιαίτερες

δεξιότητες κάθε μαθητή αλλά έδωσε και στους μαθητές την δυνατότητα να κάνουν κάποιες επιλογές.

Τέλος η δημιουργία του σεναρίου θεωρείται από μόνη της καινοτομία καθώς αποτελεί ένα έναυσμα να σκεφτεί ο εκπαιδευτικός μακριά από τους περιορισμούς που του επιβάλλει το οργανωτικό και υπηρεσιακό του πλαίσιο, λαμβάνοντας υπόψη πτυχές μιας μαθησιακής εμπειρίας που συνήθως θεωρούνται δεδομένες στις υπάρχουσες εκπαιδευτικές δομές και παραδοσιακές χρήσεις της τεχνολογίας. Τα σενάρια συνιστούν εργαλεία σχηματισμού μιας φανταστικής εικόνας της κατάστασης, προκειμένου να διευκολυνθεί η διαδικασία λήψης ομαδικών αποφάσεων και έχουν χαρακτηριστεί ως συγκεκριμένα και περιγραφικά. Το σενάριο ως μια γενική τεχνική αποσκοπεί στο να προκαλέσει την σκέψη για το μέλλον μέσα στο πλαίσιο ενός στρατηγικού σχεδιασμού και δεν στοχεύει στην πρόβλεψη αλλά περισσότερο στην ανίχνευση πιθανών εξελίξεων μέσα από το παρόν. Χρησιμοποιούνται δηλαδή ως αντικείμενα για αναστοχασμό πάνω στις παραδοσιακές προσεγγίσεις και πρακτικές, με στόχο και τις καινοτόμες χρήσεις της τεχνολογίας με πρόσθετη παιδαγωγική αξία.

2.4.3.4. Κοινωνική ενορχήστρωση.

Συμφώνα με τους Johnson & Johnson (1986) οι συνεργατικές ομάδες επιτυγχάνουν υψηλότερα επίπεδα σκέψης και διατηρούν πληροφορίες για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από τους μαθητές που δουλεύουν σιωπηλά μόνοι τους. Για τον Dillenbourg (1999) η διατύπωση ενός ορισμού για την ομαδοσυνεργατική μάθηση είναι πολύ δύσκολη καθώς ο όρος έχει χρησιμοποιηθεί καταχρηστικά σε μεγάλο βαθμό από πολλούς ερευνητές και σχεδόν για τα πάντα. Κάνοντας ανασκόπηση της βιβλιογραφίας ο Dillenbourg (1999) δίνει έναν πολύ ευρύ ορισμό τον οποίο, βέβαια, για τους λόγους που προαναφέρθηκαν, χαρακτηρίζει μη ικανοποιητικό: «Ομαδοσυνεργατική μάθηση είναι μια κατάσταση μέσα στην οποία δύο ή περισσότερα άτομα μαθαίνουν ή προσπαθούν να μάθουν κάτι μαζί». Αυτός ο ορισμός δίνει τα τρία βασικά στοιχεία με βάση τα οποία μπορεί να εννοιοποιηθεί η ομαδοσυνεργατική μάθηση. Πρώτο στοιχείο αποτελεί η κλίμακα της κατάστασης αυτής τόσο ως προς τον αριθμό των συμμετεχόντων όσο και ως προς τη χρονική της διάρκεια. Ο αριθμός των συμμετεχόντων επηρεάζει σημαντικά το θεωρητικό πλαίσιο με το οποίο αναλύεται η διαδικασία όπως επίσης και η χρονική διάρκεια κατά την

οποία συνεργάζονται τα άτομα μεταξύ τους, η οποία μπορεί να μεταβάλλει τον τρόπο με τον οποίο οι έννοιες των θεωριών αυτών γίνονται αντιληπτές.

Το δεύτερο στοιχείο έχει να κάνει με το ότι οι συμμετέχοντες μαθαίνουν κάτι, εγείροντας ζητήματα για τη φύση της μάθησης αυτής. Το είδος της δραστηριότητας στην οποία εμπλέκονται οι συμμετέχοντες μπορεί να ποικίλει, από την απλή μελέτη πηγών και την από κοινού επίλυση προβλημάτων μέχρι την ανάπτυξη μιας κουλτούρας και τη δια βίου απόκτηση εξειδίκευσης. Απόρροια του γεγονότος αυτού είναι το αν η φύση της μάθησης στη «συνεργατική μάθηση» είναι μια παιδαγωγική μέθοδος ή ένας ψυχολογικός μηχανισμός. Ο Dillenbourg (1999) ισχυρίζεται πως δεν είναι τίποτα από τα δύο, καθώς οι γνωστικές διαδικασίες ενεργοποιούνται έμμεσα και μπορούν να ποικίλουν, ενώ δε μπορεί να ιδωθεί ως μέθοδος καθώς δεν είναι δυνατό να προβλεφθούν τα είδη των αλληλεπιδράσεων που θα προκύψουν, παρά μόνο ως ένα κοινωνικό συμβόλαιο που καθορίζει τους κανόνες και τις συνθήκες του πλαισίου. Έτσι, η μάθηση είναι μια κατάσταση που οριοθετείται με σκοπό να προκύψουν συγκεκριμένες αλληλεπιδράσεις (αν προκύψουν) οι οποίες θα ενεργοποιήσουν γνωστικούς μηχανισμούς.

Το τρίτο στοιχείο αφορά το ότι μαθαίνουν μαζί, δηλαδή συνεργατικά. Οι Roscelle & Teasley (1995:70) ορίζουν τη συνεργασία ως μια “...συντονισμένη, σύγχρονη δραστηριότητα, η οποία είναι το αποτέλεσμα μιας συνεχιζόμενης προσπάθειας για την επίλυση ενός προβλήματος”. Ο Dillenbourg (1999) συμπληρώνει τον ορισμό αυτό, αναφερόμενος όχι μόνο στις αλληλεπιδράσεις των μελών της ομάδας, τους μηχανισμούς και τα προσδοκώμενα αποτελέσματα της μάθησης αλλά και την κατάσταση η οποία μπορεί να χαρακτηριστεί περισσότερο ή λιγότερο συνεργατική.

Κατά την διάρκεια της παρούσας έρευνας οι μαθητές σχηματίζουν ομάδες των 2 ή 3 ατόμων ανάλογα με τον αριθμός τους και το μέγεθος της τάξης. Ο καθηγητής συμμετείχε στον σχηματισμό των ομάδων με σκοπό να είναι όσο το δυνατόν μικτής ικανότητας. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της εργασίας των μαθητών σε ομάδες είναι ότι εξηγούν ο ένας στον άλλον τις ιδέες τους και προσπαθούν να τις υποστηρίξουν και να τις αιτιολογήσουν με επιχειρήματα. Όταν οι μαθητές υποστηρίζουν διαφορετικές ιδέες έρχονται σε γνωστική σύγκρουση μεταξύ τους. Το γεγονός αυτό ωφελεί τους μαθητές διότι πρέπει να εξηγήσουν στα υπόλοιπα μέλη της ομάδας τους τους λόγους που υποστηρίζουν την ιδέα τους με αποτέλεσμα μέσω της διαδικασίας

εξήγησης να κατακτούν καλύτερα τη γνώση ή να αντιλαμβάνονται ότι είναι λανθασμένη και να την απορρίπτουν.

Ένας ακόμα λόγος που επιλέξαμε την ομαδοσυνεργατική είναι ότι άπτεται του αντικειμένου της έρευνας να διερευνήσει κατά πόσο οι μαθητές μέσα από την συνεργασία που αναπτύσσουν στις ομάδες, τον διάλογο και την διερεύνηση που κάνουν με την χρήση των λογισμικών αναπτύσσουν επιστημονικά νοήματα.

2.4.3.5. Η πορεία και οι φάσεις της έρευνας

Η έρευνα διεξήχθη τον Απρίλιο (2016-2107) στα φροντιστήρια σπουδή και στην οικεία του ερευνητή. Το δείγμα αποτελούνταν από 10 μαθητές της δευτέρας λυκείου. Η έρευνα μπορεί να χωριστεί σε 4 φάσεις. Στην πρώτη φάση οι μαθητές συμπλήρωσαν ένα pre-test που σκοπό είχε να εξεταστούν οι αρχικές ιδέες των μαθητών σχετικά με το αντικείμενο. Στη δεύτερη φάση οι μαθητές σχηματίζουν ομάδες και με τη βοήθεια των ψηφιακών εργαλείων (μικρόκοσμοι και διαδίκτυο) κάνουν τις δραστηριότητες του φύλλου εργασίας και απαντούν στις ερωτήσεις του. Στη φάση αυτή οι εκπαιδευόμενοι μέσω του φύλλου εργασίας που τους θα έχει δοθεί και πριν αλληλεπιδράσουν με το λογισμικό, καλούνται να συζητήσουν στα πλαίσια της ομάδος τους και να αναζητήσουν πληροφορίες σχετικά με κάποιες βασικές έννοιες τις οποίες θα αντιμετωπίσουν. Στη συνέχεια χρησιμοποιούν την προσομοίωση για να παρατηρήσουν την συμπεριφορά του ατόμου του υδρογόνου ρίχνοντας μονοχρωματική και σύνθετη ακτινοβολία. Αφού κάνουν παρατηρήσεις αλλάζοντας διάφορες σχετικές μεταβλητές περνούν στο στάδιο της διατύπωσης υποθέσεων. Σε αυτό με βάση τις πληροφορίες που συγκέντρωσαν και τις παρατηρήσεις τους διατυπώνουν υποθέσεις σχετικά με το μηχανισμό απορρόφησης και εκπομπής φωτονίων από το άτομο του υδρογόνου. Στη συνέχεια οι μαθητές μελετώντας διάφορα ιστορικά μοντέλα του ατόμου του υδρογόνου και αναζητώντας πληροφορίες στο διαδίκτυο προσπαθούν να φθάσουν σε ένα τελικό συμπέρασμα απορρίπτοντας ή υιοθετώντας την αρχική τους υπόθεση. Εδώ οι μαθητές ουσιαστικά πραγματοποιούν κύκλους διερεύνησης καθώς αναλύοντας συνεχώς την ανατροφοδότηση που τους παρέχει το λογισμικό και αναδιατυπώνοντας την αρχική τους υπόθεση προσπαθούν να φθάσουν σε ένα αποτέλεσμα. Στην δεύτερη φάση έχουμε λοιπόν σύνδεση της διερεύνησης με την μοντελοποίηση, αφού οι μαθητές διερευνούν τον τρόπο

λειτουργίας διάφορων μοντέλων και προσπαθούν να κατανοήσουν τον τρόπο λειτουργίας τους αλλά και τα χαρακτηριστικά της δομής τους.

Στην τρίτη φάση οι μαθητές με την βοήθεια του εκπαιδευτικού μελετούν των κώδικα των μικρόκοσμων και επιχειρούν να πραγματοποιήσουν κάποιες αλλαγές. Σε αυτό το κομμάτι το οποίο μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι έχει αρκετά κονστραξιονιστικό χαρακτήρα οι ομάδες εμπλέκονται και σε δραστηριότητες μοντελοποίησης. Οι μαθητές καλούνται να αντιμετωπίσουν το λογισμικό ως ένα λευκό κουτί αποκτώντας πρόσβαση στον τρόπο λειτουργίας του μέσω της ψηφίδας Logo στην οποία βρίσκεται ο κώδικας του προγράμματος. Οι μαθητές αρχικά μελετούν τον κώδικα προσπαθώντας να αποδομήσουν τα χαρακτηριστικά του μοντέλου και να κατανοήσουν τον τρόπο με τον οποίο οι φυσικές έννοιες μεταφράζονται σε κώδικα. Μέσα από την αλληλεπίδραση με το λογισμικό οι διανοητικές αναπαραστάσεις των μαθητών μετατρέπονται σε δράση, πράγμα που τους δίνει τη δυνατότητα να ερμηνεύσουν, να κατανοήσουν, να επικοινωνήσουν και τελικά να δημιουργήσουν επιστημονικά νοήματα σχετικά με τα υπό μελέτη φυσικά φαινόμενα. Στη συνέχεια οι μαθητές μοιράζονται με τις άλλες ομάδες τα αλλαγές και απαντούν στις ερωτήσεις τους. Κατά την διάρκεια της 2^{ης} και της 3^{ης} φάσης γίνεται καταγραφή της οθόνης των υπολογιστών αλλά και της φωνής των μαθητών. Στην τέταρτη και τελευταία φάση οι μαθητές συμπληρώνουν αρχικά ένα φύλλο εργασίας ίδιο με αυτό της πρώτης φάσης με σκοπό να διαπιστώσει ο ερευνητής αν και πως άλλαξαν οι αρχικές αναπαραστάσεις των μαθητών. Στη συνέχεια συμπληρώνουν μια ρουμπρίκα αξιολόγησης και απαντούν σε κάποιες ερωτήσεις του ερευνητή σχετικά με το λογισμικό.

2.4.4 Μέσα συλλογής δεδομένων

Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκαν οι εξής μέθοδοι συλλογής δεδομένων.

- Συμμετοχική παρατήρηση από τον ερευνητή
- Εργαλείο καταγραφής οθόνης και διαλόγων μαθητών
- Φύλλα εργασίας
- Λογισμικό (μικρόκοσμοι)

- Ρουμπρίκα αξιολόγησης

2.4.4.1. Συμμετοχική παρατήρηση

Υπάρχουν διάφοροι βαθμοί συμμετοχής του ερευνητή/παρατηρητή στην παρατήρηση. Ο Gold (όπως αναφέρεται Bogdan & Knopp, 2007) έθεσε ένα συνεχές το οποίο περιλαμβάνει διάφορους ρόλους για τους παρατηρητές. Στο ένα άκρο είναι ο απόλυτος παρατηρητής ο οποίος δεν συμμετέχει σε καμιά από τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα. Βλέπει δηλαδή τα υποκείμενα μέσα από έναν καθρέπτη μιας όψης (τα υποκείμενα δεν γνωρίζουν ότι τους παρακολουθούν) Στο άλλο άκρο, είναι αυτός που συμμετέχει πλήρως και που ουσιαστικά δεν υπάρχει κάποια διάκριση μεταξύ της συμπεριφοράς του παρατηρητή και του υποκειμένου (Bogdan & Knopp, 2007). Ενδιάμεσα βρίσκονται διάφορες βαθμίδες συμμετοχής ή αποστασιοποίησης οι οποίες μπορούν να δοθούν γενικά από τους όρους «συμμετέχων ως παρατηρητής» και «παρατηρητής ως συμμετέχων». Στην παρούσα έρευνα ο ερευνητής έχει αυτήν την ενδιάμεση στάση καθώς σε όλη τη διάρκεια της ερευνητικής διαδικασίας, κυρίως υποστήριζε τους μαθητές στην τεχνική χρήση των λογισμικών και παρατηρούσε τις αντιδράσεις των μαθητών στις ατομικές και στις ομαδικές δραστηριότητες. Αυτό έγινε με σκοπό να έχει μια πιο σφαιρική εικόνα του κλίματος αλλά και των δεδομένων που συλλέγονταν με τα φύλλα εργασίας και το λογισμικό-hypercam. Άλλωστε ένα από τα πλεονεκτήματα της άμεσης παρατήρησης έγκειται στο γεγονός ότι ο ερευνητής μπορεί να εξάγει χρήσιμα συμπεράσματα για το περιβάλλον της έρευνάς του και να έχει πιο ολοκληρωμένη άποψη για την υπό διερεύνηση κατάσταση. Σύμφωνα με τον Morrisson η εμβάθυνση του ερευνητή σε συγκεκριμένο πλαίσιο για κάποιο χρονικό διάστημα διευκολύνει όχι μόνο την ανάδειξη και παρουσίαση των σημαντικών γεγονότων, αλλά και για την απόκτηση μιας πιο γενικής εικόνας με τον οποίο συνδέονται οι διάφοροι παράγοντες (Cohen *et al.*, 2008).

Η ενδιάμεση στάση που προαναφέρθηκε, στο συνεχές μεταξύ πλήρους συμμετοχικού και απόλυτου παρατηρητή, σύμφωνα με τους Cohen και Manion είναι η πιο εποικοδομητική καθώς τόσο ο πλήρως συμμετέχων όσο και ο απόλυτος παρατηρητής δημιουργούν διάφορους περιορισμούς.

Τέλος ο May αναγνωρίζει ότι η συμμετοχική παρατήρηση δεν είναι μια μέθοδος η οποία μπορεί να εφαρμοσθεί εύκολα αλλά παρόλες τις κριτικές που της ασκούνται είναι μια συστηματική και δομημένη μέθοδος, η οποία αν εφαρμοσθεί σωστά,

συνεισφέρει σημαντικά στην κατανόηση των ενεργειών των ανθρώπων και προσφέρει καινούργιους τρόπους για να αντιλαμβανόμαστε τον κοινωνικό κόσμο.(Bell, 2010).

2.4.4.2. Εργαλείο καταγραφής οθόνης και ήχου (hypercam.)

Για τη διεξαγωγή της παρούσας έρευνας χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Hypercam, με το οποίο δίνεται η δυνατότητα να καταγράφεται τόσο η οθόνη του υπολογιστή όσο και η φωνή των χρηστών του υπολογιστή μέσω των ηχείων που αυτός διαθέτει. Μέσα από την εστίαση στην οθόνη του υπολογιστή, καταγράφηκαν οι ενέργειες που αποτυπώνονται στην οθόνη σε συνδυασμό με τις συνομιλίες των συμμετεχόντων κατά τη διεξαγωγή των δραστηριοτήτων.

Η επιλογή της ψηφιακής βιντεοσκόπησης Hypercam, αποτελεί μια εστιασμένη πηγή συλλογής δεδομένων, που υπερτερεί έναντι της απλής μαγνητοφώνησης, αφού δίνει τη δυνατότητα στον ερευνητή να συσχετίσει τους διαλόγους των μαθητών με τη χρήση του λογισμικού και να βγάλει έτσι καλύτερα συμπεράσματα. Ακόμα δίνεται η ευκαιρία στον ερευνητή να τεστάρει τη λειτουργική αρτιότητα και την αποτελεσματικότητα του λογισμικού. Οι μαθητές είχαν ενημερωθεί για την καταγραφή των διαλόγων τους, καθώς και των επιλογών τους στο πρόγραμμα.

2.4.4.3. Φύλλο εργασίας

Για την πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων της ερευνητικής διαδικασίας ο ερευνητής παρείχε στους μαθητές ένα φύλλο εργασίας το οποίο είχε οδηγίες σχετικά με τις δραστηριότητες καθώς και ερωτήσεις τις οποίες οι μαθητές έπρεπε να απαντήσουν στα πλαίσια της ομάδας στην οποία συμμετείχαν και της αλληλεπίδρασή τους με το λογισμικό.

2.4.4.4. Pre-Test και Post-Test

Για τη διεκπεραίωση των δραστηριοτήτων της ερευνητικής διαδικασίας ο ερευνητής παρείχε στους μαθητές ένα Pre-Test, στην αρχή της μαθησιακής διαδικασίας, και ένα Post-Test, στο τέλος της μαθησιακής διαδικασίας. Και τα δυο φύλλα περιελάμβαναν τις ίδιες ερωτήσεις ανοιχτού τύπου τις οποίες έπρεπε να απαντήσουν οι μαθητές ατομικά, χωρίς δηλαδή να συνεργαστούν με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας τους αλλά και χωρίς να χρησιμοποιήσουν και τους μικρόκοσμους. Με το Pre-Test ο ερευνητής

συγκέντρωνε τις αρχικές ιδέες/αναπαραστάσεις/παρανοήσεις των μαθητών ενώ με το Post-Test έλεγχε πως διαμορφώθηκαν/εξελίχθηκαν οι αρχικές ιδέες/αναπαραστάσεις/παρανοήσεις των μαθητών μετά το τέλος της δραστηριότητας.

2.4.4.5. Λογισμικό

Το λογισμικό που δημιουργήθηκε από τον ερευνητή έχει σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της δραστηριότητας. Τα δεδομένα που προκύπτουν από τα λογισμικά, με τη βοήθεια του προγράμματος hypercam(καταγραφή οθόνης και ήχου), αφορούν τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές κατανοούν το πρόβλημα που τίθεται, πως αλλάζουν τις διάφορες μεταβλητές αλλά και πως ερμηνεύουν την ίδια την προσομοίωση. Ακόμα ερευνητικά δεδομένα αποτελούν και οι παρεμβάσεις των μαθητών πάνω στον κώδικα του λογισμικού.

2.4.4.6. Ρουμπρίκα αξιολόγησης.

Η ρουμπρίκα αξιολόγησης αντιστοιχεί στην αγγλική βιβλιογραφία με τον όρο rubric , ενώ συχνά αποδίδεται στα ελληνικά με τον όρο κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων (Κουλουμπαρίτση & Ματσαγγούρας 2004) ή ως φύλλα περιγραφικής αξιολόγησης . Αποτελεί ένα εργαλείο βαθμολογίας επίδοσης, το οποίο περιέχει τα κριτήρια εξέτασης μιας εργασίας, καθώς επίσης διατυπώνονται σε αυτήν διαβαθμίσεις ποιότητας για κάθε κριτήριο από την εξαιρετική επίδοση στη χαμηλή. Πιο συγκεκριμένα, οι ρουμπρίκες ανήκουν στο είδος της περιγραφικής αξιολόγησης, οι οποίες επιτρέπουν στους εκπαιδευτικούς να αξιολογήσουν μια παραγόμενη εργασία, δραστηριότητα ή μια επίδοση σύμφωνα με διάφορα επίπεδα ποιότητας. Αποτελούνται από τα κριτήρια αξιολόγησης, τα επίπεδα επίδοσης με την αντίστοιχη κλίμακα βαθμολογίας και τις περιγραφές των επιπέδων επίδοσης

Δομικά στοιχεία της ρουμπρίκας αξιολόγησης αποτελούν :

- τα κριτήρια αξιολόγησης της επίδοσης (criteria), τα οποία στην ουσία αποτελούν τις προδιαγραφές που πρέπει να πληρεί ένα έργο (ατομικό-ομαδικό παραδοτέο), προκειμένου να κριθεί σωστό, κατάλληλο και πλήρες,
- τα επίπεδα ποιότητας του παραγόμενου έργου (standards), δηλαδή η ποιοτική διαβάθμιση, η οποία περιγράφει με τη βοήθεια χαρακτηρισμού (π.χ. άριστο, πολύ καλό, μέτριο, κ.λπ.), το επίπεδο ποιότητας του παραγόμενου έργου,

- η λεπτομερής και διακριτή περιγραφή των επιπέδων της επίδοσης σύμφωνα με τα αντίστοιχα κριτήρια αξιολόγησης,
- η κλίμακα βαθμολογίας (numeric scale) που χρησιμοποιείται σύμφωνα με τα επίπεδα επίδοσης.

Στον κάθετο άξονα απεικονίζονται τα κριτήρια επίδοσης και στον οριζόντιο η ποιοτική διαβάθμιση των επιπέδων επίδοσης και η αντίστοιχη κλίμακα βαθμολογίας που χρησιμοποιείται (Πετροπούλου, Κασιμάτη, Ρετάλης, 2015). Η ρουμπρίκα αξιολόγησης της παρούσας έρευνας αφορούσε τα ψηφιακά εργαλεία. Συγκεκριμένα «τα κριτήρια επίδοσης» αφορούν στην καταλληλότητα του λογισμικού που επιλέχθηκε και χρησιμοποιήθηκε, την αναγκαιότητα των ψηφιακών εργαλείων για την πραγματοποίηση της δραστηριότητας ύπαρξης ενός τεχνολογικού εργαλείου και την ομαλή λειτουργία των μικρόκοσμων αλλά και την εμφάνισή τους.

2.5. Ψηφιακά εργαλεία

2.5.1. Αβάκιο

Το εργαστήριο εκπαιδευτικής τεχνολογίας του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών είναι ο δημιουργός του E-slate microworlds (Αβάκιο) (<http://etl.ppp.uoa.gr/index-1.htm>). Το Αβάκιο είναι μια πλατφόρμα δημιουργίας εκπαιδευτικών περιβαλλόντων/μικρόκοσμων για την εκμάθηση φυσικών επιστημών, μαθηματικών, αρχαίων και νέων ελληνικών. Οι μικρόκοσμοι κατασκευάζονται με σκοπό να εμπλέξουν τους μαθητές σε μια παραγωγική και διερευνητική αναζήτηση, ώστε η μάθηση να γίνει διασκεδαστική αλλά και προσβάσιμη από τους μαθητές.

Το Αβάκιο αποτελεί ένα συγγραφικό πακέτο για τη δημιουργία εκπαιδευτικού λογισμικού, απευθυνόμενο τόσο σε καταρτισμένους στην πληροφορική όσο και απλώς εναλφάβητους χρήστες. Αποτελείται από κατασκευαστικές μονάδες, τις ψηφίδες, οι οποίες συνιστούν τμήματα λογισμικού και είναι σχεδιασμένες με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά το δυνατόν ως δομικοί λίθοι ενός συνθετότερου και ευπροσάρμοστου περιβάλλοντος εργασίας. Το περιβάλλον αυτό παρέχει δυνατότητες διασύνδεσης ψηφίδων με δυο ευδιάκριτους τρόπους. Μπορεί κάποιος είτε να χρησιμοποιήσει προκατασκευασμένες συνδέσεις είτε να ορίσει τις δικές του μέσα από τη γλώσσα προγραμματισμού Logo

Ο τρόπος κατασκευής τους είναι απλός και εύκολος και απευθύνεται σε ένα μεγάλο εύρος χρηστών όπως τεχνικούς ανάπτυξης λογισμικού, αλλά κυρίως απευθύνεται σε μη τεχνικούς χρήστες, όπως είναι οι σχεδιαστές αναλυτικών προγραμμάτων, οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές. Στοχεύει επομένως στο να γίνει αποδεκτό τόσο ως μια πηγή προκατασκευασμένων εκπαιδευτικών λογισμικών, όσο και ως σύστημα συγγραφής ή δευτερογενούς ανάπτυξης λογισμικού, προσφέροντας και στις 2 περιπτώσεις τεχνικά άριστες λύσεις, οι οποίες καλύπτουν τις αντίστοιχες ανάγκες.

