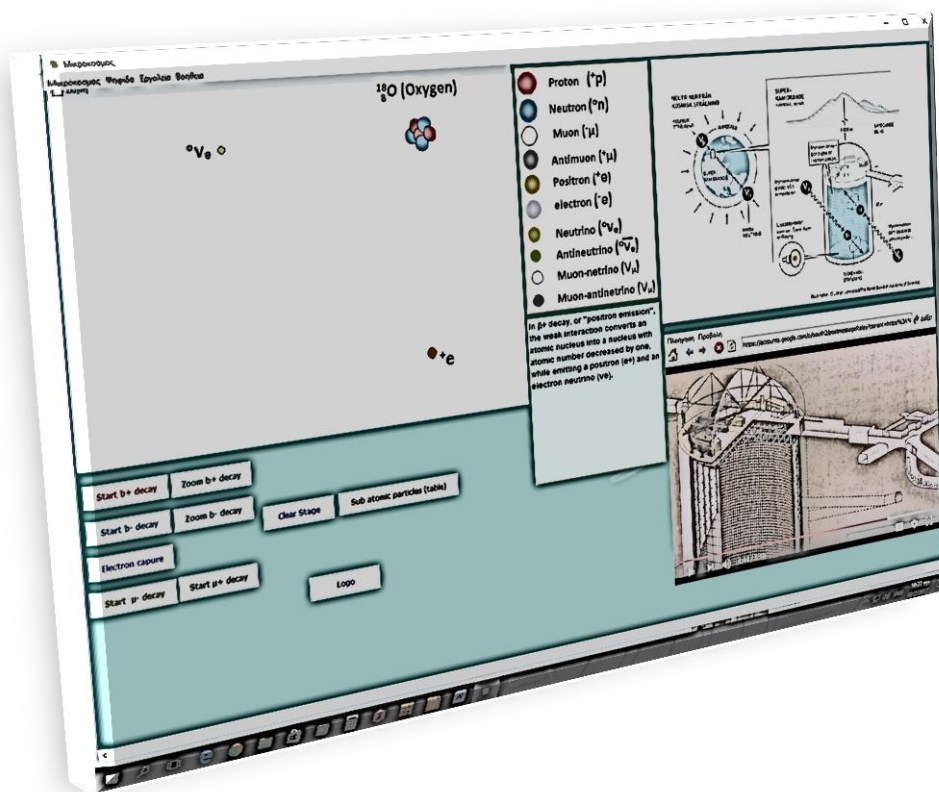




ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΦΙΛΟΣΟΦΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑΣ-ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗΣ-ΨΥΧΟΛΟΓΙΑΣ
ΠΜΣ «Θεωρία, Πράξη και Αξιολόγηση του Εκπαιδευτικού Έργου»
Κατεύθυνση Ψηφιακές Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση
<http://thepae.ppp.uoa.gr>

Διπλωματική Εργασία

Σχεδιασμός και αξιοποίηση ψηφιακών δομημάτων στη σωματιδιακή φυσική



Ασημακόπουλος Ζώης
ΑΜ: 214038

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Ζ. Σμυρναίου - Επίκουρη Καθηγήτρια Παν. Αθηνών

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
(Επόπτης)

Καθηγητής
Πανεπιστημίου
Αθηνών

.....

3) Γιαννούτσου Νικολέτα
(Μέλος)

Διδάκτωρ Εκπαιδευτικής
Τεχνολογίας

.....

*Αφιερώνεται στην οικογένεια μου
και ιδιαίτερα στον πατέρα μου
Παναγιώτη*

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την Επίκουρη Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Αθηνών, Ζαχαρούλα Σμυρναίου, επιβλέπουσα της παρούσας ερευνητικής προσπάθειας, για την καθοδήγηση, την υποστήριξη, τις πολύτιμες συμβουλές που παρείχε, καθώς και για τον χρόνο που μου αφιέρωσε σε όλη τη διάρκεια συγγραφής της διπλωματικής εργασίας.

Σημαντική ήταν και η συνεισφορά του Καθηγητή Πανεπιστημίου Αθηνών και Υπεύθυνου του Εργαστηρίου Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας, Χρόνη Κυνηγού, ο οποίος μεταλαμπαδεύοντας την πολύτιμη εμπειρία και τις γνώσεις του μέσα από τα μαθήματα της κατεύθυνσης έθεσε τις βάσεις για τη δημιουργία της έρευνας αυτής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω ιδιαίτερα και την Δρ. Γιαννούτσου Νικολέτα που συμμετέχει στην τριμελή επιτροπή, η οποία με πολύ υπομονή, επιμονή και κατανόηση μας καθοδήγησε με ιδιαίτερο ζήλο στα μονοπάτια της έρευνας μέσα από τα μαθήματα της κατεύθυνσης.

Επιπρόσθετα θα ήθελα να ευχαριστήσω και τους υπόλοιπους συνεργάτες του Εργαστηρίου: Παπανικολάου Κυπαρισσία, Κεϊσογλου Στέφανο, Μακρή Κατερίνα, Ψυχάρη Γιώργο και Λάτση Μαρία, που μέσα από την παροχή πολυδιάστατης θεωρητικής και πρακτικής εξάσκησης, οργάνωσαν τα μαθήματα σύμφωνα με τις πιο σύγχρονες διαστάσεις στην επιστήμη της εκπαιδευτικής τεχνολογίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη σύζυγό μου, Κωνσταντίνα, τα παιδιά μου, Παναγιώτη και Δημήτρη και τη μητέρα μου, για όλη τη στήριξη που μου προσέφεραν. Η αγάπη και η κατανόηση τους σε όλες τις δύσκολες στιγμές, ήταν αναγκαία συνθήκη για την ολοκλήρωση των σπουδών μου.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνήσει τη δημιουργία νοημάτων με ψηφιακά εργαλεία που σχεδιάσαμε για τη σύγχρονη σωματιδιακή φυσική και βασίστηκαν σε σύγχρονες θεωρίες διδακτικής και παιδαγωγικής. Επιπλέον διερευνήθηκε η αλληλεπίδραση των μαθητών μεταξύ τους, καθώς και η αλληλεπίδραση των μαθητών με τα ψηφιακά δομήματα. Πιο συγκεκριμένα εξετάστηκε α) Ποια νοήματα δημιουργούν οι μαθητές για τις έννοιες της σωματιδιακής φυσικής με το λογισμικό «Εξερευνώντας το νετρίνο», β) Οι αλληλεπιδράσεις των υποκειμένων της έρευνας με το λογισμικό που δημιουργήθηκε, ως προς τις λειτουργικότητες του, την επιφάνεια επαφής του και την ανατροφοδότηση που προσφέρει γ) Την αλληλεπίδραση των μαθητών μεταξύ τους σε ένα πλαίσιο συνεργατικότητας όπου αξιοποιείται ο μικρόκοσμος αλλά και οι σύγχρονες θεωρίες παιδαγωγικής και διδακτικής. Με βάση τους τρεις αυτούς άξονες επιλέχθηκε μεθοδολογία έρευνας βασισμένη σε σχεδιασμό (design-based research). Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε τρεις φάσεις στο 1^ο Πειραματικό Γυμνάσιο Πλάκας. Ο χρόνος που αφιερώθηκε για τη διεξαγωγή της ήταν συνολικά έξι ώρες και σε αυτή συμμετείχαν δώδεκα μαθητές και μαθήτριες των Β' και Γ' τάξεων του Γυμνασίου, χωρισμένοι σε τρεις μεικτές ομάδες των τεσσάρων ατόμων. Μετά από την ποιοτική ανάλυση του περιεχομένου των διαλογικών αλληλεπιδράσεων των μαθητών (content analysis), διατυπώνονται συμπεράσματα σχετικά με τα ευρήματα της έρευνας, καθώς και προτάσεις για περεταίρω βελτίωσή της.

Λέξεις κλειδιά: Δημιουργία νοημάτων, Διερεύνηση, Μοντελοποίηση, Μικρόκοσμος, Έρευνα βασισμένη στο σχεδιασμό, Ανάλυση περιεχομένου.

Abstract

The objective of this study was to investigate the generation of scientific meanings with the use of the digital tools designed for particle physics, based on modern pedagogical and didactical theory's. Additionally we investigated the interaction between students as well as their interaction with the digital tools. More precisely we investigated: a) Which meanings students generate related to the concepts of modern particle physics with the educational software «Investigating the neutrinos», b) The

interactions of the subjects of the research with the designed software, regarding its functionalities, interface and feedback, c) Interactions between students in a cooperative framework that exploits microworld and modern pedagogical and didactical frameworks. The research methodology adopted for the purpose of compliance with these three dimensions is design-based research. The investigation was carried out on three distinct phases at 1st Experimental secondary school of Plakas. The amount of time devoted for this investigation was six hours and the participants sample consisted of twelve students of the 8th and the 9th grade, divided into three mixed groups. In the last part of this thesis, after the qualitative analysis (content analysis) of interactive interaction of students, conclusions on the results are discussed, as well as the recommendations for the further development.

Key Words: Meaning generation, Inquiry, Modeling, Microwords, Design-based research, Context analysis.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
Λίστα εικόνων	9
Λίστα Πινάκων.....	10
1. Εισαγωγή.....	11
1.1 Η αναγκαιότητα της Έρευνας.....	13
1.2 Ο σκοπός της Έρευνας	14
2. Θεωρητικό πλαίσιο.....	15
2.1 Η μοντελοποίηση στην διδασκαλία των φυσικών επιστημών - προσομοιώσεις.....	16
2.2 Κοντραξιοτισμός και δημιουργία μοντέλων στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών.	19
2.3 Το μάθημα τις διερεύνησης και οι φυσικές επιστήμες.	21
3. Το λογισμικό «Εξερευνώντας τα Νετρίνο».....	27
3.1 Ο ρόλος του Αβάκιου (e-Slate) στη δημιουργία του μικρόκοσμου «Εξερευνώντας τα νετρίνο».....	27
3.2 Χαρακτηριστικά λογισμικού και δραστηριοτήτων.	28
3.2.1 Ανάλυση δραστηριοτήτων.....	29
3.3 Περιγραφή του λογισμικού «Εξερευνώντας τα νετρίνο».....	32
3.4 Προστιθέμενη αξία του λογισμικού	38
3.5 Άλλες Web 2.0 εφαρμογές	39
4. Μεθοδολογία Έρευνας	43
4.1 Εισαγωγή.....	43
4.2 Σκοπός της έρευνας.....	43
4.3 Ερευνητικά ερωτήματα	43
4.4 Μέθοδος της έρευνας	44
4.5 Το πλαίσιο και οι συνθήκες διεξαγωγής της έρευνας	49
4.5.1 Χώρος και χρόνος διεξαγωγής	49
4.5.2 Οι συμμετέχοντες και ο ρόλος του ερευνητή	49
4.5.3. Μέσα και μέθοδοι συλλογής ερευνητικών δεδομένων.....	50
5. Πλαίσιο ανάλυσης.....	54
5.1 Κατηγορίες ανάλυσης.....	55
5.1.1 Επίδραση του ψηφιακού εργαλείου στην δημιουργία νοημάτων.....	55
5.1.2 Παράγοντες και οι διαδικασίες που επηρεάζουν τη δημιουργία επιστημονικών νοημάτων.....	56

5.1.3 Αλληλεπιδράσεις, συνεργασία και επιχειρηματολογία μαθητών με την αξιοποίηση του μικροκόσμου	57
5.2 Ανάλυση δεδομένων.....	57
5.2.1 Ανάλυση δραστηριοτήτων	58
5.2.2 Δραστηριότητες της πρώτης και δεύτερης φάσης.....	59
5.2.2.1 Αντιλήψεις των μαθητών πριν την αλληλεπίδραση τους με το λογισμικό.....	59
5.2.2.1 Επίδραση του λογισμικού.....	61
5.2.3 Δραστηριότητες της τρίτης φάσης	74
6. Αποτελέσματα	79
7. Συμπεράσματα.....	87
7.1 Περιορισμοί και περαιτέρω έρευνα.....	91
Βιβλιογραφικές Αναφορές	92

Λίστα εικόνων

Εικ.1: Βασική επιφάνεια εργασίας του μικρόκοσμου «εξερευνώντας τα νετρίνο»	33
Εικ.2: Στην σκηνή του μικρόκοσμου εμφανίζονται τα προϊόντα της β+ διάσπασης, επιτρέποντας στον εκπαιδευόμενο να διερευνήσει τη διαδικασία δημιουργίας των νετρίνο ..	34
Εικ.3: Μέσω του περιβάλλοντος της ψηφίδας Logo ο εκπαιδευόμενος έχει τη δυνατότητα να χειριστεί όχι μόνο τα αντικείμενα της σκηνής αλλά και τις γενικότερες λειτουργικότητες του μικρόκοσμου.	35
Εικ.4: Οι ψηφίδες πλαίσιο και κείμενο επιτρέπουν στον δημιουργό του μικρόκοσμου να εισάγει σε εμφανίζει στιγμές που αυτός κρίνει απαραίτητο ανατροφοδότηση ή άλλες πληροφορίες στους εκπαιδευόμενους με ποικίλες μορφές	36
Εικ. 5: Τα «χειριστήρια» του μικροκόσμου «εξερευνώντας τα νετρίνο» μέσω των οποίων παρέχεται πρόσβαση στις λειτουργικότητες του.	36
Εικ. 6: Μέσω της ψηφίδας «κορνίζα» δίνεται η δυνατότητα στους χειριστές του μικροκόσμου να παρέχουν ανατροφοδότηση στους χρήστες μέσω φωτογραφικού υλικού... ..	37
Εικ. 7: Μέσω της ψηφίδας «πλοηγός» παρέχεται στους χρήστες του μικρόκοσμου πρόσβαση στον παγκόσμιο ιστό χωρίς να πρέπει να φύγουν από το περιβάλλον εργασίας του.	38
Εικ.8: Κεντρικό μενού της διαδραστικής ιστοσελίδας με τίτλο Η περιπέτεια των «Σωματιδίων».	40
Εικ.9: Μέσα από τις σελίδες τις διαδραστικής παρουσίασης οι μαθητές διερευνούν βασικές έννοιες της σωματιδιακής φυσικής και γνωρίζουν τα χαρακτηριστικά του καθιερωμένου πρότυπου.	40
Εικ. 10: Μέσα από την ιστοσελίδα της Υπατίας ο επισκέπτης έχει την δυνατότητα να γνωρίσει το πείραμα Atlas του Cern και να εξοικειωθεί με τον επιστημονικό τρόπο έρευνας και σκέψης.	41
Εικ.11: Το καθιερωμένο πρότυπο μέσα από την οπτική των ερευνητών του Cern.	42
Εικ. 12: Γενικό μοντέλο για την διεξαγωγή έρευνας που βασίζεται στον σχεδιασμό, McKenney & Reeves (2014).	47
Εικ.13: Αξιοποίηση του κώδικα Logo από τα μέλη της πρώτης ομάδας στην προσπάθεια δημιουργίας προσομοίωσης.	75
Εικ.14: Τα μέλη της δεύτερης ομάδας μαστορεύουν τον κώδικά του μικρόκοσμου.	77

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1. Το διευρυμένο πλαίσιο της διερευνητικής μάθησης όπως αποτυπώθηκε από τους Pedaste et. al.(2015).	24
Πίνακας 2. Συσχέτιση διερεύνησης, μοντελοποίησης και κονστραξιονισμού.	26
Πίνακας 3. Συσχέτιση διερεύνησης, μοντελοποίησης στην πρώτη φάση της διερεύνησης των ιδιοτήτων των υποατομικών σωματιδίων.....	31
Πίνακας 4. Σύνδεση μοντελοποίησης - κονστραξιονισμού στην φάση της κατασκευής μικρόκοσμου από τους μαθητές.	32
Πίνακας 5: Καταγραφή των δεδομένων που προέκυψαν κατά την πρώτη φάση της διερεύνησης που διεξήχθη χωρίς την συμβολή του λογισμικού «εξερευνώντας τα νετρίνο». 60	
Πίνακας 6: Οι αναφορές των μαθητών για την επίδραση του ψηφιακού εργαλείου στη δημιουργία επιστημονικών νοημάτων.	73
Πίνακας 7: Γραφική αναπαράσταση της επίδρασης του ψηφιακού εργαλείου στη δημιουργία νοημάτων.	80
Πίνακας 8: Πίνακας καταγραφής παραγόντων και διαδικασιών που επηρεάζουν τη δημιουργία επιστημονικών νοημάτων.	81
Πίνακας 9: Γραφική αναπαράσταση αλληλεπιδράσεων διερευνητικής μάθησης.	81
Πίνακας 10: Γραφική αναπαράσταση αλληλεπιδράσεων κονστραξιονισμού.	82
Πίνακας 11: Γραφική αναπαράσταση αλληλεπιδράσεων εννοιών γνωστικού αντικείμενου. 83	
Πίνακας 12: Πίνακας υποστήριξης λογισμικού αναφορικά συνεργασία την αλληλεπίδραση και την επιχειρηματολογία μεταξύ των μελών των ομάδων.	84
Πίνακας 13: Γραφική αναπαράσταση υποστήριξης λογισμικού αναφορικά συνεργασία την αλληλεπίδραση και την επιχειρηματολογία μεταξύ των μελών των ομάδων.	85
Πίνακας 14: Ερωτηματολόγιο αξιολόγησης της συμβολής του λογισμικού στην δημιουργία νοημάτων σχετικών με το γνωστικό αντικείμενο.	86
Πίνακας 15: Ερωτηματολόγιο αξιολόγησης των λειτουργικοτήτων του λογισμικού.	86

1. Εισαγωγή

Το επάγγελμα του εκπαιδευτικού βρίσκεται τα τελευταία χρόνια υπό διαρκή αμφισβήτηση. Η καθημερινή στείρα επανάληψη τις ίδιες ή με μικρές παραλλαγές διδακτέας ύλης, τα μικρά περιθώρια ευελιξίας και τα αυστηρά πλαίσια που οριοθετούνται από τα αναλυτικά προγραμμάτων σπουδών, έχουν μετατρέψει μεγάλη μερίδα εκπαιδευτικών σε τεχνικούς διεκπεραιωτές προδιαγεγραμμένης ύλης με προκαθορισμένη εκπαιδευτική ατζέντα και μεθόδους διδασκαλίας.

Προϊόντα πληροφορικής και πολυμέσων με εκπαιδευτικό περιεχόμενο καθώς και πληθώρα δωρεάν ή επ' αμοιβή διαδικτυακών μαθημάτων που παρέχουν στους εκπαιδευόμενους μεγάλο όγκο δεδομένων σε μεγάλη ποικιλία μορφών, έρχονται να ασκήσουν ένα επιπλέον μοχλό πίεσης στους ήδη «καταπονημένους» από την καθημερινότητα και σε αρκετές περιπτώσεις υπαμειβόμενους εκπαιδευτικούς, που βλέπουν τον ρόλο τους ως «αυθεντίες» της τάξης αμφισβητείται πλέον ξεκάθαρα.

Ο δυναμικά εξελισσόμενος εκπαιδευτικός καλείται να αντιδράσει και να επαναπροσδιορίσει τον ρόλο του μέσα σε ένα χώρο που επηρεαζόμενος από ποικίλα ερεθίσματα διαρκώς μεταλλάσσεται. Καλείτε να επιλέξει αν θα παραμείνει παθητικός δέκτης των εξελίξεων ή θα επιχειρήσει να αναλάβει πρωτοβουλίες ώστε να εξελιχθεί σε δημιουργό και αναδιοργανωτή της προσωπικής του παιδαγωγικής. Με αυτό τον τρόπο θα καταφέρει να δημιουργήσει το κατάλληλο παιδαγωγικό περιβάλλον το οποίο θα του επιτρέψει να εμπλέξει ενεργά τους μαθητές στην μαθησιακή διαδικασία, μέσα από τον σχεδιασμό και την υλοποίηση δράσεων οι οποίες θα ανταποκρίνονται στις σύγχρονες ανάγκες τους (Prensky, 2005).

Οι ψηφιακές τεχνολογίες μπορούν να γίνουν ένα σημαντικό εργαλείο στα χέρια του εκπαιδευτικού που έχει ως πρωταρχικό στόχο την δημιουργία ενός μαθησιακού περιβάλλοντος που θα εμπλέξει ενεργά τους μαθητές σε μια αυθεντική διερευνητική διαδικασία μάθησης. Η χρήση όμως των ψηφιακών εργαλείων δεν πρέπει να αποτελέσει αυτοσκοπό ή απλά ένα στοιχείο εντυπωσιασμού. Ο εκπαιδευτικός, ανεξάρτητα με το αν σχεδιάζει το εκπαιδευτικό λογισμικό που προτίθεται να ενσωματώσει στην διδασκαλία του, είτε απλά αξιοποιεί υφιστάμενα λογισμικά ή άλλων μορφών ψηφιακά εργαλεία ή δομήματα, πρέπει να έχει ως στόχο μέσα από την κατάλληλη διδακτική διαχείριση, τον σχεδιασμό διδακτικών

δραστηριοτήτων οι οποίες θα ενέχουν την πιθανότητα να προκύψει πρόσθετη παιδαγωγική αξία για τους εκπαιδευόμενους.

Όπως άλλωστε διατυπώνεται εύγλωττα από τον Κυνηγό., Χ (1995) *«Είναι επιτακτική ανάγκη η όλη αντίληψη και πρακτική για την εκπαιδευτική διαδικασία να μπει σε πορεία δυναμικής και συνεχούς μετεξέλιξης. Από το παραδοσιακό και καθιερωμένο μοντέλο της αυταρχικής, ενημερωτικού χαρακτήρα και αποστασιοποιημένης από την πραγματικότητα θεωρητικής εκπαίδευσης σε ένα συνυφασμένο με τη σύγχρονη παιδαγωγική επιστήμη και κοινωνική πραγματικότητα και ανάγκες. Δηλαδή, σε ένα πραγματολογικό μοντέλο διαλογικής σχέσης δασκάλου μαθητή, προσανατολισμένο προς την ανάπτυξη ικανοτήτων δόμησης της γνώσης, συνεργασίας και παραγωγικότητας, αναζήτησης, ανάλυσης και έκθεσης της πληροφορίας σε πλαίσια ενεργητικής κοινωνικής δραστηριότητας που έχει και προσωπικό, αλλά και συλλογικό νόημα για τους μαθητές».*

Η παρούσα εργασία είναι δομημένη σε επτά ενότητες και αντίστοιχες υποενότητες. Στην πρώτη από αυτές γίνεται αναφορά στον σκοπό και την αναγκαιότητα της έρευνας. Στην δεύτερη παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο στο οποίο βασίστηκε το παρόν εγχείρημα καθώς και η σύνδεσή του με την εφαρμογή στην πράξη. Ακολουθεί η τρίτη ενότητα στην οποία πραγματοποιείται παρουσίαση των χαρακτηριστικών και των λειτουργικοτήτων λογισμικού «Εξερευνώντας τα νετρίνο», το οποίο αποτέλεσε το βασικό εργαλείο της έρευνας, ενώ παράλληλα πραγματοποιείται αναφορά και στην προστιθέμενη αξία που αυτό προσδίδει στην εκπαιδευτική διαδικασία. Στην τέταρτη ενότητα περιγράφονται ο σκοπός, η μεθοδολογία της έρευνας, τα ερευνητικά ερωτήματα που την ενέπνευσαν, καθώς και στο πλαίσιο και τις συνθήκες διεξαγωγής της. Το πλαίσιο, οι κατηγορίες ανάλυσης, καθώς και η καθεαυτή ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν κατά τα διάφορα στάδια διεξαγωγής της έρευνας αποτελούν αντικείμενο της πέμπτης ενότητας. Στην έκτη ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης των δεδομένων έρευνας, τα οποία συνοδεύονται από συμπεράσματα στην έβδομη και τελευταία ενότητα της παρούσης.

1.1 Η αναγκαιότητα της Έρευνας

Τα αποτελέσματα αρκετών σύγχρονων ερευνών τα τελευταία χρόνια καταγράφουν μια ιδιαίτερα ανησυχητική αρνητική διάθεση μαθητών τόσο της πρωτοβάθμιας αλλά κυρίως της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τις φυσικές επιστήμες (φυσική, μαθηματικά κ.α) (Trumper, 2006, Jennifer Hurd, 2013, Potvin & Hasni, 2014, Rocard et al. 2007). Παρά τις διαρκείς προσπάθειες μέσω εκπόνησης προτζεκτ ευρείας κλίμακας και δράσεων τόσο από πλευράς της Ευρωπαϊκής ένωσης, όσο και άλλων οργανισμών που δραστηριοποιούνται στον χώρο της εκπαίδευσης, με τις οποίες επιχειρείται να ανατραπεί αυτή η τάση, τα αποτελέσματα δεν έχουν φτάσει ακόμη στο επιθυμητό επίπεδο, αφού οι αποκαλούμενες θετικές επιστήμες δεν φαίνεται να είναι αρκετά ελκυστικές για την πλειονότητα των μαθητών. Οι αιτίες για αυτό το φαινόμενο είναι πολλές. Ενδεικτικά θα αναφέρουμε την παγίωση στην συνείδηση των μαθητών αναφορικά με τον υψηλό συντελεστή δυσκολίας και την φύση του αντικειμένου των μαθημάτων των φυσικών επιστημών, το φύλλο (τα αγόρια δείχνουν αναλογικά μεγαλύτερη έφεση στις θετικές επιστήμες), τον μεγάλο όγκο της ύλης που καλούνται να αφομοιώσουν οι διδασκόμενοι σε μικρό αναλογικά χρόνο, τον τρόπο που προσεγγίζεται τόσο από το ίδιο το εκπαιδευτικό σύστημα όσο και από μερίδα εκπαιδευτικών το συγκεκριμένο διδακτικό αντικείμενο (χωρίς φαντασία και παραστατικότητα), καθώς και την απουσία σύνδεσης των αντικειμένων που διδάσκονται με την αγορά εργασίας (και ιδίως με σύγχρονων επαγγέλματα που ενδιαφέρουν τους εφήβους). Τα ανωτέρω, καθιστών τις φυσικές επιστήμες μη ελκυστικές για τους νέους εκπαιδευόμενους.

Πως όμως μπορεί να αντιστραφεί αυτό το τόσο αρνητικό κλίμα που καταγράφετε για τις φυσικές επιστήμες; Ο καθοριστικός παράγοντας που μπορεί να οδηγήσει στην αναστροφή αυτού του κλίματος είναι αυτός της ανάδειξης του ρόλου του εκπαιδευτικού από στείρο κομιστή γνώσεων, σε αυτόν του ηγέτη. Ένα ηγέτη, ο οποίος προωθώντας την προσωπική του διδακτική ατζέντα και επιδιώκοντας την ενεργό εμπλοκή των μαθητών, θα καταφέρει να τους εμψυχώσει και να διεγείρει το ενδιαφέρον τους. Τα πρώτα δείγματα αναστροφής αυτού του κλίματος γίνονται σιγά σιγά ορατά. Σε αυτή του την προσπάθεια έχει ως εφόδια στην φαρέτρα του τόσο τις ψηφιακές τεχνολογίες, όσο και σύγχρονα θεωρητικά και παιδαγωγικά πλαίσια όπως είναι αυτά της *μοντελοποίησης*, της *διερεύνησης στις φυσικές επιστήμες* (IBSE – Inquiry Based Science Education), καθώς και του *κονστραξιονισμού*, στα οποία θα

αναφερθούμε εκτενώς στην συνέχεια. Όλα τα ανωτέρω βέβαια ενορχηστρωμένα κατάλληλα κάτω από την ομπρέλα μιας παιδαγωγικής ατζέντας η οποία, με την ενσωμάτωση καινοτόμων παρεμβάσεων θα εστιάζει στις σύγχρονες ανάγκες και τα ενδιαφέροντα των μαθητών.

1.2 Ο σκοπός της Έρευνας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνήσει τη δημιουργία νοημάτων, με ψηφιακά εργαλεία που σχεδιάσαμε για τη σύγχρονη σωματιδιακή φυσική και βασίστηκαν σε σύγχρονες θεωρίες διδακτικής και παιδαγωγικής. Επιπρόσθετα διερευνήθηκε η αλληλεπίδραση των μαθητών μεταξύ τους, καθώς και η αλληλεπίδραση των μαθητών με τα ψηφιακά δομήματα.

Με την αξιοποίηση των συγκεκριμένων ψηφιακών εργαλείων επιχειρείτε οι εμπλεκόμενοι να διερευνήσουν, να πειραματιστούν και να ανακαλύψουν σχέσεις μεταξύ φαινομένων, τα οποία δεν υπόκεινται σε άμεση παρατήρηση, καθώς και να αμφισβητήσουν και να τροποποιήσουν το γνωστικό κεφάλαιο που φέρουν, ως αποτέλεσμα εμπειρίας και προσωπικής εμπλοκής στην μαθησιακή διαδικασία. Αφορμή για αυτό το ερευνητικό εγχείρημα αποτέλεσαν, πέραν της προβληματικής που αναπτύχθηκε στην προηγούμενη ενότητα και οι τελευταίες εξελίξεις στον τομέα της σύγχρονης σωματιδιακής φυσικής οι οποίες κορυφώθηκαν με την απονομή του νόμπελ Φυσικής για το έτος 2015 στους Takaaki Kajita και Arthur B. McDonald αναφορικά με την τις ιδιότητες του Νετρίνο, γνωστού και ως «σωματίδιο φάντασμα» (“The 2015 Nobel Prize in Physics - Press Release,” n.d.).

2. Θεωρητικό πλαίσιο

Στην παρούσα ενότητα επιχειρείται μια γενική παρουσίαση των θεωρητικών αρχών στις οποίες στηριχθήκαμε για την διατύπωση του σκοπού και των ερευνητικών ερωτημάτων, αλλά και κατά το σχεδιασμό και την υλοποίηση του μικρόκοσμου που αξιοποιείται για τις ανάγκες της έρευνας που διεξήχθη.

Μελετώντας την υφιστάμενη βιβλιογραφία επιχειρούμε, επικεντρώνοντας την προσπάθειά μας στην διδασκαλία των φυσικών επιστημών να καταγράψουμε τις σύγχρονες τάσεις γύρω από θεωρητικά πλαίσια όπως αυτό της *διερεύνησης* (Pedaste et. al. 2015, Smyrnaioy, Z., Moustaki, F., Kynigos, C., 2012, Κυνηγός, X. 2011). Διερευνούμε το ρόλο της *μοντελοποίησης* και την επίδρασή της στη διδασκαλία τόσο για τους μαθητές όσο και για την ποιοτική αναβάθμιση του ρόλου του εκπαιδευτικού (Σμυρναίου, Z. 2007, Smyrnaioy, Z & Weil-Barais, A. 2004, Orfanos, S & Dimitrakopoulou, A. 2013, Κόμης B., Ράπτης A., Πολίτης Π., Δημητρακοπούλου A., 2004). Τέλος επιχειρούμε να μελετήσουμε πώς η συνδρομή των εν λόγω δομημάτων είναι δυνατόν να συμβάλει στην οικοδόμηση της γνώσης τόσο σε ατομικό όσο και συλλογικό επίπεδο με βάση τις αρχές του *κονστραξιονισμού* (Papert 1980, Papert & Harel 1991, Kafai & Resnick 1996).

Οι προσεγγίσεις αυτές σε αρκετές περιπτώσεις συνδυάζονται στον ερευνητικό στίβο δίνοντας νέα διάσταση και προοπτικές στην διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Όπως άλλωστε αναφέρεται σε πρόσφατη έρευνα (Smyrnaioy, Z., Moustaki, F., Kynigos, C., 2012), η μοντελοποίηση κατέχει την δική της διακριτή θέση τόσο στην διαδικασία διερευνητικής μάθησης όσο και της μάθησης μέσω του Κονστραξιονισμού. Τα μοντέλα στην διερευνητική μάθηση θεωρούνται εργαλεία υψηλού επιπέδου τα οποία είναι σε θέση να ενισχύσουν τις λογικές δραστηριότητες των μαθητών και να βελτιώσουν την αντίληψή τους γύρω από επιστημονικές έννοιες. Παράλληλα η μοντελοποίηση, υπό το πρίσμα της εξερεύνησης, του σχεδιασμού και της δημιουργίας μοντέλων πολύπλοκων επιστημονικών φαινομένων έχει βρει την θέση της στον κονστραξινιστική διδακτική προσέγγιση. Σε έρευνά τους οι De Jong και van Joelingen (2008) συνδέουν την μάθηση μέσω μοντέλων με τις διαδικασίες της *διερεύνησης* και τη διαδικασία μάθησης μέσα από την δημιουργία μοντέλων με την *Κονστραξιονιστική* προσέγγιση.

2.1 Η μοντελοποίηση στην διδασκαλία των φυσικών επιστημών - προσομοιώσεις

Η μοντελοποίηση έχει τεθεί τα τελευταία χρόνια στο επίκεντρο της επιστημονικής έρευνας, ιδιαίτερα όσον αφορά τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών.

Στην παρούσα ερευνητική προσπάθεια επιχειρούμε να μελετήσουμε κατά πόσο η δημιουργία, η αξιοποίηση, αλλά ακόμη η τροποποίηση (μαστόρεμα) μοντέλων και προσομοιώσεων στην διδασκαλία των φυσικών επιστημών μπορεί να προσδώσει πρόσθετη παιδαγωγική αξία στην εκπαιδευτική διαδικασία. Επιπρόσθετα επιχειρούμε να διερευνήσουμε την συμβολή των ανωτέρω, στην διασαφήνιση παρανοήσεων των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (κυρίως των δύο τελευταίων τάξεων του γυμνασίου) σε ένα ιδιαίτερα απαιτητικό πεδίο όπως είναι αυτό της σωματιδιακής φυσικής.

Ο Bandura (1986) όρισε την μοντελοποίηση ως μια διδακτική στρατηγική, κατά την οποία ο εκπαιδευτικός επιτρέπει στους μαθητές να παρακολουθήσουν την διαδικασία σκέψης του.

Οι Ράπτης & Ράπτη (2002) περιγράφουν την μοντελοποίηση ως την προσπάθειά που κάνουν οι άνθρωποι να κατανοήσουν πως λειτουργούν τα πράγματα γύρω τους, να ερμηνεύσουν φυσικά φαινόμενα, να κάνουν προβλέψεις αλλά και για να επηρεάσουν τη συμπεριφορά πολύπλοκων συστημάτων. Για την επίτευξη αυτού του στόχου συνθέτουν πραγματικές ή συμβολικές κατασκευές που μιμούνται ή αναπαριστούν – με ένα ιδεατό τρόπο – στοιχεία ή πτυχές της πραγματικότητας. Τα κατασκευάσματα αυτά ονομάζονται μοντέλα.

Όπως αναφέρουν οι Κόμης Β., Ράπτης Α., Πολίτης Π., Δημητρακοπούλου Α., (2004) ένα μοντέλο είναι δυνατόν να αναπαριστά προβληματικές καταστάσεις, διαδικασίες, ιδέες ή συστήματα. Σε καμία περίπτωση δεν αποτελεί ακριβές αντίγραφο των ανωτέρω καταστάσεων αλλά αναπαριστά κάποια ή κάποιες από της πτυχές της κατάστασης (δομής, ιδιότητες ή συμπεριφορά) που περιγράφει. Το μοντέλο μπορεί να λάβει ποικίλες μορφές, όπως αυτές μαθηματικών τύπων ή/και διαγραμμάτων, κατασκευών, αλλά ακόμη μπορεί και να περιγράφει λογικές καταστάσεις. Σκοπός του δεν είναι άλλος από το να προσομοιώσει με όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικό τρόπο αλλά και μεγαλύτερη ακρίβεια ουσιαστικές πτυχές μιας πραγματικότητας.

Ο Bliss, 1994b (όπως αναφέρεται από τους Δημητρακοπούλου κ.ά. 2002 και Σμυρναίου Ζ. 2007) διατυπώνει την άποψη ότι «η αλληλεπίδραση με ένα μοντέλο

στον υπολογιστή, περιέχει τουλάχιστον τη δυνατότητα της διευκρίνισης και της αποκρυστάλλωσης ιδεών». Σκοπός ενός μοντέλου σύμφωνα με τους Aristolfi και Drouin, 1992 (όπως αναφέρεται από τη Σμυρναίου Ζ., 2007) είναι να συμβάλλει στην επίλυση προβλημάτων που προκύπτουν κατά τη μαθησιακή διαδικασία.

Ο Martinand, 1987 (όπως αναφέρεται από τη Σμυρναίου Ζ. 2007), συμπληρώνει ότι ένα μοντέλο επιτρέπει την εκμάθηση των δύο σημαντικών πτυχών της σύγχρονης πραγματικότητας. Διευκολύνει την αναπαράσταση του κρυφού αλλά παράλληλα βοηθά στο να σκεφτεί κανείς το σύνθετο.

Με δεδομένο όπως αναφέραμε παραπάνω ότι ένα μοντέλο έχει ως σκοπό να προσομοιώσει με ακρίβεια τις ουσιαστικές πτυχές ενός συγκεκριμένου χώρου της πραγματικότητας, τα μοντέλα έχουν λειτουργίες *επεξηγηματικές*, *αναπαραστατικές* καθώς και λειτουργίες *πρόβλεψης* (Κόμης Β., Ράπτης Α., Πολίτης Π., Δημητρακοπούλου Α., 2004).

Οι Κόμης Β. & Ράπτης Α. (2002) αναφέρουν επίσης ότι οι διαδικασίες μοντελοποίησης μπορούν να συμβάλουν στη βαθύτερη κατανόηση των φαινομένων και για το λόγο αυτό κατατάσσονται στις διδακτικές δραστηριότητες. Γεννάται όμως το ερώτημα υπό ποιο πρίσμα είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν οι διαδικασίες μοντελοποίησης στη διδασκαλία και ειδικότερα στη μάθηση των θετικών επιστημών;

Για να είναι αποτελεσματική η αξιοποίηση μοντέλων στην διδακτική διαδικασία θα πρέπει οι δραστηριότητες που επιλέγονται να αφορούν στην επίλυση προβλημάτων που να έχουν νόημα για τα παιδιά και να βασίζονται στις καθημερινές τους εμπειρίες.

Ποιες όμως είναι οι κατάλληλες προϋποθέσεις κάτω από τις οποίες μπορεί να θεωρηθεί επιτυχημένη η χρήση των μοντέλων στη διδασκαλία των θετικών επιστημών;

Σύμφωνα με τους Κόμη Β. & Ράπτη Α. (2002) οι προϋποθέσεις αυτές συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Έκφραση και διερεύνηση των νοητικών μοντέλων των μαθητών
- Παροχή αυθεντικών μαθησιακών δραστηριοτήτων στο πλαίσιο επίλυσης προβλημάτων που έχουν νόημα για τους μαθητές.
- Ενίσχυση ενός πλαισίου μάθησης στη ζώνη της επικείμενης γνωστικής ανάπτυξης των μαθητών.

- Ανάπτυξη διδακτικών καταστάσεων με στόχο την εννοιολογική αλλαγή. Προσφορά εργαλείων και ενίσχυση της κοινωνικής αλληλεπίδρασης για τη δημιουργία γνωστικών και κοινωνικογνωστικών συγκρούσεων.
- Ενίσχυση των μεταγνωσιακών δεξιοτήτων.

Σε αυτό το πλαίσιο αναφοράς, η Βοσνιάδου (1998) συμπληρώνει ότι η κατανόηση των μαθητών ενισχύεται από μια προσέγγιση που τους βοηθά να εκφράζονται και να σκέφτονται με όρους μοντέλων και όχι με μαθηματικά σύμβολα ή γλωσσικές εκφράσεις, ως αποτέλεσμα μιας διαδικασίας στείρας απομνημόνευσης.

Με βάση τα ανωτέρω καθίσταται αναγκαιότητα, οι δραστηριότητες στην διδασκαλία των φυσικών επιστημών να σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να εμπλέκουν τους μαθητές στο σχεδιασμό την τροποποίηση (μαστόρεμα) και την παιδαγωγική αξιοποίηση μοντέλων.

Υπό αυτές τις προϋποθέσεις όπως αναφέρεται από τους Κόμη Β. & Ράπτη Α. (2002) η μοντελοποίηση μπορεί να ευνοήσει ουσιαστικά τη μαθησιακή δραστηριότητα τόσο στη διερευνητική όσο και στην εκφραστική της διάσταση.

Μια κατηγορία δυναμικών μοντέλων είναι και οι προσομοιώσεις. Όπως αναφέρει η Σμυρναίου (2007) οι προσομοιώσεις ανήκουν στην κατηγορία των δυναμικών μοντέλων, τα οποία συμβάλουν να εξομοιώνονται σύνθετες και περίπλοκες διαδικασίες όπως η πτήση ενός αεροπλάνου, οι πυρηνικές αντιδράσεις κ.α. Στο ίδιο μήκος κύματος οι De Jong και van Joolingen (2008) αναφέρουν ότι οι εκπαιδευτικοί που διδάσκουν σήμερα τα αντικείμενα των φυσικών επιστημών έχουν στην διάθεσή τους μια μεγάλη ποικιλία ψηφιακών προσομοιώσεων, που διατίθενται είτε δωρεάν, είτε έναντι αντιτίμου μέσω σχετικών σελίδων στον παγκόσμιο ιστό. Οι προσομοιώσεις αυτές είναι σχεδιασμένες ώστε να διευκολύνουν τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών και γενικότερα τη μαθησιακή διαδικασία, μέσω δυναμικών μοντέλων τα οποία προσφέρουν βελτιωμένη οπτικοποίηση και διαδραστικότητα κατά τη αναπαράσταση φυσικών φαινομένων.

Βέβαια η χρήση μοντέλων και προσομοιώσεων δεν εγγυάται πάντα τα επιθυμητά αποτελέσματα, αφού για το σκοπό αυτό και προκειμένου να προκύψει πρόσθετη παιδαγωγική αξία για τους εκπαιδευόμενους, πρέπει να χρησιμοποιείται κατάλληλα. Αυτό έρχεται να επιβεβαιώσουν τα αποτελέσματα σύγχρονων ερευνών

σύμφωνα με τις οποίες η χρήση προσομοιώσεων είναι δυνατόν να οδηγήσει σε κάποιες περιπτώσεις σε γνωστική δυσαρμονία (Trundle & Bell, 2010).

Από τις θεωρητικές προσεγγίσεις που παρουσιάστηκαν στην τρέχουσα ενότητα και δείχνουν σημαντικές έρευνες του πεδίου αναφορικά με την σημασία της μοντελοποίησης στις φυσικές επιστήμες εμείς εστιάσαμε στις τοποθετήσεις των De Jong και van Joolingen, Martinand και Κόμη Β. & Ράπτη Α. και Σμυρναίου Ζ.

Έτσι επικεντρώνοντας την προσοχή μας στην μελέτη φαινομένων της σωματιδιακής φυσικής, που αποτελούν και αντικείμενο του παρόντος ερευνητικού εγχειρήματος, αφενός οι προσομοιώσεις που αξιοποιούνται σχεδιάστηκαν με στόχο να διευκολύνουν τη διδασκαλία προσφέροντας βελτιωμένη οπτικοποίηση και διαδραστικότητα κατά τη αναπαράσταση εξομοίωση πολύπλοκων φαινομένων, επιτρέπουν την αναπαράσταση του κρυφού (τι συμβαίνει στον μικρόκοσμο), ενώ παράλληλα ωθούν τους μαθητές στο να σκεφτούν το σύνθετο (πως εξελίσσονται τα φαινόμενα με βάση της αρχές της σωματιδιακής φυσικής). Υπό αυτό το πρίσμα η μοντελοποίηση ευνοεί το σχεδιασμό της μαθησιακής δραστηριότητας τόσο στη εκφραστική όσο και στην διερευνητική διάσταση στην οποία αναφερόμαστε σε επόμενη ενότητα.

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι από παιδαγωγικής σκοπιάς η μοντελοποίηση μας επιτρέπει να δημιουργήσουμε εργαλεία που μπορούν να προσαρμοστούν στις γνωστικές ανάγκες των μαθητών, ιδιαίτερα όταν το θέμα το οποίο διερευνάται ξεφεύγει από την σφαίρα της εμπειρίας και της άμεσης παρατήρησης των εκπαιδευομένων (σύνδεση μοντελοποίησης και διαδικασίας διερεύνησης).

2.2 Κοντραξιονισμός και δημιουργία μοντέλων στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών.

Ο Κονστραξιονισμός, όπως αναφέρουν οι Kafai & Resnick (1996) είναι ταυτόχρονα και θεωρία μάθησης αλλά και εκπαιδευτική στρατηγική, η οποία έχει τις ρίζες της στις κονστρουκτιβιστικές θεωρίες του Piaget. Πρόκειται για μια θεωρεία που ισχυρίζεται ότι η γνώση δε μεταδίδεται απλά από τον εκπαιδευτή στον εκπαιδευόμενο (σχέση πομπού - δέκτη), αλλά οικοδομείται ενεργά στο μυαλό του

εκπαιδευόμενου. Υποστηρίζει επίσης ότι οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν νοήματα όταν εμπλέκονται ενεργά στην κατασκευή τεχνουργημάτων τα οποία στην συνέχεια μοιράζονται με άλλους. Τονίζουν επίσης χαρακτηριστικά ότι «οι άνθρωποι δε λαμβάνουν ιδέες, αλλά τις δημιουργούν».

Σύμφωνα με τον Papert (1980), ο κονστραξιονισμός περιλαμβάνει δύο αλληλένδετες διαδικασίες. Μια εσωτερική, ενεργητική διαδικασία, όπου οι μαθητές κατασκευάζουν τα δικά τους νοήματα μέσα από τα βιώματα που αποκτούν στο περιβάλλον στο οποίο ζουν - εξωτερικό κόσμο και μια δεύτερη εξωτερική και αντανακλά την άποψη πως οι μαθητές μαθαίνουν καλύτερα όταν κατασκευάζουν τεχνουργήματα τα οποία στη συνέχεια μοιράζονται και με άλλους. Έτσι, δημιουργώντας εξωτερικές αναπαραστάσεις, το άτομο είναι σε θέση να επεξεργαστεί εσωτερικές αναπαραστάσεις ή διανοητικά μοντέλα των φαινομένων.

Οι Papert & Harel (1991) αναφέρουν ότι η κατασκευή μοντέλων σχετίζεται άμεσα με τις κονστραξιονιστικές θεωρίες για τη μάθηση, αφού ο μαθητής, για την κατασκευή ενός νοητικού – εσωτερικού - μοντέλου για το φαινόμενο που μελετά, θα πρέπει να κατασκευάσει μια εξωτερική αναπαράσταση ή ένα τεχνούργημα (artifact). Το κονστραξιονιστικό μοντέλο επικεντρώνεται στο γεγονός ότι το κάθε άτομο δημιουργεί αναπαραστάσεις, διαμορφώνοντας τις δικές του εμπειρίες. Έτσι, δεν υπάρχει μια μοναδική «σωστή» αναπαράσταση της γνώσης.

Η Ackermann (2013) τονίζει ότι θα πρέπει να παρέχουμε στους εκπαιδευόμενους ένα πλούσιο περιβάλλον που θα προσφέρει μεγάλη ποικιλία εργαλείων, τεχνικών και τρόπων χειρισμού καταστάσεων, με σκοπό να δημιουργήσουμε το κατάλληλο περιβάλλον ώστε να «συλλάβουν» εννοιολογικά, να οπτικοποιήσουν, να δημιουργήσουν, να επανεξετάσουν με διαφορετικό τρόπο τις «κρυφές» διαστάσεις ενός φαινομένου που τους κινεί το ενδιαφέρον.

Ο Papert (1980) αναφέρει ότι οι μικρόκοσμοι - οι οποίοι αποτελούν αντικείμενο και της παρούσας ερευνητικής προσπάθειας – συνιστούν αυτόνομους «ανοιχτούς» κόσμους μέσω των οποίων οι μαθητές μαθαίνουν να μεταφέρουν συνήθειες εξερεύνησης από τις προσωπικές τους εμπειρίες στον επιστημονικό τομέα κατασκευής της γνώσης. Αναφέρει επίσης ότι δεν πρέπει να επικεντρωνόμαστε μόνο στις λογικές διεργασίες που μπορεί να κάνει ένα άτομο όταν δεν είναι στο κατάλληλο στάδιο ωρίμανσης, αλλά ότι μπορούν να κατασκευαστούν τεχνητά περιβάλλοντα, τα οποία να είναι πιο πλούσια σε δυνατότητες, ώστε να δίνουν στους μαθητές εμπειρίες δημιουργίας νοημάτων. Δίνει έμφαση λοιπόν στα νοήματα που κατανοούν τα παιδιά,

δηλαδή στο τι «καταλαβαίνουν» (αντί για το τι παρανοούν) και πως η κατάσταση αυτή μπορεί να αναπτύσσεται (αντί για ποιες παρανοήσεις «διορθώνονται»). Τοποθετεί τον μαθητή στη θέση του δημιουργού, αυτού δηλαδή που «μαστορεύει» για να φτάσει στην κατάκτηση της γνώσης (Papert, 1991).

Όπως αναφέρουν οι Κυνηγός et al., (2011), οι μικρόκοσμοι είναι ψηφιακά δομήματα με στόχευση σε χαρακτηριστικά όπως είναι η προσβασιμότητα και η ευχρηστία μέσω των οποίων οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να εμπλακούν στην διαδικασία ως χρήστες - χειριστές, αλλά και ως δημιουργοί.

Επιπρόσθετα μέσα από την μελέτη και τη συνεργατική ανάπτυξη δομημάτων τα οποία οι μαθητές μοιράζονται και συνδημιουργούν, προωθείται και η κοινωνική φύση της γνώσης, κάτι που αποτελεί βασικό στοιχείο του εποικοδομητισμού (Baytak, Land, Smith, 2011). Με αυτόν τον τρόπο οι μαθητές θα οικοδομήσουν τις συγκεκριμένες έννοιες ως αποτέλεσμα ενεργού εμπλοκής στη μαθησιακή διαδικασία και όχι ως αποτέλεσμα στείρας μετάδοσης της γνώσης (Κυνηγός, 2002).

Συνθέτοντας τις προηγούμενες θεωρητικές προσεγγίσεις αναφορικά με την επίδραση του κοντραξιονισμού στην διδασκαλία των φυσικών επιστημών επικεντρώσαμε την προσοχή μας στις τοποθετήσεις των Papert , Papert & Harel και Κυνηγού. Εστιάζουμε στη σύνδεση μεταξύ κοστραξιονιστικών θεωριών και μοντελοποίησης (σύνδεση εσωτερικού νοητικού μοντέλου με εξωτερική αναπαράσταση - τεχνούργημα - artifact), την αξιοποίηση των μικροκόσμων ως μέσου μέσω του οποίου οι μαθητές μαθαίνουν να μεταφέρουν συνήθειες εξερεύνησης από τις προσωπικές τους εμπειρίες στον επιστημονικό τομέα κατασκευής της γνώσης. Σημαντική παράμετρος στην οποία βασίστηκε η σχεδίαση του εγχειρήματος μας είναι φυσικά την συνεργατική ανάπτυξη δομημάτων τα οποία οι μαθητές μοιράζονται με ομοίους με αποτέλεσμα η οικοδόμηση της γνώσης να είναι αποτέλεσμα ενεργού εμπλοκής των μαθητών (σύνδεση κονστραξιονισμού - μοντελοποίησης).

2.3 Το μάθημα τις διερεύνησης και οι φυσικές επιστήμες.

Η ιδέα της εφαρμογής του μαθήματος της διερεύνησης στην διδασκαλία των φυσικών επιστημών δεν είναι καινούργια. Μέχρι σήμερα έχει περάσει από πολλά στάδια και έχει ωριμάσει αρκετά, ώστε να επιλέγεται επίσημα από αρκετές χώρες ως

μια παιδαγωγική προσέγγιση που προωθεί και καθιστά πιο ελκυστική την διδασκαλία των φυσικών επιστημών (Στυλιανίδου, Κουλουρή, Σωτηρίου, 2011).

Η δημοσίευση, υπό την εποπτεία της αρμόδιας Ευρωπαϊκής Επιτροπής, της έκθεσης «Science Education Now: A renewed Pedagogy for the Future of Europe» (Rocard et al. 2007), είχε ως αποτέλεσμα την επίσημη προώθηση της διερευνητικής μάθησης ως έναν από τους σημαντικότερους εκπαιδευτικούς στόχους της Ευρώπης.

Σύμφωνα με τους Linn, Davis, & Bell, 2004, Linn, M. C. (2013), «*Η διερεύνηση ορίζεται ως μια συνειδητή διαδικασία διάγνωσης προβλημάτων, κριτικής θεώρησης πειραμάτων, και διάκρισης εναλλακτικών λύσεων, σχεδιασμού έρευνας, αναζήτησης υποθέσεων και πληροφοριών, κατασκευής μοντέλων, συζήτησης με ομοίους και διατύπωσης συνεκτικών επιχειρημάτων*».

Η προσέγγιση της μάθησης φυσικών επιστημών μέσω της διαδικασίας της διερεύνησης αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο ο εκπαιδευόμενος διατυπώνει ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις, σχεδιάζει και υλοποιεί πειράματα για να ελέγξει τις υποθέσεις του, αναλύει επιστημονικά δεδομένα, αναζητεί εναλλακτικές ερμηνείες φαινομένων και συζητά τα συμπεράσματά του με άλλους (Στυλιανίδου, Κουλουρή, Σωτηρίου, 2011).