Η συλλογιστική που διέπει την κατασκευή του βασίζεται σε μια νέου τύπου σύζευξη ανάμεσα στην προσέγγιση αποκλεισμού του χρήστη από τις λειτουργικότητες του εργαλείου (black-box approach) και στη βαθιά πρόσβαση που προσφέρουν άλλα λογισμικά (πχ microworlds pro). Από τη μια άποψη, το Αβάκιο παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα χρήσης τεχνικά περίπλοκων κατασκευαστικών μονάδων, τύπου black-box, δηλαδή των ψηφίδων οι οποίες είναι και οι ίδιες από μόνες τους λογισμικά. Αυτές μπορούν να συνδεθούν μέσω προκατασκευασμένων συνδέσεων (συνδεσμολογία τύπου παζλ) που διαχειρίζεται ο χρήστης χρησιμοποιώντας την λειτουργία drag and drop. Από την άλλη άποψη, οι ψηφίδες έχουν σχεδιαστεί, ώστε να είναι κατά το δυνατόν "εύπλαστες", επιτρέποντας στον χρήστη να σκεφτεί ποικίλους τρόπους δημιουργικής σύνδεσής τους, με αποτέλεσμα το λογισμικό να αποτελείται τελικά από αναπροσαρμοζόμενους συνδυασμούς λειτουργικοτήτων. Κατά αυτή την έννοια έχει χρησιμοποιηθεί μια προσέγγιση black and white box στον σχεδιασμό του Αβακίου όπου δηλαδή αποκλείεται η πρόσβαση σε μερικές λειτουργικότητες των δομικών μονάδων, των ψηφίδων, αλλά επιτρέπεται η πρόσβαση στον τρόπο διασύνδεσής τους για την δημιουργία λογισμικών (Kynigos, 2004). Επιπλέον, το Αβάκιο βασίζεται σε μια γλώσσα συγγραφής που επιτρέπει στους χρήστες να προσδιορίζουν δίκες τους συνδέσεις μεταξύ των ψηφίδων, και έτσι να σχεδιάζουν οι ίδιοι την επιφάνεια διεπαφής του λογισμικού τους. Το αβάκιο έτσι χαρακτηρίζεται από μια διαβαθμισμένη δυνατότητα βαθιάς πρόσβασης στη δομή για το μη τεχνικό χρήστη.

2.5.2. Γλώσσα προγραμματισμού Logo

Τα λογισμικά που δημιουργήθηκαν από τον ερευνητή δημιουργήθηκαν εντός του ψηφιακού περιβάλλοντος του Αβακίου χρησιμοποιώντας τις έτοιμες ψηφίδες του Αβακίου αλλά και σε πολύ μεγάλο βαθμό προγραμματίζοντας στη γλώσσα Logo.

Η γλώσσα Logo αναπτύχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του '60 από ομάδα ερευνητών του τμήματος τεχνητής νοημοσύνης του MIT με επικεφαλής τον Papert. Παρά το γεγονός ότι είναι μια γλώσσα γενικού σκοπού, είναι γνωστή για τη χρήση της γεωμετρίας της χελώνας όπου οι χρήστες δίνουν εντολές σε μια χελώνα η οποία αφήνει πίσω της ένα «ίχνος» σαν γραμμή με το οποίο οι χρήστες σχεδιάζουν διάφορα γραφικά σχήματα. Η γλώσσα προγραμματισμού Logo θεωρείται πολύ κοντά στη φυσική γλώσσα τόσο ως προς το λεξιλόγιο που χρησιμοποιεί όσο και ως προς τον τρόπο συνδυασμού των εντολών που περιλαμβάνει. Πρόκειται για μια συμβολική γλώσσα που είναι ταυτόχρονα διαδικαστική, επεκτάσιμη, αναδρομική και διαδραστική. Θεωρείται διαδικαστική καθώς το αντικείμενο του προγραμματισμού προσδιορίζεται με τη μορφή της χρονικής διαδοχής, τι είναι αυτό που θα συμβεί πρώτο, δεύτερο κ.ο.κ. Είναι επεκτάσιμη καθώς ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει νέες εντολές από τις ήδη υπάρχουσες και αναδρομική, καθώς μέσα στον ορισμό μιας διαδικασίας μπορεί να υπάρχει η ίδια διαδικασία μία ή περισσότερες φορές. Τέλος, είναι διαδραστική παρέχοντας άμεση ανατροφοδότηση στο χρήστη. Η διαδραστικότητα είναι μια από τις βασικές ιδιότητες της Logo και είναι δυνατόν να παρασχεθεί είτε μέσω της εκτέλεσης των εντολών γραμμή – γραμμή είτε μέσω της εκτέλεσης ενός προγράμματος συνολικά. Σε αυτό το πλαίσιο, ο αναστοχασμός και η διόρθωση γίνεται αναπόσπαστο τμήμα της κατασκευής γραφικών αντικειμένων, δεδομένου ότι ο υπολογιστής δεν 'ερμηνεύει' τις συμβολικές εκφράσεις, αλλά τις εκτελεί πιστά με συγκεκριμένο, σαφώς καθορισμένο και σταθερό τρόπο

2.5.3. Αφετηρία

Η αρχική ιδέα για τον σχεδιασμό του λογισμικού δημιουργήθηκε κατά την περίοδο των σπουδών στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα ειδίκευσης "Ψηφιακές τεχνολογίες στην εκπαίδευση". Η πυρηνική φυσική αποτελεί έναν από τους πιο ενδιαφέροντες κλάδους της φυσικής αλλά στο σχολικό αναλυτικό πρόγραμμα περιλαμβάνεται μόνο στην Γ λυκείου, μια τάξη στην οποία οι μαθητές επικεντρώνονται κατά κύριο λόγο στις εξετάσεις. Ανεξάρτητα από την προσοχή που δίνουν οι μαθητές λόγω των εξετάσεων, η φύση του ίδιου του αντικειμένου και η ανυπαρξία κατάλληλων λογισμικών και πειραματικών διατάξεων στο σχολείο οδηγεί στην διδασκαλία του θέματος μόνο μέσω της απλής αναφοράς της θεωρίας και την επίλυση ασκήσεων. Έτσι δεν δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να πειραματιστούν και να κατανοήσουν πως εξελίχθηκαν οι θεωρίες και οι απόψεις των επιστημόνων πάνω στην πυρηνική

φυσική. Τέλος οι θεωρίες οι οποίες αναφέρονται στο σχολικό βιβλίο είναι ξεπερασμένες και θα έπρεπε να συμβαδίζουν περισσότερο με την σύγχρονες απόψεις.

2.5.4. Περιγραφή Λογισμικού

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε μια ομάδα 5 μικρόκοσμων. Οι μικρόκοσμοι αυτοί προσομοιώνουν το άτομο του υδρογόνου. Συγκεκριμένα προσομοιώνονται 6 μοντέλα του ατόμου του υδρογόνου ενώ σε ένα μικρόκοσμο προσομοιώνεται το πραγματικό άτομο του υδρογόνου καλυπτόμενο από ένα μαύρο κουτί έτσι ώστε οι χρήστες να μην βλέπουν τον πυρήνα του ατόμου. Τα μοντέλα που χρησιμοποιείται βασίζονται στις ατομικές θεωρίες των αντίστοιχων επιστημόνων. Κάποιες από αυτές τις θεωρίες δίνουν μια πλήρη περιγραφή του ατόμου ενώ άλλες παρέχουν σημαντικές βελτιώσεις σε προϋπάρχοντα μοντέλα. Τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται είναι τα εξής : α) μοντέλο του Dalton β) πρότυπο του Thomson γ) πρότυπο του Rutherford δ) μοντέλο του Bohr ε) μοντέλο του de Broglie ζ) μοντέλο του Schrodinger. Όλοι οι μικρόκοσμοι κατασκευάστηκαν από τον ερευνητή.

Περιγραφή των ψηφίδων.

Ψηφίδα «Σκηνή»: απεικονίζει το εκάστοτε μοντέλο. Συγκεκριμένα απεικονίζεται ο πυρήνας του ατόμου καθώς και τα φωτόνια που προσπίπτουν και στη συνέχεια εκπέμπονται. Επίσης η ψηφίδα σκηνή χρησιμοποιείται για την απεικόνιση των ενεργειακών επιπέδων και του φάσματος.

Ψηφίδα «Κουμπί»: η ψηφίδα έχει διάφορες χρήσεις εντός του προγράμματος. Με το πάτημα του κουμπιού πραγματοποιούνται διάφορα γεγονότα, όπως εμφάνιση των ενεργειακών σταθμών και του φάσματος, εκτόξευση ενός φωτονίου στον πυρήνα του ατόμου κ.λ.π.

Ψηφίδα «Ruler»: η ψηφίδα αυτή χρησιμοποιείται για να ορίζει ο χρήστης την τιμή του μήκους κύματος των φωτονίων που εκτοξεύονται στον πυρήνα. Το μήκος κύματος μετριέται σε nm και το πεδίο τιμών είναι 97-7500.

Ψηφίδα «checkbox»: η ψηφίδα αυτή χρησιμοποιείται για την παραγωγή μονοχρωματικού φωτός/ σύνθετης ακτινοβολίας. Σε ένα μικρόκοσμο χρησιμοποιείται

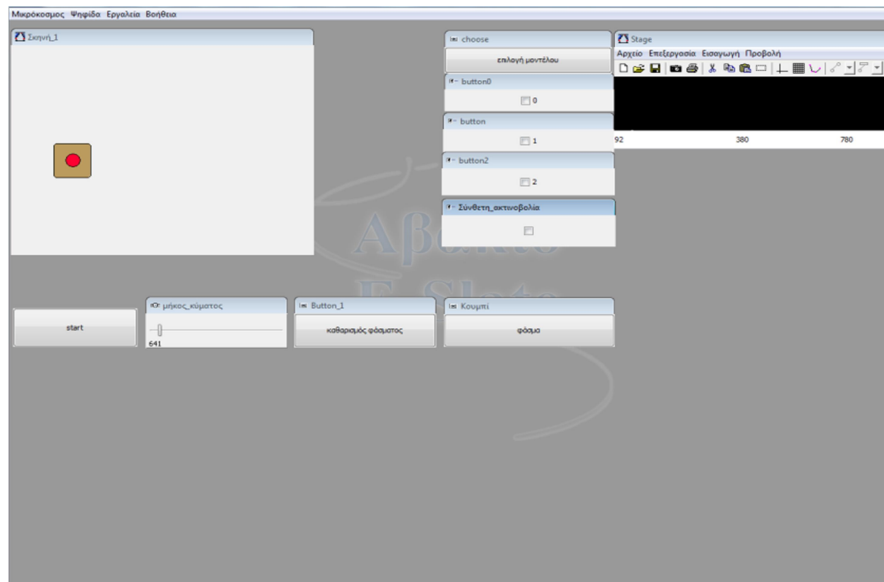
επιπλέον σε συνδυασμό με την ψηφίδα κουμπί για την επιλογή διαφορετικών μοντέλων του ατόμου του υδρογόνου.

Ψηφίδα «Κείμενο»: η ψηφίδα αυτή έχει 2 χρήσεις. Πρώτον χρησιμοποιείται κάτω από το φάσμα για να δίνει μια ένδειξη του μήκους κύματος των φασματικών γραμμών που εμφανίζονται. Δεύτερον χρησιμοποιείται στα μοντέλα του bohr, του de Broglie και του schrodinger για να την εμφάνιση των κβαντικών αριθμών n , l και m_l .

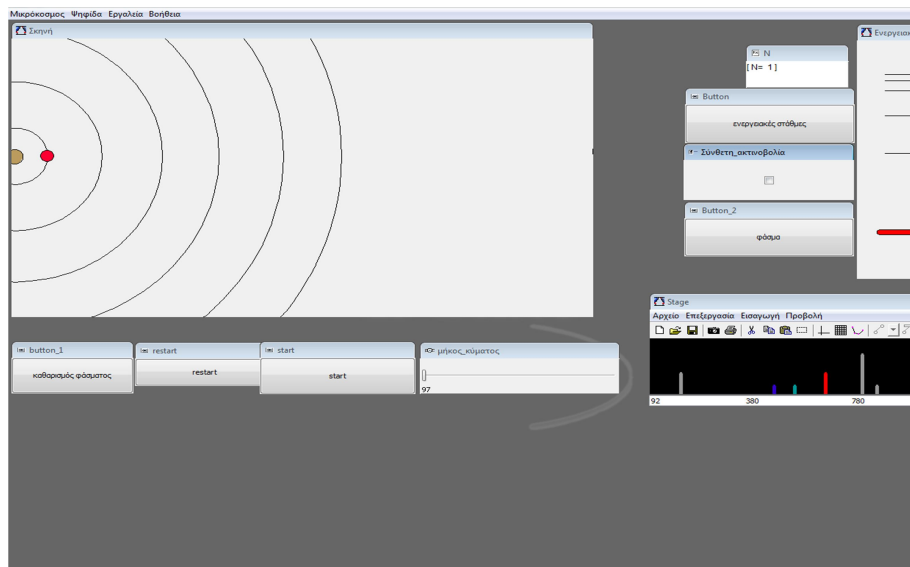
Ψηφίδα «Logo»: η ψηφίδα αυτή είναι η βασική ψηφίδα του μικρόκοσμου. Σε αυτή την ψηφίδα έχει γραφτεί ο κώδικας (σε γλώσσα logo) του προγράμματος. Πρέπει να σημειωθεί ότι λόγω τη αρχιτεκτονικής του λογισμικού (Αβάκιο) μέσω του οποίου έχουν αναπτυχθεί οι μικρόκοσμοι κάθε μικρόκοσμος έχει και μια ψηφίδα logo στην οποία είναι γραμμένος ο κώδικας του αντίστοιχου μικρόκοσμου.

Οι 5 μικρόκοσμοι που κατασκευάστηκαν μοιράζονται την ίδια λογική. Ο χρήστης πατώντας το κουμπί start “στέλνει” ένα φωτόνιο πάνω στον πυρήνα του ατόμου. Ανάλογα με την θεωρία στην οποία βασίζεται το κάθε μοντέλο παρουσιάζει και διαφορετική συμπεριφορά. Έτσι στο μοντέλο του Dalton το φωτόνιο δεν απορροφάται και ο πυρήνας λειτουργεί ως ένας τείχος ο οποίος αποκρούει κάθε φωτόνιο που “πέφτει” πάνω του. Στο μοντέλο του Rutherford το ηλεκτρόνιο ακολουθώντας μια κυκλική τροχιά συγκρούεται με τον πυρήνα απελευθερώνοντας ενέργεια. Στα υπόλοιπα μοντέλα κάποια φωτόνια, με κατάλληλο μήκος κύματος, απορροφώνται και στη συνέχεια επανεκπέμπονται. Τα φωτόνια που επανεκπέμπονται συλλέγονται από έναν εικονικό ανιχνευτή και στη συνέχεια εμφανίζονται στο φάσμα οι αντίστοιχες γραμμές. Επίσης πατώντας το κουμπί ενεργειακές στάθμες ο χρήστης μπορεί να παρατηρήσει την ενέργεια του ηλεκτρονίου κατά την διάρκεια των μεταβάσεων από την μια ενεργειακή στάθμη στην άλλη ενώ παράλληλα εμφανίζονται και οι κβαντικοί αριθμοί. Με αυτόν τον τρόπο ο χρήστης μπορεί να συγκρίνει την συμπεριφορά των μοντέλων και το φάσμα που αυτά παράγουν με το πραγματικό άτομο του υδρογόνου όπως αυτό φαίνεται από τον αντίστοιχο μικρόκοσμο και έτσι να βγάλει σημαντικά συμπεράσματα σχετικά με την κατανομή/θέση του ηλεκτρονίου και την απορρόφηση και εκπομπή των φωτονίων. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει αν το φωτόνιο που θα παραχθεί θα έχει ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος ή αν θα είναι φωτόνιο σύνθετης ακτινοβολίας. Το μήκος κύματος του φωτονίου επιλέγεται από το πλαίσιο μήκος κύματος. Το φωτόνιο σύνθετης

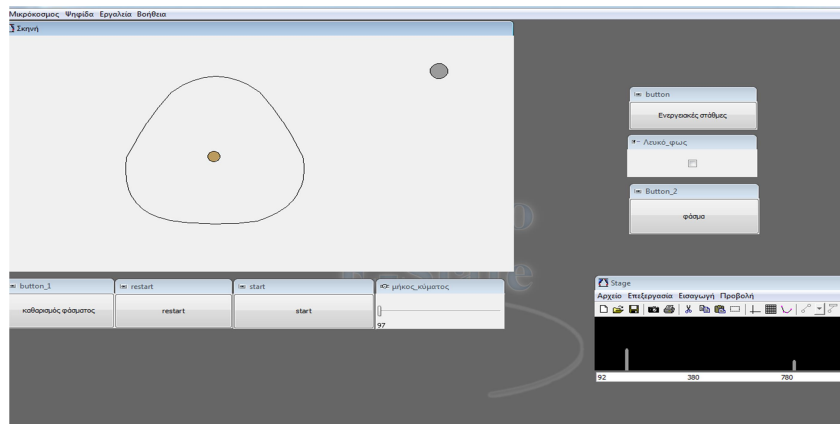
ακτινοβολίας αποτελεί μια σύμβαση του σχεδιαστή. Ουσιαστικά όταν οι χρήστες πατούν την ένδειξη σύνθετη ακτινοβολία το φωτόνιο που παράγεται παίρνει ένα τυχαίο μήκος κύματος από όλο το φάσμα. Μια άλλη σύμβαση του σχεδιαστή είναι οι φασματικές γραμμές του υδρογόνου καθώς και οι μεταβάσεις που δίνουν αυτές τις γραμμές. Λόγω έλλειψης χρόνου στο κομμάτι εφαρμογής της δραστηριότητας αλλά και για λόγους διευκόλυνσης δεν έχουν απεικονισθεί όλες οι φασματικές γραμμές του γραμμικού φάσματος εκπομπής. Έχουν επιλεγεί οι ακόλουθες γραμμές : Ly α -Ly β -Ly γ , Ba α -Ba β -Ba γ -Ba δ , Pa (1094 nm, 1282 nm) και Br(2625 nm),. Έχουν επιλεγεί 4 γραμμές από την σειρά Blamer λόγω του ότι ανήκουν στο ορατό αλλά και λόγω της ιστορικής σημασίας της σειράς Balmer. Ιστορική σημασία έχει και η σειρά Lyman. Από τις υπόλοιπες γραμμές έχουν επιλεγεί κάποιες χαρακτηριστικές. Από τη στιγμή που δεν απεικονίζονται όλες οι φασματικές γραμμές κάποιες ενεργειακές μεταβάσεις δεν έχουν ως αποτέλεσμα την εκπομπή φωτονίου ενώ και για χρονικούς λόγους κάποιες άλλες μεταβάσεις δίνουν φωτόνια με μήκος κύματος διαφορετικό από αυτό που προβλέπει η θεωρία. Αυτό γίνεται για να αυξηθούν οι πιθανότητες να εμφανιστούν οι φασματικές γραμμές που έχει επιλέξει ο σχεδιαστής. . Η τελευταία σύμβαση έχει να κάνει με τα φωτόνια που απορροφώνται. Κανονικά όταν εκτοξεύονται φωτόνια μονοχρωματικού φωτός πάνω στο άτομο θα έπρεπε να απορροφώνται φωτόνια συγκεκριμένου μήκους κύματος. Για να εμφανιστεί πιο γρήγορα το φάσμα ο σχεδιαστής έχει βάλει ένα εύρος μήκος κύματος που απορροφάται. Για παράδειγμα για την γραμμή Lyman το εύρος απορρόφησης είναι 93-96.Στις παρακάτω εικόνες βλέπουμε φωτογραφίες των λογισμικών που χρησιμοποιήθηκαν.



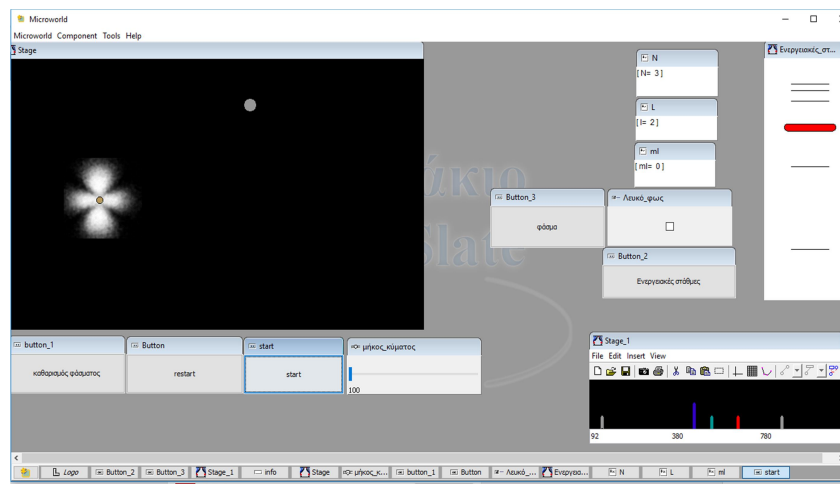
Εικόνα 4 : Λογισμικό



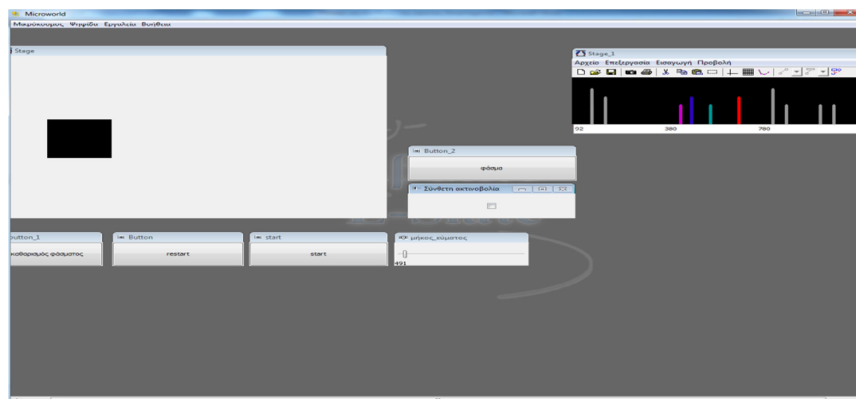
Εικόνα 5 : Πρότυπο του Bohr



Εικόνα 6 : Πρότυπο του De Broglie



Εικόνα 7 : Πρότυπο του Schrodinger



Εικόνα 8 : Πραγματικό άτομο του υδρογόνου

2.5.5. Πρόσθετη παιδαγωγική αξία λογισμικού

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως οι δράσεις της παρούσας έρευνας επικεντρώνονται γύρω από τη χρήση του λογισμικού που έφτιαξε ο ερευνητής. Επομένως είναι αρκετά σημαντικό να δούμε την πρόσθετη παιδαγωγική αξία του λογισμικού. Το λογισμικό το οποίο αποτελεί μια προσομοίωση δίνει τη δυνατότητα στο μαθητή όχι απλά να αντλήσει χρήσιμες πληροφορίες από την παρατήρηση των φαινομένων αλλά και να αλληλεπιδράσει δυναμικά μαζί του. Μέσω αυτής της διαδικασίας, ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να πάρει ανατροφοδότηση και να παρατηρήσει οπτικά την εξέλιξη του φαινομένου βάσει των αλλαγών που πραγματοποιεί. Η παιδαγωγική σημασία εδώ αφορά την αμεσότητα με την οποία οι μαθητές μπορούν να δουν τα αποτελέσματα των επιλογών τους, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα το λογισμικό να χρησιμοποιείται ως ένα μέσο προσωπικής προσωπικής διερεύνησης και έκφρασης ιδεών. Άλλωστε ο σκοπός των μικρόκοσμων δεν είναι να μιμηθούν τα πραγματικά περιβάλλοντα, κάτι το οποίο δεν είναι και εφικτό, καθώς για τη δημιουργία κάθε μικρόκοσμου, κυρίως φυσικής, χρειάζεται να γίνουν αρκετές συμβάσεις. Επίσης είναι ιδιαίτερα σημαντικό να τονιστεί ότι τα υπό μελέτη ατομικά φαινόμενα δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να εξερευνήσουν και να αλληλεπιδράσουν με ένα δυναμικό τρόπο με μηχανισμούς της φύσης, που διαφορετικά θα ήταν αδύνατο.