Ο Κυνηγός (2011) περιγράφοντας το μάθημα της «Διερεύνησης» αναφέρεται σε μια διαδικασία εστιασμένη σε βιωματική και επικοινωνιακή μάθηση όπου ολιγομελείς ομάδες μαθητών εκπονούν συνεργατικά πρότζεκτ. Σε αυτό το πλαίσιο αυτό οι ψηφιακές τεχνολογίες αξιοποιούνται από τους εκπαιδευόμενους ως εργαλεία έκφρασης και δημιουργίας ενώ τονίζεται η αναπαραστασιακή και δυναμική τους διάσταση.

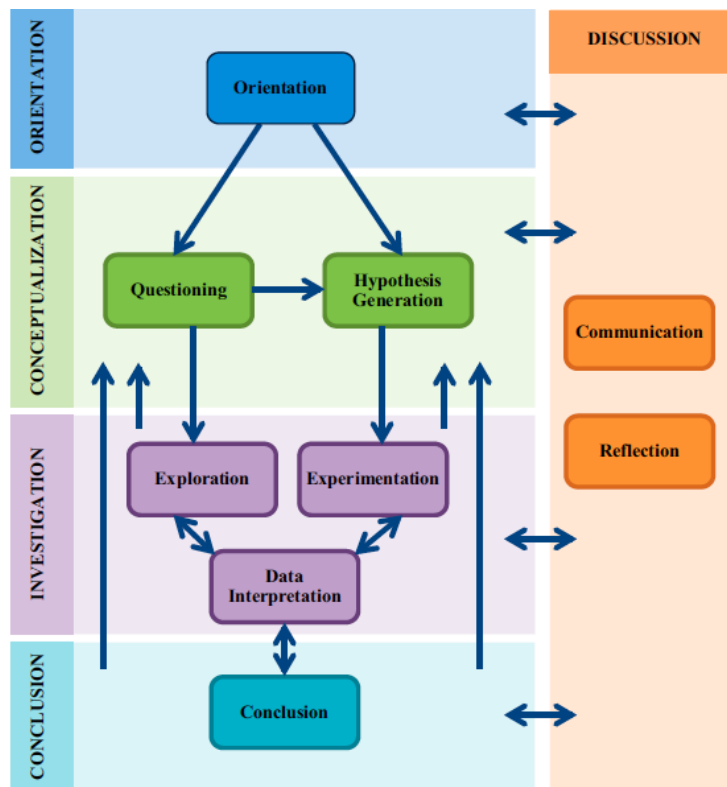
Επισημαίνει δε ότι στόχος του μαθήματος της διερεύνησης είναι να δώσει τόσο σε εκπαιδευτικούς όσο και σε μαθητές μια ρεαλιστική και συνάμα δημιουργική διέξοδο από το «τέλμα» και το γενικό αίσθημα απογοήτευσης που δημιουργεί σε αρκετές περιπτώσεις στους εμπλεκόμενους το σχολείο, με τον τρόπο που αυτό λειτουργεί στις μέρες μας.

Ο Κυνηγός (2011) κατέταξε τις μαθησιακές δραστηριότητες που προωθούνται με την αξιοποίηση «διερευνητικού λογισμικού» σε επτά κατηγορίες περιγράφοντας σε κάθε περίπτωση την πρόσθετη αξία που μπορεί να προκύψει με την σωστή αξιοποίησή τους. Αυτές επιγραμματικά είναι η γραπτή έκφραση, η συμβολική έκφραση λογικομαθηματικών εννοιών, η ελεύθερη έκφραση, η διαχείριση πληροφοριών, ο πειραματισμός με μοντέλα, η επικοινωνία και ο έλεγχος μηχανών. Η μάθηση μέσω

διερεύνησης μπορεί να ενεργοποιήσει με την σωστή αξιοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών ποικίλες πτυχές της μαθησιακής διαδικασίας. Σύμφωνα με τον Κυνηγό (2011) οι πτυχές της μαθησιακής διαδικασίας που προωθούνται με το μάθημα της διερεύνησης είναι: *δράση – βίωμα, πειραματισμός, έρευνα – αναζήτηση, αμφισβήτηση, δημιουργία – μαστόρεμα, διάλογος – επιχειρηματολογία, συνεργασία, συμμετοχή σε συλλογικότητες, δημιουργία νοημάτων και πολλαπλές αναπαραστάσεις.*

Σύμφωνα με τους (Pedaste, Mäeots, Leijen, & Sarapuu, 2012) η διερευνητική μάθηση μπορεί να οριστεί ως η διαδικασία ανακάλυψης νέων σχέσεων μεταξύ εννοιών, με τον μαθητή να διατυπώνει υποθέσεις την ορθότητα των οποίων μπορεί να ελέγξει, μέσω του σχεδιασμού και της διενέργειας πειραμάτων η ακόμη και μέσω παρατηρήσεων που μπορεί να καταγράψει. Δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στην ενεργή συμμετοχή των εκπαιδευομένων και στην υπεύθυνη στάση που αυτοί τηρούν αποσκοπώντας στην ανακάλυψη νέας γνώσης για τους ίδιους. Η διαδικασία της διερευνητικής μάθησης φιλοδοξεί να εμπλέξει τους μαθητές σε μια αυθεντική επιστημονική διαδικασία ανακάλυψης της γνώσης. Από παιδαγωγικής σκοπιάς η περίπλοκη αυτή επιστημονική διαδικασία επιμερίζετε σε μικρότερες λογικά συνδεδεμένες φάσεις, οι οποίες καθοδηγούν τους εκπαιδευόμενους να επικεντρώσουν την προσοχή τους σε σημαντικές πτυχές και χαρακτηριστικά του επιστημονικού τρόπου σκέψης. Αυτές οι φάσεις συνθέτουν τον διερευνητικό κύκλο μάθησης.

Οι Pedaste et. al (2015) στην προσπάθειά τους να ομαδοποιήσουν την πληθώρα βιβλιογραφικών αναφορών που μπορεί να εντοπίσει κανείς κάνοντας μια αναζήτηση με το λύμα «διερευνητική μάθηση» (Inquiry Based Learning), πραγματοποίησαν μια ιδιαίτερα εκτεταμένη βιβλιογραφική έρευνα. Η αναζήτηση, η ομαδοποίηση και η σύνθεση των δεδομένων που συνέλεξαν του οδήγησαν στην σύνθεση αυτού που αποκάλεσαν ως «ενιαίο πλαίσιο διερευνητικής μάθησης». Το πλαίσιο διερευνητικής μάθησης που πρότειναν περιλαμβάνει πέντε κύριες φάσεις, αυτές του *προσανατολισμού*, της *εννοιολόγησης*, της *έρευνας*, των *συμπερασμάτων* και της *συζήτησης*, αλλά και αρκετές ενδιάμεσες υποφάσεις (Πίνακας 1).



Πίνακας 1. Το διευρυμένο πλαίσιο της διερευνητικής μάθησης όπως αποτυπώθηκε από τους Pedaste et. al.(2015).

Μια «βασική εκδοχή» του κύκλου διερευνητικής μάθησης που προτείνεται από τους Pedaste et. al (2015) ξεκίνα από την φάση του **προσανατολισμού** (orientation) κατά το οποίο διεγείρεται το ενδιαφέρον και η περιέργεια των μαθητών γύρω από ένα συγκεκριμένο θέμα – προβληματική κατάσταση - το οποίο τίθεται υπό διερεύνηση. Ακολουθεί η φάση της **εννοιολόγησης** (conceptualization) μιας διαδικασίας που αποσκοπεί στην εννοιών που σχετίζονται με την προβληματική κατάσταση που προέκυψε κατά τη φάση του προσανατολισμού. Από αυτό το στάδιο οι εμπλεκόμενοι έχουν την δυνατότητα να μετακινηθούν στην φάση της **έρευνας** (Investigation), κατά την οποία η αρχική περιέργεια μετατρέπεται σε δράση με στόχο να δοθούν απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν σε προηγούμενο στάδιο. Στη φάση της έρευνας, οι εμπλεκόμενοι έχουν την δυνατότητα να προχωρήσουν είτε μέσα από τη διατύπωση **ερωτημάτων** (υποφάση Questioning) θα τους επιτρέψει να δημιουργήσουν ένα πλάνο προς την κατεύθυνση της **εξερεύνησης** εννοιών (υποφάση Exploration), ενώ στον αντίποδα η προσέγγιση μέσω της δημιουργίας **υποθέσεων** (Hypothesis generation) θα τους οδηγήσει προς την κατεύθυνση του **πειραματισμού** (υποφάση Experimentation).

Από τις δύο διαφορετικές κατευθύνσεις (υποφάσεις εξερεύνησης και πειραματισμού) που έχουν τη δυνατότητα να ακολουθήσουν οι εκπαιδευόμενοι μέσω της διαδικασίας ερμηνείας των δεδομένων που προέκυψαν θα οδηγηθούν είτε στη φάση των συμπερασμάτων, είτε σε αυτή της συζήτησης.

Στη φάση των **συμπερασμάτων** (Conclusion) οι εμπλεκόμενοι ελέγχουν κατά πόσο τα αρχικά ερωτήματα ή οι υποθέσεις που διατύπωσαν, απαντήθηκαν ή έστω μπορούν να υποστηριχθούν από τα αποτελέσματα της έρευνας που διεξήχθη.

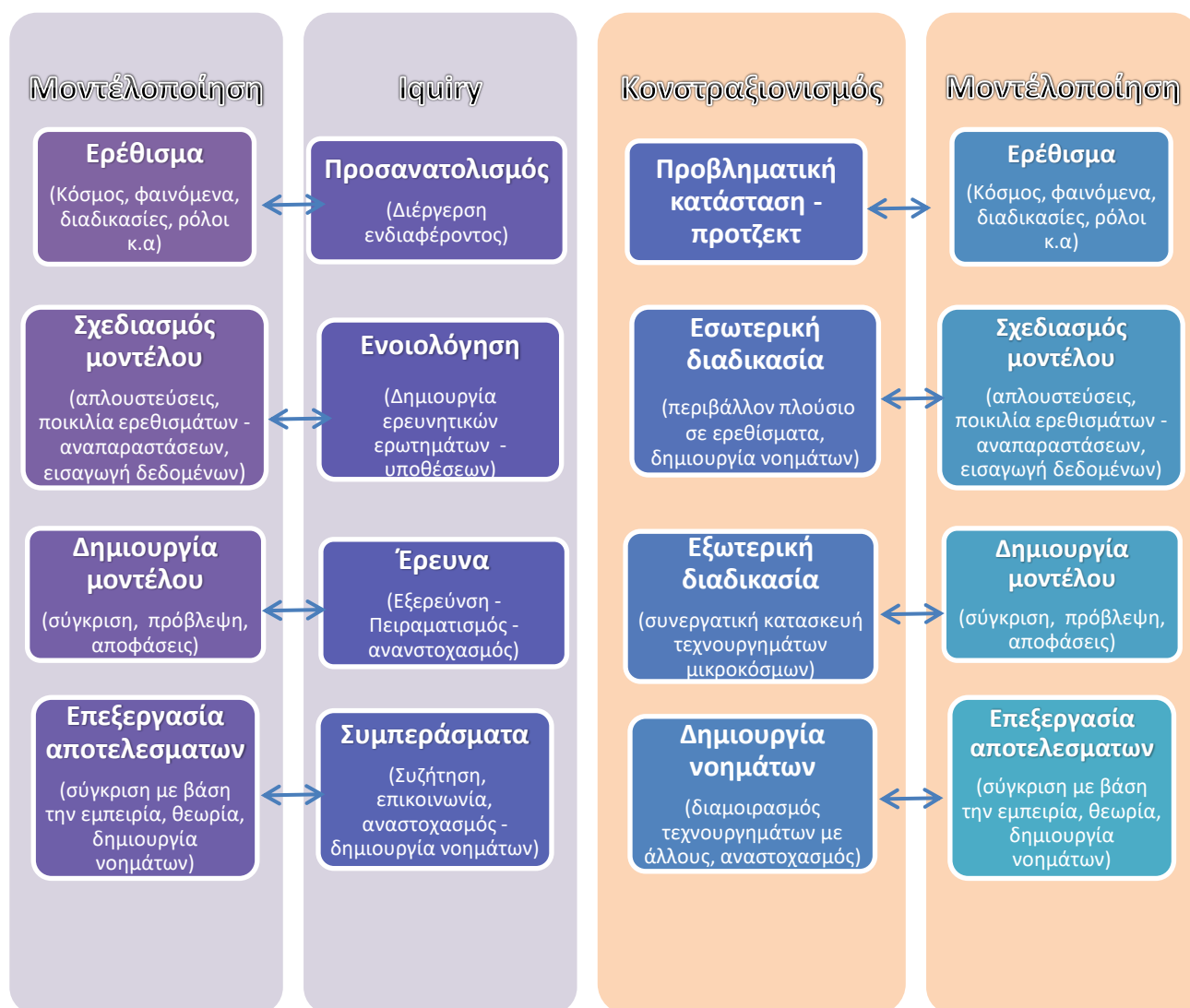
Στη φάση της **συζήτησης** (Discussion), η οποία είναι προαιρετική - αφού κάποιος πραγματοποιώντας ατομικά την διαδικασία της διερεύνησης δεν είναι απαραίτητο να εμπλακεί στις υποφάσεις της *επικοινωνίας* και του *στοχασμού*, μπορεί να δοθεί έμφαση με διαφορετικό τρόπο ανάλογα με την προσέγγιση που ακολουθείται.

Η συγκεκριμένη πρόταση αναφορικά με την πορεία διερεύνησης δεν είναι δεσμευτική αφού είναι προφανές ότι ανάλογα με το θέμα που τίθεται υπό διερεύνηση είναι δυνατόν να ακολουθηθούν διαφορετικές «διαδρομές» από τους εμπλεκόμενους.

Από τις θεωρητικές προσεγγίσεις που παρουσιάστηκαν στην τρέχουσα ενότητα και δείχνουν σημαντικές έρευνες του πεδίου αναφορικά με την σημασία της διερεύνησης στις φυσικές επιστήμες, θα εστιάσουμε στις τοποθετήσεις των Κυνηγού καθώς και το ενιαίο πλαίσιο διερευνητικής μάθησης που παρουσιάστηκε από τους Pedaste et. al, οι οποίες αναφέρονται στα διαφορετικά στάδια και τις πτυχές της μαθησιακής διαδικασίας που προωθούνται με το μάθημα της διερεύνησης.

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 στα τέσσερα στάδια στα οποία επικεντρωνόμαστε για κάθε ένα από τα προαναφερθέντα πλαίσια, υπάρχει σύνδεση μεταξύ μοντελοποίησης, η οποία αποτελεί ένα ιδιαίτερα ισχυρό εργαλείο για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, τόσο με βασικά στάδια της διερεύνησης, όσο και με βασικές αρχές του κονστραξιονισμού. Οι τρεις αυτές προσεγγίσεις θέτουν στο επίκεντρο της διαδικασίας τον μαθητή ο οποίος από παθητικός δέκτης γνώσης, αποκτά ενεργητικό και μετατρέπεται σε ερευνητή και σχεδιαστή κατά την υλοποίηση των δραστηριοτήτων. Έτσι στο πρώτο σχήμα παρατηρούμε τη σύνδεση μοντελοποίησης κονστραξιονισμού, όπου τα υποκείμενα της έρευνας μαθαίνουν μέσα από την αξιοποίηση μοντέλων, ενώ στο δεύτερο σχήμα σύνδεση μοντελοποίησης

κοντραξιοτισμού όπου τα υποκείμενα της έρευνας μαθαίνουν μέσα από τη δημιουργία μοντέλων.



Πίνακας 2. Σύνδεση Inquiry – μοντελοποίησης (μάθηση μέσω μοντέλων) και Μοντελοποίησης - Κοντραξιοτισμού (μάθηση μέσα από την δημιουργία μοντέλων).

Στη περίπτωση της μοντελοποίησης το αρχικό ερέθισμα οδηγεί στον σχεδιασμό ενός μοντέλου, ενώ στην αντίστοιχη της διερεύνησης, στην δημιουργία ερωτημάτων και υποθέσεων κάτι που στην περίπτωση του κοντραξιοτισμού μπορεί να αντιστοιχιστεί με μια εσωτερική διαδικασία δημιουργίας νοημάτων. Το στάδιο της δημιουργίας του μοντέλου στο οποίο γίνονται συγκρίσεις, προβλέψεις και λαμβάνονται αποφάσεις σχετικά με τις λειτουργικότητες του αντιστοιχίζεται, με τη φάση εξερεύνησης πειραματισμού και αναστοχασμού της διερεύνησης και την εξωτερική διαδικασία κατασκευής τεχνουργημάτων της φάσης του κοντραξιοτισμού. Τελικό στάδιο και στις τρεις προσεγγίσεις είναι η δημιουργία νοημάτων.

3. Το λογισμικό «Εξερευνώντας τα Νετρίνο»

Προκειμένου να δημιουργήσουμε ένα μαθησιακό περιβάλλον που θα ενεργοποιήσει τους μαθητές των δύο τελευταίων τάξεων του γυμνασίου προς την κατεύθυνση της διερεύνησης εννοιών της σύγχρονης σωματιδιακής φυσικής, που ξεφεύγουν από την σφαίρα της άμεση παρατήρησης αλλά και της έως τώρα εμπειρίας τους, σχεδιάσαμε και υλοποιήσαμε το λογισμικό «Εξερευνώντας τα νετρίνο». Το συγκεκριμένο λογισμικό, το οποίο κατατάσσεται στην κατηγορία των προσομοιώσεων, συνεπικουρούμενο από επιλεγμένες web 2.0 εφαρμογές, στις οποίες θα γίνει αναφορά στη συνέχεια, αποτέλεσε βασικό εργαλείο της διαδικασίας διερεύνησης, που ακολουθήθηκε για τις ανάγκες του παρόντος ερευνητικού εγχειρήματος. Το συγκεκριμένο λογισμικό έρχεται να συμπληρώσει την φάση της έρευνας (Investigation) του κύκλου του ενιαίου πλαισίου διερευνητικής μάθησης Pedaste et. al (2015) που περιγράψαμε στην ενότητα 2.2 της παρούσας αναφοράς.

3.1 Ο ρόλος του Αβάκιου (e-Slate) στη δημιουργία του μικρόκοσμου «Εξερευνώντας τα νετρίνο»

Βασικό εργαλείο στην προσπάθεια δημιουργίας του λογισμικού «Εξερευνώντας τα νετρίνο» αποτέλεσε η πλατφόρμα του Αβάκιου (e-slate), η οποία που σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε από το Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών (EET - <http://etl.ppp.uoa.gr/index-1.htm>). Πρόκειται για ένα περιβάλλον ανοικτού τύπου το οποίο είναι κατάλληλα σχεδιασμένο για την προώθηση της διερευνητικής μάθησης, το οποίο επιτρέπει στους εκπαιδευτές αλλά και τους εκπαιδευόμενους να μετατρέψουν ένα ερέθισμα για τη δημιουργία μιας εκπαιδευτικής δραστηριότητας σε εκπαιδευτικό λογισμικό με πρόσθετη παιδαγωγική αξία. Προσφέρει εργαλεία υψηλού επιπέδου για πειραματισμό και διερεύνηση φαινομένων, υποθέσεων εννοιών και συσχετισμών. Ακολουθεί την προσέγγιση «*black and white box*» σύμφωνα με την οποία παρέχεται στους εκπαιδευόμενους η δυνατότητα κατασκευής αντικειμένων είτε μέσω του κώδικα (logo) είτε μέσω συνδέσεων ψηφιακών αντικειμένων σε μορφή «*ψηφίδων*». Οι χρήστες, λοιπόν, εμπλέκονται με την ιδέα του μικρόκοσμου και κινητοποιούνται προκειμένου να

σχεδιάσουν και να προωθήσουν νέες ιδέες και δραστηριότητες που μπορούν να συμβάλουν στην επίτευξη των στόχων τους (Κυνηγός, 2012).

Το **αβάκιο** αξιοποιούμενο σωστά μπορεί να διεγείρει το ενδιαφέρον των μαθητών προς την κατεύθυνση του πειραματισμού και της κατασκευής της γνώσης, επιτρέποντας τους να ανακαλύψουν την σχέση μεταξύ εννοιών και των μετατροπών που πραγματοποιούνται κατά την εκτέλεση του φαινομένου που αναπαριστάται. Σε αρκετές περιπτώσεις μάλιστα, και ανάλογα με τις ανάγκες της δραστηριότητας, ο μαθητής αναλαμβάνει τον ρόλο του προγραμματιστή, συνθέτοντας ή τροποποιώντας – μαστορεύοντας - ο ίδιος κώδικα με χρήση των εντολών της γλώσσας Logo. Με αυτό τον τρόπο δημιουργεί τεχνουργήματα που έχουν ιδιαίτερο νόημα για τον ίδιο και σχετίζονται με κάποιες από τις πτυχές των λογικομαθηματικών εννοιών που τίθενται υπό διερεύνηση. Τα χαρακτηριστικά αυτά του παρέχουν τη δυνατότητα να μελετήσει πιο αποτελεσματικά τα μεγέθη και τις παραμέτρους που εμπλέκονται στην εξέλιξη ενός φαινομένου και να ανακαλύψει τις μεταξύ τους σχέσεις. Ακολούθως διαμοιράζοντας το δημιούργημα του σε ομοίους μπορεί να αξιολογήσει κατά πόσο κατ' αρχάς το δημιούργημά του προσεγγίζει με κατανοητό τρόπο τις έννοιες στις οποίες αναφέρετε και επιπλέον να επικοινωνήσει και να ανταλλάξει απόψεις με ομοίους του (peer work).

Τα χαρακτηριστικά αυτά καθιστούν το περιβάλλον του Αβάκιου ιδανικό για τον σχεδιασμό δραστηριοτήτων βασισμένων στη διερευνητική μάθηση, ενώ επιπρόσθετα επιτρέπουν στους εκπαιδευόμενους να προσομοιάσουν και να μελετήσουν φαινόμενα που εξελίσσονται με μεγάλη ταχύτητα, λαμβάνουν χώρα στον μικρόκοσμο (πολύ μικρή κλίμακα), δεν είναι εύκολο να αναπαρασταθούν με συμβατικές διατάξεις σε συνθήκες συμβατικού - σχολικού εργαστηριακού περιβάλλοντος, παράμετροι που όπως γίνεται αντιληπτό καθιστούν αδύνατη την παρατήρηση και τη μελέτη τους στον πραγματικό κόσμο.

3.2 Χαρακτηριστικά λογισμικού και δραστηριοτήτων.

Το λογισμικό «*Εξερευνώντας τα νετρίνο*» σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε με βασική στόχευση να πλαισιώσει την διαδικασία διερεύνησης στην οποία εμπλέκονται οι μαθητές στην προσπάθειά τους να ανακαλύψουν τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες του νετρίνο. Με την δημιουργία και αξιοποίηση του συγκεκριμένου

μικρόκοσμου επιχειρούμε να συνδέσουμε την διδασκαλία των θετικών επιστημών με την παιδαγωγική αξιοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών με στόχο να καταστήσουμε τους μαθητές ενεργά μέλη της διαδικασίας. Η συμβολή του μικρόκοσμου για τη μαθησιακή διαδικασία θεωρείται σημαντική διότι επιτυγχάνει να προσομοιώσει φαινόμενα και διαδικασίες τα οποία όπως τονίσαμε είναι αδύνατον παρατηρηθούν σε συνήθεις εργαστηριακές συνθήκες, καθιστώντας εφικτή τη μελέτη των ιδιοτήτων και του τρόπου δημιουργίας του νετρίνο, μέσα από την παρατήρηση και διερεύνηση αντιδράσεων διάσπασης σωματιδίων (διασπάσεις α και β , διάσπαση μιονίου), απορρόφησης ακτινοβολίας, κ.α. Παράλληλα με την εξέλιξη των φαινομένων παρέχεται στους εκπαιδευόμενους ανατροφοδότηση με την μορφή πολυτροπικών κειμένων, πινάκων και οπτικοακουστικού υλικού μέσα από την αξιοποίηση ποικιλίας ψηφίδων αλλά και άλλων εργαλείων που προσφέρει η πλατφόρμα του Αβάκιου, στα οποία θα αναφερθούμε εκτενώς στην συνέχεια. Με αυτό τον τρόπο οι εμπλεκόμενοι έχουν την δυνατότητα να τροποποιήσουν υφιστάμενους μικρόκοσμους – προσομοιώσεις - ή ακόμη και να σχεδιάσουν από μηδενικής βάσεως νέους, τους οποίους καλούνται σε επόμενη φάση της διαδικασίας να μοιραστούν με ομοίους τους (συμμαθητές κ.α) προκειμένου να ελέγξουν την ορθότητα των συλλογισμών τους και να λάβουν ανατροφοδότηση. Με αυτό τον τρόπο όπως άλλωστε αναφέρει ο Papert (1980) οι εμπλεκόμενοι δημιουργούν εξωτερικές αναπαραστάσεις οι οποίες τους επιτρέπουν να επεξεργαστούν εσωτερικές αναπαραστάσεις ή διανοητικά μοντέλα των φαινομένων στα οποία εμπλέκονται.

3.2.1 Ανάλυση δραστηριοτήτων.

Ο σχεδιασμός των δραστηριοτήτων της παρούσας έρευνας περιελάμβανε την εμπλοκή των υποκειμένων της έρευνας σε τρεις φάσεις. Στην *πρώτη* πραγματοποιείται γνωριμία με της έννοιες της σωματιδιακής φυσικής με την αξιοποίηση web 2.0 εργαλείων και πολυμεσικού υλικού στα οποία αναφερόμαστε σε σχετική ενότητα της παρούσης. Στη *δεύτερη* φάση αλληλεπιδρούν με το λογισμικό όσο και μεταξύ τους, με βασικό στόχο τη διερεύνηση των ιδιοτήτων του νετρίνο, ενώ στη *τρίτη* αναλαμβάνουν τον ρόλο του διαμορφωτή ενός δικού τους μικρόκοσμου (με θέμα τη διάσπαση του νετρίνο), τροποποιώντας και «μαστορεύοντας» τα

χαρακτηριστικά υφιστάμενων μικρόκοσμων, με χρήση της γλώσσας προγραμματισμού Logo.

Ξεκινάμε την *δεύτερη* φάση, αφού η *πρώτη* είχε καθαρά ενημερωτικό – εισαγωγικό χαρακτήρα όπως θα δούμε σε επόμενη ενότητα. Στη φάση αυτή οι εκπαιδευόμενοι μέσω του φύλλου εργασίας που τους θα έχει δοθεί και πριν αλληλεπιδράσουν με το λογισμικό, καλούνται να πραγματοποιήσουν μικρούς κύκλους διερεύνησης μέσω των οποίων θα ανακαλύψουν τα χαρακτηριστικά κάθε μιας από τις αντιδράσεις δημιουργίας των νετρίνο, οι οποίες αποτελούν και αντικείμενο του μικρόκοσμου. Τα μέλη των ομάδων συλλέγουν δεδομένα αξιοποιώντας πηγές του διαδικτύου για κάθε μια από τις αντιδράσεις που τίθενται στο επίκεντρο της διερευνητικής διαδικασίας και ακολούθως σύμφωνα με το φύλο εργασίας που τους δίνεται συντάσσουν μια πρόταση η οποία θα περιγράφει τα προϊόντα, τα στάδια και γενικότερα την πορεία της εκάστοτε αντίδρασης. Ακολούθως και αφού κάθε ομάδα ανακοινώσει τα αποτελέσματα της έρευνας της καλείται να πειραματιστεί με την συγκεκριμένη προσομοίωση που σχετίζεται με την υπό διερεύνηση διαδικασία. Μετά από την μελέτη της προσομοίωσης ή των προσομοιώσεων που αφορούν στην υπό διερεύνηση θεματική, καλούνται να ανατρέξουν στην πρόταση που είχαν συντάξει σε προηγούμενο στάδιο, την οποία κατόπιν συζήτησης μεταξύ των μελών της κάθε ομάδας και παράλληλης μελέτης του μικροκόσμου καλούνται να αναπροσαρμόσουν. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για κάθε μια από τις ενσωματωμένες στο λογισμικό και το αντίστοιχο φύλλο εργασίας, αντιδράσεις δημιουργίας των νετρίνο.

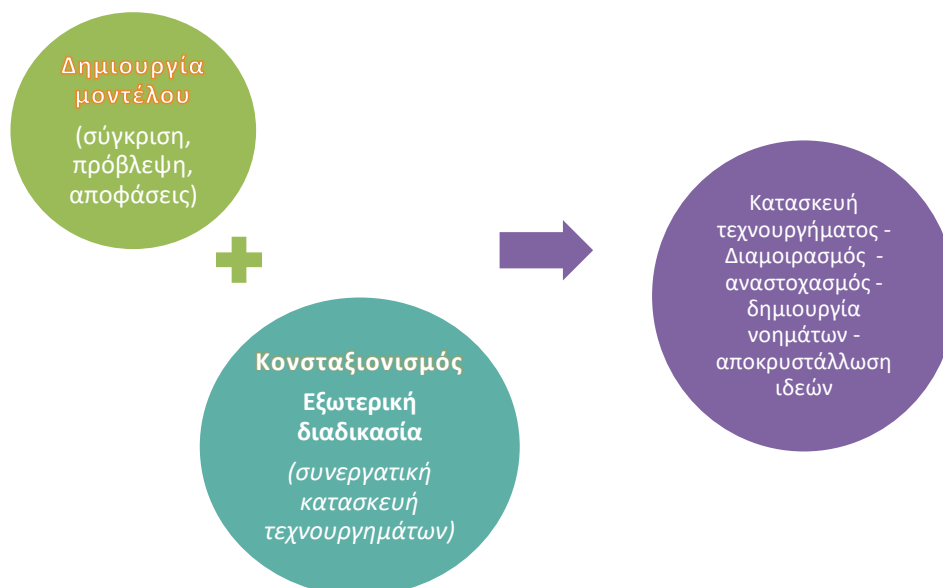
Στη *δεύτερη* φάση έχουμε λοιπόν σύνδεση διερεύνησης με μοντελοποίηση, αφού οι μαθητές διερευνούν τον τρόπο δημιουργίας των νετρίνο μέσα από την χρήση και την αξιοποίηση μοντέλων (Πίνακας 3). Σε αυτή τη φάση της διερεύνησης οι μαθητές εξερευνούν τα χαρακτηριστικά των υποατομικών σωματιδίων και πειραματίζονται με τη βοήθεια των μοντέλων – προσομοιώσεων που ενσωματώνει ο μικρόκοσμος «Εξερευνώντας τα νετρίνο».



Πίνακας 3. Συσχέτιση διερεύνησης, μοντελοποίησης στην δεύτερη φάση της διαδικασίας. Εδώ φαίνεται ο σημαντικός ρόλος του μικροκόσμου στη δημιουργία νοημάτων.

Με την ολοκλήρωση του κύκλων διερεύνησης, περνάμε στη *τρίτη φάση*, όπου ζητείται από τους εμπλεκόμενους να αναζητήσουν στον παγκόσμιο ιστό μια διαφορετική αντίδραση δημιουργίας νετρίνο σε σχέση με αυτές που παρουσιάζονται στον μικρόκοσμο. Την αντίδραση αυτή καλούνται στην συνέχεια να μετατρέψουν σε προσομοίωση αξιοποιώντας τα προκατασκευασμένα μπλοκ κώδικα Logo που τους παρέχονται. Για τον σκοπό αυτό βέβαια απαιτείται εξοικείωση των μαθητών με τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες των εντολών της logo. Σε αυτό τον στάδιο ο εκπαιδευτικός – ερευνητής αναλαμβάνει ρόλο υποστηρικτικό και καθοδηγητικό όπου αυτό του ζητείται από τα μέλη των ομάδων. Υπάρχει σαφώς μέριμνα ώστε τα τμήματα του κώδικα (έτοιμα μπλοκ) που απαιτούνται για την δημιουργία των προσομοιώσεων, να δίνονται μέσω της σχετική ψηφίδας μαζί με το ελάχιστο απαιτούμενο επεξηγηματικό κείμενο, ώστε να διευκολυνθεί η αλληλεπίδραση των υποκειμένων της έρευνας. Αφού κάθε ομάδα μαστορεύοντας και τροποποιώντας τον κώδικά logo ολοκληρώσει τη διαδικασία, καλείτε την μοιραστεί την προσομοίωση που δημιούργησε με τις υπόλοιπες ομάδες. Μετά την μελέτη των ιδιοτήτων των προσομοιώσεων που έχει αναλάβει η κάθε ομάδα ακολουθεί συζήτηση στην ολομέλεια όπου θα παρουσιάσουν τα ευρήματα τους αναφορικά με τους μικρόκοσμους των ομάδων που είχαν την ευκαιρία να μελετήσουν.

Η *τρίτη* φάση όπως φαίνεται και στο σχήμα (Πίνακας 4) που ακολουθεί συνδέει τη διερεύνηση και τη διαδικασία της μάθησης μέσα από την δημιουργία μοντέλων – κατασκευή τεχνουργημάτων, τα οποία οι εκπαιδευόμενοι μοιράζονται με ομοίους (κονστραξιονιστική προσέγγιση).



Πίνακας 4. Σύνδεση μοντελοποίησης - κονστραξιονισμού στην φάση της κατασκευής μικρόκοσμου από τους μαθητές.

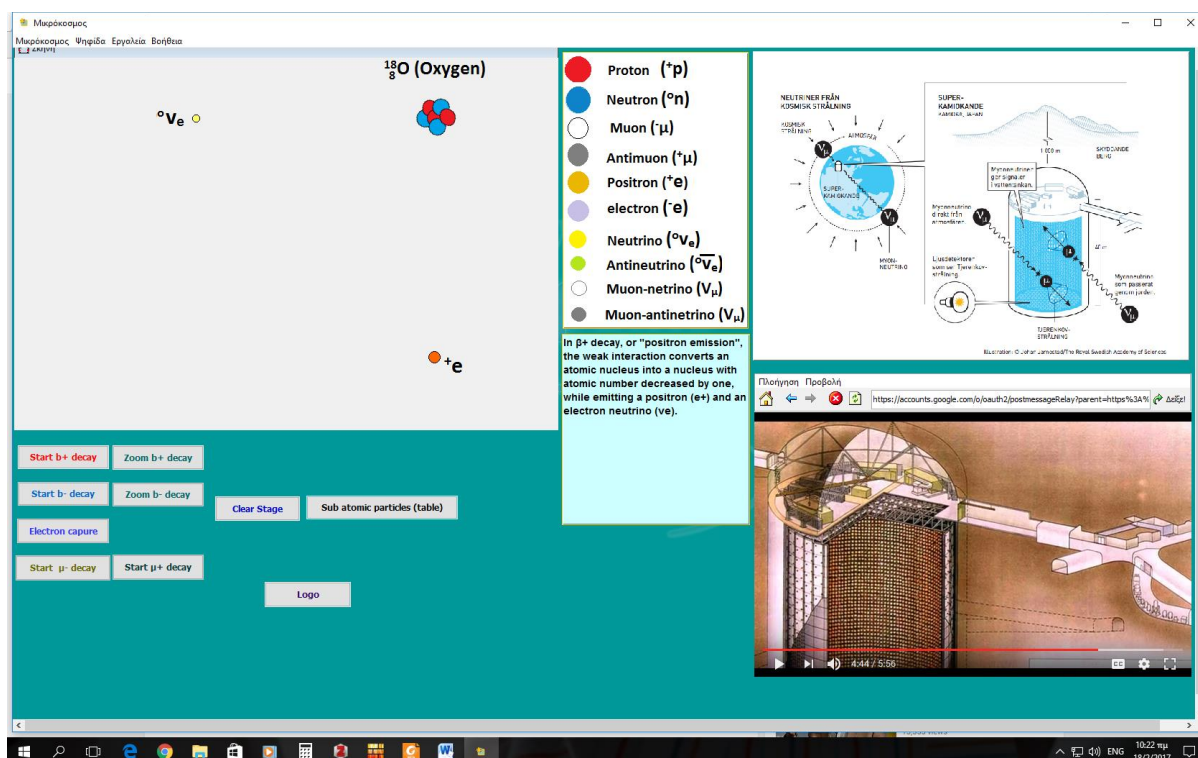
3.3 Περιγραφή του λογισμικού «Εξερευνώντας τα νετρίνο».

Ο αρχικός σχεδιασμός του μικρόκοσμου είχε βασιστεί στην αξιοποίηση του έτοιμου κιτ «Δυναμοσκηνή» (http://etl.ppp.uoa.gr/content/download/eslate_kits.htm) που έχει υλοποιηθεί από την ερευνητική ομάδα του εργαστηρίου εκπαιδευτικής τεχνολογίας στην πλατφόρμα του Αβάκιου. Όμως, το γεγονός ότι η αφαίρεση προεγκατεστημένων ψηφίδων του μικρόκοσμου, οι οποίες δεν απαραίτητες για την υλοποίηση με τον τρόπο που την είχαμε οραματιστεί, δημιουργούσε προβλήματα λειτουργικότητας στο τελικό προϊόν, μας οδήγησε στην απόφαση να επανασχεδιάσουμε το λογισμικό από μηδενικής βάσης.

Εκκινώντας το λογισμικό ο χρήστης έρχεται αποκτά μια εποπτική εικόνα της επιφάνειας εργασίας του μικρόκοσμου (Εικ. 1). Το βασικό περιβάλλον του περιλαμβάνει μια πλειάδα φανερών αλλά και κάποιες «κρυφές» ψηφίδες οι οποίες μπορούν να εμφανιστούν κατά το δοκούν στην κατάλληλη φάση της διαδικασίας διερεύνησης. Οι ψηφίδες, οι οποίες όπως ήδη αναφέραμε είναι προκατασκευασμένα

τμήματα λογισμικού τα οποία ενσωματώνουν ιδιότητες, μέσω των οποίων δύναται να αναπαρασταθούν πολύπλοκα φυσικά φαινόμενα, γραφικές παραστάσεις κ.α, μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους με δύο τρόπους. Ο πρώτος είναι μέσω προκατασκευασμένων συνδέσεων και ο δεύτερος μέσω της δυνατότητας που παρέχεται στον χρήστη να ορίσει τις δικές διασυνδέσεις προκειμένου να προσδιορίσει τις λειτουργικότητες συμπεριφοράς τους, μέσω προγραμματισμού σε γλώσσα Logo. Για τον σκοπό αυτό απαιτείται σχετική εξοικείωση με τον κώδικα και τα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης γλώσσας προγραμματισμού, η οποία σημειωτέον χαρακτηρίζεται για την φιλικότητα και την ευχρηστία της.

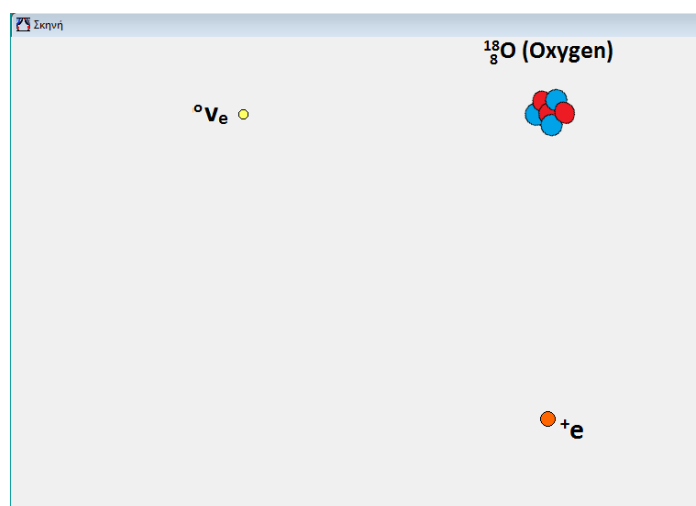
Στη βασική επιφάνεια εργασίας του μικρόκοσμου έχει ενσωματωθεί μια πλειάδα ψηφίδων οι οποίες επιγραμματικά είναι το βασικό παράθυρο όπου εκτελούνται οι προσομοιώσεις - «Σκηνή», πλοήγησης στο διαδίκτυο («Πλοηγός»), πολυτροπικών κειμένων («Πλαίσιο» και «Κείμενο») και εικόνων (ψηφίδα «Κορνίζα»), καθώς και κουμπιά (ψηφίδες «Διακόπτης» και «Κουμπί») για τον χειρισμό των αντικειμένων της σκηνής αλλά και την εμφάνιση – απόκρυψη της ψηφίδας της γλώσσας «logo» μέσω της οποίας πραγματοποιείται ο προγραμματισμός των αντικειμένων της σκηνής αλλά και του συνόλου σχεδόν των λειτουργικοτήτων του μικρόκοσμου.



Εικ.1: Βασική επιφάνεια εργασίας του μικρόκοσμου «εξερευνώντας τα νετρίνο»

Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή των χαρακτηριστικών και των λειτουργικοτήτων των ψηφίδων που αξιοποιήθηκαν.

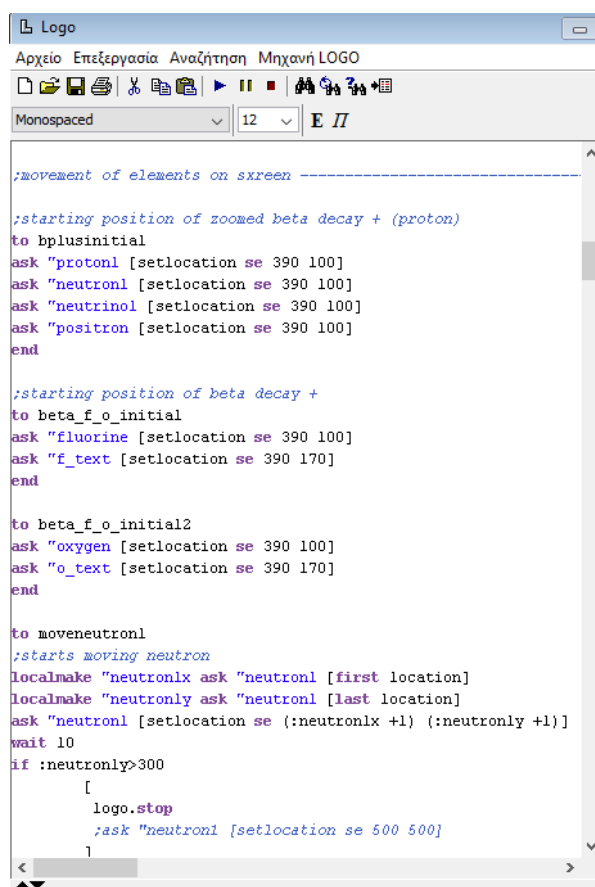
Η ψηφίδα «Σκηνή» (Εικ. 2) αποτελεί το βασικό μέσο οπτικοποίησης των φαινομένων που περιγράφονται στην παρούσα διδακτική παρέμβαση. Εκεί πραγματοποιείται ο χειρισμός των αντικειμένων (υποατομικά σωματίδια) με την βοήθεια των οποίων εκτελούνται οι προσομοιώσεις των αντιδράσεων που πραγματεύεται η συγκεκριμένη ενότητα. Κάθε υποατομικό σωματίδιο κινείται και εμφανίζει τα χαρακτηριστικά που του έχει προσδώσει ο δημιουργός του μικρόκοσμου ανάλογα με την αντίδραση που επιδιώκει να αναπαραστήσει.



Εικ.2: Στην σκηνή του μικρόκοσμου εμφανίζονται τα προϊόντα της β^+ διάσπασης, επιτρέποντας στον εκπαιδευόμενο να διερευνήσει τη διαδικασία δημιουργίας των νετρίνο

Ο προγραμματισμός των αντικειμένων της σκηνής πραγματοποιείται μέσω της ψηφίδας «logo» (Εικ.3). Εκεί πληκτρολογείται και εκτελείται ο κώδικάς της γλώσσας Logo. Η συγκεκριμένη ψηφίδα σκοπίμως δεν έχει ενσωματωθεί στην βασική επιφάνεια εργασίας του μικρόκοσμου για λόγους λειτουργικότητας και μαθησιακού σχεδιασμού, μπορεί όμως να εμφανιστεί στο προσκήνιο όταν αυτό κριθεί απαραίτητο με επιλογή του ομώνυμου πλήκτρου της επιφάνειας εργασίας. Μέσω του περιβάλλοντος της ψηφίδας logo οι εμπλεκόμενοι, έχουν τη δυνατότητα να τροποποιήσουν και να επαναπρογραμματίσουν αντικείμενα και γενικότερα να μαστορέψουν τις λειτουργικότητες του μικροκόσμου, έτσι ώστε να δημιουργήσουν δικές τους προσομοιώσεις τις οποίες θα μοιραστούν και θα συζητήσουν με ομοίους

τους. Βασική προϋπόθεση είναι εξοικείωση των εκπαιδευόμενων με τις βασικές εντολές, τις λειτουργικότητες και το περιβάλλον της γλώσσας Logo, κάτι που προϋποθέτει την διακριτική παρέμβαση του εκπαιδευτή.



```

Logo
Αρχείο Επεξεργασία Αναζήτηση Μηχανή LOGO
[Icons]
Monospaced 12 E II

;movement of elements on screen -----

;starting position of zoomed beta decay + (proton)
to bplusinitial
ask "proton1 [setlocation se 390 100]
ask "neutron1 [setlocation se 390 100]
ask "neutrinol [setlocation se 390 100]
ask "positron [setlocation se 390 100]
end

;starting position of beta decay +
to beta_f_o_initial
ask "fluorine [setlocation se 390 100]
ask "f_text [setlocation se 390 170]
end

to beta_f_o_initial2
ask "oxygen [setlocation se 390 100]
ask "o_text [setlocation se 390 170]
end

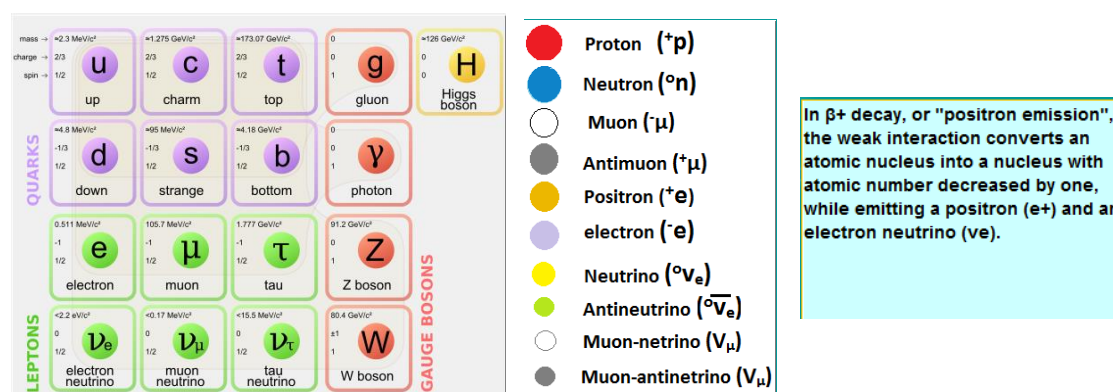
to moveneutron1
;starts moving neutron
localmake "neutronlx ask "neutron1 [first location]
localmake "neutronly ask "neutron1 [last location]
ask "neutron1 [setlocation se (:neutronlx +1) (:neutronly +1)]
wait 10
if :neutronly>300
[
  logo.stop
  ;ask "neutron1 [setlocation se 500 500]
]

```

Εικ.3: Μέσω του περιβάλλοντος της ψηφίδας Logo ο εκπαιδευόμενος έχει τη δυνατότητα να χειριστεί όχι μόνο τα αντικείμενα της σκηνής αλλά και τις γενικότερες λειτουργικότητες του μικρόκοσμου.

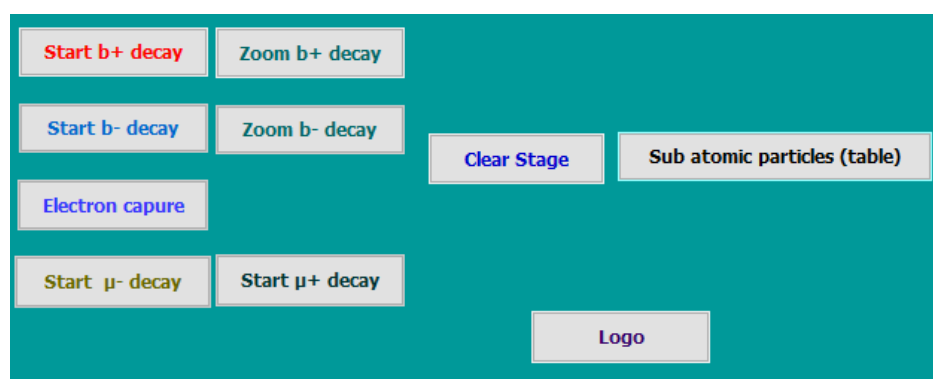
Με την αξιοποίηση των Ψηφίδων «Πλαίσιο» και «Κείμενο» έχουμε τη δυνατότητα να εισάγουμε στο περιβάλλον εργασίας του λογισμικού ανατροφοδότηση προς τον χρήστη ή οποιαδήποτε άλλη πληροφορία επιθυμούμε, με τη μορφή κυλιόμενου κειμένου, εικόνων ή και συνδυασμού των ανωτέρω. Αυτό μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Είτε με την επιλογή ενός από τα επτά κουμπιά χειρισμού, με τα οποία εκκινούμε τις προσομοιώσεις δημιουργίας των νετρίνο, είτε με την επιλογή του διακόπτη «Sub atomic particles (table)». Στην πρώτη περίπτωση με την εκκίνηση κάθε προσομοίωσης εμφανίζεται στο περιβάλλον του μικρόκοσμου ένα υπόμνημα με πληροφορίες για κάθε ένα από τα σωματίδια που συμμετέχουν στις αντιδράσεις που εκτελούνται καθώς και ένα κυλιόμενο κείμενο με πληροφορίες που αφορούν στις

αντιδράσεις αυτές. Στην δεύτερη περίπτωση εμφανίζεται πίνακας με όλα τα έως σήμερα γνωστά υποατομικά σωματίδια και τα βασικά τους χαρακτηριστικά (Εικ. 4).



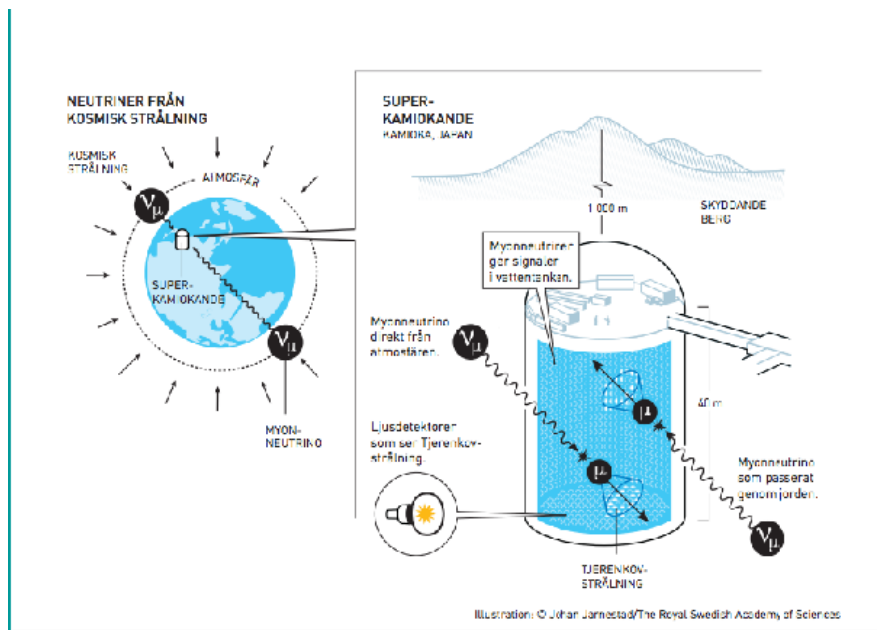
Εικ.4: Οι ψηφίδες πλαίσιο και κείμενο επιτρέπουν στον δημιουργό του μικρόκοσμου να εισάγει σε εμφανίζει στιγμές που αυτός κρίνει απαραίτητο ανατροφοδότηση ή άλλες πληροφορίες στους εκπαιδευόμενους με ποικίλες μορφές

Οι ψηφίδες «Διακόπτης» και «Κουμπιά» επιτρέπουν τον χειρισμό των λειτουργικοτήτων του μικρόκοσμου, όπως την εκτέλεση των προσομοιώσεων, την παροχή ανατροφοδότησης στους χρήστες, καθώς και την εμφάνιση / απόκρυψη της ψηφίδας «Logo», στην οποία αναφερθήκαμε νωρίτερα (Εικ. 5).



Εικ. 5: Τα «χειριστήρια» του μικρόκοσμου «εξερευνώντας τα νετρίνο» μέσω των οποίων παρέχεται πρόσβαση στις λειτουργικότητες του.

Η ψηφίδα «κορνίζα» επιτρέπει στους χειριστές του μικρόκοσμου να εμφανίζουν κατά το δοκούν, στο χώρο που δεσμεύεται από την συγκεκριμένη ψηφίδα, φωτογραφίες ή άλλο υλικό ανατροφοδότησης σε αντίστοιχο φορμά εικόνας, το οποίο να σχετίζεται με την υπό μελέτη ενότητα – προσομοίωση (Εικ. 6).



Εικ. 6: Μέσω της ψηφίδας «κορνίζα» δίνεται η δυνατότητα στους χειριστές του μικρόκοσμου να παρέχουν ανατροφοδότηση στους χρήστες μέσω φωτογραφικού υλικού.

Η αξιοποίηση της ψηφίδας «πλοηγός» προσφέρει τη δυνατότητα στους εκπαιδευόμενους να περιηγηθούν στον παγκόσμιο ιστό για αναζήτηση πληροφοριών, την αναπαραγωγή υφιστάμενων διαδικτυακών προσομοιώσεων, την προβολή βίντεο σχετικά με την θεματική ενότητα που διερευνούν σε κάθε φάση κ.α, χωρίς να χρειαστεί να φύγουν από το περιβάλλον της εφαρμογής, χαρακτηριστικό που συμβάλει στην ευελιξία του μικρόκοσμου (Εικ. 7).