Τα παραπάνω αφορούν τον ένα από τους δύο τρόπους χρήση του λογισμικού όπου ο μαθητής αλλάζει τις παραμέτρους του συστήματος και βλέπει τις επιπτώσεις τους. Στην δεύτερη περίπτωση λειτουργεί ως ένας μικρόκοσμος-ένα μοντέλο το οποίο οι μαθητές καλούνται να αποδομήσουν και να ανακατασκευάσουν. Αποτελεί δηλαδή ένα κόσμο όπου οι νόμοι και οι κανόνες μπορούν να διαμορφωθούν έτσι ώστε οι μαθητές όχι μόνο να κατανοήσουν καλύτερα τους υπάρχοντες φυσικούς νόμους αλλά και να διερευνήσουν τι θα συνέβαινε αν η φύση δεν λειτουργούσε βάσει των νόμων που γνωρίζουμε σήμερα. Η διαδικασία αυτή γίνεται μέσα από την μελέτη και την αλλαγή του κώδικα του λογισμικού σε γλώσσα Logo. Σύμφωνα με την Ackermann (2012) τέσσερις είναι οι λόγοι που διεγείρει τους μαθητές ο προγραμματισμός αντικειμένων. Πρώτον ότι έχουν υβριδική φύση, δηλαδή μοιάζουν με αντικείμενα αλλά ενεργούν ως άνθρωποι. Μπορούμε δηλαδή να επικοινωνήσουμε μαζί τους και να υπακούσουν στις εντολές μας. Δεύτερον, έχουν σχετική αυτονομία, δηλαδή εάν δώσουμε εντολές ενεργούν μετά βάσει αυτών χωρίς να χρειάζεται κάποιος περεταίρω

προγραμματισμός. Τρίτον, η εξυπνάδα τους. Από τη στιγμή που ορίσουμε κάποιες συνθήκες τα αντικείμενα ενεργούν βάση αυτών. Τέταρτον, η τηλεπαθητική τους ιδιότητα, δηλαδή η δυνατότητα που μας παρέχεται να επηρεάσουμε την κατάσταση ενός αντικειμένου χωρίς να έρθουμε σε επαφή μαζί του, πχ με το πάτημα ενός κουμπιού. Αυτό είναι κάτι που ενθουσιάζει ιδιαίτερα τα μικρά παιδιά. Το να αποκτήσουν οι μαθητές τον πλήρη έλεγχο στον εικονικό κόσμο που έχουν κατασκευάσει ή που έχουν δανειστεί για να χρησιμοποιήσουν τους εξάπτει τη φαντασία και τη δημιουργικότητα και τους δίνει τη δυνατότητα να συμπεριλάβουν στοιχεία της προσωπικότητάς τους.

3. Ανάλυση δεδομένων

3.1. Πλαίσιο ανάλυσης

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα δεδομένα της έρευνας και γίνεται η ανάλυσή τους. Τα δεδομένα της έρευνας προέρχονται από το pre/post-test, από το φύλλο εργασίας, από τις σημειώσεις-παρατηρήσεις του ερευνητή, από το πρόγραμμα καταγραφή οθόνης και ήχου και τέλος από τις τροποποιήσεις των μαθητών στους μικρόκοσμους. Η μέθοδος που επιλέχτηκε για την ανάλυση των δεδομένων της εν λόγω έρευνας είναι η «Ανάλυση Περιεχομένου» (Context Analysis). Μέσω της ανάλυσης παρέχεται η δυνατότητα μελέτης όλων των στοιχείων της επικοινωνίας, το οποίο σημαίνει: προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του πομπού και των αποδεκτών, μελέτη των σκοπών και των μέσων του μηνύματος, με τα οποία επιχειρείται η πρόκληση προσοχής και του ενδιαφέροντος των αποδεκτών και μελέτη των αποτελεσμάτων που επιφέρει το μήνυμα στους αποδέκτες. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στα κρίσιμα συμβάντα το οποία αποτελούν κατηγοριοποίηση τμημάτων του λόγου που αντιστοιχούν σε μια ιδέα.

3.2. Κατηγορίες ανάλυσης

Μετά από την απομαγνητοφώνηση των βίντεο που καταγράφηκαν από το πρόγραμμα HyperCam, σε συνδυασμό με τις παρατηρήσεις που κατεγράφησαν από την ερευνήτρια καθ' όλη τη διάρκεια της διεξαγωγής της έρευνας δημιουργήθηκε ένα σύστημα κατηγοριοποίησης, το οποίο εστιάζει στην κάλυψη των βασικών αξόνων των υπό διερεύνηση ερευνητικών μας στόχων. Για τον σκοπό αυτό, δημιουργήθηκαν κάποιες κατηγορίες ανάλυσης, οι οποίες έχουν άμεση σχέση με το θεωρητικό πλαίσιο που περιγράφεται στην συγκεκριμένη εργασία και λαμβάνει υπόψη τις διαλογικές αλληλεπιδράσεις των μαθητών καθώς αλληλεπιδρούν με τα λογισμικά αλλά και την πρόσωπο με πρόσωπο επικοινωνία.

Ακολουθώντας τη διαδικασία ανάλυσης που προτείνει η μέθοδος της Ανάλυσης του Περιεχομένου, ακολουθεί ο ακριβής καθορισμός των κατηγοριών ανάλυσης, όπως και τον υποκατηγοριών και υποπεριπτώσεών τους αναφορικά με την κάθε διάσταση.

1. Διαλογικές αλληλεπιδράσεις που επηρεάζονται/ εκφράζονται από τη διερεύνηση (inquiry): δημιουργία ερώτησης- υπόθεσης [ΔΥ], Εξερεύνηση-πειραματισμός [ΕΠ], ανάλυση αποτελεσμάτων [ΑΝΑ], συμπέρασμα [ΣΥΜ].
2. Διαλογικές αλληλεπιδράσεις που επηρεάζονται/ εκφράζονται από το επιστημονικό περιεχόμενο (scientific content): αρχικές αναπαραστάσεις [ΑΡΧ], φαινομενολογικές περιγραφές [ΦΑΙ], έννοιες [ΕΝΝ], κατανόηση [ΚΑΤ].
3. Διαλογικές αλληλεπιδράσεις που επηρεάζονται/ εκφράζονται από τον κονστραξιονισμό (constructionism) : αποδόμηση Μοντέλου [ΑΜ] και πραγματοποίηση αλλαγών [ΠΑ].
4. Διαλογικές αλληλεπιδράσεις που επηρεάζονται/ εκφράζονται από την επιχειρηματολογία (argumentation) : επιχείρημα [ΕΠΙ], επεξήγηση [ΕΠΕ], ερώτηση [ΕΡΩ], υποστήριξη [ΥΠΟ], αντίθεση [ΑΝΤ].
5. Χαρακτηριστικά του λογισμικού : Ανατροφοδότηση λογισμικού [ΑΛ] , Εργονομία της Οθόνης Διεπαφής [ΕΡΓ] και Εμπειρία του χρήστη [ΕΧ].

3.3. Ανάλυση δεδομένων και Αποτελέσματα

3.3.1. Φάση Α: Pre – Test

Φάση Α : Σε αυτή τη φάση ο στόχος ήταν να εξακριβωθούν οι αρχικές ιδέες/παρανοήσεις που έχουν οι μαθητές σχετικά με τα υπό μελέτη θέματα. Πρέπει να σημειώσουμε ότι οι μαθητές απάντησαν ατομικά σε αυτό το τεστ.

Ερώτηση 1 : Τι είναι το φωτόνιο και τι το μήκος κύματος του φωτονίου?

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
1	Είναι το κβάντο σωματιδίων στην κβαντομηχανική
2	Είναι το κβάντο σωματιδίων στην κβαντομηχανική και στη φυσική κάποιων σωματιδίων όταν αυτό αναφέρεται στο φως

1	Είναι ένα μόριο που έχει τη δυνατότητα να εκπέμπει φως. Το μήκος κύματος του φωτονίου είναι το φάσμα μέσα στο οποίο έχει τη δυνατότητα να εκπέμπει ως το φωτόνιο
2	Είναι είδος μικροσωματιδίου που εκπέμπει φως.
1	Το φωτόνιο είναι θετικά φορτισμένο ηλεκτρόνιο.
1	Φωτόνιο είναι ένα μόριο και μήκος κύματος του φωτονίου είναι η καταγραφή μιας περιόδου.

Πίνακας 1 : απαντήσεις των μαθητών - Pre test

Παρατηρούμε ότι οι μαθητές έδωσαν διάφορες απαντήσεις. Οι απαντήσεις που έδωσαν ήταν οι αναμενόμενες καθώς θα ήταν αρκετά δύσκολο για κάποιον από τους μαθητές να γράψει όλες τις ιδιότητες του φωτονίου και έτσι να το ορίσει σωστά. Ως σωστές μπορούμε να πάρουμε τις δύο πρώτες απαντήσεις και την προτελευταία απάντηση (30%). Αξίζει να σημειωθεί ότι κάποιοι μαθητές απάντησαν ότι το φωτόνιο είναι ένα μόριο ενώ και ένας μαθητής απάντησε ότι το φωτόνιο είναι θετικά φορτισμένο ηλεκτρόνιο. Δεν απάντησε 1 μαθητής

Ερώτηση 2 : Ποια τα όρια μήκους κύματος στην περιοχή του ορατού φωτός ?

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
2	Τα όρια είναι από $10^{-6} - 10^6$
1	Τα όρια του μήκους κύματος στην περιοχή του ορατού φωτός είναι αυτά τα οποία παίρνουν τιμές στις οποίες μπορείς να τα δεις.
1	Τα όρια του μήκους κύματος στην περιοχή του ορατού φωτός έχουν να κάνουν με το περιβάλλον που υπάρχει γύρω από αυτό.
1	Το ορατό φως είναι το λευκό φως και είναι τα χρώματα που βλέπουμε

1	Μέχρι 700 nm
5	Κενό (Δεν απάντησαν)

Πίνακας 2 : απαντήσεις των μαθητών - Pre test

Σε αυτήν την ερώτηση παρατηρούμε ότι οι μισοί μαθητές δεν έδωσαν απάντηση. Από τους υπόλοιπους μαθητές ένας περιέγραψε τι είναι η περιοχή του ορατού φωτός. Πιο κοντά στην σωστή απάντηση (400nm με 700nm) είναι η απάντηση μέχρι 700 nm αλλά και αυτή δεν μπορούμε να την πάρουμε ως σωστή απάντηση.

Ερώτηση 3 : Ποια η διαφορά του μονοχρωματικού με το λευκό φως ?

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
2	Το λευκό φως έχει τη δυνατότητα να εκπέμπεται σε μεγαλύτερο φάσμα μηκών κύματος.
1	Το μονοχρωματικό φως είναι μόνο ένα χρώμα ενώ το λευκό φως είναι το άσπρο φως.
1	Η διαφορά του μονοχρωματικού φωτός σε σχέση με το λευκό είναι η αντίθετη εκπομπή φωτός που ανάλογα με αυτό είναι ικανό να επηρεάσει το χρώμα των αντικειμένων.
1	Λευκό φως είναι όλα τα χρώματα μαζί ενώ μονοχρωματικό μόνο ένα.
2	Το λευκό φως περιέχει όλα τα χρώματα του ουράνιου τόξου
1	Το λευκό φως αποτελείται από πολλά χρώματα.
1	Αποτελείται από πολλές φασματικές γραμμές
1	Κενό (Δεν απάντησε)

Πίνακας 3 : απαντήσεις των μαθητών - Pre test

Παρατηρούμε και εδώ ποικιλία απαντήσεων. Οι περισσότερες απαντήσεις κάνουν σωστές διατυπώσεις σχετικά με το λευκό φως αλλά δεν απαντούν σωστά στην

ερώτηση. Ως σωστή παίρνουμε την απάντηση «Λευκό φως είναι όλα τα χρώματα μαζί ενώ μονοχρωματικό μόνο ένα» που αφορά την ουσία της διαφοράς μεταξύ μονοχρωματικού και λευκού φωτός(10%). Όπως ήταν αναμενόμενο κανένας από τους μαθητές δεν έκανε αναφορά σε φωτόνια και μήκος κύματος φωτονίων. Ένας μαθητής δεν έδωσε απάντηση

Ερώτηση 4 : Τι είναι το φάσμα εκπομπής ?

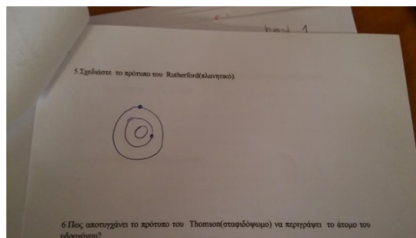
Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
1	Πως εκπέμπεται το φως όταν περάσει μέσα από ένα φάσμα (πρίσμα)
1	Το εύρος μέσα στο οποίο κυμαίνεται το μήκος κύματος
2	Είναι η ορατή ακτινοβολία του φωτός από τον άνθρωπο
2	Είναι το μήκος κύματος εκείνο στο οποίο ξεκινά να εκπέμπεται φως
1	Το φάσμα εκπομπής είναι η μετάδοση κάποιας ενέργειας σε κάποιο χρονικό διάστημα καθώς και σε κάποια περίοδο
4	Κενό (Δεν απάντησε)

Πίνακας 4 : απαντήσεις των μαθητών - Pre test

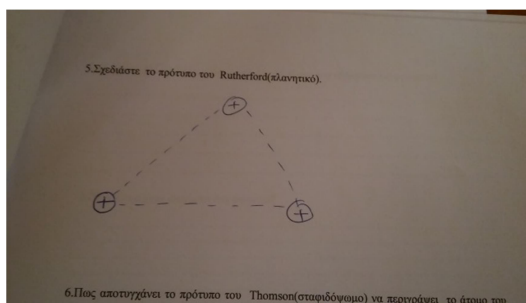
Όπως ήταν αναμενόμενο περίπου οι μισοί μαθητές δεν απάντησαν σε αυτήν την ερώτηση. Από τους μαθητές που απάντησαν κανένας δεν έδωσε κάποια σωστή απάντηση , ενώ καμία απάντηση δεν περιείχε κάποιο σωστό στοιχείο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι μαθητές αφενός δεν έχουν συναντήσει ξανά την έννοια φάσμα εκπομπής στο σχολείο και αφετέρου αφορά μια έννοια η οποία δεν σχετίζεται με την καθημερινή ζωή.

Ερώτηση 5 : Σχεδιάστε το πρότυπο του Rutherford(πλανητικό).

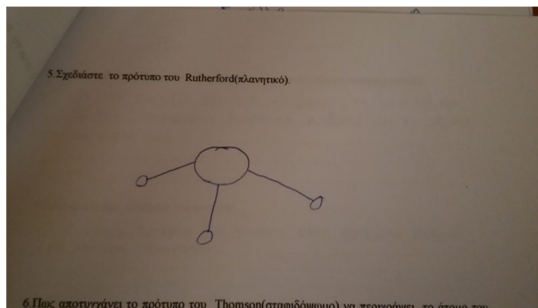
Απάντηση 1 :



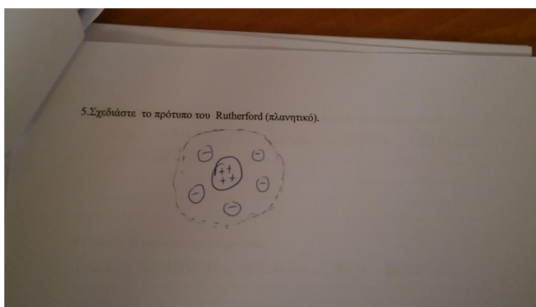
Απάντηση 2 :



Απάντηση 3 :



Απάντηση 4 :



Εδώ βλέπουμε ότι υπάρχουν 4 είδη απαντήσεων. Οχτώ μαθητές έδωσαν τις απαντήσεις 1 και 4 (συγκεκριμένα τρεις έδωσαν την απάντηση 4 και πέντε την απάντηση 1). Ένας μαθητής έδωσε την απάντηση 2 και ένας την απάντηση 3. Και εδώ όπως ήτα αναμενόμενο οι περισσότεροι μαθητές έδωσαν σωστές απαντήσεις (απαντήσεις 1 και 4, ποσοστό 80%). Σχεδίασαν στο κέντρο τον πυρήνα του ατόμου και γύρω από αυτόν τα ηλεκτρόνια. Μάλιστα κάποιοι μαθητές σε αντιστοιχία με το πλανητικό πρότυπο σχεδίασαν και διαφορετικές τροχιές ανάλογα με την απόσταση από τον πυρήνα πάνω στις οποίες κινούνται τα ηλεκτρόνια. Ιδιαίτερη εντύπωση προκαλούν οι απαντήσεις 3 και 4. Ιδιαίτερα στην 3 δεν υπάρχει κάπου σχεδιασμένος ο πυρήνας. Ίσως ο μαθητής να θεωρεί ότι οριοθετείται από τα τρία φορτία με το πρόσημο «συν».

Ερώτηση 6 : Πως αποτυγχάνει το πρότυπο του Thomson (σταφιδόσωμο) να περιγράψει το άτομο του υδρογόνου?

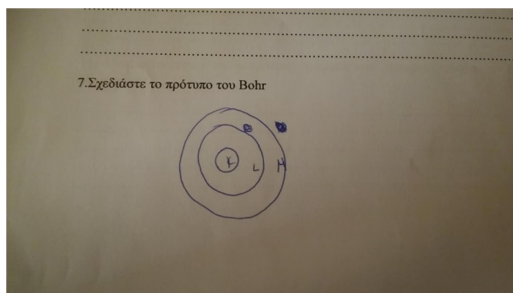
Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
3	Τα ηλεκτρόνια βρίσκονται σε κυκλικές τροχιές γύρω από το άτομο.
7	Κενό (Δεν απάντησαν)

Πίνακας 5 : απαντήσεις των μαθητών - Pre test

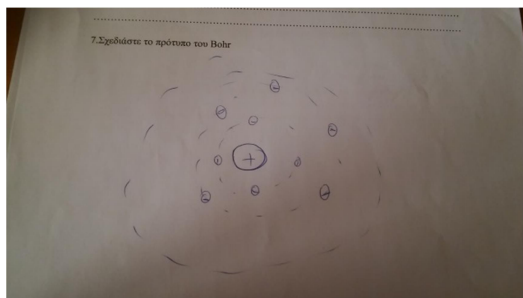
Σε αυτήν την ερώτηση ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών δεν απάντησε (70%). Ακόμα και οι μαθητές που απάντησαν δεν έδωσαν απάντηση. Αυτό μας δείχνει ότι παρόλο που οι μαθητές έχουν διδαχθεί το πρότυπο του Thompson σε προηγούμενη τάξη δεν θυμούνται λεπτομέρειες σχετικά με το μοντέλο.

Ερώτηση 7 : Σχεδιάστε το πρότυπο του Bohr

Απάντηση 1 :



Απάντηση 2 :



Και σε αυτήν την ερώτηση παρατηρούμε ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών να μην απαντάει (6/10). Αντίθετα οι μαθητές που απάντησαν δήλωσαν στον ερευνητή ότι είχαν μνήμη από το μοντέλο του Bohr και για αυτό και οι δύο απαντήσεις που έδωσαν ήταν σωστές. Συγκεκριμένα στις απαντήσεις αυτές βλέπουμε στο κέντρο τον πυρήνα και γύρω από αυτόν τα ηλεκτρόνια πάνω σε διαφορετικές «τροχιές». Μάλιστα στην απάντηση 1 οι μαθητές (2) έχουν βάλει και τα σωστά ονόματα στις «τροχιές» οι οποίες ονομάζονται στοιβάδες.

Ερώτηση 8 : Τι θα συμβεί αν ρίξουμε ένα φωτόνιο στο άτομο του υδρογόνου (πραγματικό).

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
2	Θα απορροφήσει το φωτόνιο.
1	Θα το φορτίσει, αλλάζοντας τη δομή του, άρα θα έχει διαφορετική δυνατότητα σύνδεσης με ότι βρίσκεται γύρω του.
2	Θα γίνει κάποια αντίδραση
1	Διάσπαση υδρογόνου
4	Κενό (Δεν απάντησαν)

Πίνακας 6 : απαντήσεις των μαθητών - Pre test

Σε αυτή την ερώτηση παρατηρούμε μια ποικιλία απαντήσεων. Δύο μαθητές έδωσαν την γενικά απάντηση ότι θα γίνει κάποια αντίδραση. Ένας μαθητής είπε ότι θα διασπαστεί το υδρογόνο, δύο είπαν ότι το φωτόνιο θα απορροφηθεί από το υδρογόνο ενώ και τέσσερις μαθητές δεν απάντησαν. Τέλος ένας μαθητής απάντησε ότι το φωτόνιο θα φορτίσει το άτομο του υδρογόνου αλλάζοντας τη δομή του. Από τις απαντήσεις αυτές θα πάρουμε ως σωστή την απάντηση «Θα απορροφήσει το φωτόνιο». Ως σωστή ίσως να μπορούσε να θεωρηθεί και η απάντηση θα γίνει κάποια αντίδραση αλλά είναι αρκετά γενική και για αυτό δεν εκλαμβάνεται ως τέτοια. Επομένως το ποσοστό των σωστών απαντήσεων είναι 20%.

Ερώτηση 9 : Πότε ένα άτομο εκπέμπει ένα φωτόνιο?

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
1	Όταν ένα ηλεκτρόνιο αλλάζει στοιβάδα και αλλάζει η ενεργεία του ηλεκτρονίου. Η διαφορά ενέργειας είναι η εκπομπή του φωτονίου.
1	Το άτομο εκπέμπει φωτόνιο μόνο όταν έρθει σε επαφή με ένα

	ηλεκτρόνιο το οποίο βρίσκεται μέσα στο υδρογόνο.
2	Ένα άτομο εκπέμπει ένα φωτόνιο όταν αλληλεπιδράσει μαζί του.
1	Εκπέμπει ένα φωτόνιο όταν υπάρχει φως.
1	Όταν αφαιρείται από αυτό ένα φωτόνιο.
1	Ένα άτομο εκπέμπει ένα φωτόνιο όταν φορτίζεται θετικά με ανιόντα υδρογόνου
3	Κενό (Δεν απάντησαν)

Πίνακας 7 : απαντήσεις των μαθητών - Pre test.

Σε αυτή την ερώτηση οι μαθητές έχουν δώσει διάφορες απαντήσεις και κάποιες από αυτές έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Αρχικά θεωρούμε σωστές τις εξής απαντήσεις : α) «Όταν ένα ηλεκτρόνιο αλλάζει στοιβάδα και αλλάζει η ενεργεία του ηλεκτρονίου και β) «Το άτομο εκπέμπει φωτόνιο μόνο όταν έρθει σε επαφή με ένα ηλεκτρόνιο το οποίο βρίσκεται μέσα στο υδρογόνο». Η πρώτη από τις δύο είναι πιο πλήρης αλλά και η δεύτερη αν και δεν είναι τόσο καλά διατυπωμένη είναι και αυτή σωστή καθώς αναφέρει ότι για να γίνει εκπομπή ενός φωτονίου είναι απαραίτητη η αλληλεπίδραση του φωτονίου με το άτομο και συγκεκριμένα με το ηλεκτρόνιο. Η απάντηση «Ένα άτομο εκπέμπει ένα φωτόνιο όταν αλληλεπιδράσει μαζί του» αν και είναι σωστή είναι αρκετά γενική. Τρεις μαθητές δεν έδωσαν κάποια απάντηση. Οι 3 απαντήσεις που μένουν είναι λανθασμένες. Από αυτές ενδιαφέρον έχει η απάντηση «Ένα άτομο εκπέμπει ένα φωτόνιο όταν φορτίζεται θετικά με ανιόντα υδρογόνου». Στην απάντηση αυτή ο μαθητής θεωρεί ότι το ανιόν υδρογόνου μπορεί να φορτίσει θετικά ένα άλλο άτομο του υδρογόνου και έτσι να γίνει εκπομπή ενός φωτονίου. Αν και είναι λάθος ο μαθητής φαίνεται να έχει γνώσεις πάνω στο αντικείμενο καθώς δεν έχουμε κάνει κάποια αναφορά σε ανιόντα και κατιόντα.

Ερώτηση 10 : Τι σημαίνει η φράση ένα άτομο διεγείρεται?

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
1	Σημαίνει ότι το άτομο μεταφέρεται.
1	Ότι αφαιρείται η προστίθεται ένα ηλεκτρόνιο.
2	Σημαίνει ότι αλλάζει θέση μέσα στο μόριο, αλληλεπιδρώντας με άλλα άτομα και αλλάζοντας τη δομή του μορίου.
1	Σημαίνει ότι παίρνει διέγερση μόνο του χωρίς την βοήθεια κάποιου.
1	Αλληλεπιδρά με κάτι με αποτέλεσμα να διεγείρεται και να οδηγεί σε κάποια ενέργεια.
1	Σημαίνει ότι ένα άτομο αλλάζει σύσταση
3	Φορτίζεται θετικά

Πίνακας 8 : απαντήσεις των μαθητών - Pre test

Και σε αυτήν την ερώτηση υπάρχουν διάφορες απαντήσεις. Σωστή θεωρούμε μόνο μια απάντηση. Συγκεκριμένα είναι η εξής απάντηση «Αλληλεπιδρά με κάτι με αποτέλεσμα να διεγείρεται και να οδηγεί σε κάποια ενέργεια.» Ο μαθητής που έδωσε την απάντηση σε συζήτηση που είχε με τον ερευνητή δεν ήταν σίγουρος αν η αλληλεπίδραση θα οδηγήσει σε αύξηση ή μείωση της ενέργειας. Περισσότερο έκλινε προς την αύξηση της ενέργειας καθοδηγούμενος από την ίδια την λέξη. Η απάντηση «Σημαίνει ότι αλλάζει θέση μέσα στο μόριο, αλληλεπιδρώντας με άλλα άτομα και αλλάζοντας τη δομή του μορίου» αν και είναι λάθος έχει μια λογική και εμπεριέχει κάποια επιχειρηματολογία. Το ίδιο ισχύει και για την απάντηση «Σημαίνει ότι ένα άτομο αλλάζει σύσταση». Τρεις μαθητές απάντησαν ότι το άτομο φορτίζεται θετικά. Γενικά από τα pre-test φαίνεται ότι υπάρχει μια σύγχυση σχετικά με το φορτίο του ατόμου και το ρόλο του φωτονίου σε αυτό.

Ερώτηση 11 : Πως προκύπτουν οι φασματικές γραμμές στο γραμμικό φάσμα του ατόμου του υδρογόνου?