Εικ. 7: Μέσω της ψηφίδας «πλοηγός» παρέχεται στους χρήστες του μικρόκοσμου πρόσβαση στον παγκόσμιο ιστό χωρίς να πρέπει να απομακρυνθούν από το περιβάλλον εργασίας του.

3.4 Προστιθέμενη αξία του λογισμικού

Στην προσπάθειά μας να δημιουργήσουμε ένα μαθησιακό περιβάλλον κατάλληλο για μαθητές αυτής της εκπαιδευτικής βαθμίδας, αναζητήσαμε ιδέες και προτάσεις που θα τους ωθούν προς την κατεύθυνση της διερεύνησης των εννοιών και της ανακάλυψης σχέσεων που συνδέουν τις έννοιες που πραγματεύεται η εν λόγω ενότητα, τον τρόπο δημιουργίας δηλαδή, τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες των νετρίνο. Προτεραιότητά μας είναι οι μαθητές να μην μείνουν απλά «παθητικοί» χειριστές μοντέλων κατασκευασμένων σε υπολογιστή που παρουσιάζουν έννοιες και φυσικά φαινόμενα, αλλά να εμπλακούν ενεργά στην διαδικασία, να διερωτηθούν, να συνεργαστούν για την αναζήτηση λύσεων να «μαστορέψουν» με τα υλικά και το λογισμικό που τίθενται στη διάθεσή ώστε να διαμορφώσουν δομήματα που θα έχουν ιδιαίτερο νόημα για τους ίδιους. Βέβαια, η θεματική για της ανάγκες της οποίας κατασκευάστηκε ο συγκεκριμένος μικρόκοσμος, δεν προσφέρεται λόγω της φύσης της για πειραματισμό, ενώ πολύ δύσκολα μαθητές αυτής της ηλικιακής ομάδας έχουν πρότερες γνώσεις σχετικά με διαδικασίες που πραγματοποιούνται στον μικρόκοσμο και δεν υπόκεινται σε άμεση παρατήρηση. Για τον λόγο αυτό επιχειρείται η προσέγγιση του συγκεκριμένου θέματος μέσω της διαδικασίας της διερεύνησης, όπου οι μαθητές αναζητούν πληροφορίες αναφορικά με τα υποατομικά σωματίδια και πιο συγκεκριμένα τα νετρίνο και τις ιδιότητές μέσα από «έγκυρες» πηγές του διαδικτύου (μέσω της διαδικασίας της διασταύρωσης πληροφοριών). Ακολουθώντας, αξιοποιώντας τα χαρακτηριστικά του λογισμικού εξερευνώντας τα νετρίνο έρχονται να επιβεβαιώσουν ή να διαψεύσουν τα δεδομένα που προέκυψαν μέσω της διαδικασίας της διερεύνησης, αξιοποιώντας σε πρώτη φάση τον μικρόκοσμο ως ένα εικονικό εργαστήριο. Σε δεύτερη φάση καλούνται ανάλογα με την εκπαιδευτική ατζέντα του εκάστοτε εκπαιδευτικού που επιλέγει να αξιοποιήσει τον εν λόγω μικρόκοσμο, να αναλάβουν τον ρόλο του δημιουργού και είτε να τροποποιήσουν τις ήδη υπάρχουσες προσομοιώσεις είτε να δημιουργήσουν νέες, τις οποίες ακολούθως θα ανταλλάξουν με ομοίους, λαμβάνοντας ανατροφοδότηση αναφορικά με την ορθότητα των συλλογισμών τους μέσα από τη διαδικασία της συζήτησης στην ολομέλεια της τάξης. Μέσα από τις δραστηριότητες που έχουν σχεδιαστεί πιστεύουμε ότι υπάρχουν καλές πιθανότητες να επέλθει γνωστική σύγκρουση, να διασαφηνιστούν τυχόν παρανοήσεις και να αφομοιωθούν οι έννοιες που πραγματεύεται η συγκεκριμένη θεματική. Βασικός μας στόχος είναι η δραστηριοποίηση του συνόλου των μαθητών μέσω της

δημιουργίας ερεθισμάτων που θα κινητοποιήσουν με διάφορους τρόπους (όπως παιγνιώδη και δημιουργικό τρόπο, σύνδεση με την καθημερινότητα όπου αυτό καθίσταται βέβαια εφικτό κ.α) το σύνολο των μαθητών (Prensky, 2005).

Οι δραστηριότητες που έχουν σχεδιαστεί με την αξιοποίηση του εν λόγω μικρόσκοππου του *Αβάκιου*, πιστεύουμε ότι ενέχουν καλές πιθανότητες ώστε να προκύψει πρόσθετη παιδαγωγική αξία. Βέβαια, όπως γνωρίζουμε, το αν η όχι θα προκύψει η πρόσθετη αξία δεν εξαρτάται μόνο από το αν η εφαρμογή έχει σχεδιαστεί με αυτό το κριτήριο, αλλά κυρίως από τον τρόπο που επιλέγεται να ενσωματωθεί στην μαθησιακή διαδικασία και τα οφέλη που τελικά προκύπτουν για τον ίδιο τον μαθητή.

3.5 Άλλες Web 2.0 εφαρμογές

Για τις ανάγκες του παρόντος ερευνητικού εγχειρήματος αξιοποιήθηκαν πέραν του λογισμικού «Εξερευνώντας το νετρίνο» και άλλα web 2.0 εργαλεία, καθώς και προσομοιώσεις αλλά και βίντεο που σχετίζονται με το αντικείμενο της σωματιδιακής φυσικής. Κάτι τέτοιο κρίθηκε απαραίτητο ως *πρώτη* – εισαγωγική φάση, προκειμένου τα υποκείμενα της έρευνας να εξοικειωθούν με το αντικείμενο της σωματιδιακής φυσικής και πιο συγκεκριμένα με τις ιδιότητες και τη φύση των υποατομικών σωματιδίων. Με τη συνδρομή του λογισμικού και του οπτικοακουστικού υλικού που περιγράφηκε πραγματοποιήσαμε μια πρώτη φάση διερεύνησης με αντικείμενο τα βασικά χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες των υποατομικών σωματιδίων. Βέβαια τα αποτελέσματα αυτής της φάσης διερεύνησης δεν αναλύονται στην παρούσα αναφορά, αλλά ευελπιστούμε ότι θα αποτελέσουν αντικείμενο μελλοντικής έρευνας. Τα λογισμικά που χρησιμοποιήσαμε είναι η διαδραστική ιστοσελίδα του τμήματος φυσικής με τίτλο «Η περιπέτεια των σωματιδίων» μέσω της οποίας παρέχονται πληροφορίες αναφορικά με τη φύση http://www.physics.ntua.gr/POPPHYS/software/part_adv/greek/index.html και τις

Το Καθιερωμένο Πρότυπο

Το Καθιερωμένο Πρότυπο είναι μια θεωρία που εξηγεί τα θεμελιώδη σωματίδια και τις θεμελιώδεις δυνάμεις. Εξηγεί από τι είναι φτιαγμένος ο κόσμος και τι τον κρατά ενωμένο. Ωστόσο, υπάρχουν ακόμη πολλά αναπάντητα ερωτήματα.

- Τι είναι Θεμελιώδεις;
- Από τι είναι φτιαγμένος ο Κόσμος;
- Τι τον Κρατά Ενωμένο;
- Οι Διαστάσεις των Σωματιδίων;
- Τα Άλλα Μυστήρια;

Πειραματικές Αποδείξεις

Η πειραματική απόδειξη οδήγησε τους φυσικούς στην ανάπτυξη του Καθιερωμένου Προτύπου, και αργότερα πειράσματα επιβεβαίωσαν πολλές από της προβλέψεις της θεωρίας.

- Πώς Γνωρίζουμε γ' Αυτό;
- Πώς Ανχνεύουμε το τι Συμβαίνει;
- Πώς Πειραματίζαστε με τα Μικροσκοπικά Σωματίδια;
- Πώς Ερμηνεύουμε τα Δεδομένα;

Εικ.8: Κεντρικό μενού της διαδραστικής ιστοσελίδας με τίτλο Η περιπέτεια των «Σωματιδίων»

ιδιότητες των υποατομικών σωματιδίων, πληροφορίες που αφορούν στο καθιερωμένο πρότυπο κ.α., μέσα από αναφορές, ασκήσεις και παιχνίδια. Οι πληροφορίες παρέχονται με τρόπο ιδιαίτερα προσιτό και εύληπτο προς το μαθητικό κοινό και το περιεχόμενο κρίνεται κατάλληλο για μαθητές που φοιτούν στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση και δεν έχουν διδαχθεί εκτενώς αντίστοιχα αντικείμενα.

Εικ.9: Μέσα από τις σελίδες τις διαδραστικής παρουσίασης οι μαθητές διερευνούν βασικές έννοιες της σωματιδιακής φυσικής και γνωρίζουν τα χαρακτηριστικά του καθιερωμένου πρότυπου.

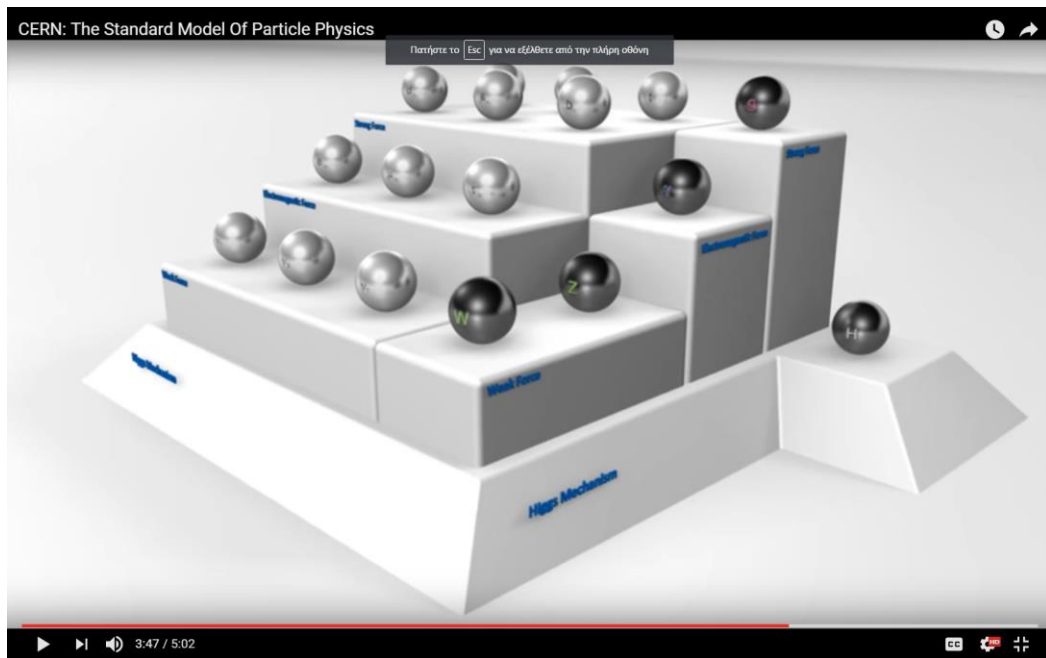
Μια άλλη διαδικτυακή πηγή που αξιοποιήθηκε για τις ανάγκες της πρώτης αυτής φάσης διερεύνησης είναι η ιστοσελίδα της «Υπατίας»

(<http://hypatia.phys.uoa.gr/>) η οποία παρέχει πρόσβαση στις δομές του Cern, πληροφορίες σχετικά με τους επιταχυντές σωματιδίων και τον τρόπο με τον οποίο οι επιστήμονες που εργάζονται σε αυτό τον επιστημονικό τομέα πραγματοποιούν έρευνες σχετικές με τα υποατομικά σωματίδια κ.α. Παράλληλα επιτρέπει στον εκπαιδευτικό που οργανώνει μια αντίστοιχη διδακτική δραστηριότητα να οργανώσει μια εικονική επίσκεψη στο Cern, δίνοντας έτσι την δυνατότητα στους μαθητές του να συνομιλήσουν με επιστήμονες που εργάζονται στις εγκαταστάσεις του, ώστε να γνωρίσουν τον επιστημονικό τρόπο σκέψης και εργασίας.



Εικ. 10: Μέσα από την ιστοσελίδα της Υπατίας ο επισκέπτης έχει την δυνατότητα να γνωρίσει το πείραμα Atlas του Cern και να εξοικειωθεί με τον επιστημονικό τρόπο έρευνας και σκέψης

Οι δραστηριότητες της πρώτης αυτής φάσης διερεύνησης ολοκληρώνονται με την προβολή βίντεο παραγωγής του Cern που αφορά στο καθιερωμένο πρότυπο «CERN: The standard model of particle physics» (<https://www.youtube.com/watch?v=V0KjXsGRvoA>) και ακολουθούνται από συζήτηση και την εξαγωγή των συμπερασμάτων.



Εικ.11: Το καθιερωμένο πρότυπο μέσα από την οπτική των ερευνητών του Cern

4. Μεθοδολογία Έρευνας

4.1 Εισαγωγή

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιάσουμε διεξοδικά την μεθοδολογία πάνω στην οποία βασίστηκε η παρούσα έρευνα. Θα αναφερθούμε στο σκοπό της έρευνας, τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν και μας ώθησαν στην πραγματοποίηση της, το πλαίσιο και της συνθήκες κάτω από τις οποίες έλαβε χώρα, καθώς και τον τρόπο συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων που συλλέχθηκαν κατά την διεξαγωγή της.

4.2 Σκοπός της έρευνας

Η παρούσα έρευνα εστιάζει στην επίδραση ψηφιακών δομημάτων όπως είναι το «Εξερευνώντας τα νετρίνο», στην δημιουργία νοημάτων, κατά την αλληλεπίδραση των εκπαιδευόμενων με αυτά, αλλά και μεταξύ τους. Στο επίκεντρο τίθενται τα χαρακτηριστικά και οι λειτουργικότητες του μικρόκοσμου (εργονομία, επιφάνεια επαφής, ανατροφοδότηση κ.α) και ο τρόπος που αυτά επιδρούν στην διαδικασία δημιουργίας νοημάτων που αφορούν στην μελέτη φαινομένων της σωματιδιακής φυσικής. Κάτι τέτοιο επιτυγχάνεται μέσα από την αξιοποίηση εργαλείων που επιτρέπουν τις πολλαπλές αναπαραστάσεις ενός φαινομένου, το οποίο λόγω της ιδιαίτερης φύσης του, δεν είναι δυνατόν να μελετηθεί σε πραγματικό χρόνο με τις ευρέως διαδεδομένες πειραματικές διατάξεις.

4.3 Ερευνητικά ερωτήματα

Τα ερευνητικά ερωτήματα που προέκυψαν και αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης της διεξαχθείσας έρευνας είναι επιγραμματικά τα ακόλουθα:

- Ποια νοήματα δημιουργούν οι μαθητές για τις έννοιες της σωματιδιακής φυσικής με το λογισμικό «Εξερευνώντας το νετρίνο»,
- Οι αλληλεπιδράσεις των υποκειμένων της έρευνας με το λογισμικό που δημιουργήθηκε, ως προς τις λειτουργικότητες του, την επιφάνεια επαφής του και την ανατροφοδότηση που προσφέρει

- Την αλληλεπίδραση των μαθητών μεταξύ τους σε ένα πλαίσιο συνεργατικότητας όπου αξιοποιείται ο μικρόκοσμος αλλά και οι σύγχρονες θεωρίες παιδαγωγικής και διδακτικής.

Αξιοποιώντας τα δεδομένα και το πληροφοριακό υλικό που μας παρέχει το θεωρητικό πλαίσιο, στο οποίο αναφερθήκαμε σε προηγούμενες ενότητες της παρούσης, θα προσπαθήσουμε να δώσουμε απαντήσεις στα ανωτέρω ερευνητικά ερωτήματα. Για τον σκοπό αυτό δημιουργήθηκαν αντίστοιχες κατηγορίες ανάλυσης, οι οποίες πιστεύουμε ότι ανταποκρίνονται στα ζητούμενα των ερωτημάτων που τέθηκαν και θεωρούνται αντιπροσωπευτικές για την κατηγοριοποίηση των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν κατά την φάση διεξαγωγής της έρευνας.

4.4 Μέθοδος της έρευνας

Η ερευνητική μέθοδος που επιλέχθηκε στο παρόν εγχείρημα έχει «ποιοτικό» πρόσημο, με δεδομένο ότι δεν μας ενδιαφέρει η ποσοτική μεταβολή μιας κατάστασης ή μιας μεταβλητής που μελετάται αλλά οι σχέσεις που προκύπτουν ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ των εκπαιδευομένων και του ψηφιακού δομήματος, αλλά οι τρόποι με τους οποίους το δεύτερο επηρεάζει τον τρόπο επικοινωνίας και συνεργασίας μεταξύ των υποκειμένων της έρευνας με στόχο την δημιουργία επιστημονικών νοημάτων. Πιο συγκεκριμένα, η μέθοδος που ακολουθήθηκε βασίστηκε στην «Έρευνα βασισμένη στον σχεδιασμό» - Design Based Research, μια ερευνητική προσέγγιση που κινείται μεταξύ της εμπειρικής έρευνας και των πειραμάτων σχεδιασμού. Πρόκειται για μια μεθοδολογία η οποία μας βοηθάει να κατανοήσουμε πως, τότε και με ποιο τρόπο οι εκπαιδευτικές καινοτομίες που σχεδιάζονται και εφαρμόζονται είναι αποτελεσματικές κατά την εφαρμογή τους στον πραγματικό κόσμο.

Σύμφωνα με τους Collins et al., (2004) η έρευνα μέσω σχεδιασμού αναπτύχθηκε ως ένας τρόπος για να δοκιμάζονται και να βελτιώνονται οι εκπαιδευτικές πρακτικές οι οποίες βασίζονται σε θεωρητικές αρχές που έχουν εξαχθεί από προηγούμενες έρευνες. Αυτή η προσέγγιση προοδευτικής βελτίωσης στη σχεδίαση, αναφέρεται στην αξιολόγηση ενός αρχικού ερευνητικού σχεδίου στον πραγματικό κόσμο, προκειμένου να δοκιμαστεί και να αποδειχθεί ότι είναι

λειτουργικό. Ακολούθως το αρχικό σχέδιο διαρκώς βελτιώνεται με βάση τα εμπειρικά δεδομένα που συλλέγονται κατά την διεξαγωγή της έρευνας έως ότου όλα τα σχεδιαστικά «ελαττώματα» να εξαλειφθούν.

Η έρευνα αυτής της μορφής συνδυάζει δύο σημαντικές παραμέτρους με σκοπό να οδηγήσει στην βελτιστοποίηση της εκπαιδευτικής πρακτικής: *εστίαση στον σχεδιασμό και αξιολόγηση κρίσιμων στοιχείων – παραγόντων κατά τη φάση της σχεδίασης*.

Η έρευνα βασισμένη στον σχεδιασμό αναπτύχθηκε με στόχο την αντιμετώπιση μερικών σημαντικών ζητημάτων (Collins et al., 2004) που αφορούν στη μελέτη της διαδικασίας μάθησης όπως:

- Την ανάγκη να διευθετηθούν θεωρητικά ερωτήματα σχετικά με την φύση της μάθησης.
- Την ανάγκη να μελετηθούν φαινόμενα που σχετίζονται με τις διαδικασίες μάθησης στον πραγματικό κόσμο σε αντιδιαστολή με το στείρο εργαστηριακό περιβάλλον.
- Η αναγκαιότητα να φύγουμε από τα στενά πλαίσια της μάθησης.
- Η ανάγκη να εξαχθούν ερευνητικά δεδομένα από τις διαδικασίες αξιολόγησης

Παρότι η έρευνα μέσω σχεδιασμού αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο αναφορικά με την διερεύνηση ζητημάτων όπως αυτά που προαναφέρθηκαν, αυτού του τύπου η έρευνα συνοδεύεται από σημαντικές προκλήσεις περιλαμβανομένων και των ακόλουθων:

- Δυσκολίες που προκύπτουν λόγω της πολυπλοκότητας των συνθηκών που επικρατούν στον πραγματικό κόσμο και των προβλημάτων που μπορούν να προκαλέσουν οι καταστάσεις αυτές στην προσπάθεια ελέγχου των συνθηκών των «πειραματικών» καταστάσεων που τίθενται υπό διερεύνηση.
- Η πληθώρα ερευνητικών δεδομένων που προκύπτουν από την ανάγκη συνδυασμού εθνογραφικής (ποιοτικής) και ποσοτικής ανάλυσης.
- Σύγκριση διαφορετικών μεθόδων σχεδιασμού.

Οι Wang & Hanafin (2005) ορίζουν ως έρευνα με βάση τον σχεδιασμό μια συστηματική αλλά ευέλικτη μεθοδολογία η οποία στοχεύει στο να βελτιώσει την εκπαιδευτική πρακτική, μέσω της επανάληψης διαδικασιών όπως είναι αυτές της ανάλυσης, του σχεδιασμού, της ανάπτυξης και εφαρμογής η οποία βασίζεται στην

συνεργασία μεταξύ ερευνητών και συμμετεχόντων σε πραγματικές συνθήκες, η οποία οδηγεί σε ευέλικτες σχεδιαστικές αρχές και θεωρίες. Τα βασικά χαρακτηριστικά της έρευνας αυτής της μορφής, είναι ότι:

- φέρνει πιο κοντά τις θεωρητικές προσεγγίσεις με την πρακτική,
- επικεντρώνεται στη σχέση ανάμεσα στη θεωρία, στα δομήματα που σχεδιάζονται και στη πρακτική εφαρμογή,
- αναγνωρίζει την ανάγκη να προχωρήσουμε πέρα από την περιορισμένη έννοια – μέτρησης της μάθησης
- οδηγεί σε αποτελέσματα που δεν είναι γενικευμένα, αλλά σχετίζονται με τη διαδικασία που ακολουθήθηκε και τα χαρακτηριστικά του πλαισίου πάνω στο οποίο εφαρμόστηκε.

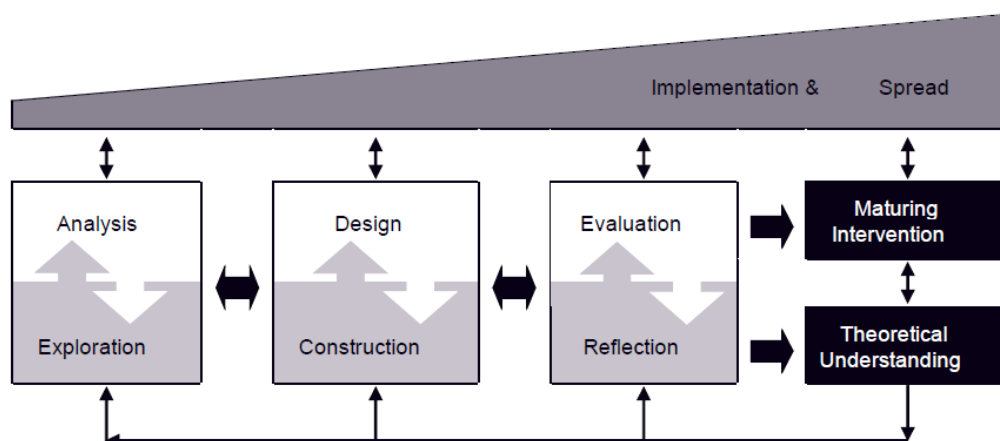
Σύμφωνα με τα δεδομένα σύγχρονων ερευνών (Collective, 2003), η έρευνα μέσω σχεδιασμού συνιστά ένα αναδυόμενη πρακτική για τη μελέτη της διαδικασίας μάθησης στο πλαίσιο του συστηματικού σχεδιασμού και διερεύνησης στρατηγικών διδασκαλίας και αξιοποίησης εκπαιδευτικών εργαλείων. Μια καλά οργανωμένη διδακτική πρακτική η οποία βασίζεται στην έρευνα μέσω σχεδιασμού συγκεντρώνει πέντε βασικά χαρακτηριστικά:

- Οι βασικοί στόχοι αναφορικά με το σχεδιασμό μαθησιακών περιβαλλόντων και ανάπτυξης θεωριών μάθησης είναι αλληλένδετοι.
- Ανάπτυξη και έρευνα υλοποιούνται μέσα μια επαναλαμβανόμενη διαδικασία διαρκούς σχεδίασης, πρακτικής εφαρμογής, ανάλυσης και επανασχεδιασμού.
- Η έρευνα σχεδιασμού πρέπει να οδηγεί σε θεωρίες που είναι δυνατόν να διαμοιραστούν και μπορούν να συμβάλουν στην ενεργό εμπλοκή επαγγελματιών της εκπαίδευσης καθώς και άλλων σχεδιαστών εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων.
- Η έρευνα πρέπει να περιγράφει πώς τα εκπαιδευτικά σχέδια λειτουργούν σε πραγματικές καταστάσεις, καταγράφοντας όχι μόνο επιτυχίες ή αποτυχίες του σχεδιασμού, αλλά επιπρόσθετα να επικεντρώνεται στις αλληλεπιδράσεις οι οποίες βελτιώνουν τον τρόπο με τον οποίο κατανοούμε τα ζητήματα που αφορούν οι περιγραφόμενες διαδικασίες.

- Η ανάπτυξη και η πρόοδος παρόμοιων καταστάσεων βασίζεται σε μεθόδους καταγραφής και σύνδεσης διαδικασιών που οδηγούν σε αποτελέσματα που συμβάλουν στην βελτίωση του αρχικού σχεδιασμού.

Οι McKenney & Reeves, (2014) αναφέρουν σχετικά, ότι η έρευνα βασισμένη στον σχεδιασμό είναι ένα είδος έρευνας το οποίο μέσα από την επαναλαμβανόμενη ανάπτυξη - αναζήτηση λύσεων σε σύνθετα εκπαιδευτικά προβλήματα παρέχει το πλαίσιο για επιστημονική διερεύνηση. Οι λύσεις που προκύπτουν κατά την εφαρμογή αυτής της μεθόδου μπορεί να είναι προϊόντα που σχετίζονται με την εκπαίδευση (π.χ. ένα εκπαιδευτικό παιχνίδι), διαδικασίες (π.χ. στρατηγικές οργάνωσης ενός online μαθήματος), προγράμματα (εργαστήρια - σεμινάρια) ή πολιτικές (π.χ. εκπαιδευτικά προγράμματα). Με την αξιοποίηση αυτής της μεθόδου οι ερευνητές επιχειρούν να επιλύσουν σημαντικά προβλήματα που υφίστανται στον πραγματικό κόσμο, ενώ παράλληλα επιζητούν την ανακάλυψη νέας γνώσης μέσω της οποίας παρέχεται πληροφόρηση σε άλλους ερευνητές που αντιμετωπίζουν παρόμοιες καταστάσεις.

Σημειώνουν ότι η έρευνα που βασίζεται στον σχεδιασμό διαχωρίζεται από άλλες μορφές διερεύνησης δίνοντας έμφαση τόσο στην επίλυση προβλημάτων όσο και στην πρακτική αξιοποίηση της γνώσης, επιτυγχάνοντας μέσω αυτής της διαδικασίας να παράγεται νέα γνώση. Δεν συνιστά μεθοδολογία αλλά αξιοποιώντας ποσοτικές, ποιοτικές αλλά συχνότερα μεικτές μεθόδους, επιχειρεί να δώσει λύσεις σε ερευνητικά ερωτήματα.



Εικ. 12: Γενικό μοντέλο για την διεξαγωγή έρευνας που βασίζεται στον σχεδιασμό, McKenney & Reeves (2014)

Βασισμένοι στο ερευνητικό τους έργο και την ανάλυση δεδομένων αναφορικά με τα υπάρχοντα μοντέλα και τα υφιστάμενα θεωρητικά πλαίσια οι McKenney & Reeves (2014) δημιούργησαν ένα γενικό μοντέλο για την έρευνα μέσω σχεδιασμού (Εικ. 12), το οποίο παρουσιάζει τα τρία βασικά στάδια μιας ευέλικτης και ευπροσάρμοστης διαδικασίας.

Όπως αναφέρουν, στην έρευνα αυτής της μορφής, η εφαρμογή στο πεδίο ξεκινά από την ανάπτυξη και δημιουργία εκπαιδευτικών παρεμβάσεων που έχουν ως στόχο την επίλυση πρακτικών προβλημάτων. Ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής που επιλέγεται, η διαδικασία μπορεί να διαρκέσει από μερικές εβδομάδες έως αρκετά χρόνια. Οι αναθεωρημένες εκδόσεις που προκύπτουν από την ανάλυση των δεδομένων των ερευνών πεδίου, με την αξιοποίηση μιας σειράς στρατηγικών και μεθόδων μελετούν είτε την ίδια την παρέμβαση είτε τα φαινόμενα που προκαλούνται από αυτή στα υποκείμενα της έρευνας.

Στην παρούσα αναφορά επιχειρείται να δοθούν απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν, μέσω της σχεδίασης μιας διαδικασίας που αξιοποιεί τα βασικά στάδια της έρευνας που βασίζεται στον σχεδιασμό. Κατά το πρώτο στάδιο, γίνεται ο σχεδιασμός της παρέμβασης με βάση την προβληματική που έχει αναπτυχθεί, ακολουθούμενη από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας αναφορικά με αξιοποίηση μοντέλων και προσομοιώσεων κατά τη διαδικασία διερεύνησης εννοιών στη σωματιδιακή φυσική. Αυτό μας επιτρέπει να σχεδιάσουμε και να αναπτύξουμε τα κατάλληλα ψηφιακά δομήματα αλλά και τις αντίστοιχες δραστηριότητες – παρεμβάσεις. Στο επόμενο στάδιο, ακολουθεί η εφαρμογή της παρέμβασης που σχεδιάστηκε στο πεδίο (σχολική τάξη) και συλλέγονται τα δεδομένα, τα οποία θα αναλυθούν προκειμένου να εξαχθούν στο τρίτο στάδιο τα συμπεράσματα. Από τα συμπεράσματα που θα εξαχθούν και με βάση τις ερευνητικές διαπιστώσεις που θα αναδυθούν, θα προκύψει μια αναθεωρημένη έκδοση του αρχικού σχεδίου. Σκοπός μας είναι να καταλήξουμε στην κατά το δυνατόν αρτιότερη και στο βαθμό που αυτό καθίσταται εφικτό γενικεύσιμη και σε άλλες βαθμίδες της εκπαίδευσης διδακτική παρέμβαση.

Με στόχο να ενισχύσουμε την *εγκυρότητα και αξιοπιστία της έρευνας* που διεξήχθη, χρησιμοποιήσαμε την τεχνική της τριγωνοποίησης, η οποία ορίζεται ως η χρήση δύο ή περισσότερων μεθόδων συλλογής δεδομένων (Cohen & Manion, 2008).

4.5 Το πλαίσιο και οι συνθήκες διεξαγωγής της έρευνας

4.5.1 Χώρος και χρόνος διεξαγωγής

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο 1^ο Πειραματικό Γυμνάσιο της Πλάκας το διάστημα 16 και 17 Απριλίου 2016 στην αίθουσα του εργαστηρίου πληροφορικής του σχολείου, κατόπιν σχετικής έγκρισης τόσο από την διεύθυνση του σχολείου όσο και από τους γονείς των μαθητών που συμμετείχαν. Η αίθουσα υπολογιστών, πέραν του ότι ήταν εξοπλισμένη με σύγχρονους υπολογιστές με σύνδεση στο διαδίκτυο, διέθετε επίσης και διαδραστικό πίνακα. Το συγκεκριμένο εκπαιδευτικό εργαλείο μας επέτρεπε αφενός να παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα των διαφόρων φάσεων της διερεύνησης στην ολομέλεια, καθώς και να προβάλλουμε οπτικοακουστικό υλικό (βίντεο με πειραματικές διατάξεις) και να τρέξουμε προσομοιώσεις μέσω του διαδικτύου στην ολομέλεια προκειμένου οι συμμετέχοντες να διευκολυνθούν στην διατύπωση των επιχειρημάτων τους.

4.5.2 Οι συμμετέχοντες και ο ρόλος του ερευνητή

Στην έρευνα συμμετείχαν δώδεκα μαθητές και μαθήτριες των Β' και Γ' τάξεων του Γυμνασίου, χωρισμένοι σε τρεις μεικτές ομάδες των τεσσάρων ατόμων. Σημειώνεται σε αυτό το σημείο ότι μεταξύ των συμμετεχόντων και του ερευνητή δεν υπήρχε προηγούμενη επαφή ή άλλης μορφής επικοινωνία προ της διεξαγωγής της έρευνας. Ο χρόνος που διατέθηκε για την έρευνα ήταν δύο τρίωρα, ένα το Σάββατο 16 και ένα την Κυριακή 17 Απριλίου. Το πρώτο δίωρο του Σαββάτου αφιερώθηκε στην εξοικείωση των μαθητών στις έννοιες και τις ιδιότητες των υποατομικών σωματιδίων μέσα από μια διαδικασία διερεύνησης με την αξιοποίησης web 2.0 εργαλείων, στα οποία αναφερθήκαμε σε προηγούμενη ενότητα της αναφοράς μας, σε συνδυασμό με την προβολή οπτικοακουστικού υλικού και πολυτροπικών κειμένων. Η πρώτη αυτή «Εισαγωγική» φάση κρίθηκε απαραίτητο να πραγματοποιηθεί προκειμένου να διευκολυνθεί το εγχείρημά μας, αφού όπως είναι γνωστό οι μαθητές αυτών των τάξεων του γυμνασίου δεν έχει διδαχθεί παρόμοια ύλη με εξαίρεση την ενότητα «Υποατομικά σωματίδια και Ιόντα» στο μάθημα της Χημείας της Β' Γυμνασίου, με συνέπεια να μην έχουν τις παραστάσεις που απαιτούνται. Η τελευταία

ώρα του Σαββάτου καθώς και το δεύτερο τρίωρο αφιερώθηκαν στην διεξαγωγή του βασικού σταδίου της έρευνας. Στην δεύτερη και τρίτη φάση με βασικό εργαλείο το λογισμικό «Εξερευνώντας το νετρίνο» αλλά και τα κατάλληλα φύλλα αξιολόγησης και δραστηριότητες που σχεδιάστηκαν, επιχειρήθηκε να διερευνηθούν από τους μαθητές τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες του σωματιδίου φάντασμα.

Ο ρόλος του ερευνητή ήταν διττός. Αφενός λειτουργούσε υποστηρικτικά δίνοντας πληροφορίες κυρίως ως προς την χρήση των εργαλείων που αξιοποιήθηκαν, χωρίς να παρεμβαίνει στον τρόπο λειτουργίας των ομάδων. Παράλληλα, προσπάθησε να διατηρήσει την ερευνητική του ταυτότητα συλλέγοντας δεδομένα κατά τις διάφορες φάσεις αλληλεπίδρασης των μαθητών με τα εργαλεία της έρευνας όσο και μεταξύ των μελών των ομάδων.

4.5.3. Μέσα και μέθοδοι συλλογής ερευνητικών δεδομένων

Για τη συγκέντρωση και κωδικοποίηση των ληφθέντων δεδομένων και με στόχο να επιτευχθεί, η όσο το δυνατόν πιο αντικειμενική τους ανάλυση αξιοποιήθηκε μια σειρά από ερευνητικά εργαλεία και μέθοδοι τα οποία επιγραμματικά είναι τα ακόλουθα:

- Το λογισμικό «εξερευνώντας τα νετρίνο» συνεπικουρούμενο από άλλα web 2.0 εργαλεία (στα οποία αναφερθήκαμε νωρίτερα)
- Ένα φύλλο εργασίας για την συλλογική δεδομένων σχετικά με το λογισμικό αλλά και τις έννοιες που σχετίζονται με το γνωστικό αντικείμενο.
- Η χρήση του λογισμικού hypercam, για την καταγραφή αλληλεπίδρασης των μαθητών με το λογισμικό, σε συνδυασμό με την ηχητική καταγραφή τους (κατόπιν σχετικής έγκρισης)
- Η βιντεοσκόπηση της όλης διαδικασίας με κάμερα υψηλής ευκρίνειας για καταγραφή της αλληλεπίδρασης τόσο των μαθητών της κάθε ομάδας, όσο και των διαφορετικών ομάδων κατά τη φάση συζήτησης στην ολομέλεια (κατόπιν σχετικής έγκρισης)
- Συλλογή δεδομένων από τον ίδιο τον ερευνητή μέσω παρατήρησης – «Συμμετοχική παρατήρηση» (Cohen, et al., 2008).
- Ψηφιακά δομήματα μαθητών.
- Ερωτηματολόγιο τελικής αξιολόγησης

Φύλλα εργασίας: Το φύλλο εργασίας είχε διττό ρόλο στην έρευνα μας. Από τη μια είχε ως βασικό στόχο να καθοδηγήσει τους εκπαιδευόμενους στην πορεία της διαδικασίας διερεύνησης σε θέματα που αφορούσαν τόσο στο εκπαιδευτικό λογισμικό όσο και ως μέσο συλλογής ερευνητικών δεδομένων και από την άλλη αποτέλεσε ένα ακόμη μέσο καταγραφής της αλληλεπίδρασης των συλλογισμών και των ενεργειών των υποκειμένων της έρευνας.

Λογισμικό HyperCam: Η χρήση ψηφιακής κάμερας για την βιντεοσκόπηση των γεγονότων που λαμβάνουν χώρα στην αίθουσα που διεξάγεται η έρευνα κατά την αλληλεπίδραση των μαθητών τόσο μεταξύ τους όσο και με το λογισμικό «εξερευνώντας το νετρίνο», συνιστά σημαντικό εργαλείο καταγραφής και συλλογής των δεδομένων της έρευνας. Όμως με αυτό τον τρόπο δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι ότι έχουμε καταγράψει όλες τις ενέργειες που πραγματοποιούν οι ομάδες των εμπλεκομένων, αφού κάποια σημαντικά γεγονότα για την πορεία της ανάλυσης των δεδομένων της έρευνας (κρίσιμα συμβάντα) είναι δυνατόν να μας διαφύγουν. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήσαμε το λογισμικό HyperCam, ένα εργαλείο το οποίο μας επιτρέπει να καταγράφουμε σε πραγματικό χρόνο όλες τις ενέργειες που πραγματοποιούνται στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή. Παράλληλα, η δυνατότητα του συγκεκριμένου λογισμικού να αξιοποιεί το ενσωματωμένο στο σύστημά μας μικρόφωνο, μας επιτρέπει να καταγράφουμε και τα λεγόμενα των υποκειμένων της έρευνας και με τον τρόπο αυτό να έχουμε μια πληρέστερη εικόνα των γεγονότων που λαμβάνουν χώρα σε κάθε ομάδα στις διάφορες φάσεις της διαδικασίας διερεύνησης.

Συμμετοχική παρατήρηση: Τα πλεονεκτήματα της συμμετοχικής παρατήρησης από πλευράς του ερευνητή είναι πολλαπλά αφού με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα αναφορικά με το περιβάλλον της έρευνάς, να έχουμε μια πιο ολοκληρωμένη άποψη τόσο για την κατάσταση που διαμορφώνεται αλλά και καταγράφουμε δεδομένα που αφορούν στην «ατμόσφαιρα» που επικρατεί κατά την διεξαγωγή της έρευνας. Αυτός ο τρόπος καταγραφής, σε μορφή ημερολογίου, έρχεται να συμπληρώσει τις μεθόδους και τα εργαλεία καταγραφής στα οποίες αναφερθήκαμε σε πιο πάνω. Άλλωστε ο Morrisson (1993:88) επισημαίνει, όπως αναφέρεται από τους (Cohen, et al., 2008:523), *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.

Ψηφιακά δομήματα μαθητών: Όπως αναφέραμε και στην ενότητα ανάλυσης των δραστηριοτήτων των εκπαιδευομένων με την ολοκλήρωση των δύο φάσεων της διερεύνησης οι μαθητές κλήθηκαν να δημιουργήσουν δικά τους ψηφιακά δομήματα – τεχνουργήματα, στα οποία να αναπαριστούν αντιδράσεις διάσπασης που οι ίδιοι επέλεξαν αξιοποιώντας την πλατφόρμα του Αβάκιου. Μέσω αυτής της διαδικασίας αυτής προέκυψαν ψηφιακά δομήματα τα οποία αποτέλεσαν σημαντική πηγή δεδομένων. Η ανάλυση των δεδομένων αυτών μας έδωσε τη δυνατότητα να μελετήσουμε πως οι μαθητές αποδόμησαν, τροποποίησαν και μαστόρεψαν υφιστάμενα μοντέλα – προσομοιώσεις με τη βοήθεια της γλώσσας Logo με στόχο να δημιουργήσουν δικές τους προσομοιώσεις. Επιπρόσθετα η διαδικασία αυτή προσφέρει τη δυνατότητα συλλογής δεδομένων αναφορικά με το είδος της ανατροφοδότησης που λαμβάνεται από τους συμμαθητές τους στην φάση της ανταλλαγής των ψηφιακών τους δομημάτων. Βέβαια σε αυτή τη φάση οφείλουμε να σημειώσουμε ότι οι έξι συνολικά ώρες που διατέθηκαν για της ανάγκες της παρούσας έρευνας, αποδείχθηκε τελικά ότι δεν ήταν επαρκείς για την ολοκλήρωση της δεύτερης φάσης από όλες τις ομάδες. Σε αυτό συνέβαλε και το γεγονός ότι οι μαθητές δεν ήταν εξοικειωμένοι με την γλώσσα logo, χαρακτηριστικό που σε συνδυασμό με τα στενά χρονικά περιθώρια που υπήρχαν, είχε ως αποτέλεσμα οι ομάδες να δημιουργήσουν ημιτελή ψηφιακά δομήματα. Παρόλα αυτά από αυτή τη φάση, όπως προαναφέραμε είχαμε τη δυνατότητα να συλλέξουμε αρκετά δεδομένα αναφορικά με την αλληλεπίδραση των μαθητών με το ψηφιακό εργαλείο στη φάση της αποδόμησης και δημιουργίας τεχνουργημάτων.

Ερωτηματολόγιο τελικής αξιολόγησης: Το ερωτηματολόγιο τελικής αξιολόγησης ή ρουμπρίκα αξιολόγησης όπως συνηθίζεται να αναφέρεται στο πεδίο της έρευνας, είναι ένα εύχρηστο εργαλείο συλλογής δεδομένων που παρέχει δομημένα στις περισσότερες περιπτώσεις αριθμητικά δεδομένα (κλίμακα Likert), μπορεί να συμπληρωθεί ακόμη και χωρίς την παρουσία του ερευνητή, είναι σχετικά απλό στην συμπλήρωσή του και εύκολο στην ανάλυση (Wilson & McLean, 1994) όπως αναφέρεται από τους (Cohen, et al., 2008:413). Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήσαμε για τις ανάγκες της έρευνάς μας διαμορφώθηκε με βάση το

θεωρητικό πλαίσιο που αξιοποιήθηκε, καθώς και τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν και ώθησαν στην διεξαγωγή της έρευνας. Μέσω των ερωτήσεων του επιχειρήθηκε η διερεύνηση χαρακτηριστικών όπως η συμβολή του λογισμικού στη δημιουργία νοημάτων που σχετίζονται με το γνωστικό αντικείμενο και η σωστή απόδοση των περιγραφομένων εννοιών, η αξιολόγηση της ευχρηστίας, της λειτουργικότητας και της εργονομίας των χειριστηρίων και του περιβάλλοντος εργασίας του, η παρεχόμενη ανατροφοδότηση καθώς και κατά πόσο ή όχι η αξιοποίηση του είναι δυνατόν να προωθήσει την συνεργατική μάθηση.

5. Πλαίσιο ανάλυσης

Βασιζόμενοι στο θεωρητικό πλαίσιο, τα ερευνητικά ερωτήματα που ενέπνευσαν την παρούσα έρευνας καθώς και τις επιδιώξεις της όπως αυτές παρουσιάστηκαν στις προηγούμενες ενότητες, επιχειρήσαμε να δημιουργήσουμε ένα σύστημα κατηγοριοποίησης των δεδομένων που συλλέχθηκαν με σκοπό να αναλύσουμε την σχεδιαστική αποτελεσματικότητα του λογισμικού καθώς και τον βαθμό εμπλοκής των υποκειμένων της έρευνας.

Με δεδομένο μάλιστα ότι τα ευρήματα της έρευνάς μας έχουν όπως αναφέραμε ποιοτικά χαρακτηριστικά, αφού δεν εξετάζουμε ποσοτικές μεταβολές μεταξύ μεταβλητών αλλά τις σχέσεις που αναδύονται κατά την αλληλεπίδραση των υποκειμένων της έρευνας και των τεχνουργημάτων, καθώς και τους τρόπους με τους οποίους αυτά επηρεάζουν τις μορφές επικοινωνίας και συνεργασίας μεταξύ των μαθητών με στόχο τη δημιουργία επιστημονικών νοημάτων, ακολουθήσαμε ανάλογη πορεία και όσον αφορά την ανάλυση των δεδομένων. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήσαμε την τεχνική της «Ανάλυσης περιεχομένου» - «Content – analysis». Πρόκειται για μια τεχνική η οποία αξιοποιείται για την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων μέσω της ερμηνείας και της κωδικοποίησης μεγάλου όγκου δεδομένων σε μορφή κειμένου που προκύπτουν από τις διάφορες φάσεις της έρευνας. Μέσω της συστηματικής αξιολόγησης κειμένων, γραφημάτων, προφορικών καταγραφών (όπως π.χ. απομαγνητοφωνήσεις) κ.α., ποιοτικά δεδομένα μπορούν να μετατραπούν ποσοτικά, Mayring, (2000).

Οι άξονες στους οποίους βασιστήκαμε για την εξαγωγή των πορισμάτων της έρευνας είναι: **α)** ο ρόλος του ψηφιακού εργαλείου στην δημιουργία νοημάτων (αλληλεπίδραση υποκειμένων της έρευνας - υπολογιστή), **β)** οι παράγοντες και οι διαδικασίες που επηρεάζουν τη δημιουργία των επιστημονικών νοημάτων, **γ)** Οι αλληλεπιδράσεις, η συνεργασία και η επιχειρηματολογία που αναπτύσσεται μεταξύ των μαθητών με την αξιοποίηση του μικροκόσμου.

5.1 Κατηγορίες ανάλυσης

Με βάση τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν επιχειρήθηκε ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν στις διάφορες φάσεις της ερευνητικής διαδικασίας. Τα δεδομένα αυτά συμπεριλάμβαναν πέρα από τις σημειώσεις του ερευνητή, απομαγνητοφωνήσεις τόσο μέσω του λογισμικού HyperCam, όσο και των βιντεοσκοπημένων στιγμιότυπων που ελήφθησαν μέσω ψηφιακής κάμερας, καθώς βέβαια και την αποδελτίωση των φύλλων εργασίας των υποκειμένων της έρευνας.

Οι κατηγορίες που δημιουργήθηκαν, ανήκουν στην ποιοτική έρευνα και βασίζονται στην *ανάλυση περιεχομένου* (content analysis). Περιλαμβάνουν εκτός των άλλων στοιχεία από τη *διδασκική των Φυσικών Επιστημών* (από τη φαινομενολογία και τα αντικείμενα περνάμε στις έννοιες και στις θεωρίες της Φυσικής), από τις *διαλογικές αλληλεπιδράσεις των υποκειμένων της έρευνας με το λογισμικό* (λειτουργικότητες λογισμικού, εργονομία κ.α), αλλά και τις *αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μελών των ομάδων*, καθώς και σε σύγχρονες θεωρίες μάθησης όπως είναι ο *κονστραξιονισμός* (δημιουργία και αξιοποίηση λογισμικού συνεργατικά), η *διερεύνηση* και η *μοντελοποίηση*.

5.1.1 Επίδραση του ψηφιακού εργαλείου στην δημιουργία νοημάτων

Στην κατηγορία αυτή επιχειρείται να καταγραφεί και να αναδειχθεί ο ρόλος του λογισμικού εξερευνώντας των νετρίνο στην δημιουργία νοημάτων και περιλαμβάνονται όλες οι αλληλεπιδράσεις που αφορούν **α)** *στα αντικείμενα του μικροκόσμου – σκηνής σε σχέση με το υπό αναπαράσταση φαινόμενο, β)* *τα ενσωματωμένα κουμπιά χειριστήρια του λογισμικού, και την ευκολία χειρισμού τους καθώς και γ)* *την παρεχόμενη ανατροφοδότηση μέσω των ενσωματωμένων ψηφίδων – κείμενο, πίνακες, εικόνες.*

1. **Ε.Ψ.Δ.Α.Σ.** (Επίδραση Ψηφιακού Δομήματος - Αντικείμενα Σκηνής) : Εδώ εξετάζουμε κατά πόσο τα αντικείμενα της σκηνής (άτομα – υποατομικά σωματίδια) τα οποία προορίζονται για να αναπαραστήσουν την εκάστοτε αντίδραση διάσπασης, έχουν σχεδιαστεί και αξιοποιηθεί σωστά ώστε να προσφέρουν σωστή αναπαράσταση του περιγραφόμενου φαινομένου

2. **Ε.Ψ.Δ.Χ.** (Επίδραση Ψηφιακού Δομήματος Χειριστήρια): Η συγκεκριμένη κατηγορία μα επιτρέπει να εξαγάγουμε συμπεράσματα αναφορικά με το κατά πόσο τα χειριστήρια του μικροκόσμου είναι σχεδιασμένα κατά τρόπο τέτοιο ώστε να διευκολύνεται η πλοήγηση και η αλληλεπίδραση των χρηστών με το λογισμικό.
3. **Ε.Ψ.Δ.Α.** (Επίδραση Ψηφιακού Δομήματος παρεχόμενη Ανατροφοδότηση): Με τη συγκεκριμένη κατηγορία επιχειρείτε να διασαφηνιστεί κατά πόσο η ανατροφοδότηση που προσφέρεται μέσω του μικροκόσμου συμβάλει στην προσπάθεια διερεύνησης των υπό μελέτη φαινομένων σε όλα τα στάδια της διαδικασίας.

5.1.2 Παράγοντες και οι διαδικασίες που επηρεάζουν τη δημιουργία επιστημονικών νοημάτων

Στην κατηγορία αυτή επιχειρείται να καταγραφούν οι διαλογικές αλληλεπιδράσεις που σχετίζονται με την δημιουργία επιστημονικών νοημάτων στα διάφορα στάδια **α) της διερεύνησης, β) του κοντραξιονισμού** αλλά και την εξαγωγή συμπερασμάτων αναφορικά με **γ) το γνωστικό αντικείμενο και τις έννοιες της σωματιδιακής φυσικής που πραγματεύεται η παρούσα έρευνα**. Αναλυτικότερα οι κατηγορίες είναι οι ακόλουθες:

A) Αλληλεπιδράσεις Διερευνητικής Μάθησης (Α.Δ.) με τις υποκατηγορίες:

1. Δημιουργία Ερωτήσεων – Υποθέσεων (Α.Δ.Δ.Ε -Υ.)
2. Στάδιο Εξερεύνησης – Πειραματισμού (Α.Δ.ΕΞ.-Π.)
3. Στάδιο Εξαγωγής Συμπερασμάτων (Α.Δ.Ε.Σ.), το οποίο περιλαμβάνει τα στάδια ανάλυσης δεδομένων και επιχειρηματολογίας
4. Φάση συζήτησης και διαμοιρασμού δεδομένων (Α.Δ.Σ. - Δ.Δ)

B) Αλληλεπιδράσεις Κονστραξιονισμού (Α.Κ.) με τις υποκατηγορίες:

1. Στάδιο Μαστορέματος - Αποδόμηση -Τροποποίηση Μοντέλου (Α.Κ.Α.Τ.Μ.)
2. Στάδιο Δημιουργίας Προσομοίωσης (Α.Κ.Δ.Π.)
3. Φάση Αξιολόγησης Ανατροφοδότησης από Ομοίους (Α.Κ.ΑΞ.ΑΝ.Ο)

Γ) Αλληλεπιδράσεις που σχετίζονται με τις Έννοιες του Γνωστικού αντικειμένου (Α.Γ.) με υποκατηγορίες:

1. Αρχικές Αντιλήψεις Μαθητών (Α.Ε.Γ.Α.Μ)
2. Στοιχεία Σωματιδιακής Φυσικής, Άτομα και Υποατομικά Σωματίδια (Α.Ε.Γ.Α-Υ.Σ)
3. Στοιχεία Σωματιδιακής Φυσικής, Νετρίνο και Διαδικασίες Δημιουργίας του (Α.Ε.Γ.Δ.Δ.Ν)

5.1.3 Αλληλεπιδράσεις, συνεργασία και επιχειρηματολογία μαθητών με την αξιοποίηση του μικροκόσμου

Στην κατηγορία αυτή επιχειρείται να αναλυθούν οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των υποκειμένων της έρευνας, η συνεργασία και η διατύπωση επιχειρημάτων μεταξύ των μελών των ομάδων που έχουν σχηματιστεί για τις ανάγκες της έρευνας (Α.Μ.) και περιλαμβάνει τις υποκατηγορίες:

1. Συνεργασία και Αλληλεπίδραση μεταξύ των μελών των Ομάδων (Α.Μ.Σ.Α.Λ) με την αξιοποίηση του λογισμικού.
2. Ανάπτυξη επιχειρημάτων με την αξιοποίηση του λογισμικού (Α.Μ.ΕΠ.), κατά πόσο δηλαδή το λογισμικό δηλαδή μπορεί να συμβάλει και στην ανάπτυξη και διατύπωση επιχειρημάτων από πλευράς υποκειμένων την έρευνας.