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
2	Μετά από ανάκλαση των ακτίνων του φωτός μέσα από γυαλί
1	Οι φασματικές γραμμές προκύπτουν από την “δραστηριότητα” του ατόμου του υδρογόνου με αποτέλεσμα να τις δημιουργούν.
7	Κενό (Δεν απάντησαν)

Πίνακας 9 : απαντήσεις των μαθητών - Pre test

Όπως ήταν αναμενόμενο και σε αυτή την ερώτηση το μεγαλύτερο μέρος των μαθητών δεν έδωσε απάντηση. Όπως και στην ερώτηση 4 που είχε να κάνει με το φάσμα εκπομπής οι μαθητές είτε δεν απάντησαν είτε έδωσαν λανθασμένες απαντήσεις. Όπως αναφέρθηκε αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι μαθητές είναι ίσως η πρώτη φορά που συναντούν τις έννοιες φάσμα και φασματικές γραμμές. Η 2^η απάντηση μπορεί να θεωρηθεί σωστή αλλά είναι πολύ γενική.

3.3.2. Ανάλυση απαντήσεων του φύλλου εργασίας

Σε αυτό το σημείο θα αναλύσουμε τις απαντήσεις που έγραψαν οι μαθητές στο φύλλο εργασίας τους κατά την αλληλεπίδρασή τους με τους μικρόκοσμους. Η συμπλήρωση τους φύλλου εργασίας ήταν ομαδική.

Δραστηριότητα 2 : Τι είναι το φωτόνιο και από τι εξαρτάται το χρώμα του.

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
2	Είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Είναι το κβάντο του φωτός.
2	Είναι το κβάντο στην κβαντομηχανική και στη φυσική. Αναφέρεται στο φως και στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Είναι φορέας της ηλεκτρομαγνητικής αλληλεπίδρασης.

1	Φωτόνιο είναι το κβάντο το οποίο αναφέρεται στο φως και αποτελεί ένα στοιχειώδες σωματίδιο χωρίς μάζα ή φορτίο το οποίο οδηγεί σε ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις. Το χρώμα του εξαρτάται από το μήκος κύματος.
---	---

Πίνακας 10 : απαντήσεις των μαθητών – Φύλλο εργασίας.

Σε αυτή την δραστηριότητα οι μαθητές έπρεπε να αναζητήσουν πληροφορίες στο διαδίκτυο. Όλες οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές είναι σωστές. Βέβαια οι 2 τελευταίες απαντήσεις έχουν περισσότερες πληροφορίες και είναι πιο πλήρης σε σχέση με την πρώτη η οποία είναι κάπως λακωνική. Από τις 2 τελευταίες απαντήσεις πληρέστερη είναι η ακόλουθη «Φωτόνιο είναι το κβάντο το οποίο αναφέρεται στο φως και αποτελεί ένα στοιχειώδες σωματίδιο χωρίς μάζα ή φορτίο το οποίο οδηγεί σε ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις. Το χρώμα του εξαρτάται από το μήκος κύματος» καθώς περιέχει και πληροφορίες και για το χρώμα.

Δραστηριότητα 4: Ρίξτε σύνθετη ακτινοβολία στο άτομο του υδρογόνου. Παρατηρήστε και καταγράψτε τι συμβαίνει..

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
1	Όταν ρίχνουμε σύνθετη ακτινοβολία, τα περισσότερα τα απορροφάει και στη συνέχεια αντιδρά σαν να το πετά στο γύρω περιβάλλον. Κάποιες φορές μάλιστα το ξαναπετά.
2	Η ακτινοβολία ανακλάται και αλλάζει χρώμα κάποιες φορές. Κάποιες άλλες φορές κινείται σταθερά.
1	Προφανώς τα φωτόνια συγκρούονται με το άτομο του υδρογόνου και εμφανίζονται παράγωγα σύγκρουσης τα οποία μερικές φορές είναι χρωματισμένα.
1	Όταν ρίχνουμε σύνθετη ακτινοβολία στο άτομο του υδρογόνου παρατηρούμε ότι η γωνία πρόσπτωσης και ανάκλασης είναι ίδιες (45 μοίρες)

Σε αυτήν την δραστηριότητα οι μαθητές ουσιαστικά έπρεπε να παρατηρήσουν και να καταγράψουν την συμπεριφορά του πραγματικού ατόμου του υδρογόνου. Εδώ ουσιαστικά δεν υπάρχει σωστή απάντηση. Οι πρώτες τρεις απαντήσεις μπορούν να πούμε ότι είναι σωστές καθώς παρατηρούν αυτό το οποίο μας ενδιαφέρει να μελετήσουν οι μαθητές δηλαδή το πώς αλληλεπιδρούν τα φωτόνια με το άτομο του υδρογόνου και την αλλαγή του μήκους κύματος (χρώματος) κάποιων φωτονίων. Στην τελευταία απάντηση η ομάδα επικεντρώθηκε στην γωνία πρόσπτωσης και της ανάκλασης. Αυτό βέβαια μπορεί να οφείλεται και στον τρόπο που είναι σχεδιασμένο το λογισμικό.

Δραστηριότητα 5: Για ποιο λόγο πιστεύεις ότι τα φωτόνια κάνουν αυτή την κίνηση?

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
1	Καθώς περνά απορροφά ισχύ και στη συνέχεια αφού μαζέψει την απαιτούμενη ισχύ, απομακρύνει τα άλλα φωτόνια. Ίσως με την ισχύ αυτή που απορροφά δημιουργεί κάποιο επιπλέον φωτόνιο.
1	Η κίνηση των φωτονίων εξαρτάται από το υλικό που διαπερνούν τα φωτόνια, από το φορτίο τους και από την ενέργειά τους.
1	Η σύγκρουση που πραγματοποιείται οδηγεί κάθε φορά σε διαφορετικά κίνηση των φωτονίων η οποία προφανώς εξαρτάται από την ύπαρξη η μη λευκού φωτός και των αλληλεπιδράσεων με το άτομο του υδρογόνου.
1	Γιατί η ακτινοβολία δεν συναντάει τριβή με το μέσο που βρίσκεται το υδρογόνο.
1	Λόγω της ενέργειας που μεταβάλλεται μετά τη σύγκρουσή τους με τον πυρήνα του υδρογόνου.

Σε αυτήν την δραστηριότητα οι ομάδες έπρεπε να διατυπώσουν υποθέσεις σχετικά με την συμπεριφορά του ατόμου του υδρογόνου. Όλες οι υποθέσεις χρησιμοποιούν έναν συνδυασμό των στοιχείων που έχουν αναφερθεί σε προηγούμενες δραστηριότητες. Η μόνη υπόθεση που διαφοροποιείται είναι η ακόλουθη «Γιατί η η ακτινοβολία δεν συναντάει τριβή με το μέσο που βρίσκεται το υδρογόνο». Σε αυτή την υπόθεση η ομάδα των μαθητών θεώρησε ότι η κίνηση του φωτονίου έχει να κάνει με την δύναμη της τριβής.

Δραστηριότητα 8 : Στη δραστηριότητα 8 οι μαθητές έπρεπε για 6 μοντέλα να πουν κατά πόσο συμφωνούν με το πραγματικό μοντέλο του ατόμου του υδρογόνου και να περιγράψουν τον πυρήνα του ατόμου.

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών / Billiard Model
1	Ο πυρήνας είναι σαν τοίχος και διώχνει το φωτόνιο χωρίς καμιά αλληλεπίδραση. Διαφωνεί καθώς το απωθεί αμέσως.
1	Ο πυρήνας είναι αδιαπέραστος. Δεν εισέρχεται στον πυρήνα του ατόμου και ανακλάται προς τα πίσω.
1	Μικρός ορθογώνιος πυρήνας αδιαπέραστος.
1	Ο πυρήνας δεν απορροφά φωτόνια. Στο πραγματικό μοντέλο απορροφά.
1	Το φωτόνιο δεν διαπερνά το υδρογόνο, απλώς προσκρούεται πάνω του. Δεν απορροφά, δεν αλλάζει χρώμα.

Πίνακας 13 : απαντήσεις των μαθητών – Φύλλο εργασίας

Όλες οι ομάδες των μαθητών συμφωνούν ότι δεν συμφωνεί το μοντέλο αυτό με το πραγματικό. Επίσης όλοι έχουν σημειώσει ότι ο πυρήνας είναι αδιαπέραστος.

Δραστηριότητα 8 : Στη δραστηριότητα 8 οι μαθητές έπρεπε για 6 μοντέλα να πουν κατά πόσο συμφωνούν με το πραγματικό μοντέλο του ατόμου του υδρογόνου και να περιγράψουν τον πυρήνα του ατόμου.

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών / Plum Pudding model
1	Γίνεται σύγκρουση του φωτονίου με το ηλεκτρόνιο στο εσωτερικό του πυρήνα και στη συνέχεια αλλάζει πορεία.
1	Απορροφά φωτόνια και ανακλώνται για αυτό και συμφωνεί. Ηλεκτρόνιο στο κέντρο.
1	Ο πυρήνας δέχεται το φωτόνιο και στον πυρήνα υπάρχει μια κίνηση. Δεν συμφωνεί πλήρως γιατί δίνει τα ίδια αλλά διαφέρει στο χρόνο.
1	Το κέντρο του πυρήνα αναπαρίσταται με κόκκινο χρώμα και είναι διαπερατός. Κάθε φωτόνιο εισέρχεται στον πυρήνα, διαστέλλεται και φεύγει προς άλλη κατεύθυνση. Δεν συμφωνεί πλήρως.
1	Μικρός τετράγωνος που αποτελείται από ένα ηλεκτρόνιο. Βρίσκεται σε συμφωνία. Έχουν παρόμοια αποτελέσματα.

Πίνακας 14 : απαντήσεις των μαθητών - Φύλλο εργασίας

Στο μοντέλο αυτό οι απαντήσεις διαφέρουν αισθητά. Αρχικά κάποιες ομάδες έχουν γράψει ότι υπάρχει συμφωνία με το πραγματικό άτομο του υδρογόνου ενώ άλλες όχι. Κάποιες ομάδες έχουν σημειώσει ότι το ηλεκτρόνιο βρίσκεται στο κέντρο του πυρήνα ενώ άλλες ότι το ηλεκτρόνιο κινείται. Γενικά σε αυτό το μοντέλο κάθε ομάδα έχει συμπεριλάβει διαφορετικά στοιχεία στην απάντησή της.

Δραστηριότητα 8 : Στη δραστηριότητα 8 οι μαθητές έπρεπε για 6 μοντέλα να πουν κατά πόσο συμφωνούν με το πραγματικό μοντέλο του ατόμου του υδρογόνου και να περιγράψουν τον πυρήνα του ατόμου.

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών / Rutherford
2	Δεν συμφωνεί. Δεν βγάζει χρώματα. Ηλεκτρόνιο κινείται γύρω από τον πυρήνα.
2	Δεν απορροφά φωτόνια. Πέφτει πάνω στον πυρήνα. Διαφέρει
1	Δεν συμφωνεί δεν απορροφά και δεν βγάζει φωτόνια. Ηλεκτρόνιο γύρω από τον πυρήνα και ακουμπά πάνω του.

Πίνακας 15 : απαντήσεις των μαθητών - Φύλλο εργασίας

Εδώ υπάρχει συμφωνία των ομάδων. Όλες δίνουν μια παρόμοια περιγραφή για τον πυρήνα και συμφωνούν το πρότυπο αυτό δεν συμβαδίζει με το πραγματικό.

Δραστηριότητα 8 : Στη δραστηριότητα 8 οι μαθητές έπρεπε για 6 μοντέλα να πουν κατά πόσο συμφωνούν με το πραγματικό μοντέλο του ατόμου του υδρογόνου και να περιγράψουν τον πυρήνα του ατόμου.

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών / Bohr
1	Το φωτόνιο δίνει ενέργεια στο ηλεκτρόνιο, το οποίο του επιτρέπει να μετατοπιστεί σε στοιβάδα. Όταν καταναλωθεί όλη η ενέργεια αλλάζει το μήκος κύματος του φωτονίου και η στοιβάδα του ηλεκτρονίου. Στο πραγματικό δεν αλλάζει απαραίτητα το μήκος κύματος του φωτονίου και επίσης δεν αλληλεπιδρά με τα ηλεκτρόνια του πυρήνα..
2	Στρογγυλός πυρήνας πρωτονίων με ένα εξωτερικό ηλεκτρόνιο στην πρώτη στοιβάδα. Συμφωνεί με τα αποτελέσματα του πραγματικού

1	Ο πυρήνας είναι διαπερατός. Άλλαξε θέση το ηλεκτρόνιο και ανακλάται προς την αντίθετη κατεύθυνση.
1	Όταν η συχνότητα είναι μικρή υπάρχει κίνηση στον πυρήνα μέσω του ηλεκτρονίου. Συμφωνεί γιατί όταν η συχνότητα είναι μικρή το διώχνει ενώ όταν είναι μεγάλη το φωτόνιο προσπερνά τον πυρήνα.

Πίνακας 16 : απαντήσεις των μαθητών - Φύλλο εργασίας

Στο πρότυπο του Bohr όλες οι ομάδες εκτός από μια έγραψαν ότι συμφωνεί με το πραγματικό. Η μια ομάδα δεν έγραψε ότι δεν συμφωνεί αλλά ότι από τη στιγμή που στην προσομοίωση δεν βλέπουμε τον πυρήνα του πραγματικού ατόμου του υδρογόνου δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι ότι γίνονται ακριβώς οι ίδιες διεργασίες και στις δύο περιπτώσεις. Όσον αφορά την περιγραφή του πυρήνα κάθε ομάδα χρησιμοποιεί διαφορετικά στοιχεία του πυρήνα για να τον περιγράψει. Κάποιες ομάδες χρησιμοποιούν το δυναμικό κομμάτι της προσομοίωσης ενώ άλλες την “εικόνα” του πυρήνα.

Δραστηριότητα 8 : Στη δραστηριότητα 8 οι μαθητές έπρεπε για 6 μοντέλα να πουν κατά πόσο συμφωνούν με το πραγματικό μοντέλο του ατόμου του υδρογόνου και να περιγράψουν τον πυρήνα του ατόμου.

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών / De Broglie.
1	Αλλάζει το μέγεθος των ηλεκτρονίων διότι κρατάει ισχύ και την δίνει σταδιακά σαν φωτόνιο. Ενώ όταν πηγαίνει φωτόνιο με μεγαλύτερη ισχύ το απορρίπτει. Συμφωνεί.
2	Ο πυρήνας είναι ημιδιαπερατός. Αυξάνεται το πεδίο των ηλεκτρονίων
2	Στρόγγυλος πυρήνας πρωτονίων με εξωτερική στοιβάδα μεταβαλλόμενη στοιβάδα ηλεκτρονίων Βρίσκεται σε συμφωνία καθώς τα αποτελέσματα φαίνονται παρόμοια.

Πίνακας 17 : απαντήσεις των μαθητών - Φύλλο εργασίας

Στο μοντέλο του De Broglie οι μαθητές μπερδεύτηκαν αρκετά με τον τρόπο απεικόνισης του ηλεκτρονίου. Δεν ήξεραν πως αν εξηγήσουν την διαφορά αυτή σε σχέση με το μοντέλο του Bohr. Οι 3 από τις 5 ομάδες πιστεύουν ότι το πρότυπο αυτό είναι σε συμφωνία με το πραγματικό. Οι άλλες δύο ομάδες δεν έχουν γράψει αν είναι σε συμφωνία ή όχι.

Δραστηριότητα 9 : Χρησιμοποιώντας τα κουμπιά Φάσμα και ενεργειακές στάθμες μπορείς να δικαιολογήσεις τι συμβαίνει στο ηλεκτρόνιο?

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
1	Το φωτόνιο δίνει ενέργεια στο ηλεκτρόνιο e η οποία του επιτρέπει να αλλάξει στοιβάδα, να απομακρυνθεί από τον πυρήνα και να αλλάξει μήκος κύματος.
2	Αλλάζοντας στοιβάδες, αλλάζει και χρώματα. Η σύνθετη ακτινοβολία εκπέμπει φωτόνια διαφορετικού μήκους κύματος.
1	Το φωτόνιο απομακρύνεται από το κέντρο του πυρήνα και ανακλάται. Καθώς συμβαίνει αυτό αλλάζει ενεργειακή στάθμη.
1	Το ηλεκτρόνιο αλλάζει ενεργειακή στάθμη ανάλογα με το μήκος κύματος. Σε χαμηλό μήκος κύματος παρατηρούμε τη μεγαλύτερη μεταβολή καθώς το ηλεκτρόνιο αλλάζει 2 φορές ενεργειακή στάθμη.

Πίνακας 18 : απαντήσεις των μαθητών - Φύλλο εργασίας

Στην δραστηριότητα αυτή οι μαθητές επιχειρούν να δώσουν μια πρώτη εξήγηση για το τι συμβαίνει στο άτομο του υδρογόνου. Στις πρώτες δύο απαντήσεις οι ομάδες θεωρούν ότι με την μετακίνηση του ηλεκτρονίου στις στοιβάδες παράγονται φωτόνια τα οποία σε κάποιες περιπτώσεις είναι και διαφορετικού χρώματος. Μια ομάδα δείχνει να βρίσκεται σε κάποια σύγχυση καθώς θεωρεί ότι το φωτόνιο είναι αυτό που απομακρύνεται από τον πυρήνα και αλλάζει ενεργειακή στάθμη. Τέλος μια ομάδα σημειώνει ότι όταν το μήκος κύματος είναι χαμηλό τότε το ηλεκτρόνιο αλλάζει ενεργειακή στάθμη 2 φορές.

Δραστηριότητα 9i : Αναζητήστε στο διαδίκτυο και διαβάστε για τη σειρά Lyman. Τι πιστεύεις ότι συμβαίνει στο ηλεκτρόνιο?

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
1	Σε χαμηλά μήκη κύματος το ηλεκτρόνιο απομακρύνεται περισσότερο από την αρχική του θέση πριν επιστρέψει και πάλι σε αυτή κάτι που σύμφωνα με τη σειρά Lyman μας δείχνει ότι υπάρχει μεγαλύτερη ενέργεια άρα και διέγερση του ηλεκτρονίου.
1	Σύμφωνα με τη σειρά Lyman το ηλεκτρόνιο μεταφέρεται σε μικρότερα επίπεδα ενέργειας από $n \geq 2$ σε $n=1$. Το φωτόνιο ξεκινάει με $n=1$ και το ηλεκτρόνιο το μετακινεί πάντα με $n \geq 2$.
2	Σχετίζεται με την ενέργεια που χρειάζεται το ηλεκτρόνιο για να κινηθεί.
1	Όσο μεγαλώνει το μήκος κύματος μεγαλώνει και η διαφορά των κβαντικών αριθμών.

Πίνακας 19 : απαντήσεις των μαθητών - Φύλλο εργασίας

Στην δραστηριότητα αυτή οι μαθητές προσπαθούν να επαναδιατυπώσουν τις παραπάνω απαντήσεις τους διαβάζοντας στο διαδίκτυο για τη φασματική σειρά Lyman. Δυο ομάδες αν και λακωνικές στην απάντησή τους γράφουν ότι η σειρά Lyman έχει να κάνει με την ενέργεια που χρειάζεται το ηλεκτρόνιο για να κινηθεί. Μια ομάδα γράφει ότι ο κβαντικός αριθμός εξαρτάται από το μήκος κύματος. Ακόμα, μια άλλη ομάδα απαντάει ότι το ηλεκτρόνιο μεταφέρεται από ενεργειακές στάθμες μεγαλύτερες ή ίσες του 2 στην ενεργειακή στάθμη 1. Από αυτές τις μεταβάσεις παράγεται η σειρά Lyman.

Δραστηριότητα 9ii : Αναζητήστε στο διαδίκτυο και διαβάστε για τη σειρά Balmer. Τι πιστεύεις ότι συμβαίνει στο ηλεκτρόνιο.

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
1	Όσο μεγαλώνει η διαφορά κβαντικών αριθμών το μήκος κύματος μικραίνει.
2	Για $n \geq 3$ η τροχιά επιστρέφει σε $n=2$. Το φωτόνιο ξεκινάει σε τροχιά με $n=2$ και το ηλεκτρόνιο το μετακινεί με $n \geq 3$.
2	Ανάλογα με το πλήθος των στοιβάδων που χρειάζεται το ηλεκτρόνιο να διανύσει πριν μεταβεί στην αρχική του θέση εκπέμπει και διαφορετικού χρώματος φωτόνιο.

Πίνακας 20 : απαντήσεις των μαθητών - Φύλλο εργασίας

Η σειρά Blamer φαίνεται να μπέρδεψε λίγο τις ομάδες. Δύο ομάδες γράφουν ότι στη σειρά Balmer το ηλεκτρόνιο επιστρέφει από στοιβάδες μεγαλύτερες ή ίσες του 3 στη στοιβάδα 2. Ακόμα γράφουν “το φωτόνιο ξεκινάει σε τροχιά με $n=2$ και το ηλεκτρόνιο το μετακινεί με $n \geq 3$ ” κάτι το οποίο δεν βγάζει κάποιο νόημα. Επίσης μια ομάδα γράφει ότι “όσο μεγαλώνει η διαφορά κβαντικών αριθμών το μήκος κύματος μικραίνει”. Τέλος 2 ομάδες γράφουν ότι το χρώμα του φωτονίου που εκπέμπεται εξαρτάται από το πλήθος των στοιβάδων από τις οποίες περνάει το ηλεκτρόνιο πριν επιστρέψει στην αρχική του στοιβάδα.

3.3.3. Φάση Γ: Post – Test

Σε αυτή τη φάση είχαμε ως στόχο να εξακριβώσουμε πως μεταβλήθηκαν οι αρχικές ιδέες/παρανοήσεις που είχαν οι μαθητές, πριν από τη διδακτική μας παρέμβαση.

Ερώτηση 1 : Τι είναι το φωτόνιο και τι το μήκος κύματος του φωτονίου?

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
2	Το φωτόνιο είναι ένα είδος ηλεκτρισμού και το μήκος κύματος είναι η συχνότητα με την οποία κινείται.

1	Το φωτόνιο το χρησιμοποιούμε για τις χρωματικές μας επιλογές. Το μήκος κύματος είναι η συχνότητα των φωτονίων που ανάλογα με αυτή μας παρέχει κάποια χρώματα.
2	Είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Μήκος κύματος είναι το εύρος του φάσματος στο οποίο εκπέμπεται.
3	Το φωτόνιο είναι το κβάντο στην κβαντομηχανική και στη φυσική των στοιχειωδών σωματιδίων όταν αυτό αναφέρεται στο φως και γενικότερα στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ως φορέας των ηλεκτρομαγνητικών αλληλεπιδράσεων.
1	Φωτόνιο είναι κάθε άτομο φωτός (κβάντο). Μήκος κύματος είναι οι γραμμές στις οποίες βρίσκεται το ορατό φως.
1	Φωτόνιο είναι ένα στοιχειώδες σωματίδιο με μήκος κύματος.

Πίνακας 21 : απαντήσεις των μαθητών – Post Test

Οι μαθητές σε αυτή την ερώτηση απάντησαν κατά κύριο λόγο σωστά. Συγκεκριμένα μπορούμε να θεωρήσουμε 9 από τις 10 απαντήσεις σωστές (90%). Οι σωστές απαντήσεις έδωσαν διάφορες πληροφορίες για το φωτόνιο. Έτσι άλλες αναφέρθηκαν ότι αποτελεί το κβάντο της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ενώ άλλες ανέφεραν το μήκος κύματος και την συχνότητα του φωτονίου. Ένας μόνο μαθητής ανέφερε ότι το φωτόνιο είναι ένα είδος ηλεκτρισμού και το μήκος κύματος αφορά την κίνηση του φωτονίου.

Ερώτηση 2 : Ποια τα όρια μήκους κύματος στην περιοχή του ορατού φωτός.?

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
1	Τα όρια είναι από 380 nm
2	Τα όρια είναι από 380 έως 500 nm.

2	Τα όρια είναι από 10^{-6} – 10^6
4	Από 450nm – 750nm
1	Από 350nm – 760nm

Πίνακας 22 : απαντήσεις των μαθητών – Post Test

Σε αυτή την ερώτηση σωστές μπορούμε να θεωρήσουμε τις απαντήσεις από 450nm-750 και 350nm -760 nm. Το ορατό φάσμα είναι μεταξύ 400nm και 700nm αλλά θεωρούμε ότι η απόκλιση 50nm δεν είναι σημαντική. Επομένως το 50% των απαντήσεων ήταν σωστές. Μία απάντηση ξεκίνησε από τα 380 αλλά δεν αναφερόταν σε άλλο όριο ενώ 2 άτομα έγραψαν ότι τα όρια είναι από 10^{-6} – 10^6 , χωρίς να βάλουν μονάδα μέτρησης.

Ερώτηση 3 : Ποια η διαφορά του μονοχρωματικού με το λευκό φως?

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
3	Το μονοχρωματικό δεν είναι διαπερατό από διάφανο πρίσμα ενώ το λευκό είναι και περιλαμβάνει όλη την περιοχή του ορατού.
1	Το μονοχρωματικό φως είναι ένα σύνολο φωτονίων με ένα χρώμα και μια συχνότητα ενώ το λευκό φως είναι διαφορετικά χρώματα με διαφορετική συχνότητα.
6	Το μονοχρωματικό φως αποτελείται από ένα είδος χρώματος και το λευκό φως από μια ομάδα χρωμάτων.

Πίνακας 23 : απαντήσεις των μαθητών – Post Test

Εδώ σωστές θεωρούμε 7 από τις απαντήσεις (70%). Έξι μαθητές έδωσαν την απάντηση «Το μονοχρωματικό φως αποτελείται από ένα είδος χρώματος και το λευκό φως από μια ομάδα χρωμάτων» ενώ μόνο ένας μαθητής έδωσε την απάντηση «Το μονοχρωματικό φως είναι ένα σύνολο φωτονίων με ένα χρώμα και μια συχνότητα ενώ το λευκό φως είναι διαφορετικά χρώματα με διαφορετική συχνότητα». Η

τελευταία απάντηση είναι πιο πλήρης από την προηγούμενη αλλά θεωρούμε και τις 2 σωστές.

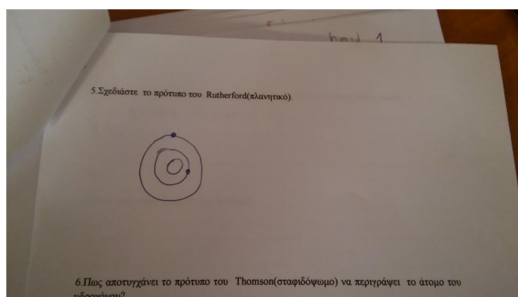
Ερώτηση 4 : Τι είναι το φάσμα εκπομπής?

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
2	Το φάσμα διαφέρει ανάλογα με τα διάφορα πρότυπα
1	Το φάσμα είναι ξεχωριστό για κάθε χρώμα και είναι η ενέργεια που εκπέμπουν.
2	Το μήκος κύματος του φωτονίου που εκπέμπεται μετά τη σύγκρουση με τον πυρήνα υδρογόνου.
1	Είναι το όριο μέσα στο οποίο εκπέμπεται το λευκό φως.
2	Είναι το σύνολο των ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών που γίνονται ορατές από τον άνθρωπο.
1	Το φάσμα εκπομπής είναι η απεικόνιση των φωτονίων καθώς και η στάθμη αυτών
1	Το φάσμα εκπομπής είναι το μέγεθος του χρώματος

Πίνακας 24 : απαντήσεις των μαθητών – Post Test

Στην ερώτηση αυτή παρατηρούμε διάφορες απαντήσεις από τους μαθητές. Δύο μαθητές απάντησαν σωστά. Η σωστή απάντηση ήταν η ακόλουθη «Το μήκος κύματος του φωτονίου που εκπέμπεται μετά τη σύγκρουση με τον πυρήνα υδρογόνου». Από τους υπόλοιπους μαθητές 2 ήταν εν μέρει σωστοί (2^η και 6^η απάντηση). Οι υπόλοιποι μαθητές αν και χρησιμοποίησαν επιστημονικές έννοιες για να εξηγήσουν το φάσμα εκπομπής έδωσαν λάθος ορισμούς.

Ερώτηση 5 : Σχεδιάστε το πρότυπο του Rutherford(πλανητικό).



Όλοι οι μαθητές απάντησαν σωστά σε αυτήν την ερώτηση. Η υποφαινόμενη εικόνα προέρχεται από την απάντηση ενός μαθητή. Οι υπόλοιποι μαθητές σχεδίασαν παραπλήσιες εικόνες.

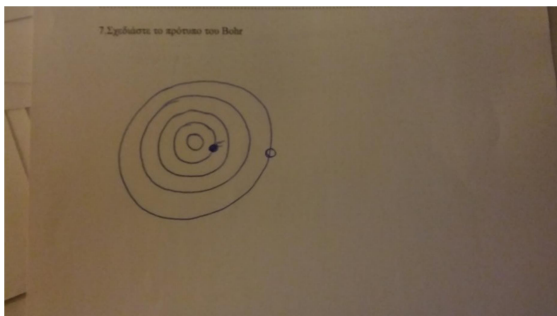
Ερώτηση 6 : Πως αποτυγχάνει το πρότυπο του Thomson (σταφιδόψωμο) να περιγράψει το άτομο του υδρογόνου?

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
2	Όταν κινείται το φωτόνιο και εισέρχεται στον πυρήνα το ηλεκτρόνιο κάνει μια σχετική κίνηση (πάνω κάτω).
2	Αποτυγχάνει διότι εστιάζουμε στην κίνηση του ηλεκτρονίου και όχι στα υπόλοιπα.
2	Δείχνει το ηλεκτρόνιο στο κέντρο του πυρήνα.
4	Κενό (Δεν απάντησαν)

Πίνακας 25 : απαντήσεις των μαθητών – Post Test

Σε αυτή την ερώτηση βλέπουμε ότι ένα μεγάλο μέρος των μαθητών δεν έδωσε απάντηση (40%). Ένας μαθητής απάντησε σωστά (Ηλεκτρόνιο στο κέντρο του πυρήνα). Τέσσερις μαθητές αναφέρθηκαν στην κίνηση του ηλεκτρονίου χωρίς όμως να δίνουν κάποιο επιχειρήμα για την απάντηση της ερώτησης.

Ερώτηση 7 : Σχεδιάστε το πρότυπο του Bohr



Όλοι οι μαθητές απάντησαν σωστά σε αυτήν την ερώτηση. Η υποφαινόμενη εικόνα προέρχεται από την απάντηση ενός μαθητή. Οι υπόλοιποι μαθητές σχεδίασαν παραπλήσιες εικόνες και κάποιοι έβαλαν και τα ονόματα των στοιβάδων K, L, M, N.

Ερώτηση 8 : Τι θα συμβεί αν ρίξουμε ένα φωτόνιο στο άτομο του υδρογόνου (πραγματικό).

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
1	Όταν υπάρχει μεγάλη συχνότητα αργεί να πάρει την απαιτούμενη ισχύ ενώ στην μικρή συχνότητα τη δέχεται αμέσως.
1	Εξαρτάται από την συχνότητα. Στις μικρές συχνότητες πετάει φωτόνια ενώ στις μεγάλες το απορρίπτει.
2	Το φωτόνιο συγκρούεται με το υδρογόνο και αλλάζει χρώμα και πορεία
1	Το φωτόνιο θα διαγράψει διαφορετικές πορείες κάθε φορά μετά τη σύγκρουσή του με τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται στον πυρήνα
3	Ανάλογα το μήκος κύματος του φωτονίου μπορεί να έχουμε εκπομπή

	φωτονίου.
2	Αν ρίξουμε ένα φωτόνιο στο άτομο του υδρογόνου τότε ο κύριος κβαντικός αριθμός θα αλλάξει, έτσι θα αλλάξει και το μήκος κύματος. Άρα και το χρώμα του.

Πίνακας 26 : απαντήσεις των μαθητών – Post Test

Σε αυτήν ερώτηση 4 μαθητές έχουν δώσει σωστές απαντήσεις (40%). Για να εκληφθεί μια απάντηση ως σωστή θα έπρεπε να γίνεται αναφορά στο γεγονός πως κάποια φωτόνια απορροφούνται και κάποια όχι. Από τις υπόλοιπες απαντήσεις 5 έκαναν αναφορά στη σύγκρουση και στην εκπομπή του φωτονίου. Η πρώτη απάντηση ήταν λανθασμένη ενώ είχε και συντακτικό πρόβλημα.

Ερώτηση 9 : Πότε ένα άτομο εκπέμπει ένα φωτόνιο?

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
1	Όταν η συχνότητα του φωτονίου είναι αυτή που το άτομο δέχεται.
1	Όταν φορτίζεται θετικά , δηλαδή υπάρχει διέγερση του ατόμου.
2	Όταν το ηλεκτρόνιο μεταβαίνει από μια υψηλότερη ενεργειακή στάθμη σε μια χαμηλότερη
3	Όταν ρίχνουμε σε αυτό σύνθετη ακτινοβολία ή μονοχρωματικό φως
2	Εκπέμπει ένα φωτόνιο όταν αυτό το απορροφάει.
1	Όταν εξέρχεται από τον πυρήνα

Πίνακας 27 : απαντήσεις των μαθητών – Post Test

Σε αυτήν την ερώτηση τρεις μαθητές απάντησαν σωστά (30%). Οι σωστές απαντήσεις ήταν οι ακόλουθες : α) «Όταν το ηλεκτρόνιο μεταβαίνει από μια υψηλότερη ενεργειακή στάθμη σε μια χαμηλότερη» και «εκπέμπει ένα φωτόνιο όταν

αυτό το απορροφάει». Πληρέστερη από τις 2 απαντήσεις είναι η πρώτη. Η δεύτερη απάντηση είναι σωστή καθώς για να έχουμε εκπομπή φωτονίου πρέπει πρώτα να απορροφηθεί ένα φωτόνιο. Σε αυτή την ερώτηση παρατηρήθηκαν κάποιες ταυτολογικές απαντήσεις οι οποίες πιθανώς να οφείλονται στο γεγονός ότι οι μαθητές ήταν κουρασμένοι, καθώς όλες οι δραστηριότητες έγιναν σε μια συνάντηση με τους μαθητές.

Ερώτηση 10 : Τι σημαίνει η φράση ένα άτομο διεγείρεται?

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
1	Ένα άτομο διεγείρεται όταν απορροφά φωτόνιο κάποιας συχνότητας και στη συνέχεια εκπέμπει φωτόνια.
3	Ένα άτομο διεγείρεται όταν δέχεται ένα φωτόνιο και αλλάζει στοιβάδα.
2	Σημαίνει ότι εκπέμπει ένα φωτόνιο.
2	Ένα άτομο διεγείρεται όταν αφαιρείται από την εξωτερική του στοιβάδα ένα ηλεκτρόνιο.
1	Σημαίνει ότι αλλάζει η κατεύθυνση του φωτονίου όταν εισέρχεται στον πυρήνα.
1	Σημαίνει ότι το άτομο αλλάζει τροχιά και αυξάνεται η ενεργειακή του στάθμη.

Πίνακας 28 : απαντήσεις των μαθητών – Post Test

Σωστά απάντησαν 4 μαθητές (40%). Από τις υπόλοιπες απαντήσεις κάποιες ήταν πιο κοντά στην σωστή απάντηση και κάποιες όχι. Όλες όμως χρησιμοποίησαν επιστημονική γλώσσα και κάποια μέρη των απαντήσεων ήταν σωστά.

Ερώτηση 11 : Πως προκύπτουν οι φασματικές γραμμές στο γραμμικό φάσμα του ατόμου του υδρογόνου?

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
1	Προκύπτει ανάλογα με την ενεργειακή στάθμη μέσα στην οποία μπορεί να κινηθεί το ηλεκτρόνιο μετά τη σύγκρουση του με το φωτόνιο.
1	Από την εκπομπή φωτονίου.
2	Όταν το φωτόνιο εισέρχεται και εξέρχεται από τον πυρήνα.
1	Έχει να κάνει με την συχνότητα και το πόσο φορτώνεται το ηλεκτρόνιο.
5	Κενό (Δεν απάντησαν).

Πίνακας 29 : απαντήσεις των μαθητών – Post Test

Σε αυτήν την ερώτηση βλέπουμε ότι αρκετά υψηλό ποσοστό μαθητών δεν έδωσε απάντηση (50%). Από τις υπόλοιπες απαντήσεις σωστή μπορούμε να θεωρήσουμε μόνο την πρώτη απάντηση «Προκύπτει ανάλογα με την ενεργειακή στάθμη μέσα στην οποία μπορεί να κινηθεί το ηλεκτρόνιο μετά τη σύγκρουση του με το φωτόνιο». Οι υπόλοιπες απαντήσεις αν και ουσιαστικά είναι σωστές είναι πολύ γενικές.

3.3.4. Ανάλυση των διαλόγων των μαθητών.

Διαλογικές αλληλεπιδράσεις που επηρεάζονται/ εκφράζονται από τη διερεύνηση (inquiry): Σε αυτή τη διάσταση, οι κατηγορίες ανάλυσης είναι: δημιουργία ερώτησης- υπόθεσης [ΔΥ], Εξερεύνηση-πειραματισμός [ΕΠ], ανάλυση αποτελεσμάτων [ΑΝΑ], συμπέρασμα [ΣΥΜ].

Δημιουργία Υπόθεσης [ΔΥ] : αναφέρεται στη δημιουργία ερευνητικής ερώτησης- υπόθεσης από το μαθητή κατά τη διάρκεια αλληλεπίδρασής του με τα ψηφιακά περιβάλλοντα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εμφάνισης της εν λόγω υποκατηγορίας αποτελούν οι παρακάτω ενδεικτικές φράσεις των μαθητών.

Απαντήσεις μαθητών	Περιγραφή απάντησης
Καθώς περνάει από μέσα του μαζεύει ας πούμε ισχύ. Σε κάποια στιγμή ας πούμε έχει φορτώσει. Και όταν ξαναπερνάει αυτό σε κάποια στιγμή το δίνει πίσω.	Υπόθεση σχετικά με την συμπεριφορά του ατόμου και του φωτονίου.
Η σύγκρουση πραγματοποιείται και οδηγεί κάθε φορά σε διαφορετική κίνηση των φωτονίων η οποία εξαρτάται από την ύπαρξη η μη λευκού φωτός και των αλληλεπιδράσεων με το άτομο του υδρογόνου.	Υπόθεση σχετικά με την συμπεριφορά του ατόμου και του φωτονίου.
Είναι σαν ένα νέφος γύρω από τον πυρήνα.	Υπόθεση σχετικά με την θέση των ηλεκτρονίων γύρω από τον πυρήνα.

Πίνακας 30 – Διάλογοι μαθητών

Εξερεύνηση-πειραματισμός [ΕΠ] : αναφέρεται στην εξερεύνηση/πειραματισμό των μαθητών με το λογισμικό. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εμφάνισης της εν λόγω υποκατηγορίας αποτελούν οι παρακάτω ενδεικτικές φράσεις των μαθητών.

Απαντήσεις μαθητών	Περιγραφή απάντησης
M1 : Δεν γίνεται κάτι M2 : Δοκίμασε να βάλεις σε χαμηλά μήκη κύματος , να δούμε τι θα γίνει.	Εδώ οι μαθητές αφού βλέπουν ότι δεν γίνεται κάτι με αυτό το μήκος κύματος δοκιμάζουν κάποιο άλλο.
Πρέπει να δούμε τι γίνεται και με την σύνθετη ακτινοβολία. Τόση ώρα ρίχνουμε μονοχρωματικό.	Οι μαθητές ρίχνουν στο άτομο σύνθετη ακτινοβολία για να διαπιστώσουν την συμπεριφορά του.
M1: Παρατήρησες ότι αν αλλάξουμε αυτό πάει πιο γρήγορα το φωτόνιο?	Διερεύνηση πάνω στον κώδικα και συγκεκριμένα στην κίνηση του φωτονίου.

M2 : Ωχ ναι, είπαμε όμως ότι δεν έχει την ίδια ταχύτητα παντού. Τι επηρεάζει όμως την ταχύτητά του. Από εδώ φαίνεται αν πηγαίνει σταθερά.	
---	--

Πίνακας 31 - Διάλογοι μαθητών

Ανάλυση αποτελεσμάτων [ΑΝΑ] : αναφέρεται στην ανάλυση του πειραματισμού με το λογισμικό. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εμφάνισης της εν λόγω υποκατηγορίας αποτελούν οι παρακάτω ενδεικτικές φράσεις των μαθητών.

Απαντήσεις μαθητών	Περιγραφή απάντησης
M1 :.Διαφέρει αφού το άλλο απορροφάει φωτόνια ενώ αυτό όχι. Στο προηγούμενο περνάει κιόλας. M2 : Στο UV μόνο ήταν. M1 : Ναι αλλά σε αυτό δεν περνάει απλά χτυπάει και πάει πίσω. M2 : Μα στο UV μόνο έφευγε. Ναι και στα άλλα το απορροφούσε και έφευγε ευθεία.	Οι μαθητές προσπαθούν να κατανοήσουν την συμπεριφορά ενός μοντέλου.
M1 : Το φωτόνιο δίνει ενέργεια στο ηλεκτρόνιο το οποίο επιτρέπει να αλλάξει στοιβάδα, να μετατοπιστεί σε στοιβάδα. Αυτό μετά από ένα χρονικό διάστημα αφού ουσιαστικά έχει καταναλωθεί όλη η ενέργεια μετατοπίζεται και πάει και κάθεται σε μια σταθερή στάθμη, στοιβάδα. M2 : Περίμενε δεν έχω καταλάβει. Το ότι βγήκε μπλε έχει κάποια σχέση ή όχι? M1 : Ναι έχει σχέση.	Οι μαθητές προσπαθούν να κατανοήσουν το μοντέλο του Bohr.
M1 : Κάτσε αφού το βάλαμε 10 δεν θα	Ανάλυση των αλλαγών στον κώδικα που

έπρεπε να μείνει αυτό σταθερό. Νομίζω ότι αλλάζει. M2 : όχι μένει σταθερό αν δεις, το βάλαμε 10 και αυτό φεύγει τώρα πιο γρήγορα.	επηρεάζουν την λειτουργία του φωτονίου.
---	--

Πίνακας 32 - Διάλογοι μαθητών

Συμπέρασμα [ΣΥΜ] : αναφέρεται στα συμπεράσματα που καταλήγουν οι μαθητές αφού κάνουν την ανάλυση. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εμφάνισης της εν λόγω υποκατηγορίας αποτελούν οι παρακάτω ενδεικτικές φράσεις των μαθητών.

Απαντήσεις μαθητών	Περιγραφή απάντησης
Εγώ νομίζω ότι ο πυρήνας απορροφάει το ηλεκτρόνιο μετά το διώχνει, μετά περνάει από μέσα του και μετά αλλάζει πορεία και μετά αλλάζει χρώμα.	Τελικό συμπέρασμα των δραστηριοτήτων.
Σε χαμηλά μήκη κύματος απομακρύνεται περισσότερο από την αρχική του θέση πριν επιστρέψει και πάλι σε αυτήν κάτι που σύμφωνα με την σειρά Lyman μας δείχνει ότι όντως υπάρχει μεγαλύτερη ενεργειακή στάθμη	Συμπέρασμα σχετικά με την σειρά Lyman.
Ο κβαντικός αριθμός, όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά των κβαντικών αριθμών τόσο μεγαλύτερη εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ενέργεια, το ηλεκτρόνιο. Και θεωρήσαμε εμείς ότι μεγαλώνει το μήκος κύματος του φωτονίου. Και αλλάζει χρώμα.	Συμπέρασμα για την σειρά Balmer.

Πίνακας 33 - Διάλογοι μαθητών

Διαλογικές αλληλεπιδράσεις που επηρεάζονται/ εκφράζονται από τη διερεύνηση (inquiry)					
	ΔΥ	ΕΠ	ΑΝΑ	ΣΥ	Σύνολο
	8	26	26	13	72
Ποσοστό	11%	36%	35%	18%	100%

Πίνακας 34 – Ποσοστά κατηγορίας ανάλυσης

Σχετικά με την συχνότητα εμφάνισης των παραπάνω κατηγοριών παρατηρούμε ότι η εξερεύνηση – πειραματισμός και η ανάλυση συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό (36% και 35%). Μετά ακολουθούν τα συμπεράσματα με 18% και τέλος η δημιουργία υπόθεσης. Τα παραπάνω ήταν αναμενόμενα με βάση την δόμηση των δραστηριοτήτων. Οι μαθητές καλούνταν να διατυπώσουν υποθέσεις μόνο σε μια φάση της δραστηριότητας ενώ η εξαγωγή συμπερασμάτων περιελάμβανε 3 φάσεις. Το μεγαλύτερο μέρος των δραστηριοτήτων αφορούσε πειραματισμό με το λογισμικό και ερμηνεία των αποτελεσμάτων του πειραματισμού.

Διαλογικές αλληλεπιδράσεις που επηρεάζονται/ εκφράζονται από το επιστημονικό περιεχόμενο (scientific content): Στη διάσταση αυτή, οι κατηγορίες ανάλυσης είναι: αρχικές αναπαραστάσεις [ΑΡΧ], φαινομενολογικές περιγραφές [ΦΑΙ], έννοιες [ΕΝΝ], κατανόηση [ΚΑΤ].

Αρχικές Αναπαραστάσεις [ΑΡΧ] : αναφέρεται στις αρχικές αναπαραστάσεις που έχουν οι μαθητές στο μυαλό τους από προηγούμενες εμπειρίες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εμφάνισης της εν λόγω υποκατηγορίας αποτελούν οι παρακάτω ενδεικτικές φράσεις των μαθητών.

Απαντήσεις μαθητών	Περιγραφή απάντησης
Καθώς περνάει από μέσα του μαζεύει ας πούμε ισχύ. Σε κάποια στιγμή ας πούμε έχει φορτώσει. Και όταν ξαναπερνάει αυτό σε κάποια στιγμή το δίνει πίσω.	Χρησιμοποιεί την έννοια της ισχύς.

Κάποια είναι θετικά και κάποια αρνητικά φορτισμένα	Ο μαθητής εδώ χρησιμοποιεί την έννοια του φορτίου για να εξηγήσει την αλληλεπίδραση μεταξύ φωτονίων και ηλεκτρονίων
Άρα, συμβαίνει αυτό γιατί η σύνθετη ακτινοβολία δεν συναντάει τριβή με το μέσο στο οποίο βρίσκεται το υδρογόνο.	Οι μαθητές εδώ χρησιμοποιούν την έννοια της τριβής για να εξηγήσουν την κίνηση του φωτονίου.

Πίνακας 35 - Διάλογοι μαθητών

Φαινομενολογικές Περιγραφές [ΦΑΙ] : αναφέρεται στην περιγραφή των φαινομένων από τους μαθητές κατά την αλληλεπίδρασή του με τους μικρόκοσμους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εμφάνισης της εν λόγω υποκατηγορίας αποτελούν οι παρακάτω ενδεικτικές φράσεις των μαθητών.

Απαντήσεις μαθητών	Περιγραφή απάντησης
Τα φωτόνια από το UV ανακλώνται, το κόκκινο και το μπλε συνεχίζουν.	Περιγραφή της κίνησης των φωτονίων.
Όταν καταναλωθεί όλη η ενέργεια αλλάζει το μήκος κύματος του φωτονίου και επίσης αλλάζει και η στοιβάδα.	Μιλάει για την κίνηση του ηλεκτρονίου στον πυρήνα.

Το απορροφά και πηγαίνει πάνω κάτω.	Περιγραφή της κίνησης του ηλεκτρονίου στον πυρήνα.
-------------------------------------	--

Πίνακας 36 - Διάλογοι μαθητών

Έννοιες [EN] : αναφέρεται στις επιστημονικές έννοιες που χρησιμοποιούν οι μαθητές οι οποίες όμως σχετίζονται με το συγκεκριμένο αντικείμενο που μελετάμε. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εμφάνισης της εν λόγω υποκατηγορίας αποτελούν οι παρακάτω ενδεικτικές φράσεις των μαθητών.

Απαντήσεις μαθητών	Περιγραφή απάντησης
Να πούμε ότι όταν αλλάζει στοιβάδα αλλάζει και χρώμα και έχει και διαφορετικό μήκος κύματος.	Εδώ χρησιμοποιούνται οι έννοιες στοιβάδα και μήκος κύματος.
M1 : Νομίζω ότι αυτό το κομμάτι έχει να κάνει με την ενέργεια και τις στοιβάδες του ηλεκτρονίου. M2 : δεν ξέρω, σχετίζεται πάντως και με το μήκος κύματος που είπαμε ότι αυτό επηρεάζει το ηλεκτρόνιο.	Οι μαθητές προσπαθούν να κατανοήσουν ένα συγκεκριμένο κομμάτι κώδικα.
M1 : Ναι για δοκίμασε. M2 : Να, το είδες αυτό με τη συχνότητα? Αυτό που είπαμε ότι όσο πιο μικρή είναι η συχνότητα, μάλλον το μήκος κύματος , τόσο πιο πολύ το απορροφά.	Εδώ γίνεται αναφορά στην συχνότητα και στο μήκος κύματος.

Πίνακας 37 - Διάλογοι μαθητών

Κατανόηση [ΚΑΤ] : αναφέρεται στις έννοιες/φαινόμενα που κατανοούν οι μαθητές κατά την αλληλεπίδρασή τους με τους μικρόκοσμους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εμφάνισης της εν λόγω υποκατηγορίας αποτελούν οι παρακάτω ενδεικτικές φράσεις των μαθητών.

Απαντήσεις μαθητών	Περιγραφή απάντησης
Όταν μεγαλώνει η συχνότητα του δεν γίνεται κάποια αντίδραση, δεν αντιδρά ο πυρήνας με το φωτόνιο.	Ο μαθητής κατανοεί ότι για μεγάλη συχνότητα φωτονίων αυτά δεν αλληλεπιδρούν με το άτομο.
Όταν το χτυπά ξεκινά με $n=1$ και το ηλεκτρόνιο το μεταφέρει προς τα έξω με το n να μεγαλώνει και μετά να πέφτει.	Εδώ έχουμε ουσιαστικά κατανόηση της διέγερσης του ηλεκτρονίου ύστερα από απορρόφηση φωτονίου.
M1 : Ναι για δοκίμασε. M2 : Να, το είδες αυτό με τη συχνότητα? Αυτό που είπαμε ότι όσο πιο μικρή είναι η συχνότητα, μάλλον το μήκος κύματος , τόσο πιο πολύ το απορροφά.	Εδώ ο μαθητής διακρίνει το συσχετισμό μεταξύ της συχνότητας του φωτονίου και της απορρόφησής του από τον πυρήνα.