5.2 Ανάλυση δεδομένων

Στην παρούσα ενότητα θα παρουσιάσουμε και θα αναλύσουμε τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τις ομάδες των μαθητών της Β και Γ τάξης του 1^{ου} Πειραματικού Γυμνασίου Πλάκας, για το σχολικού έτος 2015 -2016, οι οποίοι με την σύμφωνη γνώμη του διευθυντή του σχολείου, του συλλόγου διδασκόντων και των γονέων τους συμμετείχαν οικειοθελώς στην έρευνα. Η ανάλυση των δεδομένων ακολουθεί πορεία ανάλογη με αυτή των φύλλων δραστηριοτήτων που μοιράστηκαν στους μαθητές σε κάθε μια από τις δύο φάσεις της δραστηριότητας. Τα δεδομένα που αναλύονται στην παρούσα ενότητα προέκυψαν όπως αναφέραμε από την αλληλεπίδραση των υποκειμένων της έρευνας με το λογισμικό «Εξερευνώντας το νετρίνο» την συμπλήρωση των σχετικών φύλλων εργασίας, την μαγνητοσκόπηση και ηχογράφησή τους τόσο μέσω του λογισμικού HyperCam, όσο και με την αξιοποίηση ψηφιακής βιντεοκάμερας υψηλής ανάλυσης και την συλλογή δεδομένων από την πλευρά του ερευνητή (συμμετοχική παρατήρηση). Οι δώδεκα συμμετέχοντες στην

έρευνα, οι οποίοι όπως αναφέραμε χωρίστηκαν σε τρεις μεικτές ομάδες, συνεργάστηκαν αρμονικά και αξίζει να σημειωθεί ότι κανένα απρόοπτο δεν προέκυψε κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της έρευνας.

5.2.1 Ανάλυση δραστηριοτήτων

Με την ολοκλήρωση των φάσεων της διερεύνησης του πρώτου δίωρου, του οποίου σκοπός όπως αναφέραμε ήταν να εξοικειωθούν οι μαθητές με τις έννοιες της σωματιδιακής φυσικής και πιο συγκεκριμένα με τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες των υποατομικών σωματιδίων, περάσαμε στις κυρίως φάσης της έρευνας που αφορά στη διερεύνηση των χαρακτηριστικών και των ιδιοτήτων των νετρίνο.

Η δεύτερη φάση αφορούσε στη διερεύνηση των ιδιοτήτων των υποατομικών σωματιδίων και πιο συγκεκριμένα των νετρίνο και πραγματοποιήθηκε σε δύο στάδια. Σε κάθε ένα από τα στάδια διερεύνησης που περιλαμβάνει αυτή η διαδικασία οι μαθητές κάθε ομάδας αρχικά αναζητούσαν πληροφορίες αξιοποιώντας πηγές του διαδικτύου και ακολούθως συμπλήρωναν το σχετικό φύλλο εργασίας που τους είχε δοθεί. Ακολούθως στο δεύτερο στάδιο καλούνταν να αξιοποιήσουν το λογισμικό «εξερευνώντας το νετρίνο» και να πραγματοποιήσουν ένα δεύτερο κύκλο διερεύνησης. Με την ολοκλήρωση του δεύτερου κύκλου διερεύνησης καλούνταν να επιστρέψουν στο φύλλο εργασίας και να επαναδιατυπώσουν – αναπροσαρμόσουν τα δεδομένα που είχαν καταχωρήσει στην πρώτη φάση με την αξιοποίηση του λογισμικού «Εξερευνώντας τα νετρίνο».

Στην τρίτη φάση οι μαθητές κλήθηκαν να δημιουργήσουν δικές τους προσομοιώσεις αξιοποιώντας έτοιμα μπλοκ κώδικα logo. Παρότι όπως αναφέραμε νωρίτερα η διαδικασία αυτή δεν κατέστη δυνατόν να ολοκληρωθεί, λόγω πίεσης χρόνου συλλέχθηκαν αρκετά χρήσιμα δεδομένα από την αλληλεπίδραση των μαθητών με το εργαλείο, στην προσπάθειά τους να τροποποιήσουν – μαστορέψουν τα χαρακτηριστικά του μικρόκοσμου με στόχο να δημιουργήσουν δικές τους προσομοιώσεις αντιδράσεων δημιουργίας νετρίνο.

Για να διευκολυνθεί η αποκωδικοποίηση των δεδομένων των αποσπασμάτων που παρατίθενται επισημαίνουμε ότι με M1, M2, M3, M4 παριστάνονται οι μαθητές κάθε ομάδας, με O1, O2, O3 κάθε μια από τις ομάδες των μαθητών ενώ με E ο ερευνητής.

5.2.2 Δραστηριότητες της πρώτης και δεύτερης φάσης

5.2.2.1 Αντιλήψεις των μαθητών πριν την αλληλεπίδραση τους με το λογισμικό

Στον πίνακα που ακολουθεί έχουν καταχωριστεί τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τις ομάδες των μαθητών κατά τη διαδικασία συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου που τους δόθηκε στην πρώτη φάση της διερεύνησης και πριν από την αλληλεπίδραση τους με το λογισμικό. Τα δεδομένα αυτά παρατίθενται με στόχο να μπορούμε να μελετήσουμε την επίδραση που είχε ο μικρόκοσμος στην προσπάθεια αφομοίωσης και καλύτερης κατανόησης εννοιών που σχετίζονται με γνωστικό αντικείμενο και πιο συγκεκριμένα τις έννοιες της σωματιδιακής φυσικής και τον τρόπο δημιουργίας των νετρίνο. Συνιστούν μια μορφή «Pre test» στην οποία όμως δεν αξιολογούμε τις αρχικές αντιλήψεις των μαθητών, αφού οι γνώσεις τους σχετικά με το αντικείμενο είναι περιορισμένες, όμως μας επιτρέπουν να συγκρίνουμε τις καταγραφές των ομάδων πριν και μετά την εμπλοκή τους με το λογισμικό και με τον τρόπο αυτό να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα για την επίδρασή που είχε στα υποκείμενα της έρευνας.

Ερώτηση φύλλου δραστηριοτήτων	Ομάδα 1	Ομάδα 2	Ομάδα 3
1. Ποια είναι η προέλευση των νετρίνο; Μέσα από ποιές διαδικασίες δημιουργούνται.	Τα νετρίνο προέρχονται από το Bing Bang, αλλά μπορούν ακόμη να δημιουργηθούν στον ήλιο, τη Γη, εκρήξεις Supernova ή και λόγω ανθρώπινων δραστηριοτήτων	Από τη Γη, το Bing Bang, πυρηνικές αντιδράσεις στον ήλιο, και διασπάσεις ραδιενεργές βήτα διασπάσεις.	Προέρχονται από τον ήλιο, τη Γή, τα σώματά μας, το Big Bang και εκρήξεις Supernova. Τα νετρίνο δημιουργούνται από πυρηνικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται στον πυρήνα των αστεριών.
2. Ποιοι τύποι αντιδράσεων ονομάζονται διασπάσεις βήτα (beta decay); Είναι τα προϊόντα όλων των αντιδράσεων διάσπασης Βήτα τα ίδια; Ποιες είναι οι βασικές κατηγορίες αντιδράσεων διάσπασης βήτα;	Είναι αντιδράσεις που συμβαίνουν στον πυρήνα των ατόμων, μετατροπές πρωτονίου σε νετρόνιο και το αντίστροφο. Όλα τα προϊόντα δεν είναι τα ίδια. Υπάρχουν οι beta decay + & beta decay -.	Είναι ένας τύπος ραδιενεργού διάσπασης κατά την οποία πρωτόνια μετατρέπονται σε νετρόνια και το αντίστροφο. Οι δύο τύποι αντιδράσεων της κατηγορίες είναι β^+ και β^- .	Οι διασπάσεις βήτα αναφέρονται στην μετατροπή ενός πρωτονίου σε νετρόνιο μέσα στον πυρήνα του ατόμου. Όλα τα προϊόντα δεν είναι τα ίδια. Οι τύποι διασπάσεων βήτα είναι

			η β^+ και η β^- .
3. Τι συμβαίνει στην περίπτωση της διάσπασης βήτα +; Ποια είναι τα προϊόντα μιας τέτοιας διάσπασης;	Πρωτόνιο, ποζιτρόνιο, νετρόνιο και νεutrίνο.	Ένα πρωτόνιο χάνεται και στη θέση του εμφανίζεται ένα νετρόνιο. Τα προϊόντα είναι ένα ποζιτρόνιο και ένα νεutrίνο.	Τα προϊόντα είναι νετρόνιο, ποζιτρόνιο και νεutrίνο.
4. Ποιες είναι οι διαφορές μεταξύ των διασπάσεων βήτα+ και βήτα-; Ποια είναι τα προϊόντα της διάσπασης βήτα-;	Στη διάσπαση β^- , δημιουργούνται ηλεκτρόνια και αντineutrίνο ηλεκτρονίου.	Οι διαφορές είναι ότι στην διάσπαση β^- δημιουργούνται ένα ηλεκτρόνιο και ένα αντineutrίνο.	Δημιουργούνται ένα ηλεκτρόνιο και ένα νεutrίνο ηλεκτρονίου.
5. Τι συμβαίνει στον ατομικό (Z) και τον μαζικό (A) αριθμό του πυρήνα σε κάθε περίπτωση;	Ο ατομικός και ο μαζικός αριθμός παραμένουν ίδιοι. Στην βήτα – διάσπαση ο ατομικός αριθμός μειώνεται.	Στην β^+ διάσπαση ο ατομικός αριθμός μειώνεται, ενώ ο μαζικός παραμένει ίδιος. Στην β^- , ο ατομικός αριθμός αυξάνεται.	Στη β^+ διάσπαση ο ατομικός αριθμός μειώνεται, ενώ στη β^- αυξάνεται. Και στις δύο περιπτώσεις ο μαζικός αριθμός παραμένει ίδιος.
6. Σε ποια διαδικασία αναφέρεται η σύλληψη ηλεκτρονίου; Ποια είναι τα προϊόντα μιας αντίδρασης αυτής της μορφής;	Διαδικασία κατά την οποία ο πυρήνας ενός ηλεκτρικά ουδέτερου ατόμου απορροφά ένα ηλεκτρόνιο της εσωτερικής στοιβάδας. Προϊόντα είναι ένα νετρόνιο και ένα νεutrίνο.	Είναι μια διαδικασία κατά την οποία ένας πυρήνας πρωτονίων ενός ηλεκτρικά ουδέτερου ατόμου απορροφά ένα ηλεκτρόνιο της εσωτερικής στοιβάδας. Έτσι ένα πρωτόνιο του πυρήνα μετατρέπεται σε νετρόνιο και ένα νεutrίνο.	Η σύλληψη ηλεκτρονίου αναφέρεται σε μια διαδικασία κατά την οποία πυρήνα πλούσιος σε πρωτόνια ενός ηλεκτρικά ουδέτερου ατόμου απορροφά ένα ηλεκτρόνιο της εσωτερικής στοιβάδας. Τα προϊόντα είναι ένα νετρόνιο και ένα νεutrίνο ηλεκτρονίου.
7. Τι συμβαίνει στην περίπτωση διάσπασης μιονίου; Ποιες είναι οι κυρίαρχες περιπτώσεις διάσπασης μιονίου που συμβαίνουν;	Διαδικασία κατά την οποία τα μόνια διασπώνται σε ηλεκτρόνιο και αντineutrίνο ηλεκτρονίου	Ένα μόνιο διασπάται σε νεutrίνο μιονίου, ηλεκτρόνιο και νεutrίνο ηλεκτρονίου.	Διαδικασία κατά την οποία ένα μόνιο διασπάται σε ποζιτρόνιο, νεutrίνο ηλεκτρονίου και νεutrίνο μιονίου.

Πίνακας 5: Καταγραφή των δεδομένων που προέκυψαν κατά την πρώτη φάση της διερεύνησης που διεξήχθη χωρίς την συμβολή του λογισμικού «εξερευνώντας τα νεutrίνο»

5.2.2.1 Επίδραση του λογισμικού

Μετά την ολοκλήρωση της πρώτης φάσης της διερεύνησης και την συμπλήρωση του φύλλου αξιολόγησης ακολούθησε η δεύτερη φάση της διερευνητικής διαδικασίας, η οποία περιελάμβανε την αλληλεπίδραση των μαθητών με τον μικρόκοσμο «εξερευνώντας τα νετρίνο». Ακολουθεί η ανάλυση των δεδομένων αυτής της φάσης με βάση της κατηγορίες ανάλυσης που ορίστηκαν σε προηγούμενη ενότητα της παρούσης.

Βασισμένοι στις υποκατηγορίες ανάλυσης της Διάστασης «*Επίδραση του ψηφιακού εργαλείου στην δημιουργία νοημάτων*» πραγματοποιήθηκε η ακόλουθη ανάλυση:

Όπως ήδη αναφέραμε σε αυτή την κατηγορία ανάλυσης υπάγονται οι υποκατηγορίες: **Ε.Ψ.Δ.Α.Σ.** (Επίδραση Ψηφιακού Δομήματος - Αντικείμενα Σκηνης), **Ε.Ψ.Δ.Χ.** (Επίδραση Ψηφιακού Δομήματος Χειριστήρια) και **Ε.Ψ.Δ.Α.** (Επίδραση Ψηφιακού Δομήματος παρεχόμενη Ανατροφοδότηση). Στα αποσπάσματα – κρίσιμα συμβάντα που παρατίθενται στη συνέχεια παρουσιάζονται οι επιδράσεις του ψηφιακού εργαλείου στην δημιουργία νοημάτων κατά την αλληλεπίδραση των μελών των ομάδων με το λογισμικό «Εξερευνώντας τα νετρίνο». Για να διευκολυνθεί η αποκωδικοποίηση των δεδομένων των αποσπασμάτων που παρατίθενται επισημαίνουμε ότι με M1, M2, M3, M4 παριστάνονται οι μαθητές κάθε ομάδας, με O1, O2, O3 κάθε μια από τις ομάδες των μαθητών ενώ με E ο ερευνητής. Ακολουθούν αποσπάσματα αλληλεπιδράσεων των μαθητών που αφορούν στις ανωτέρω κατηγορίες ανάλυσης.

O1-M1: Ποια είναι τα προϊόντα της β^+ διάσπασης; (**Α.Δ.Δ.Ε -Υ.**)

O1-M2: Τα προϊόντα της β^+ διάσπασης πρέπει να είναι ένα ποζιτρόνιο, ένα νετρόνιο και ένα νετρίνο ηλεκτρονίου. (**Α.Δ.Δ.Ε -Υ., Α.Δ.ΕΞ.-Π., Α.Γ.Δ.Δ.Ν & Α.Γ.Α-Υ.Σ**)

O1-M3: Ναι άλλωστε αυτό που βρήκαμε φαίνεται και από την προσομοίωση. (**Ε.Ψ.Δ.Α.Σ.**)

O1-M1: Επιλέγοντας το κουμπί «**zoom b+ decay**» ξεκινά η αντίδραση διάσπασης ενός πρωτονίου. (**Ε.Ψ.Δ.Α.Σ & Ε.Ψ.Δ.Χ.**)

O1-M4: Άρα λοιπόν όπως φαίνεται από την προσομοίωση ένα πρωτόνιο μετατρέπεται σε νετρόνιο και επιπρόσθετα δημιουργούνται ένα ποζιτρόνιο και ένα νετρίνο. (**Ε.Ψ.Δ.Α.Σ., Α.Δ.Ε.Σ., Α.Γ.Δ.Δ.Ν, Α.Δ.Σ. - Δ.Δ & Υ.Α.Σ.Α.Ο.**)

O1-M2: Έτσι διατηρείτε και το συνολικό φορτίο. (**Α.Γ.Α-Υ.Σ & Α.Γ.Δ.Δ.Ν**)

O1-M1: Ναι παρατηρείτε **την προσομοίωση**. Το πρωτόνιο –κόκκινο - έχει θετικό φορτίο και το ποζιτρόνιο –πορτοκαλί -που είναι ένα από τα προϊόντα της αντίδρασης έχει επίσης θετικό φορτίο, άρα το φορτίο διατηρείτε. (Ε.Ψ.Δ.Α.Σ., Ε.Ψ.Δ.Χ., Α.Γ.Α-Υ.Σ, Υ.Λ.Σ.Α.Ο. & Υ.Λ.Ε.Π.)

O1-M2: Όπως φαίνεται άλλωστε και από το υπόμνημα στην προσομοίωση το νετρόνιο – μπλε χρώμα- και το νεutrino ηλεκτρονίου – μωβ χρώμα - δεν έχουν φορτίο, οπότε το συνολικό φορτίο διατηρείτε. (Ε.Ψ.Δ.Α. & Α.Γ.Α-Υ.Σ)

O1-M4: Αυτό περιγράφει και στο κείμενο κάτω από το υπόμνημα. (Ε.Ψ.Δ.Α.)

Απόσπασμα 1 (Οι μαθητές της 3^{ης} ομάδας διερευνούν τα χαρακτηριστικά της διάσπασης β^+)

Στο **πρώτο απόσπασμα** παρατηρούμε τις αντιδράσεις των μαθητών της πρώτης ομάδας στην προσπάθειά τους να ελέγξουν τα δεδομένα που συγκέντρωσαν στην πρώτη φάση της διερεύνησης αναφορικά με την πορεία της αντίδρασης της β^+ διάσπασης με τη συνδρομή των προσομοιώσεων που ενσωματώνει ο μικρόκοσμος «Εξερευνώντας τα νεutrino». Βλέπουμε ότι παρότι δεν έχουν έρθει ξανά σε επαφή με τον συγκεκριμένο μικρόκοσμο πλοηγούνται χωρίς δυσκολία σε αυτόν και χρησιμοποιούν εύκολα τα ενσωματωμένα χειριστήρια την ανατροφοδότηση που προσφέρει «Επιλέγοντας το κουμπί **«zoom β^+ decay**» ξεκινά η αντίδραση διάσπασης ενός πρωτονίου» (Ε.Ψ.Δ.Χ.), ενώ από τα αποσπάσματα «Ναι αφού όπως φαίνεται άλλωστε και από το υπόμνημα στην προσομοίωση το νετρόνιο – μπλε - και το νεutrino ηλεκτρονίου – μωβ - δεν έχουν φορτίο, οπότε το συνολικό φορτίο διατηρείτε», καθώς και «Αυτό περιγράφει και στο κείμενο κάτω από το υπόμνημα» μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι αξιοποιούν με ευκολία την παρεχόμενη ανατροφοδότηση (Ε.Ψ.Δ.Α.). Παράλληλα από τις μεταξύ τους συζητήσεις φαίνεται ότι η σχεδίαση των αντικειμένων της σκηνής μέσω των οποίων αναπαρίστανται οι αντιδράσεις διάσπασης, έχουν θετική επίδραση στην προσπάθειά τους να διερευνήσουν τα περιγραφόμενα φαινόμενα και να οδηγηθούν σε συμπεράσματα μέσα από συζήτηση με τα μέλη της ομάδας. Πιο συγκεκριμένα το απόσπασμα «Το πρωτόνιο –κόκκινο - έχει θετικό φορτίο και το ποζιτρόνιο –πορτοκαλί -που είναι ένα από τα προϊόντα της αντίδρασης έχει επίσης θετικό φορτίο, άρα το φορτίο διατηρείτε» αποτυπώνει τον τρόπο με τον οποίο τα αντικείμενα της σκηνής συμβάλουν στην καλύτερη κατανόηση και διασαφήνιση εννοιών που σχετίζονται με το φαινόμενο που αναπαρίσταται (Ε.Ψ.Δ.Α.Σ.).

- O2-M4:** Η δεύτερη δραστηριότητα στο φύλλο εργασίας αναφέρεται στα είδη των βήτα διασπάσεων.
Πόσα είδη είπαμε ότι υπάρχουν; (**A.Δ.Δ.Ε -Y.**)
- O2-M2:** Υπάρχουν δύο είδη διασπάσεων, η β^+ και η β^- .
- O2-M4:** Για να δούμε τις συμβαίνει σε αυτές τις περιπτώσεις γιατί τα προϊόντα δεν φαίνονται τα ίδια.
(**A.Δ.Δ.Ε -Y.**)
- O2-M1:** Είναι διαφορετικά για κάθε περίπτωση.
- O2-M2:** Είναι δύο αντιδράσεις κατά τις οποίες τα σωματίδια του πυρήνα (νουκλεόνια) μετατρέπονται σε κάτι διαφορετικό παράγοντας παράλληλα άλλα σωματίδια. (**A.Δ.ΕΞ.-Π. & A.Δ.Ε.Σ**)
- O2-M1:** Με βάση αυτά που βρήκαμε στη β^+ διάσπαση τα πρωτόνια μετατρέπονται σε νετρόνια και στη β^- διάσπαση νετρόνια σε πρωτόνια, ενώ και στις δύο περιπτώσεις εμφανίζονται και άλλα σωματίδια. (**A.Δ.ΕΞ.-Π. & A.Δ.Ε.Σ**)
- O2-M3:** Όμως το λογισμικό έχει τέσσερα κουμπιά για τις διασπάσεις αυτές, δύο για τις διασπάσεις β^+ «**Start b^+ decay**», «**zoom b^+ decay**» και δύο για τις β^- , «**Start - decay**» και «**zoom b^- decay**». (**E.Ψ.Δ.Χ.**)
- O2-M2:** Αλλά βρήκαμε πληροφορίες μόνο για δύο διασπάσεις.
- O2-M1:** Κάτω από το υπόμνημα εμφανίζει πληροφορίες για κάθε μια από τις αντιδράσεις. (**E.Ψ.Δ.Α.**)
- O2-M4:** Ναι, αλλά ας τρέξουμε κάθε μια από τις προσομοιώσεις για να δούμε τι συμβαίνει.
- O2-M3:** Λοιπόν η πρώτη προσομοίωση («**Start b^+ decay**») δείχνει τι συμβαίνει κατά τη διάσπαση ενός ατόμου χλώριου. Το χλώριο μετατρέπεται σε οξυγόνο ενώ παράλληλα δημιουργούνται κάποια σωματίδια μεταξύ των οποίων και νεutrino (**E.Ψ.Δ.Χ., E.Ψ.Δ.Α.Σ. & A.Δ.ΕΞ.-Π.**).
- O2-M4:** Τα υποατομικά σωματίδια που παράγονται φαίνονται τα ίδια με αυτά του της προσομοίωσης «**zoom b^+ decay**» (**A.Δ.ΕΞ.-Π.**)
- O2-M3:** Αυτό που αλλάζει είναι ο ατομικός αριθμός. Το άτομο του φθορίου που διασπάτε έχει ατομικό αριθμό 9 ενώ αυτό του οξυγόνου που είναι στα προϊόντα της αντίδρασης διάσπασης έχει ατομικό αριθμό 8. (**E.Ψ.Δ.Α.Σ. & A.Δ.ΕΞ.-Π**)
- O2-M1:** Όντως ... για να δούμε πως εξηγείται αυτό.

***Απόσπασμα 2** (Οι μαθητές της 2^{ης} ομάδας διερευνούν τα χαρακτηριστικά των βήτα διασπάσεων με την συνδρομή του μικρόκοσμου)*

Στο **δεύτερο απόσπασμα** αποτυπώνεται η προσπάθεια των μελών της δεύτερης ομάδας να προσδιορίσουν τα βασικά χαρακτηριστικά και τις διαφορές μεταξύ των αντιδράσεων διάσπασης β^+ και β^- . Παρατηρούμε τον προβληματισμό τους την στιγμή που παρατηρούν ότι ο μικρόκοσμος διαθέτει τέσσερα κουμπιά χειρισμού = προσομοιώσεις - αντί για δύο που ανέμεναν με βάση τις αντιδράσεις που εντόπισαν κατά την αρχική φάση της διαδικασίας διερεύνησης, «Όμως το λογισμικό έχει τέσσερα κουμπιά για τις διασπάσεις αυτές, δύο για τις διασπάσεις β^+ «**Start b^+ decay**», «**zoom b^+ decay**» και δύο για τις β^- , «**Start - decay**» και «**zoom b^- decay**», αλλά και την ευκολία με την οποία ξεπέρασαν την αρχική ανησυχία που προέκυψε με

την χρήση των χειριστηρίων της σκηνής «Λοιπόν η πρώτη αντίδραση (**«Start b+ decay»**) δείχνει τι συμβαίνει κατά τη διάσπαση ενός ατόμου χλωρίου. Το χλώριο μετατρέπεται σε οξυγόνο ενώ παράλληλα δημιουργούνται κάποια σωματίδια» και «Τα υποατομικά σωματίδια που παράγονται είναι τα ίδια με αυτά του της προσομοίωσης **«zoom b+ decay»** (Ε.Ψ.Δ.Χ.), αντιλαμβανόμενοι ότι τα επιπλέον χειριστήρια αφορούν σε παραδείγματα βήτα διασπάσεων. Προς αυτή την κατεύθυνση συνέβαλε τόσο η ανατροφοδότηση που προσφέρει ο μικρόκοσμος και ενισχύει την προσπάθεια των μαθητών κάτι που μπορούμε ενδεικτικά να παρατηρήσουμε από το απόσπασμα *«Κάτω από το υπόμνημα εμφανίζει πληροφορίες για κάθε μια από τις αντιδράσεις.»* (Ε.Ψ.Δ.Α.), με τη συμβολή του οποίοι μπορούν να επιβεβαιώσουν τα ευρήματά τους. Καθοριστικό ρόλο προς την κατεύθυνση της διευθέτησης της προβληματικής που προέκυψε κατά τη διαδικασία της διερεύνησης είναι ότι η αναπαράσταση του φαινομένου μέσω των αντικειμένων της σκηνής είναι σαφής και δεν τους προκαλεί σύγχυση, *«Λοιπόν η πρώτη αντίδραση (**«Start b+ decay»**) δείχνει τι συμβαίνει κατά τη διάσπαση ενός ατόμου χλωρίου. Το χλώριο μετατρέπεται σε οξυγόνο ενώ παράλληλα δημιουργούνται κάποια σωματίδια» και «Αυτό που αλλάζει είναι ο ατομικός αριθμός. Το άτομο του φθορίου που διασπάτε έχει ατομικό αριθμό 9 ενώ αυτό του οξυγόνου που είναι στα προϊόντα της αντίδρασης διάσπασης έχει ατομικό αριθμό 8.»* (Ε.Ψ.Δ.Α.Σ.).

O3-M1: Ένα πρωτόνιο δεν χάνεται; (Ε.Ψ.Δ.Α.Σ. & Α.Δ.Δ.Ε -Υ.)