Πίνακας 38 - Διάλογοι μαθητών

Διαλογικές αλληλεπιδράσεις που επηρεάζονται/ εκφράζονται από το επιστημονικό περιεχόμενο (scientific content)					
	APX	ΦΑΙ	ENN	KAT	Σύνολο
	6	33	19	12	70
Ποσοστό	9%	47%	27%	17%	100%

Πίνακας 39 – Ποσοστά Κατηγορίας ανάλυσης

Σχετικά με την συχνότητα εμφάνισης των παραπάνω κατηγοριών παρατηρούμε ότι οι φαινομενολογικές περιγραφές συγκεντρώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό (47%) Μετά ακολουθούν οι έννοιες και η κατανόηση με 27% και 17% αντίστοιχα και τέλος οι αρχικές αναπαραστάσεις με 9%. Από τους διαλόγους των μαθητών φάνηκε ότι αφιέρωσαν αρκετό χρονικό διάστημα στο να περιγράψουν τα φαινόμενα ενώ το θετικό είναι ότι χρησιμοποίησαν και επιστημονικές έννοιες για τη περιγραφή των

φαινομένων. Τέλος, οι αρχικές αναπαραστάσεις είχαν το μικρότερο ποσό κάτι το οποίο είναι λογικό μιας και το θέμα των δραστηριοτήτων είναι δύσκολο να συνδεθεί με καθημερινές ή πρότερες εμπειρίες των μαθητών.

Διαλογικές αλληλεπιδράσεις που επηρεάζονται/ εκφράζονται από την επιχειρηματολογία (argumentation): Στη διάσταση αυτή, οι κατηγορίες ανάλυσης είναι: επιχείρημα [ΕΠΗ], επεξήγηση [ΕΠΕ], ερώτηση [ΕΡΩ], υποστήριξη [ΥΠΟ], αντίθεση [ΑΝΤ].

Επιχείρημα [ΕΠΗ] : αναφέρεται στη διατύπωση επιχειρημάτων από τους μαθητές ώστε να υποστηρίξουν την ιδέα τους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εμφάνισης της εν λόγω υποκατηγορίας αποτελούν οι παρακάτω ενδεικτικές φράσεις των μαθητών.

Απαντήσεις μαθητών	Περιγραφή απάντησης
Να πούμε ότι είναι αδιαπέραστος γιατί κοπανάει συνέχεια πάνω του και γυρνάει.	Προσπαθεί να δικαιολογήσει την περιγραφή του πυρήνα στο συγκεκριμένο μοντέλο.
Το μοντέλο συμφωνεί καθώς βγάζει και αυτό φωτόνια με χρώμα.	Δικαιολογεί την συμφωνία του μοντέλου με το πραγματικό.
Το χρώμα του φωτονίου εξαρτάται από αυτό το σημείο. Αφού λέει change color.	Προσπαθεί να εντοπίσει στον κώδικα το κομμάτι που αφορά το χρώμα του φωτονίου.

Πίνακας 40 - Διάλογοι μαθητών

Επεξήγηση [ΕΠΕ] : αναφέρεται σε επεξηγήσεις των μαθητών ώστε να κάνουν πιο σαφής τις ιδέες τους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εμφάνισης της εν λόγω υποκατηγορίας αποτελούν οι παρακάτω ενδεικτικές φράσεις των μαθητών.

Απαντήσεις μαθητών	Περιγραφή απάντησης
Εγώ πιστεύω ότι τα ηλεκτρόνια κάνουν όλη τη δουλειά , δηλαδή και το μήκος κύματος όσο πιο χαμηλό είναι διαφορετικά αντιδρά το ηλεκτρόνιο, και όταν το ηλεκτρόνιο αντιδρά προωθεί φωτόνια, μέχρι ως ένα σημείο που η στάθμη κατεβαίνει και η στάθμη μένει αδρανής.	Εξηγεί πως παράγεται το φάσμα του υδρογόνου.
Δεν απορροφάει φωτόνια γιατί έχουμε βάλει σύνθετη ακτινοβολία.	Επεξηγεί γιατί το άτομο δεν απορροφάει κάποια από τα φωτόνια που ρίχνουν.
Δεν απορροφάει γιατί έχουμε βάλει μεγάλο μήκος κύματος.	Το άτομο δεν απορροφούσε κανένα φωτόνιο και η ομάδα είχε κολλήσει.

Πίνακας 41 - Διάλογοι μαθητών

Ερώτηση [ΕΡΩ] : αναφέρεται σε ερωτήσεις που προβαίνουν οι μαθητές πάνω στα επιχειρήματα των συμμαθητών τους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εμφάνισης της εν λόγω υποκατηγορίας αποτελούν οι παρακάτω ενδεικτικές φράσεις των μαθητών.

Απαντήσεις μαθητών	Περιγραφή απάντησης
Μπορεί το φωτόνιο όταν μπαίνει μέσα στον πυρήνα να γεννά και ένα άλλο ηλεκτρόνιο?	Ερώτημα που δημιουργήθηκε μετά την διατύπωση επιχειρήματος σχετικά με την εκπομπή του φωτονίου.
Ναι αλλά για το ηλεκτρόνιο τι σημαίνει αυτό?	Ερώτημα μετά από επιχείρημα σχετικά με το ποια φωτόνια απορροφά το άτομο.
Το γεγονός ότι μεγαλώνει η ενεργειακή στάθμη τι σημαίνει?	Ερώτημα που δημιουργήθηκε μετά την διατύπωση επιχειρήματος σχετικά με την εκπομπή του φωτονίου.

Πίνακας 42 - Διάλογοι μαθητών

Υποστήριξη [ΥΠΟ] : αναφέρεται στην υποστήριξη που εκφράζουν οι μαθητές στις ιδέες των συμμαθητών τους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εμφάνισης της εν λόγω υποκατηγορίας αποτελούν οι παρακάτω ενδεικτικές φράσεις των μαθητών.

Απαντήσεις μαθητών	Περιγραφή απάντησης
M1 :Να πούμε ότι δεν υπάρχει τριβή με το μέσο , που συναντάται. M2 : Ναι, άρα , συμβαίνει αυτό γιατί η σύνθετη ακτινοβολία δεν συναντάει τριβή με το μέσο στο οποίο βρίσκεται το υδρογόνο.	Συμφωνούν σχετικά με το λόγο που κάποια φωτόνια περνάνε από το άτομο και κάποια τα απορροφά.
M1 : Να γράψω ότι τα ηλεκτρόνια είναι γύρω από το άτομο? M2 :Δεν είμαι σίγουρος, αλλά αυτό θα έλεγα και εγώ.	Εδώ συμφωνούν σχετικά με την κατανομή των ηλεκτρονίων στον πυρήνα.
M1 : Να βάλουμε και στο μπλε χρώμα να δούμε τι θα γίνει. M2 : Λογικά με αυτά που είπαμε πρέπει να μην απορροφά κάτι. Γιαβάλτο να δούμε.	Συμφωνούν να δοκιμάσουν φωτόνια μπλε χρώματος.

Πίνακας 43 - Διάλογοι μαθητών

Αντίθεση [ANT] : αναφέρεται στην αντίθεση που εκφράζουν οι μαθητές στις ιδέες των συμμαθητών τους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εμφάνισης της εν λόγω υποκατηγορίας αποτελούν οι παρακάτω ενδεικτικές φράσεις των μαθητών.

Απαντήσεις μαθητών	Περιγραφή απάντησης
M1: Μην κάνουμε απλή αντιγραφή. Εγώ από αυτό δεν καταλαβαίνω τι είναι. Να βρούμε κάτι να καταλαβαίνουμε τι είναι.	Διαφωνία σχετικά με τον ορισμό του φωτονίου.

M1 :όταν μεγαλώνει η συχνότητα του δεν γίνεται κάποια αντίδραση, δεν αντιδρά ο πυρήνας με το φωτόνιο. M2 :Συμφωνεί γιατί το διώχνει με την μεγαλύτερη συχνότητα. M1 :όχι με την μικρότερη συχνότητα το διώχνει.	Διαφωνία σχετικά με το πότε εκπέμπεται ένα φωτόνιο.
M1 : Αυτό νομίζω έχει να κάνει με την κίνηση του ηλεκτρονίου στον πυρήνα. M2 : Όχι, μα αφού έχει το όνομα photon και αυξάνεται το χ του πολύ.	Συμφωνούν να δοκιμάσουν φωτόνια μπλε χρώματος.

Πίνακας 44 - Διάλογοι μαθητών

Διαλογικές αλληλεπιδράσεις που επηρεάζονται/ εκφράζονται από την επιχειρηματολογία (argumentation):						
	ΕΠΙΧ	ΕΠΕ	ΕΡΩ	ΥΠ	ΑΝΤ	Σύνολο
	22	21	21	34	13	111
Ποσοστό	20%	19%	19%	31%	11%	100%

Πίνακας 45 – Ποσοστά κατηγορίας ανάλυσης

Σχετικά με την συχνότητα εμφάνισης των παραπάνω κατηγοριών παρατηρούμε ότι οι περισσότερες κατηγορίες έχουν παρόμοια ποσοστά. Το επιχείρημα [ΕΠΙΧ], η επεξήγηση [ΕΠΕ] και η ερώτηση [ΕΡΩ] έχουν σχεδόν ίσα ποσοστά. Από τα παραπάνω παρατηρούμε ότι οι μαθητές κατά την αλληλεπίδρασή τους με τους μικρόκοσμους έκαναν αρκετούς ισχυρισμούς, συζήτησαν με τους συμμαθητές τους και τις περισσότερες φορές συμφωνούσαν μεταξύ τους.

Διαλογικές αλληλεπιδράσεις που επηρεάζονται/ εκφράζονται από τον κονστραξιονισμό (constructionism) : Στη διάσταση αυτή, οι κατηγορίες ανάλυσης είναι: Αποδόμηση Μοντέλου [ΑΜ] και Πραγματοποίηση αλλαγών [ΠΑ].

Αποδόμηση Μοντέλου [ΑΜ] : αναφέρεται στη προσπάθεια των μαθητών να αποκρυπτογραφήσουν και να σπάσουν τον κώδικα σε μικρότερα κομμάτια με σκοπό να κατανοήσουν την λειτουργία του. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εμφάνισης της εν λόγω υποκατηγορίας αποτελούν οι παρακάτω ενδεικτικές φράσεις.

Απαντήσεις μαθητών	Περιγραφή απάντησης
M1: Αυτό το κομμάτι έχει να κάνει με το φάσμα. Κοίτα εδώ που έχει την ίδια εντολή πολλές φορές. M2 : Ναι, να τα μετρήσουμε να δούμε αν είναι ακριβώς ίδια με τις γραμμές.	Προσπάθεια να κατανοήσουν το κομμάτι που ελέγχει το φάσμα.
M1: Νομίζω αυτή η μεταβλητή αφορά το μήκος κύματος. Έχει το ίδιο όνομα. M2 :Εμφανίζεται και εδώ. Αλλά δεν ξέρω τι ρόλο παίζει ακριβώς. Αυτή η ομάδα είναι πολύ μεγάλη και εμφανίζεται μόνο μια φορά.	Εδώ προσπαθούν να κατανοήσουν το ρόλο του ολισθητή μήκος κύματος.
M1 : Αυτό σίγουρα αλλάζει το χρώμα του φωτονίου. Λέει color και είναι χρωματισμένο το photon. M2 : Ναι, αλλά ας το αλλάξουμε να σιγουρευτούμε. Αλλά δεν ξέρω γιατί αλλάζει το χρώμα..	Εδώ εντοπίζουν το κομμάτι του κώδικα που αλλάζει το χρώμα του φωτονίου.

Πίνακας 46 - Διάλογοι μαθητών

Πραγματοποίηση αλλαγών [ΠΑ] : αναφέρεται στις αλλαγές που έκαναν οι μαθητές στο λογισμικό. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εμφάνισης της εν λόγω υποκατηγορίας αποτελούν οι παρακάτω ενδεικτικές φράσεις.

Απαντήσεις μαθητών	Περιγραφή απάντησης
M1 : Να αλλάξουμε αυτό και να το κάνουμε να πηγαίνει πιο γρήγορα? M2 : Δεν ξέρουμε πόσο γρήγορα θα πηγαίνει όμως. Να το αυξήσουμε λίγο.	Οι μαθητές πειράζουν την ταχύτητα του φωτονίου.
M1 : Δεν καταλαβαίνω τίποτα από εδώ. M2 : Νομίζω το n έχει να κάνει με τις στοιβάδες. Ας δοκιμάσουμε να αλλάξουμε αυτό το n και βλέπουμε τι θα γίνει.	Οι μαθητές προσπαθούν να αλλάξουν τον κώδικα που σχετίζεται με την κίνηση του ηλεκτρονίου.
M1 : Να αλλάξουμε και αυτό. M2 : Μπορούμε να του αλλάξουμε χρώμα. Τι λες?	Εδώ ασχολούνται με το φάσμα του υδρογόνου.

Πίνακας 47 - Διάλογοι μαθητών

Διαλογικές αλληλεπιδράσεις που επηρεάζονται/ εκφράζονται από τον κονστράξιονισμό			
	ΑΜ	ΠΑ	Σύνολο
	13	20	33
Ποσοστό	40%	60%	100%

Πίνακας 48 – Ποσοστά κατηγορίας ανάλυσης

Εδώ υπάρχουν μόνο 2 κατηγορίες. Το υψηλότερο ποσοστό εμφανίζει η κατηγορία πραγματοποίηση αλλαγών [ΠΑ] με 60%. Η κατηγορία αποδόμηση μοντέλου πήρε 40%. Από εδώ βλέπουμε ότι οι μαθητές αφιέρωσαν περισσότερο χρόνο στο να κάνουν αλλαγές και λιγότερο στο να προσπαθήσουν να κατανοήσουν πως λειτουργεί το πρόγραμμα.

Χαρακτηριστικά των Ψηφιακών Εργαλείων : Στη διάσταση αυτή, οι κατηγορίες ανάλυσης είναι: Ανατροφοδότηση λογισμικού [ΑΛ] , Εργονομία της Οθόνης Διεπαφής [ΕΡΓ] και Εμπειρία του χρήστη [ΕΧ].

Ανατροφοδότηση λογισμικού [ΑΛ] : αναφέρεται στην ανατροφοδότηση του λογισμικού και εξετάζει αν αυτή συμβάλει στους στόχους που έχουν τεθεί. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εμφάνισης της εν λόγω υποκατηγορίας αποτελούν οι παρακάτω ενδεικτικές φράσεις.

Απαντήσεις μαθητών	Περιγραφή απάντησης
Ανάλογα με το πλήθος των στοιβάδων που αναγκάζεται να διανύσει πριν πάει στην αρχική εκπέμπει και διαφορετικό χρώματος φωτονίου.	Εδώ το λογισμικό δίνει την σωστή εικόνα στο χρήστη σχετικά με αλλαγή της θέσης του ηλεκτρονίου και το φωτόνιο που εκπέμπεται.
M1 : έβγαλε μπλε χρώμα. M2 : Νομίζω ότι άλλαξε και μια γραμμή στο φάσμα.	Παρέχεται σωστή ανατροφοδότηση σχετικά με το φάσμα του υδρογόνου.
Τώρα όμως το φωτόνιο που ρίξαμε τι χρώμα ήταν?	Εδώ μπερδεύονται λίγο σχετικά με το χρώμα του επιλεγόμενου φωτονίου.

Πίνακας 49 - Διάλογοι μαθητών

Εργονομία της Οθόνης Διεπαφής [ΕΡΓ] : αναφέρεται στους χειρισμούς των μαθητών με το λογισμικό και αν αυτοί ήταν επιτυχημένοι όχι. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εμφάνισης της εν λόγω υποκατηγορίας αποτελούν οι παρακάτω ενδεικτικές φράσεις.

Απαντήσεις μαθητών	Περιγραφή απάντησης
M1 : Να ρίξουμε και λίγο μονοχρωματική ακτινοβολία. M2 : (Την επιλέγει). Θα βάλω αρχικά χαμηλά μήκη κύματος και το ανεβάζουμε μετά.	Οι μαθητές μπορούν και χειρίζονται με επιτυχία τον μικρόκοσμο και εξάγουν τα συμπεράσματά τους.
M1 : Πήγαينه στο επόμενο μοντέλο. M2 : Κλικάρουμε αυτό και πατάμε start? M1 : ναι.	Οι μαθητές μπορούν και χειρίζονται με επιτυχία τον μικρόκοσμο.

Πίνακας 50 - Διάλογοι μαθητών

Εμπειρία του χρήστη [EX] : αναφέρεται στο αν ο χρήστης είναι ευχαριστημένος ή δυσαρεστημένος από την εμπειρία του με το λογισμικό. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εμφάνισης της εν λόγω υποκατηγορίας αποτελούν οι παρακάτω ενδεικτικές φράσεις.

Απαντήσεις μαθητών	Περιγραφή απάντησης
Ω! κοίτα τι έγινε. Άλλαξε χρώμα.	Εδώ διακρίνουμε την έκπληξη και επομένως το ενδιαφέρον των μαθητών όταν εμφανίστηκαν φωτόνια διαφορετικού χρώματος.
M1 : Αυτό πάει αρκετά αργά. M2 : Δεν μπορεί να πάει πιο γρήγορα?	Εδώ βλέπουμε ότι οι μαθητές δεν είναι ευχαριστημένοι με κάποιο χαρακτηριστικό του λογισμικού
M1 : Ελένη κοίτα το δικό μας άλλαξε χρώμα! Είναι κόκκινο , είχαμε βγάλει και μπλε. Εσάς? M2 : Το δικό μας δεν έχει βγάλει κάτι.	Εδώ διακρίνεται από τη μια πλευρά ένας ενθουσιασμός λόγω του χρώματος και από την άλλη κάποιου είδους απογοήτευση.

Πίνακας 51 - Διάλογοι μαθητών

Χαρακτηριστικά των Ψηφιακών Εργαλείων				
	ΑΛ	ΕΡΓ	ΕΧ	Σύνολο
	26	23	7	72
Ποσοστό	36%	35%	18%	100%

Πίνακας 52 – Ποσοστά κατηγορίας ανάλυσης

Όσον αφορά την συχνότητα εμφάνισης των κατηγοριών τα υψηλότερα ποσοστά συγκεντρώνουν η ανατροφοδότηση από το λογισμικό [ΑΛ] και η εργονομία της οθόνης διεπαφής [ΕΡΓ]. Αυτό είναι αναμενόμενο καθώς στις περισσότερες δραστηριότητες οι μαθητές αλληλεπιδρούν με το λογισμικό. Η κατηγορία εμπειρία χρήστη συγκεντρώνει ποσοστό 18% και σχετίζεται με τα θετικά και τα αρνητικά σχόλια των μαθητών.

3.3.5. Ρουμπρίκα αξιολόγησης

Ψηφιακά εργαλεία			
Το λογισμικό	Ατυχής	Πετυχημένη	Εξαιρετική επιλογή
	0 μαθητές	6 μαθητές	4 μαθητές
Χρήση ψηφιακού εργαλείου	Μη απαραίτητη	Σχετικά απαραίτητη	Απόλυτα αναγκαία
	0 μαθητές	2 μαθητές	8 μαθητές
Μικρόκοσμοι	Κακοί	Μέτριοι	Εξαιρετικοί
	0 μαθητές	3 μαθητές	8 μαθητές

Πίνακας 53 – Αποτελέσματα ρουμπρίκας αξιολόγησης

Από τη ρουμπρίκα αξιολόγησης παρατηρούμε ότι οι μαθητές θεώρησαν απαραίτητη την χρησιμοποίηση του εργαλείου και θετική άποψη για τους μικρόκοσμους. Από την άλλη πλευρά θεωρούν ότι παρόλο που το λογισμικό ήταν καλό ίσως να μην ήταν το πιο κατάλληλο για τις δραστηριότητες που πραγματοποιήθηκαν.

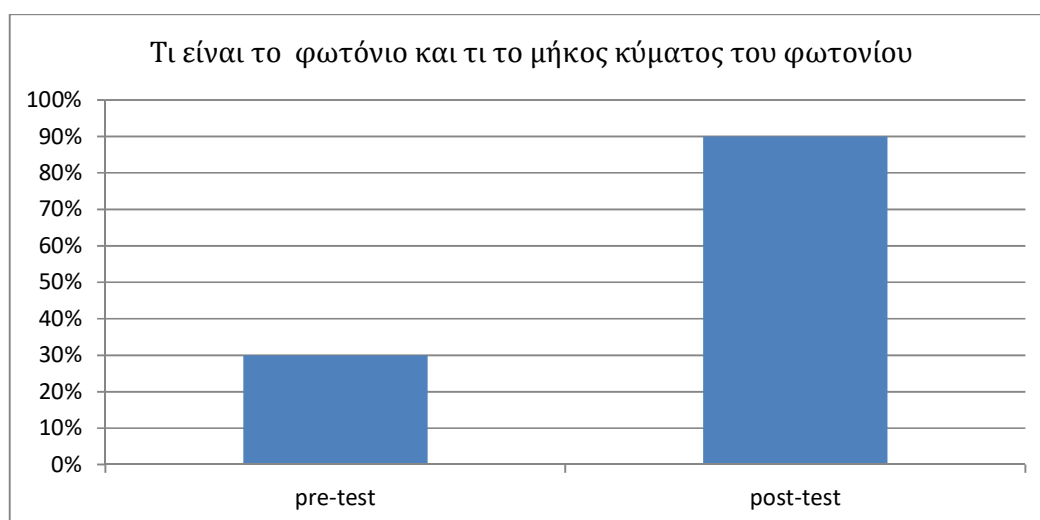
Μετά την συμπλήρωση της ρουμπρίκας αξιολόγησης ζητήθηκαν τα σχόλια των μαθητών σχετικά με το λογισμικό. Παρακάτω βλέπουμε τα πιο χαρακτηριστικά.

Αριθμός απαντήσεων	Απαντήσεις Μαθητών
2	Το φωτόνιο πήγαινε πιο γρήγορα από ότι έπρεπε. Θα έπρεπε να πηγαίνει πιο αργά
4	Τα χρώματα ήταν που έβγαζε ήταν αρκετά ενδιαφέροντα
7	Θα έπρεπε να είχαμε περισσότερο χρόνο. Εγώ νόμιζα ότι είχε χαλάσει γιατί δεν έβγαζε τα ίδια με πριν.
2	Σε εμάς εμφάνιζε 2 κύκλους αντί για έναν.
5	Ήταν ωραίο που βλέπαμε άμεσα τα αποτελέσματα και μπορούσαμε να δοκιμάσουμε διάφορα πράγματα.

Πίνακας 54 – Σχόλια των μαθητών σχετικά με το λογισμικό.

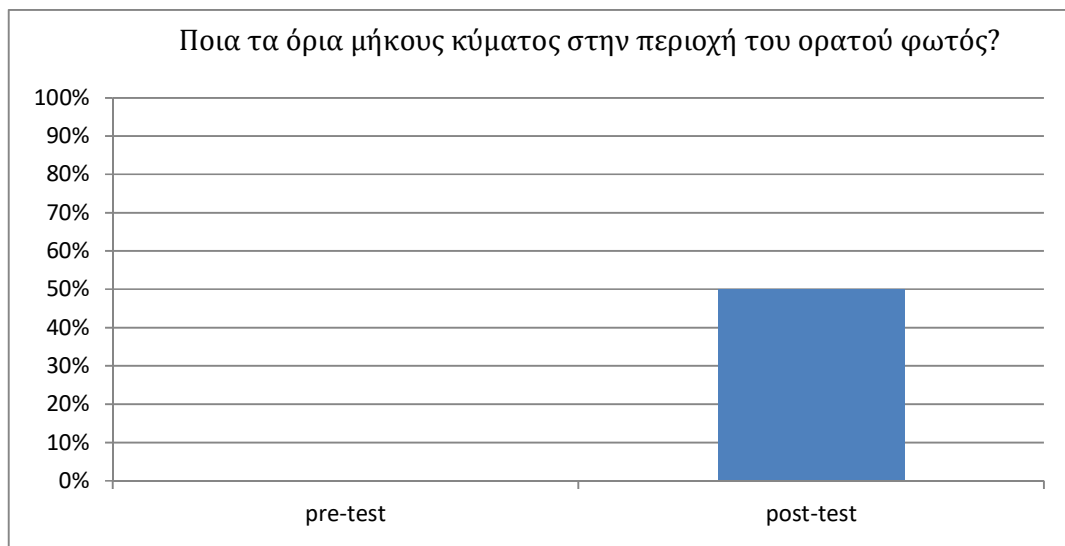
Από τα παραπάνω βλέπουμε ότι οι μαθητές γενικά έχουν μια θετική άποψη για το λογισμικό. Οι διαφωνίες τους αφορούν κάποια μέρη του σχεδιασμού ενώ ένα κομμάτι στο οποίο αναφέρθηκαν σχεδόν όλοι αφορά το χρόνο που είχαν στην διάθεσή τους.

3.3.6. Συγκριτική ανάλυση απαντήσεων των μαθητών στα pre και post test.



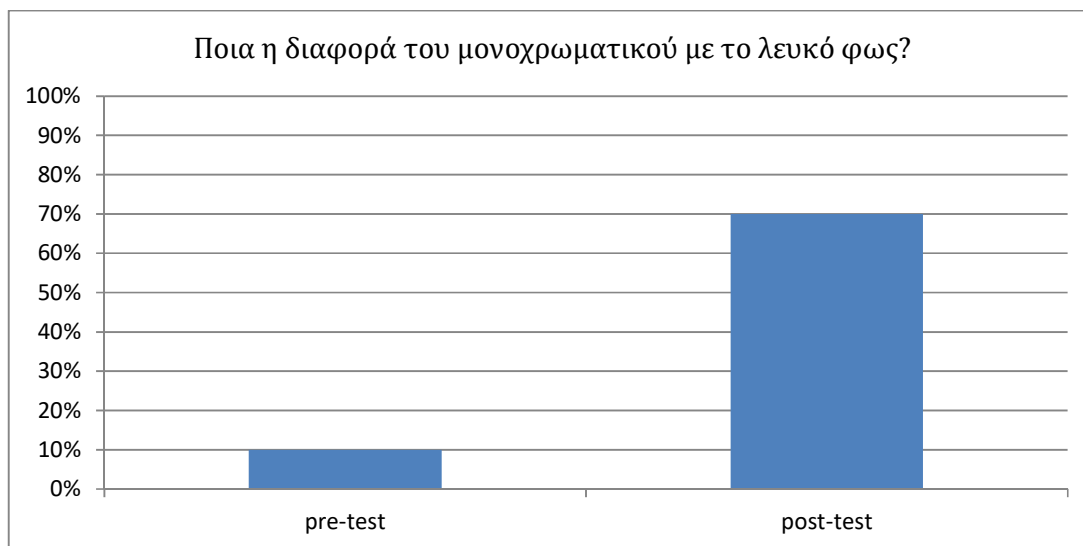
Πίνακας 55 : Ποσοστό σωστών απαντήσεων στα PreTest και PostTest

Στην 1^η ερώτηση βλέπουμε ότι υπάρχει μεγάλη διαφορά στις σωστές απαντήσεις μεταξύ pre και post test (30% με 90%). Στο post-test οι μαθητές χρησιμοποίησαν διάφορες ιδιότητες του φωτονίου για να εξηγήσουν τι είναι. Σε σχέση με το pre-test ακόμα και αυτοί που είχαν απαντήσει σωστά ήταν πιο συγκεκριμένοι στις απαντήσεις τους και χρησιμοποίησαν περισσότερο την επιστημονική ορολογία. Επίσης αξίζει να αναφερθεί ότι στο post-test δύο μαθητές έδωσαν εντελώς λανθασμένη απάντηση για το φωτόνιο.



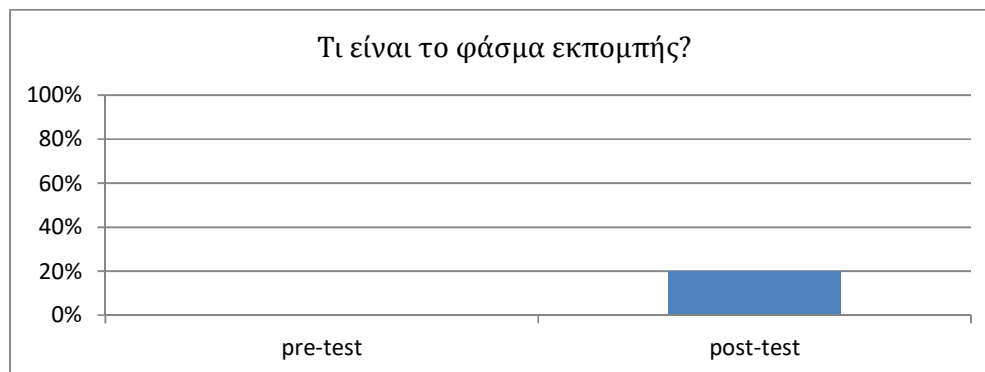
Πίνακας 56 : Ποσοστό σωστών απαντήσεων στα PreTest και PostTest

Στην 2^η ερώτηση στο post-test οι μισοί μαθητές απάντησαν σωστά. Στο pre-test βλέπουμε ότι κανένας μαθητής δεν έδωσε σωστή απάντηση. Η απάντηση που ήταν πιο κοντά στην σωστή ήταν μέχρι 700 nm. Στο post-test 4 μαθητές έδωσαν μεν λάθος απάντηση αλλά η τάξη μεγέθους ήταν σωστή (200 nm ή 500nm).



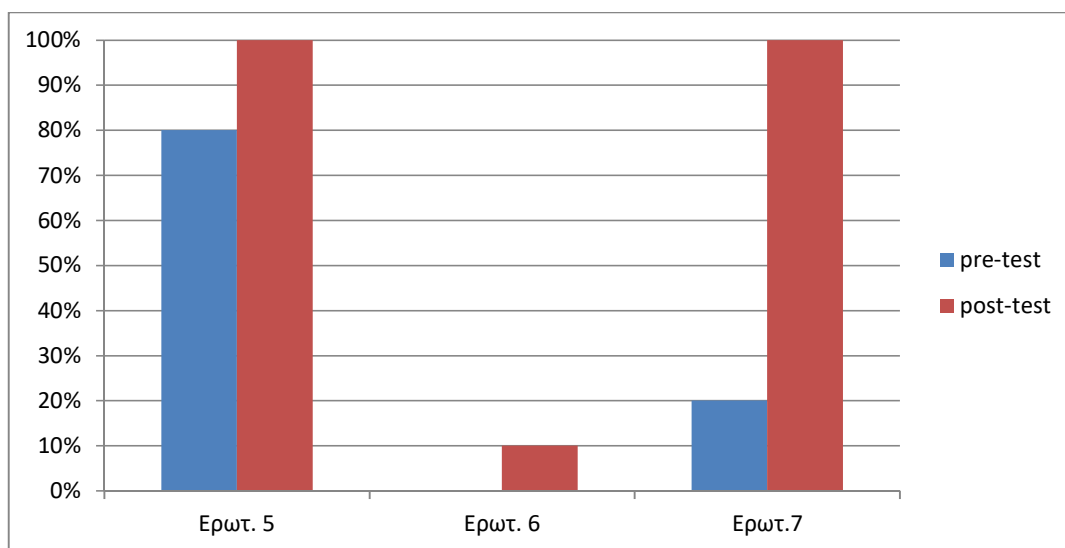
Πίνακας 57 : Ποσοστό σωστών απαντήσεων στα PreTest και PostTest

Η 3^η ερώτηση είχε να κάνει με την διαφορά μονοχρωματικού και λευκού φωτός. Και εδώ βλέπουμε μεγάλη διαφορά στις σωστές απαντήσεις μεταξύ του pre-test και post-test. Αυτό ίσως να οφείλεται και στο γεγονός ότι το λευκό και το μονοχρωματικό φως είναι έννοιες που γνωρίζουν ως ένα βαθμό οι μαθητές από την καθημερινή τους εμπειρία. Στο pre-test πολλοί μαθητές απαντούσαν στην ερώτηση τι είναι το λευκό φως. Για παράδειγμα 2 μαθητές απάντησαν ότι «Το λευκό φως περιέχει όλα τα χρώματα του ουράνιου τόξου». Επομένως μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι μαθητές είχαν από πριν κάποια γνώση για το θέμα και απλά ήθελαν μια μικρή βοήθεια (η οποία προήλθε από το διαδίκτυο) για να απαντήσουν σωστά στην ερώτηση. Έτσι παρουσιάζεται μεγάλη διαφορά στο ποσοστό των σωστών απαντήσεων.



Πίνακας 58: Ποσοστό σωστών απαντήσεων στα PreTest και PostTest

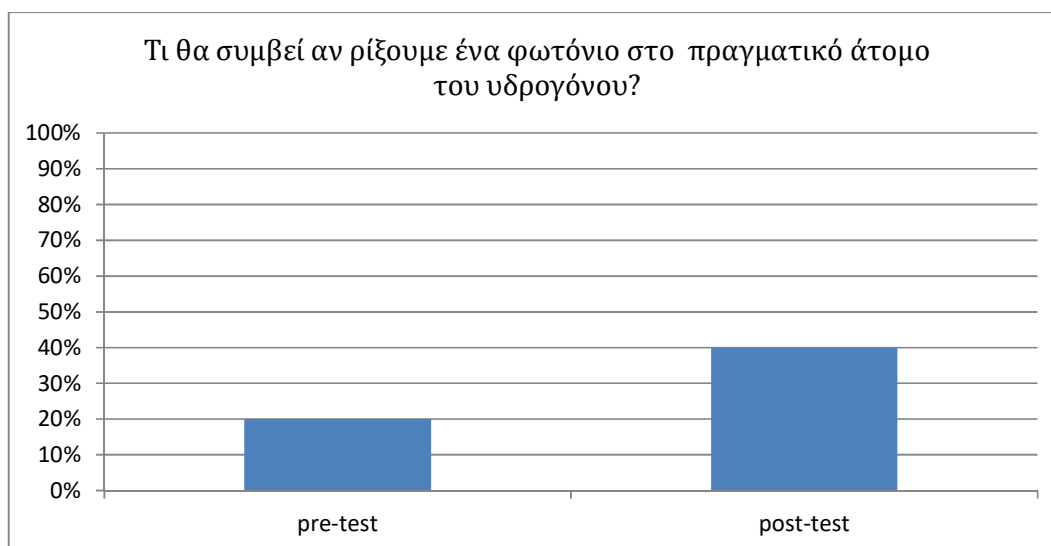
Η 4^η ερώτηση αφορούσε το φάσμα εκπομπής. Εδώ βλέπουμε μικρή διαφορά μεταξύ του ποσοστού των σωστών απαντήσεων. Αρχικά πρέπει να αναφέρουμε ότι είναι αναμενόμενο το ποσοστό στο pre-test καθώς το φάσμα εκπομπής αποτελεί μια έννοια την οποία οι μαθητές δεν έχουν ξανασυναντήσει. Στο post-test μόνο 2 μαθητές έδωσαν σωστή απάντηση. Εδώ βέβαια πρέπει να σημειώσουμε ότι άλλοι 2 μαθητές έδωσαν εν μέρει σωστές απαντήσεις και όλοι χρησιμοποίησαν επιστημονικές έννοιες. Παρόλα αυτά το ποσοστό δεν είναι πολύ υψηλό και αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι κατά την δραστηριότητα οι περισσότεροι μαθητές δεν εστίασαν πολύ την προσοχή τους στο φάσμα .



Πίνακας 59 : Ποσοστό σωστών απαντήσεων στα PreTest και PostTest

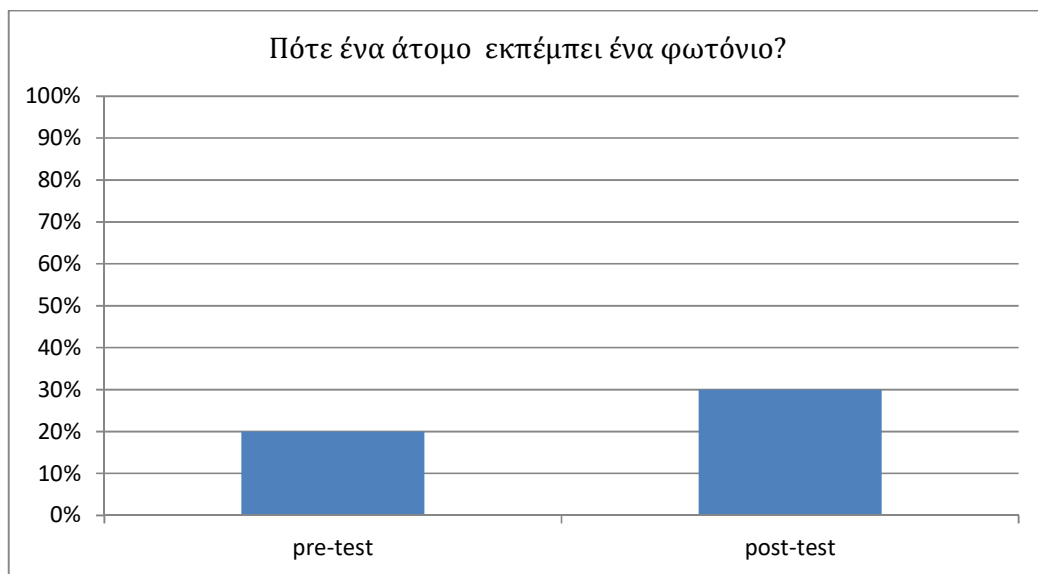
Στη συνέχεια θα εξετάσουμε τις ερωτήσεις 5,6 και 7. Ομαδοποιούμε αυτές τις ερωτήσεις καθώς όλες αφορούν μοντέλα του ατόμου του υδρογόνου. Η ερώτηση 5 αφορά το μοντέλο του Rutherford. Εδώ ένα πολύ μεγάλο ποσοστό απάντησε σωστά ενώ και στο post-test όλοι οι μαθητές έδωσαν σωστή απάντηση. Αυτό είναι κάτι που περιμέναμε καθώς το μοντέλο του Rutherford διδάσκεται στο σχολείο ενώ και το γεγονός ότι ονομάζεται πλανητικό μοντέλο βοηθά τους μαθητές ακόμα και αν δεν το γνωρίζουν να υποθέσουν τη δομή του. Η επόμενη ερώτηση αφορούσε το μοντέλο του Thompson και συγκεκριμένα γιατί αποτυγχάνει να περιγράψει το άτομο του υδρογόνου. Εδώ κανένας μαθητής δεν έδωσε σωστή απάντηση στο pre-test. Μάλιστα

7 από τους δέκα μαθητές δεν έδωσαν απάντηση. Στο post-test μόνο 2 μαθητές απάντησαν σωστά αλλά μειώθηκαν αρκετά οι μαθητές που δεν έδωσαν απάντηση (4). Αν και αυτό το πρότυπο διδάσκεται στο σχολείο ίσως να δυσκόλεψε τους μαθητές η ίδια η ερώτηση που δεν ήταν απλή περιγραφή του μοντέλου. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι μαθητές που έδωσαν απάντηση αλλά δεν ήταν σωστή, χρησιμοποίησαν επιστημονικές έννοιες αλλά δεν πλησίασαν στην σωστή απάντηση. Στην ερώτηση εφτά οι μαθητές έπρεπε να περιγράψουν το πρότυπο του Bohr που ίσως είναι το πιο γνωστό από όλα τα μοντέλα του ατόμου του υδρογόνου, ακόμα και από τα πιο σύγχρονα. Στο pre-test μόνο 2 μαθητές απάντησαν σωστά ενώ στο post-test όλοι οι μαθητές απάντησαν σωστά. Παρόλο που το μοντέλο του Bohr διδάσκεται στο σχολείο αρκετοί μαθητές δεν έδωσαν απάντηση(6) στο pre-test. Αντίθετα οι 2 μαθητές που απάντησαν σωστά δήλωσαν ότι είχαν μνήμη από το πρότυπο.



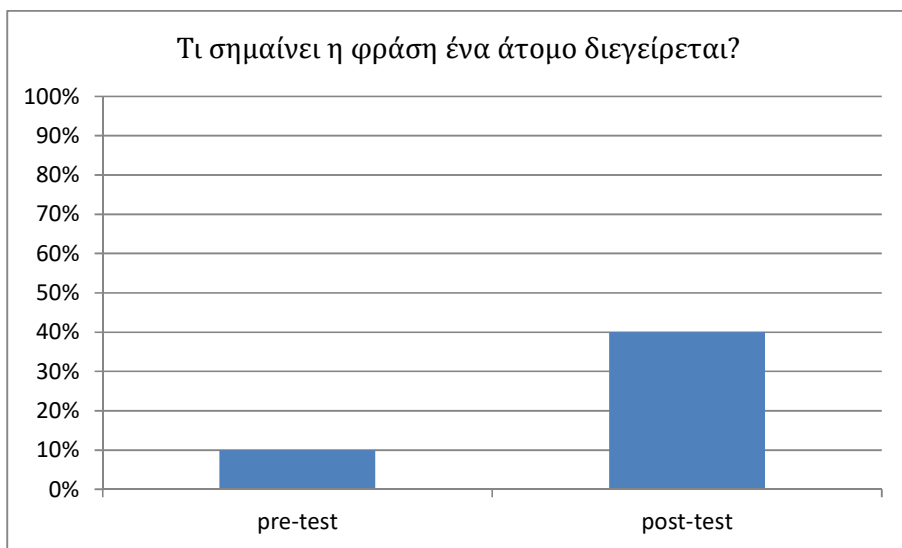
Πίνακας 60 : Ποσοστό σωστών απαντήσεων στα PreTest και PostTest

Η 8^η ερώτηση σχετίζεται με την σύγκρουση φωτονίου και πυρήνα. Δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ των σωστών απαντήσεων στα pre-test και post-test. Βέβαια στο post-test οι μαθητές που έδωσαν λάθος απάντηση ανέπτυξαν επιστημονικά ορθά επιχειρήματα και χρησιμοποίησαν την νέα γνώση. Μόνο 1 μαθητής έδωσε εντελώς λανθασμένη απάντηση ενώ στο pre-test ο αριθμός αυτός ήταν σαφώς μεγαλύτερος.



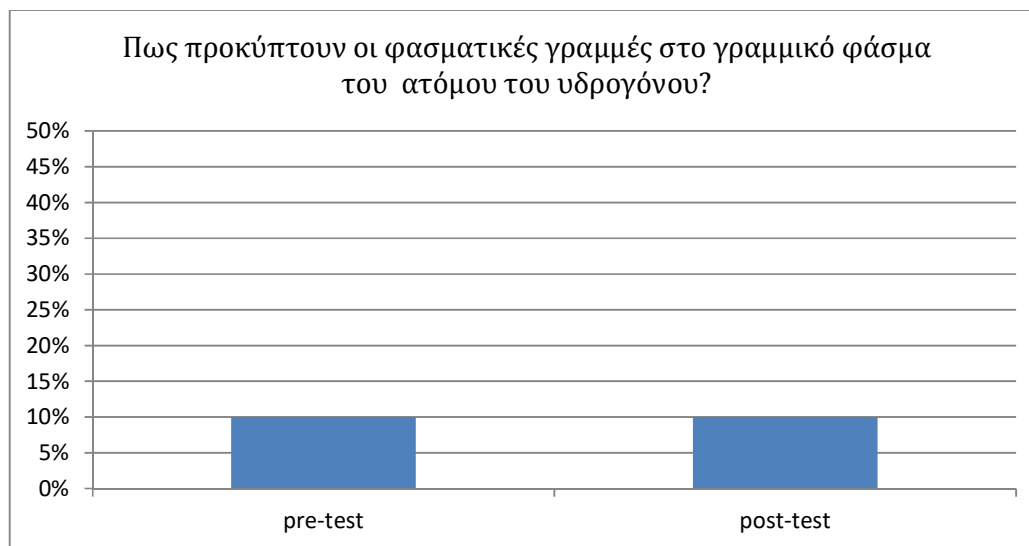
Πίνακας 61 : Ποσοστό σωστών απαντήσεων στα PreTest και PostTest

Στην 9^η ερώτηση έχουμε πολύ μικρή διαφορά στις σωστές απαντήσεις. Το ενδιαφέρον σε αυτή την ερώτηση είναι ότι 2 μαθητές στο pre-test απάντησαν χρησιμοποιώντας επιστημονικές έννοιες. Επίσης 3 μαθητές δεν έδωσαν απάντηση. Στο post-test 3 μαθητές απάντησαν σωστά. Όλοι οι μαθητές έδωσαν απάντηση αλλά η ερώτηση φαίνεται να μπερδευσε τους μαθητές καθώς κάποιοι από αυτούς έδωσαν ταυτολογικές απαντήσεις ενώ και το 30% των σωστών απαντήσεων είναι μικρό.



Πίνακας 62 : Ποσοστό σωστών απαντήσεων στα PreTest και PostTest

Στην προτελευταία ερώτηση οι μαθητές έπρεπε να πουν τι σημαίνει η φράση «ένα άτομο διεγείρεται». Και εδώ η διαφορά ποσοστών δεν είναι μεγάλη. Ωστόσο στο post-test οι μαθητές ήταν αρκετά πιο συγκεκριμένοι στις απαντήσεις τους, χρησιμοποίησαν επιστημονικές έννοιες και δεν βασίστηκαν στις αρχικές τους αναπαραστάσεις.



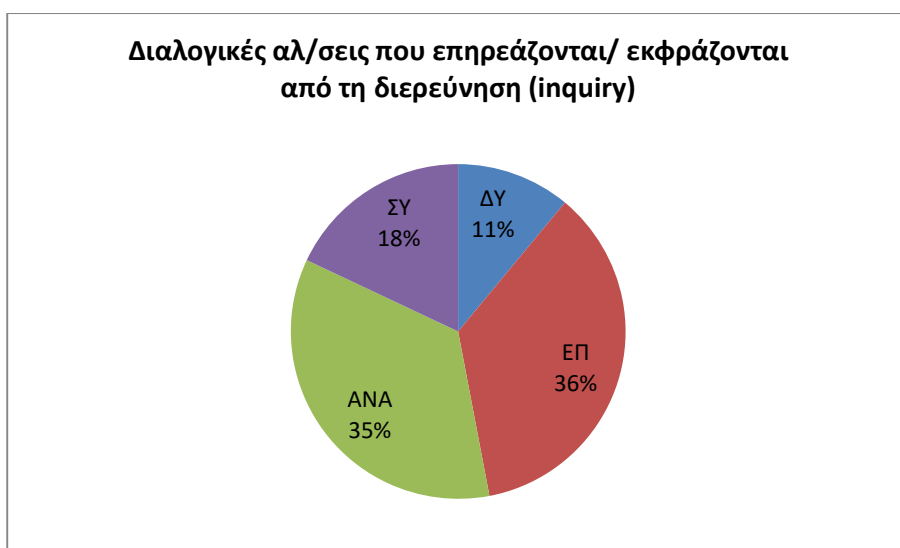
Πίνακας 63 : Ποσοστό σωστών απαντήσεων στα PreTest και PostTest

Στην 11^η και τελευταία ερώτηση το ποσοστό των σωστών απαντήσεων είναι ίδιο. Από την άλλη υπάρχει διαφορά στον αριθμό των μαθητών που δεν απάντησαν. Στο pre-test επτά μαθητές δεν έδωσαν απάντηση ενώ στο post-test τέσσερις. Οι απαντήσεις στο pre-test είναι αναμενόμενες καθώς όπως αναφέραμε και στην ερώτηση 4 οι μαθητές δεν ξαναέχουν συναντήσει την έννοια του φάσματος. Από την άλλη στο post-test ο αριθμός των μαθητών που έδωσαν απάντηση θα έπρεπε να ήταν υψηλότερος. Αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι όπως και στην ερώτηση 4 οι μαθητές δεν έδωσαν μεγάλη σημασία στο φάσμα.

4. Συμπεράσματα

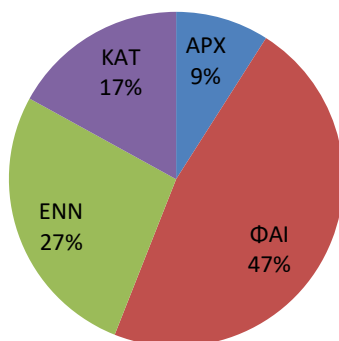
Η παρούσα έρευνα είχε ως στόχο να μελετήσει τον ρόλο των μικρόκοσμων στη κατανόηση εννοιών της φυσικής και την δημιουργία επιστημονικών νοημάτων στο πλαίσιο της ομαδοσυνεργατικής μάθησης. Συγκεκριμένα εξετάζεται ο ρόλος του λογισμικού στην κατανόηση της εκπομπής και της απορρόφησης φωτονίων από το άτομο του υδρογόνου καθώς και η κατανομή των ηλεκτρονίων στον πυρήνα του ατόμου αλλά και η φύση του πυρήνα.. Επίσης σκοπός τη έρευνας αποτελεί και η καταγραφή και μελέτη των παρανοήσεων των μαθητών πάνω στα υπό μελέτη θέματα.

Στη συνέχεια παρατίθενται 2 διαγράμματα τα οποία προέκυψαν από την ανάλυση περιεχομένου και στα οποία βασίζονται τα συμπεράσματά μας.



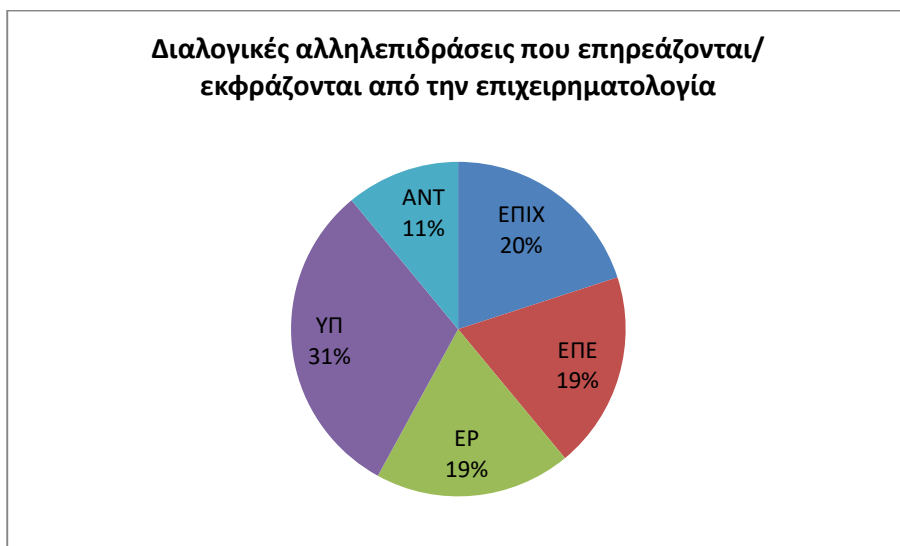
Εικόνα 9 : Γραφική παράσταση διαλογικών αλληλεπιδράσεων

**Διαλογικές αλληλεπιδράσεις που επηρεάζονται/
εκφράζονται από το επιστημονικό περιεχόμενο**



Εικόνα 10 : Γραφική παράσταση διαλογικών αλληλεπιδράσεων

Με βάση τις απαντήσεις των μαθητών στα pre-post test , τα αντίστοιχα διαγράμματα και τις πίτες των αντίστοιχων κατηγοριών ανάλυσης μπορούμε να ισχυριστούμε τα εξής. Όσον αφορά τις παρανοήσεις των μαθητών παρατηρούμε ότι στα pre-test οι μαθητές δεν ήταν συγκεκριμένοι στις απαντήσεις τους και δεν χρησιμοποιούσαν ιδιαίτερα επιστημονικές έννοιες. Ακόμα βλέπουμε ότι δεν χρησιμοποίησαν σε μεγάλο βαθμό τις έννοιες που γνώριζαν καθώς το ποσοστό των αρχικών αναπαραστάσεων ήταν σχετικά μικρό (9%, πίνακας 10). Κάποιες από τις παρανοήσεις των μαθητών αφορούσαν την προσπάθεια να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα μέσω αυτών των αρχικών αναπαραστάσεων. Αν και το ποσοστό των φαινομενολογικών περιγραφών ήταν υψηλό (47%), όπως επίσης και το ποσοστό των εννοιών(27%) οι μαθητές δεν μπορούσαν να εξηγήσουν πλήρως την συμπεριφορά του ατόμου του υδρογόνου για αυτό και η κατανόηση δεν συγκεντρώνει πολύ υψηλό ποσοστό (17%). Το υψηλό ποσοστό του πειραματισμού 35% και της ανάλυσης σε συνδυασμό με τις έννοιες δείχνει ότι οι μαθητές παρατήρησαν αρκετές φορές το φαινόμενο και προσπάθησαν να το εξηγήσουν και με επιστημονικές έννοιες. Εκεί που φαίνεται να αποτυγχάνουν και εκεί που εμφανίζεται ο μεγαλύτερος αριθμός παρανοήσεων είναι στην διατύπωση ενός τελικού συμπεράσματος που να εξηγεί πλήρως το φαινόμενο. Όλοι οι μαθητές μπόρεσαν να εξηγήσουν συγκεκριμένες πτυχές του φαινομένου αλλά την ίδια στιγμή εμφάνισαν παρανοήσεις σε κάποιες άλλες. Πάντως πρέπει να σημειώσουμε ότι όλοι οι μαθητές εμφάνισαν παρανοήσεις στην παραγωγή του φάσματος του ατόμου του υδρογόνου.



Εικόνα 11 : Γραφική παράσταση διαλογικών αλληλεπιδράσεων



Εικόνα 12 : Γραφική παράσταση διαλογικών αλληλεπιδράσεων

Σχετικά με τον ρόλο του λογισμικού και της συνεργασίας στην δημιουργία επιστημονικών νοημάτων από τους πίνακες 65 και 66 βλέπουμε ότι η ανατροφοδότηση του λογισμικού αποτέλεσε ένα μεγάλο ποσοστό των σχολίων σχετικά με το ψηφιακό εργαλείο. Μεγάλο ποσοστό συγκεντρώνει και η εργονομία για την οποία υπήρχαν θετικά σχόλια από τους μαθητές. Από την ανάλυση των διαλόγων και σε συνδυασμό με την κατηγορία εμπειρία του χρήστη μπορούμε να ισχυριστούμε, με αρκετή επιφύλαξη βέβαια, ότι η διαπραγμάτευση των εννοιών της φυσικής και η αλληλεπίδραση των μαθητών με το λογισμικό ενεργοποιεί τη δημιουργία νοημάτων.

Επιπρόσθετα σε ερώτηση που έγινε από τον ερευνητή σχετικά με το ρόλο του λογισμικού όλοι οι μαθητές απάντησαν ότι βρήκαν το λογισμικό ενδιαφέρον και απαραίτητο για τις δραστηριότητες κάτι το οποίο έρχεται και σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της ρουμπρίκας στην ανάλυση δεδομένων. Όσον αφορά το κομμάτι της συνεργασίας από τον πίνακα τάδε βλέπουμε ότι τα ποσοστά είναι μοιρασμένα μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών. Η μόνη κατηγορία η οποία εμφανίζει μικρότερο ποσοστό είναι η αντίθεση. Είναι γεγονός πως στις περισσότερες περιπτώσεις υπήρχε συμφωνία μεταξύ των μελών των ομάδων. Βέβαια εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι κάποιες ομάδες είχαν καλύτερη συνεργασία και ορισμένοι μαθητές ήταν πιο ενεργοί στο να διατυπώσουν απόψεις και να τις μοιραστούν στα πλαίσια της ομάδος. Η αντίθεση εμφανίστηκε κυρίως σε αυτές τις ομάδες ενώ αυτές οι ομάδες χρησιμοποίησαν περισσότερες επιστημονικές έννοιες καθώς έπρεπε δικαιολογήσουν τις απόψεις του και να διατυπώσουν επιχειρήματα.

Τέλος όσον αφορά το ρόλο των μικρόκοσμων στην κατανόηση φυσικών μεγεθών, αυτός ήταν αρκετά σημαντικός. Όπως προαναφέραμε από τις κατηγορίες ανάλυσης φάνηκε ότι οι μαθητές αφιέρωσαν αρκετά μεγάλο μέρος του χρόνου τους στον πειραματισμό και στην ανάλυση των αποτελεσμάτων του πειραματισμού. Με αυτόν τον τρόπο ενεπλάκησαν ενεργά με τις φυσικές έννοιες και παρατήρησαν την δυναμική συμπεριφορά τους υπό διαφορετικές συνθήκες. Πολύ σημασία σε αυτό το κομμάτι έχει και η τελευταία δραστηριότητα, στην οποία οι μαθητές έπρεπε να μελετήσουν τον κώδικα και να προβούν σε αλλαγές. Η δραστηριότητα αυτή εκφράζεται από την κατηγορία ανάλυσης «Διαλογικές αλληλεπιδράσεις που επηρεάζονται/ εκφράζονται από τον κονστραξιονισμό». Από την ανάλυση των δεδομένων μας βλέπουμε ότι οι μαθητές αφιέρωσαν περισσότερο χρόνο στην πραγματοποίηση αλλαγών και λιγότερο στην αποδόμηση των μοντέλου. Αυτό όπως έχει προαναφερθεί εξηγείται καθώς οι μαθητές, καθώς δεν γνώριζαν προγραμματισμό, πείραζαν περισσότερο κομμάτια του προγράμματος τα οποία δεν σχετίζονταν σε τόσο μεγάλο βαθμό με τις φυσικές έννοιες. Αυτό σίγουρα είναι αρνητικό και δεν βοηθάει στην βαθύτερη κατανόηση των εννοιών για αυτό και προτείνεται είτε να δίνεται μεγαλύτερο χρονικό διάστημα σε τέτοιες δραστηριότητες είτε να υπάρχει μια εξοικείωση των μαθητών με κάποιες βασικές αρχές του προγραμματισμού.

5. Περιορισμοί και περαιτέρω έρευνα.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφέρουμε ότι η παρούσα έρευνα χρήζει περαιτέρω διερεύνησης προκειμένου να επιβεβαιωθούν τα αποτελέσματά της για δύο κυρίως λόγους. Πρώτον το δείγμα των μαθητών ήταν αρκετά μικρό και δεύτερον το χρονικό διάστημα διεξαγωγής της έρευνας ήταν πολύ σύντομο. Ο αριθμός των μαθητών ήταν μόλις 10 και ο ερευνητής πραγματοποίησε τις δραστηριότητες κατά την διάρκεια μιας τετράωρης συνάντησης. Το δείγμα είναι αρκετά μικρό ενώ και ο τρόπος διεξαγωγής της δραστηριότητας είχε ως αποτέλεσμα οι μαθητές να κουραστούν και να μην αποδίδουν τα αναμενόμενα.

Όσον αφορά την περαιτέρω έρευνα υπάρχουν πολλές κατευθύνσεις που μπορεί να ακολουθήσει ένας ερευνητής. Η πρώτη είναι να γίνει μια σύγκριση μεταξύ ψηφιακών και πραγματικών εργαστηρίων. Κάποιος άλλος θα μπορούσε να δώσει μεγαλύτερη έμφαση στον τρόπο με τον οποίο εργάζονται οι μαθητές στα πλαίσια των ομάδων αλλά και τον ρόλο του λογισμικού. Γενικά καθώς ο τομέας των ψηφιακών τεχνολογιών γνωρίζει άνθηση τα τελευταία χρόνια υπάρχουν πολλές κατευθύνσεις προς τις οποίες θα μπορούσε να κινηθεί ένας ερευνητής.

6. Βιβλιογραφία

Ackermann. (2012). Programming For The Natives: What is it? What's In It For The Kids? *Constructionism 2012, Theory, Practice and Impact* (σσ. 1-10). Athens: The Educational Technology Lab, Department of Pedagogy, Faculty of Philosophy, Pedagogy, Psychology, School of Philosophy, National & Kapodistrian University of Athens.

Ackermann E, (2001). Piaget's constructivism, Papert's constructionism: what's the difference? In: *Constructivism: uses and perspectives in education*, Vol 1 and 2, Conference Proceedings, Geneva, Research Center in Education 85-94.

Akpan, J. P., & Andre, T., (1999). The effect of a prior dissection simulation on middle school students' dissection performance and understanding of the anatomy and morphology of the frog. *Journal of Science Education and Technology*, 8(2), 107-121.

Alimisis, D. and C. Kynigos, (2009). Constructionism and Robotics in Education, in *Teacher Education on Robotics-Enhanced Constructivist Pedagogical Methods*, D. Alimisis, Editor. 2009, School of Pedagogical and Technological Education: Athens, Greece.

Ash, D. (1998). *Inquiry thoughts, views, and strategies for the K-5 classroom*. Arlington: National Science Foundation.

Barron, B. & Darling-Hammond, L. (2008). Teaching for meaningful learning: A review of research on inquiry-based and cooperative learning. In L. Darling-Hammond, B. Barron, D. Pearson, A. Schoenfeld, E. Stage, T. Zimmerman, G. Cervetti, & J. Tilson (Eds.), *Powerful Learning : What We Know About Teaching for Understanding* (pp 11-70). San Francisco: Jossey-Bass.

Barrow L. H.(2006). A brief history of inquiry: From dewey to standards. *Journal of science teacher education.*, 17(3) , 265-278.

Bell, J. (2010). *Doing your research project*. Εκδόσεις :McGraw-Hill House.

Bogdan, R & Knopp Biklen,S.(2007). *Qualitative Research for Education*. Boston : Pearson

- Bybee, R.W., Powell, J.C. & Trowbridge, L.W. (2008). *Teaching Secondary School Science: Strategies for Developing Scientific Literacy*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education (9th Edition).
- Chang, K. E., Chen, Y. L., Lin, H. Y., & Sung, Y. T. (2008). Effects of learning support in simulation-based physics learning. *Computers & Education*, 51(4), 1486–1498.
- Darlington, Y. & Scott, D.(2002). *Qualitative Research in practice : Stories from the field*. Sydney : Allen & Unwin.
- Daskolia, M., Kynigos, C., (2012). Tinkering Creatively with Sustainability. In the *Proceedings of the Constructionism 2012: Theory, Practice and Impact Conference*, Athens, Greece, pp.194-203.
- De Jong, T. (2006). Computer simulations—technological advances in inquiry learning. *Science*, 312, 532–533.
- Denzin, Norman K. & Lincoln, Yvonne S. (2000, 2ed ed.). *Handbook of Qualitative Research*. London: Sage.
- Dillenbourg P. (1999) What do you mean by collaborative learning?. In P. Dillenbourg (Ed) *Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches*. (pp.1-19). Oxford: Elsevier.
- Flick, L., & Bell, R. (2000). Preparing tomorrow's science teachers to use technology: Guidelines for Science educators. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education* [Online serial], 1 (1). Retrieved from <http://www.citejournal.org/vol1/iss1/currentissues/science/article1.htm>.
- Friesen, S., Scott, D.(2013). Inquiry-based learning: A review of the research literature. Retrieved from <http://galileo.org>.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education* (pp. 3-18). Dordrecht: Kluwer.
- Good, T. L., & Brophy, J. E. (1986). *Educational Psychology* (3rd ed.). New York: Longman.

- Gonzalez-Cruz, J., Rodriguez-Sotres, R., & Rodriguez-Penagos, M. (2003). On the convenience of using a computer simulation to teach enzyme kinetics to undergraduate students with biological chemistry-related curricula. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 31(2), 93–101.
- Harrison, A. & Treagust, H. (2000) A typology of school science models, *International Journal of Science Education*. Vol 0693, Pages 1011 – 1026. DOI:10.1080/095006900416884.
- Hestenes, D. (1997). Modeling Methodology for physics teachers. In *The Changing Role of Physics Departments in Modern Universities*. Proceedings International Conference on Undergraduate Physics Education.
- Ingham, A. M., & Gilbert, J. K. (1991). The use of analogue models by students of chemistry at higher education level. *International Journal of Science Education*, Vol13, Pages 193-202.
- Johnson, R. T., & Johnson, D. W. (1986). Action research: Cooperative learning in the science classroom. *Science and Children*, 24, 31-32.
- Klahr, D., Zimmerman, C., & Jirout, J. (2011). Educational interventions to advance children's scientific thinking. *Science*, 333(6045), 971-975.
- Kori, K., Mäeots, M., Pedaste, M. (2014). Guided reflection to support quality of reflection and inquiry in Web-based learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 112, 242 – 251.
- Kynigos, C. (2004). Black and white box approach to user empowerment with component computing, *Interactive Learning Environments*, 12(1-2), 27–71.
- Kynigos, C. (2007a). Half-Baked logo microworlds as boundary objects in integrated design. *Informatics in Education*, 2007, 6(2), 1–24.
- Louca, T. L., & Zacharia, C. Z. (2009). The use of computer-based programming environments as computer modeling tools in early science education: The cases of textual and graphical program languages. *International Journal of Science Education*, 30(3), 1–37.
- Mäeots, M., & Pedaste, M. (2014). The role of general inquiry knowledge in enhancing students' transformative inquiry processes in a web-based learning environment. *Journal of Baltic Science Education*, 13, 19-31.

Martin, M. O., Mullis, I. V. S., Gonzalez, E. J., & Chrostowski, S. J. (2004). TIMSS 2003 International science report. Boston, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education, Boston College.

Minner, D.D., Levy, A.J. & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, pp 474-496.

Oh, P. S., & Oh, S. J. (2010). What teachers of science need to know about models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109 – 1130.

Papaevripidou, M. N., (2012). Teachers as learners and curriculum designers in the context of modeling-centered scientific inquiry.

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books, Inc.

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A., Kamp, E. T., & Tsourlidaki, E. (2015). Review: Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61.

Raptis, A. & Rapti, A. (2002). *Learning and teaching in the information age : A holistic approach*, Athens.

Resnick, M., Berg, R., and Eisenberg, M. (2000). Beyond Black Boxes: Bringing Transparency and Aesthetics Back to Scientific Investigation. *Journal of the Learning Sciences*, vol. 9, no. 1, pp. 7-30.

Resnick, M. (2002). Rethinking Learning in the Digital Age. In G. Kirkman (Ed.), *The Global Information Technology Report: Readiness for the Networked World* (pp. 32-37). Oxford: Oxford University Press.

Roschelle, J. & Teasley S.D. (1995) The construction of shared knowledge in collaborative problem solving. In C.E. O'Malley (Ed.), *Computer-Supported Collaborative Learning*. (pp. 69-197). Berlin: Springer-Verlag.

Rutten N, van Joolingen WR, van der Veen JT (2011) The learning effects of computer simulations in science education. *Comput Educ* 58(1):136–153.

- Sherin, B.L. (1996). The symbolic basis of physical intuition: A study of two symbol systems in physics instruction. Unpublished dissertation, University of California, Berkeley.
- Smyrniou Z. & Dimitracopoulou A., (2007). Inquiry learning using a technology-based learning environment. In (Ed) C. Constantinou & Z. Zacharia, *Computer Based Learning in Sciences, Proceedings of 8th International Conference on Computer Based Learning (CBLIS)*, 31 June-6 July, Heraklion, Crete, pp. 90-100.
- Smyrniou, Z., Moustaki, F., & Kynigos, C. (2016). Inquiry and Meaning Generation in Science While Learning to Learn Together: How Can Digital Media Provide Support?. In *New Developments in Science and Technology Education* (pp. 109-123). Springer International Publishing.
- Smyrniou, Z., Moustaki, F., Kynigos, C. (2012). Students' constructionist game modelling activities as part of inquiry learning processes. *Electronic Journal of e-Learning*. Special issue on Games-Based Learning - ECGBL Conference.
- Trundle, K. C. & Bell, R. L. (2010). The use of a computer simulation to promote conceptual change: a quasi-experimental study. *Computers & Education*, 54, 4, 1078–1088.
- Thompson, A., Simonson, M., & Hargrave, C. (1996). *Educational Technology: a Review of the Research*. Washington DC: AECT Publications.
- Vosniadou, S. & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: A psychological point of view. *Int. J. Sci. Educ.* 20: 1213–1230.
- Waight, N., & Abd-El-Khalick, F. (2007). The impact of technology on the enactment of 'inquiry' in a technology enthusiast's sixth grade science classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(1), 154–182.
- Yin, R. K. (1984). *Case Study Research: Design and Methods*. Beverly Hills: Sage Publications.
- Zacharia, Z. (2006). 'Beliefs, Attitudes, and Intentions of Science Teachers Regarding the Educational Use of Computer Simulations and Inquiry-based Experiments in Physics. *Journal of Research in Science Teaching*, Volume 40, 792-823.

Κουλουμπαρίτση, Α.Χ. & Ματσαγγούρας Η.Γ. (2004). Φάκελος εργασιών του μαθητή (portfolio assesment) : Η αυθεντική αξιολόγηση στην διαθεματική διδασκαλία. Στο Αγγελίδης Π.Α. & Μαυροειδής, Γ.Γ. (επιμ.) Εκπαιδευτικές καινοτομίες για το σχολείο του μέλλοντος. Αθήνα : Τυπωθήτω.

Κυνηγός, Χ., Το μάθημα της διερεύνησης.(2011). Αθήνα : Τόπος.

Μουζάκης, Χ.(2011). Η Προσφορά των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών στην εκπαίδευση, τη διδασκαλία και τη μάθηση. Στο Μικρόπουλος Α, 2011.Πληροφορική και εκπαίδευση : Νοηματοδομημένη μάθηση και γνωστικά εργαλεία. Ανοικτά ακαδημαϊκά μαθήματα. Ανάκτηση από http://ecourse.uoi.gr/pluginfile.php/98749/mod_resource/content/5/8.%20MEIZON_I_CTinEducation.pdf

Νόβα-Καλτσούνη, (2006). Μεθοδολογία Εμπειρικής Έρευνας στις Κοινωνικές Επιστήμες. Αθήνα: Gutenberg.

Ολυμπίου, Γ & Ζαχαρίας, Ζ (2012). Η χρήση προσομοιώσεων στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Θεωρητικές και Διδακτικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες: Εκδόσεις Διάδραση: Αθήνα.

Πετροπούλου, Ο., Κασιμάτη, Α., Ρετάλης, Σ. 2015. Ρουμπρίκες Αξιολόγησης (Rubrics Assessment) της Επίδοσης των Εκπαιδευομένων. [Κεφάλαιο Συγγράμματος]. Στο Πετροπούλου, Ο., Κασιμάτη, Α., Ρετάλης, Σ. 2015. Σύγχρονες μορφές εκπαιδευτικής αξιολόγησης με αξιοποίηση εκπαιδευτικών τεχνολογιών.

Ράπτης., Ρ. & Κομής., Β. (2002). Η υπολογιστική μοντελοποίηση στη διδασκαλία και τη μάθηση.

Σμυρναίου, Ζ., Πετροπούλου, Ε., Κωστίκας, Ι.(2014). Η διδασκαλία του κεκλιμένου επιπέδου: σενάριο εφαρμογής της ανακαλυπτικής μάθησης με την αξιοποίηση ενός μικρόκοσμου, “ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΠΡΑΞΗ”. Στο πλαίσιο των ευρωπαϊκών πρωτοβουλιών SCIENTIX: Η ευρωπαϊκή πύλη για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και INSPIRING SCIENCE: Καινοτόμα Εκπαιδευτικά Σενάρια για τη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Αθήνα.

Σμυρναίου, Ζ. (2010). Εισαγωγή στη Διδακτική Θετικών Επιστημών. Εκδόσεις Ηρόδοτος: Αθήνα.

Φελλάς, Χ., Παπαευριπίδου, Μ. & Ζαχαρίας, Ζ.(2008). Διερεύνηση της ανάπτυξης της ικανότητας μοντελοποίησης και της εννοιολογικής κατανόησης για το κυκλοφορικό σύστημα δωδεκάχρονων μαθητών μέσω δύο διαφορετικών παρεμβάσεων. Πρακτικά 10ου παγκύπριου συνέδριου παιδαγωγικής εταιρείας Κύπρου.. Ανάκτηση από <http://www.clab.edc.uoc.gr/aestit/3rd/contributions/52.pdf>

Χαλκιά, Κ. (2013). Η απουσία των μεγάλων κοσμοθεωριών της φυσικής του 20ου αιώνα από τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση του 21ου αιώνα: Διλήμματα και προτάσεις. Πρακτικά 8^ο Πανελληνίου συνεδρίου Διδακτικής των φυσικών επιστημών και των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση.

Cohen, L. Manio, L & Morison K.(2008). Μεθοδολογία εκπαιδευτικής έρευνας. Αθήνα: Μεταίχμιο.

Robson, C. (2007). Η έρευνα του πραγματικού κόσμου. Αθήνα : Guttenberg

7. Παράρτημα

Φύλλο εργασίας

1. Αναζητώντας πληροφορίες στο διαδίκτυο απαντήστε στην ερώτηση “Τι είναι το φωτόνιο και από τι εξαρτάται το χρώμα του”

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Εξοικείωση με το λογισμικό.

3. Ρίξτε σύνθετη ακτινοβολία στο άτομο του υδρογόνου. Παρατηρήστε και καταγράψτε τι συμβαίνει

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Για ποιο λόγο πιστεύετε ότι τα φωτόνια κάνουν αυτή την κίνηση?

.....

.....

.....

.....

5. Τι πιστεύεις ότι είναι το μονοχρωματικό και τι το λευκό φως?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. Για κάθε μια από τις 3 ακόλουθες περιοχές του φάσματος α)UVβ)Κόκκινο γ)
Μπλε ,δώσε κάποιες τυχαίες τιμές (2-3) μήκους κύματος και παρατήρησε τι
συμβαίνει για κάθε μια από αυτές.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα

Atomic Model	Παρατηρήσεις	Με ποιο τρόπο είναι σε συμφωνία ή διαφέρει με το πείραμα?
Billiard Ball:		
Plum Pudding :		
Classical Solar System :		
Bohr :		
De Broglie :		
Schrodinger :		

8. Πάτα τα κουμπιά Φάσμα και Ενεργειακές στάθμες. Μπορείς με τη βοήθεια αυτών να δικαιολογήσεις τι συμβαίνει στο ηλεκτρόνιο?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8i. Αναζήτησε στο διαδίκτυο τη σειρά Lyman. Θέσε κάποια από τα μήκη κύματος της σειράς στο πρόγραμμα. Τι παρατηρείς? Τι πιστεύεις ότι συμβαίνει στο ηλεκτρόνιο?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

8ii. Αναζήτησε στο διαδίκτυο τη σειρά Balmer. Θέσε κάποια από τα μήκη κύματος της σειράς στο πρόγραμμα. Τι παρατηρείς? Τι πιστεύεις ότι συμβαίνει στο ηλεκτρόνιο?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9. Πατήστε τη ψηφίδα logo και μελετήστε τον κώδικα. Μπορείτε να κατανοήσετε πως λειτουργούν κάποια μέρη του κώδικα και πως αυτά μεταφράζονται σε αυτά που βλέπετε? Πραγματοποιήστε αλλαγές στον κώδικα.

Pre/Post –Test

1. Τι είναι το φωτόνιο και τι το μήκος κύματος μήκος κύματος του φωτονίου?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Ποια τα όρια μήκους κύματος στην περιοχή του ορατού φωτός.?

.....

.....

.....

.....

3. Ποια η διαφορά του μονοχρωματικού με το λευκό φως?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Τι είναι το φάσμα εκπομπής?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. Σχεδιάστε το πρότυπο του Rutherford(πλανητικό).

6. Πως αποτυγχάνει το πρότυπο του Thomson(σταφιδόψωμο) να περιγράψει το άτομο του υδρογόνου?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. Σχεδιάστε το πρότυπο του Bohr

8. Τι θα συμβεί αν ρίξουμε ένα φωτόνιο στο άτομο του υδρογόνου(πραγματικό).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9. Πότε ένα άτομο εκπέμπει ένα φωτόνιο?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

10.Τι σημαίνει η φράση ένα άτομο διεγείρεται?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

11. Πως προκύπτουν οι φασματικές γραμμές στο γραμμικό φάσμα του ατόμου του υδρογόνου?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Ρουμπρίκα αξιολόγησης

Ψηφιακά Εργαλεία			
	Ατυχής	Πετυχημένη	Εξαιρετική επιλογή
Το λογισμικό	Το λογισμικό που επιλέχθηκε ήταν ακατάλληλο για την επίτευξη των στόχων του μαθήματος.	Ίσως το λογισμικό που επιλέχθηκε να ήταν κατάλληλο για το συγκεκριμένο μάθημα.	Το λογισμικό που επιλέχθηκε ήταν κατάλληλο και κάλυπτε πλήρως τις ανάγκες της ενότητας.
	Μη απαραίτητη	Σχετικά Απαραίτητη	Απόλυτα Αναγκαία
Χρήση Ψηφιακού Εργαλείου	Δεν ήταν απαραίτητη η χρήση ψηφιακών εργαλείων.	Η χρήση ψηφιακών εργαλείων ενίσχυσε σε μικρό βαθμό την μαθησιακή διαδικασία.	Η χρήση ψηφιακών εργαλείων ήταν απαραίτητη.
	Κακοί	Μέτριοι	Εξαιρετικοί
Μικρόκοσμοι	Είχαν κακή λειτουργία και άσχημη εμφάνιση.	Είχαν μέτρια λειτουργία και απλή εμφάνιση.	Μου άρεσε πολύ ο τρόπος λειτουργίας των μικρόκοσμων αλλά και η εμφάνισή τους.