O3-M3: Ναι, αλλάζει ο ατομικός αλλά ο μαζικός αριθμός παραμένει ίδιος. (Ε.Ψ.Δ.Α.Σ. & Α.Γ.Α-Υ.Σ)

O3-M1: Το άθροισμα στο τέλος παραμένει το ίδιο (Α.Δ.ΕΞ.-Π. & Α.Δ.Ε.Σ)

O3-M3: Σωστά. Ένα πρωτόνιο χάνεται και στη θέση του εμφανίζεται ένα νετρόνιο άρα η μάζα του ατόμου παραμένει ίδια. Αυτό που αλλάζει είναι ο ατομικός αριθμός. (Ε.Ψ.Δ.Α.Σ., Α.Δ.ΕΞ.-Π., Α.Δ.Ε.Σ & Α.Γ.Α-Υ.Σ)

O3-M4: Είχαμε ένα πρωτόνιο και στη θέση του έχουμε ένα νετρόνιο. Ο ατομικός αριθμός του φθορίου ήταν 9 και ο μαζικός του 18, ενώ ο ατομικός αριθμός του οξυγόνου που προκύπτει είναι 8, όμως ο μαζικός του παραμένει 18 όπως και στην περίπτωση του φθορίου. (Ε.Ψ.Δ.Α.Σ., Α.Δ.ΕΞ.-Π., Α.Δ.Ε.Σ & Α.Γ.Α-Υ.Σ)

O3-M2: Ναι αν παρατηρήσουμε την προσομοίωση ο ατομικός αριθμός μειώνεται κατά 1, όμως ο μαζικός παραμένει ίδιος. (Ε.Ψ.Δ.Χ. & Ε.Ψ.Δ.Α.Σ. & Α.Γ.Α-Υ.Σ)

O3-M1: Αν παρατηρήσουμε την αντίδραση διάσπασης **«zoom b+ decay»** αυτό φαίνεται ξεκάθαρα, το πρωτόνιο γίνεται νετρόνιο, ενώ στα προϊόντα της αντίδρασης εμφανίζονται ένα νεutrino ηλεκτρονίου και ένα ποζιτρόνιο. Άρα αλλάζει ο αριθμός των πρωτονίων του ατόμου (ατομικός αριθμός) όμως η εμφάνιση του νετρονίου διατηρεί τον μαζικό αριθμό σταθερό.

(Ε.Ψ.Δ.Χ., Ε.Ψ.Δ.Α.Σ., Α.Δ.ΕΞ.-Π., Α.Δ.Ε.Σ & Α.Δ.Σ. - Δ.Δ)

O3-M4: Ναι αυτό ακριβώς αναφέρετε και στο πληροφοριακό κείμενο που υπάρχει στο γαλάζιο πλαίσιο κάτω από το υπόμνημα. (Ε.Ψ.Δ.Α)

Απόσπασμα 3 (Οι μαθητές της 3^{ης} ομάδας αναζητούν πληροφορίες σχετικά με διάσπαση β⁺)

Στο **τρίτο απόσπασμα** οι μαθητές της τρίτης ομάδας διερευνούν τα χαρακτηριστικά της β⁺ διάσπασης με τη βοήθεια του λογισμικού. Εδώ φαίνεται η συνδρομή των αναπαραστάσεων μέσω των αντικειμένων της σκηνης, στην καλύτερη κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με το αντικείμενο της σωματιδιακής φυσικής. Πιο συγκεκριμένα οι μαθητές διερευνώντας το φαινόμενο αναφέρουν «Ένα πρωτόνιο δεν χάνεται; Ναι, αλλάζει ο ατομικός αλλά ο μαζικός αριθμός παραμένει ίδιος.», «Είχαμε ένα πρωτόνιο και στη θέση του έχουμε ένα νετρόνιο. Ο ατομικός αριθμός του φθορίου ήταν 9 και ο μαζικός του 18, ενώ ο ατομικός αριθμός του οξυγόνου που προκύπτει είναι 8, όμως ο μαζικός του παραμένει 18 όπως και στην περίπτωση του φθορίου.», καθώς και «Ναι αν παρατηρήσουμε την προσομοίωση ο ατομικός αριθμός μειώνεται κατά 1, όμως ο μαζικός παραμένει ίδιος.» (Ε.Ψ.Δ.Α.Σ.). Σε αυτό το απόσπασμα όπως και στα προηγούμενα φαίνεται τόσο η ευκολία χρήσης των χειριστηρίων «Αν παρατηρήσουμε την αντίδραση διάσπασης «**zoom b⁺ decay**» αυτό φαίνεται ξεκάθαρα, το πρωτόνιο γίνεται νετρόνιο, ενώ στα προϊόντα της αντίδρασης εμφανίζονται ένα νεutrino ηλεκτρονίου και ένα ποζιτρόνιο. Άρα αλλάζει ο αριθμός των πρωτονίων του ατόμου (ατομικός αριθμός) όμως η εμφάνιση του νετρονίου διατηρεί τον μαζικό αριθμό σταθερό.» (Ε.Ψ.Δ.Χ.), καθώς και της συμβολής της ανατροφοδότησης που προσφέρει ο μικρόκοσμος στην προσπάθεια της διερεύνησης του φαινομένου «Ναι αυτό ακριβώς αναφέρεται και στο πληροφοριακό κείμενο που εμφανίζεται στο γαλάζιο πλαίσιο κάτω από το υπόμνημα» (Ε.Ψ.Δ.Α.).

Βασισμένοι στις υποκατηγορίες ανάλυσης της Διάστασης «**Παράγοντες και οι διαδικασίες που επηρεάζουν τη δημιουργία επιστημονικών νοημάτων**» πραγματοποιήθηκε η ακόλουθη ανάλυση:

Όπως αναφέραμε νωρίτερα σε αυτή την κατηγορία ανάλυσης υπάγονται οι ακόλουθες υποκατηγορίες:

- **Αλληλεπιδράσεις Διερευνητικής Μάθησης (Α.Δ.)** με τις υποκατηγορίες: Δημιουργία Ερωτήσεων – Υποθέσεων (Α.Δ.Δ.Ε -Υ.), Στάδιο Εξερεύνησης – Πειραματισμού (Α.Δ.ΕΞ.-Π.), Στάδιο Εξαγωγής Συμπερασμάτων (Α.Δ.Ε.Σ.).

- **Αλληλεπιδράσεις που σχετίζονται με τις Έννοιες του Γνωστικού αντικειμένου (Α.Γ.)** με υποκατηγορίες: Αρχικές Αντιλήψεις Μαθητών (Α.Ε.Γ.Α.Μ), Στοιχεία Σωματιδιακής Φυσικής, Άτομα και Υποατομικά Σωματίδια (Α.Ε.Γ.Α-Υ.Σ), Στοιχεία Σωματιδιακής Φυσικής, Νετρίνο και Διαδικασίες Δημιουργίας του (Α.Ε.Γ.Δ.Δ.Ν).

Θα ξεκινήσουμε την παρουσίαση αποσπασμάτων που αφορούν στην διάσταση των αλληλεπιδράσεων της διερευνητικής μάθησης καθώς και *Αλληλεπιδράσεις που σχετίζονται με τις Έννοιες του Γνωστικού αντικειμένου*, ενώ αναφορικά με τις αλληλεπιδράσεις που σχετίζονται με τον *κονστραξιονισμό*, θα αναφερθούμε στην δεύτερη φάση της ανάλυσης των δεδομένων.

Ξεκινώντας την ανάλυση των δεδομένων σχετικά με τις αλληλεπιδράσεις που αφορούν στις διαδικασίες της διερευνητικής μάθησης καθώς και το γνωστικό αντικείμενο, θα σταθούμε για λίγο στα δεδομένα που προέκυψαν από το **πρώτο απόσπασμα**. Πιο συγκεκριμένα αναφορικά με τις διαδικασίες της διερευνητικής μάθησης μπορούμε να παρατηρήσουμε τους μαθητές να θέτουν ερωτήματα και να διατυπώνουν υποθέσεις «*Ποια είναι τα προϊόντα της β+ διάσπασης;*», «*Τα προϊόντα της β+ διάσπασης πρέπει να είναι ένα ποζιτρόνιο, ένα νετρόνιο και ένα νετρίνο ηλεκτρονίου.*» (Α.Δ.Δ.Ε-Υ.), αλλά και να πειραματίζονται και να εξερευνούν πιθανές λύσεις και να επιβεβαιώνουν τις προβλέψεις τους με τη συμβολή του μικρόκοσμου, «*Άρα λοιπόν επιβεβαιώνεται από την προσομοίωση ένα πρωτόνιο μετατρέπεται σε νετρόνιο και επιπρόσθετα δημιουργούνται ένα ποζιτρόνιο και ένα νετρίνο...*» (Α.Δ.ΕΞ.-Π.), εξάγοντας παράλληλα συμπεράσματα σχετικά με το γνωστικό αντικείμενο «*Το πρωτόνιο –κόκκινο - έχει θετικό φορτίο και το ποζιτρόνιο – πορτοκαλί -που είναι ένα από τα προϊόντα της αντίδρασης έχει επίσης θετικό φορτίο, άρα το φορτίο διατηρείτε.*» (Α.Δ.Ε.Σ., Α.Ε.Γ.Α-Υ.Σ & Α.Ε.Γ.Δ.Δ.Ν).

Ανάλογα στοιχεία προκύπτουν και από την ανάλυση των δεδομένων και του **τρίτου αποσπάσματος** το οποίο επίσης παρατέθηκε νωρίτερα. Παρατηρούμε και εδώ τους μαθητές να θέτουν ερευνητικά ερωτήματα «*Ένα πρωτόνιο δεν χάνεται;*» (Α.Δ.Δ.Ε-Υ.), να εξερευνούν να συζητούν και να εξάγουν συμπεράσματα σχετικά με τις έννοιες της σωματιδιακής φυσικής «*Σωστά. Ένα πρωτόνιο χάνεται και στη θέση του εμφανίζεται ένα νετρόνιο άρα η μάζα του ατόμου παραμένει ίδια. Αυτό που αλλάζει είναι ο ατομικός αριθμός.*» καθώς και «*Είχαμε ένα πρωτόνιο και στη θέση του έχουμε*

ένα νετρόνιο. Ο ατομικός αριθμός του φθορίου ήταν 9 και ο μαζικός του 18, ενώ ο ατομικός αριθμός του οξυγόνου που προκύπτει είναι 8, όμως ο μαζικός του παραμένει 18 όπως και στην περίπτωση του φθορίου.» και τέλος να πειραματίζονται και να οδηγούνται σε συμπεράσματα με την συμβολή του μικροκόσμου «Αν παρατηρήσουμε την αντίδραση διάσπασης «*zoom b+ decay*» αυτό φαίνεται ξεκάθαρα, το πρωτόνιο γίνεται νετρόνιο, ενώ στα προϊόντα της αντίδρασης εμφανίζονται ένα νεutrίνο ηλεκτρονίου και ένα ποζιτρόνιο. Άρα αλλάζει ο αριθμός των πρωτονίων του ατόμου (ατομικός αριθμός) όμως η εμφάνιση του νετρονίου διατηρεί τον μαζικό αριθμό σταθερό.» (Α.Δ.ΕΞ.-Π., Α.Δ.Ε.Σ. & Α.Δ.Σ.-Δ.Δ). Μέσα από την ανωτέρω διαδικασία εμπλουτίζουν τις γνωστικές τους δομές με δεδομένα που αφορούν τόσο σε στοιχεία της σωματιδιακής φυσικής, όσο και τις διαδικασίες που σχετίζονται με τη δημιουργία των νεutrίνο (Α.Ε.Γ.Α-Υ.Σ & Α.Ε.Γ.Δ.Δ.Ν).

O2-M1: Για να δούμε τι συμβαίνει στην περίπτωση σύλληψης ηλεκτρονίου από κάποιο άτομο;
(Α.Δ.Δ.Ε -Υ.)

O2-M2: Σύμφωνα με όσα εντοπίσαμε ένα πρωτόνιο απορροφά ένα ηλεκτρόνιο της εσωτερικής Στοιβάδας. (Α.Δ.ΕΞ.-Π. & Α.Γ.Α-Υ.Σ)

O2-M1: Το ηλεκτρόνιο αυτό από που προέρχεται; (Α.Δ.Δ.Ε -Υ.)

O2-M4: Μάλλον από κάποια από τις εξωτερικές στοιβάδες (Κ ή L) του ίδιου του ατόμου. (Α.Δ.Δ.Ε – Υ.&Α.Ε.Γ.Α-Υ.Σ)

O2-M2: Ωραία και ποια είναι τα προϊόντα μια αντίδρασης αυτής της μορφής; (Α.Δ.Δ.Ε -Υ.)

O2-M3: Τα προϊόντα της είναι ένα νετρόνιο και ένα νεutrίνο. (Α.Δ.Ε.Σ., Α.Ε.Γ.Α-Υ.Σ & Α.Ε.Γ.Δ.Δ.Ν)

E: Μπορείτε να βρείτε ένα παράδειγμα τέτοιας αντίδρασης;

....

O2-M1: Μια αντίδραση αυτής της μορφής είναι το Αργίλιο με ατομικό αριθμό 13 και μαζικό 26, το οποίο προσλαμβάνει ένα ηλεκτρόνιο και μετατρέπεται σε Μαγνήσιο με ατομικό αριθμό 12 και μαζικό 26. (Α.Δ.ΕΞ.-Π., & Α.Ε.Γ.Α-Υ.Σ)

O2-M2: Επιπλέον στην συγκεκριμένη αντίδραση δημιουργείται και ένα νεutrίνο ηλεκτρονίου.
(Α.Ε.Γ.Δ.Δ.Ν)

Απόσπασμα 4 (Οι μαθητές της 2^{ης} ομάδας αναζητούν πληροφορίες σχετικά με την αντίδραση σύλληψης ηλεκτρονίου)

Από τη ανάλυση των δεδομένων του **τέταρτου αποσπάσματος** προκύπτουν επίσης αξιόλογα στοιχεία σε σχέση με τη συμβολή του μικρόκοσμου αναφορικά με τις διαδικασίες της διερευνητικής μάθησης αλλά και τις έννοιες του γνωστικού αντικείμενου. Παρατηρούμε λοιπόν του μαθητές της δεύτερης ομάδας και σε αυτό το

σημείο να θέτουν ερωτήματα και να διατυπώνουν υποθέσεις «Για να δούμε τι συμβαίνει στην περίπτωση σύλληψης ηλεκτρονίου από κάποιο άτομο;» και «Το ηλεκτρόνιο αυτό από που προέρχεται;», «Μάλλον από κάποια από τις εξωτερικές στοιβάδες (K ή L) του ίδιου του ατόμου.» και «Ωραία και ποια είναι τα προϊόντα μια αντίδρασης αυτής της μορφής;» (Α.Δ.Δ.Ε-Υ). Επίσης τους παρατηρούμε να αναζητούν δεδομένα και να εξάγουν συμπεράσματα αναφορικά με το γνωστικό αντικείμενο «Τα προϊόντα της είναι ένα νετρόνιο και ένα νετρίνο.» και «Μια αντίδραση αυτής της μορφής είναι το Αργίλιο με ατομικό αριθμό 13 και μαζικό 26, το οποίο προσλαμβάνει ένα ηλεκτρόνιο και μετατρέπεται σε Μαγνήσιο με ατομικό αριθμό 12 και μαζικό 26.» και τέλος «Επιπλέον στην συγκεκριμένη αντίδραση δημιουργείται και ένα νετρίνο ηλεκτρονίου» (Α.Δ.ΕΞ.-Π., Α.Δ.Ε.Σ., Α.Ε.Γ.Α-Υ.Σ & Α.Ε.Γ.Δ.Δ.Ν).

O1-M3: Το είναι το μόνιο; Τα είχαμε συζητήσει το Σάββατο νομίζω... (Α.Δ.Δ.Ε -Υ.)

O1-M1: Ναι είχαμε πει ότι είναι ένα λεπτόνιο. (Α.Ε.Γ.Α-Υ.Σ)

O1-M4: ... και μάλιστα βαρύτερο από το ηλεκτρόνιο. (Α.Ε.Γ.Α-Υ.Σ)

O1-M2: Τι φορτίο είπαμε ότι έχουν τα λεπτόνια; (Α.Δ.Δ.Ε -Υ.)

O1-M1: Επιλέγοντας στο λογισμικό το κουμπί «Subatomic particles (table)» εμφανίζεται πίνακας με όλα τα υποατομικά σωματίδια μεταξύ των οποίων και τα λεπτόνια.

O1-M3: Όλα τα λεπτόνια, ηλεκτρόνιο, μόνιο και ταυ έχουν φορτίο (-1). (Α.Δ.ΕΞ.-Π. & Α.Ε.Γ.Α-Υ.Σ)

O1-M1: Στη διάσπαση μιονίου έχουμε μια ή περισσότερες αντιδράσεις διάσπασης; (Α.Δ.Δ.Ε -Υ.)

O1-M2: Δύο όπως επιβεβαιώνεται και από το λογισμικό. Διάσπαση μιονίου και αντιμιονίου. (Α.Δ.ΕΞ.-Π.)

O1-M1: Τι φορτίου έχουν; Αρνητικό; (Α.Δ.Δ.Ε -Υ.)

O1-M2: Το μόνιο έχει όπως είπαμε αρνητικό και το αντιμόνιο που είναι το αντισωματίο του λογικά έχει θετικό. (Α.Δ.Δ.Ε -Υ.). & Α.Ε.Γ.Α-Υ.Σ)

O1-M4: Στη διάσπαση μιονίου λοιπόν ένα μόνιο διασπάτε σε ηλεκτρόνιο και αντineutrino ηλεκτρονίου. (Α.Δ.ΕΞ.-Π. & Α.Ε.Γ.Α-Υ.Σ)

O1-M3: Επίσης όπως φαίνεται και από την προσομοίωση έχουμε και τη δημιουργία ενός νετρίνο μιονίου. (Α.Δ.ΕΞ.-Π. & Α.Ε.Γ.Δ.Δ.Ν.)

O1-M1: Το φορτίο και σε αυτή την περίπτωση διατηρείται... Είχαμε φορτίο (-1) στα αντιδρώντα – Μόνιο - και στα προϊόντα συνεχίζουμε να έχουμε το ίδιο φορτίο. Όπως φαίνεται και από την προσομοίωση αρχικά είχαμε ένα μόνιο και τώρα έχουμε ένα ηλεκτρόνιο. (Α.Ε.Γ.Α-Υ.Σ)

.....

O1-M3: Στην περίπτωση της διάσπασης του αντιμιονίου στα αντιδρώντα έχουμε θετικό φορτίο. (Α.Ε.Γ.Α-Υ.Σ)

O1-M1: Ναι αφού όπως είπαμε το αντιμόνιο είναι αντισωματίο του μιονίου άρα θα έχει το αντίθετο Φορτίο, δηλαδή θετικό. (Α.Ε.Γ.Α-Υ.Σ)

O1-M4: Και ποια είναι τα προϊόντα αυτής της διάσπασης; (Α.Δ.Δ.Ε -Υ.)

O1-M3: Όπως φαίνεται και από την προσομοίωση δημιουργούνται ένα αντιστρίβιο μιονίου και ένα ντρίβιο ηλεκτρονίου. (Α.Δ.ΕΞ.-Π. & Α.Ε.Γ.Δ.Δ.Ν.)

O1-M1: Επίσης έχουμε και ένα ποζιτρόνιο. (Α.Δ.ΕΞ.-Π. & Α.Ε.Γ.Α-Υ.Σ)

O1-M4: Σωστά αφού το συνολικό φορτίο πρέπει να διατηρείτε ... (Α.Ε.Γ.Α-Υ.Σ)

Απόσπασμα 5 (Οι μαθητές της πρώτης ομάδας διερευνούν τις αντιδράσεις διάσπασης μιονίου)

Στο **πέμπτο απόσπασμα** καταγράφεται πλήθος αλληλεπιδράσεων που σχετίζονται με τη συμβολή του μικροκόσμου στις διαδικασίες διερεύνησης καθώς και διαπραγμάτευση εννοιών που αφορούν στο γνωστικό αντικείμενο. Αναφέρουμε χαρακτηριστικά τη δημιουργία υποθέσεων και ερωτημάτων από τα μέλη των ομάδων «Τι φορτίο είπαμε ότι έχουν τα λεπτόνια;», «Στη διάσπαση μιονίου έχουμε μια ή περισσότερες αντιδράσεις διάσπασης;» και «Το μιονίο έχει όπως είπαμε αρνητικό και το αντιμιονίο που είναι το αντισωματίο του λογικά έχει θετικό» (Α.Δ.Δ.Ε-Υ). Στις καταγραφές «Όπως φαίνεται και από την προσομοίωση δημιουργούνται ένα αντιστρίβιο μιονίου και ένα ντρίβιο ηλεκτρονίου» και «Στη διάσπαση μιονίου λοιπόν ένα μιονίο διασπάτε σε ηλεκτρόνιο και αντιστρίβιο ηλεκτρονίου» διακρίνουμε τις φάσεις εξερεύνησης – πειραματισμού και εξαγωγής συμπερασμάτων του κύκλου διερευνητικής μάθησης (Α.Δ.ΕΞ.-Π. & Α.Δ.Ε.Σ.). Τέλος σημειώνονται αρκετές αναφορές που σχετίζονται με το γνωστικό αντικείμενο της σωματιδιακής φυσικής, όπως ενδεικτικά «Στην περίπτωση της διάσπασης του αντιμιονίου στα αντιδρώντα έχουμε θετικό φορτίο ... Ναι αφού όπως είπαμε το αντιμιονίο είναι αντισωματίο του μιονίου άρα θα έχει το αντίθετο Φορτίο, δηλαδή θετικό ... Επίσης όπως φαίνεται και από την προσομοίωση έχουμε και τη δημιουργία ενός ντρίβιο μιονίου.» και «Το φορτίο και σε αυτή την περίπτωση διατηρείται... Είχαμε φορτίο (-1) στα αντιδρώντα – Μιονίο - και στα προϊόντα συνεχίζουμε να έχουμε το ίδιο φορτίο. Όπως φαίνεται και από την προσομοίωση αρχικά είχαμε ένα μιονίο και τώρα έχουμε ένα ηλεκτρόνιο» (Α.Ε.Γ.Α-Υ.Σ & Α.Ε.Γ.Δ.Δ.Ν).

Στα αποσπάσματα που παρουσιάζονται δεν συναντάμε πολλές καταγραφές που να αφορούν στις αρχικές αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με το γνωστικό αντικείμενο (Α.Μ.Γ.Α.). Κάτι τέτοιο βέβαια δεν προκαλεί έκπληξη και μάλλον είναι αναμενόμενο, αν αναλογιστεί κανείς διότι οι μαθητές αυτής της ηλικίας δεν έχουν ανάλογες εμπειρίες, ενώ η επαφή τους με το αντικείμενο της σωματιδιακής φυσικής, μέσα από την ύλη που διδάσκεται στα σχολικά εγχειρίδια είναι περιορισμένη. Οι

όποιες παραστάσεις έχουν βασίζονται στην ύλη της χημείας που έχουν διδαχθεί στη Β΄ Γυμνασίου ή σε προσωπικό ενδιαφέρον που έχουν επιδείξει γύρω από την συγκεκριμένη θεματική.

Βασισμένοι στις υποκατηγορίες ανάλυσης της Διάστασης «Υποστήριξη λογισμικού αναφορικά με τη συνεργασία και την αλληλεπίδραση και επιχειρηματολογία μεταξύ των μελών των ομάδων», πραγματοποιήθηκε η ακόλουθη ανάλυση:

Σε αυτή την κατηγορία ανάλυσης υπάγονται οι ακόλουθες υποκατηγορίες:

- Συνεργασία και Αλληλεπίδραση μεταξύ των μελών των Ομάδων (Α.Μ.Σ.Α.Λ) με την αξιοποίηση του λογισμικού.
- Υποστήριξη Επιχειρηματολογίας με την αξιοποίηση του λογισμικού (Α.Μ.ΕΠ.).

Ε: Όταν στη διάσπαση β- ένα νετρόνιο μετατρέπεται σε πρωτόνιο διατηρείται το συνολικό φορτίο αν αυτό είναι το μόνο προϊόν της αντίδρασης;

O1-M2: Όχι,

O1-M1: Οπότε κάτι μας λείπει! (Α.Μ.Σ.Α.Λ)

O1-M2: Για να ελέγξουμε λοιπόν ποια είναι τα προϊόντα της β διάσπασης ξεκινώντας από την β+.

O1-M3: Τα προϊόντα της β+ διάσπασης είναι, όπως επιβεβαιώνεται και από την προσομοίωση, ένα νεutrino ηλεκτρονίου, ένα ποζιτρόνιο και ένα νετρόνιο. (Α.Μ.Σ.Α.Λ)

O1-M2: Άρα, ένα πρωτόνιο μετατρέπεται σε νετρόνιο και επιπρόσθετα δημιουργούνται ένα ποζιτρόνιο και νεutrino. (Α.Μ.Σ.Α.Λ)

O1-M1: Για να ελέγξουμε τι συμβαίνει με το φορτίο αντιδρώντων και προϊόντων.

O1-M2: Στα αντιδρώντα έχουμε ένα πρωτόνιο που έχει θετικό φορτίο (+1). (Α.Μ.ΕΠ.)

O1-M4: Στα προϊόντα δημιουργούνται ένα νετρόνιο το οποίο έχει ίδια μάζα με το πρωτόνιο αλλά ουδέτερο φορτίο (0), ένα ποζιτρόνιο που είναι το αντισωματίο του ηλεκτρονίου άρα έχει φορτίο (+1) και ένα νεutrino ηλεκτρονίου, το οποίο όπως είπαμε χθες αλλά φαίνεται και από τον πίνακα των υποατομικών σωματιδίων (Subatomic particles table) δεν έχει φορτίο. (Α.Μ.ΕΠ.)

O1-M3: Άρα φορτίο (+1) τόσο στα αντιδρώντα όσο και στα προϊόντα της αντίδρασης, άρα το φορτίο διατηρείται. (Α.Μ.ΕΠ.)

O1-M1: Ας ελέγξουμε και την αντίδραση της β- διάσπασης (Α.Μ.Σ.Α.Λ)

O1-M2: Στην περίπτωση αυτή ένα νεutrino χάνεται και στη θέση του δημιουργείται ένα πρωτόνιο (Α.Μ.Σ.Α.Λ).

O1-M4: Το νετρόνιο έχει ουδέτερο φορτίο και το πρωτόνιο θετικό. Με δεδομένο όμως ότι το φορτίο σε κάθε αντίδραση πρέπει να διατηρείται υπάρχουν και άλλα υποατομικά σωματίδια εκτός

από το νετρίνο. (Α.Μ.ΕΠ.)

O1-M2: Τρέχω την προσομοίωση.

....

O1-M3: Λοιπόν, τα προϊόντα της αντίδρασης είναι ένα ηλεκτρόνιο και αντινετρίνο ηλεκτρονίου.

(Α.Μ.Σ.Α.Λ)

O1-M4: Άρα στα προϊόντα έχουμε ένα πρωτόνιο, ένα νετρίνο ηλεκτρονίου και ένα ηλεκτρόνιο. Το φορτίο του πρωτονίου είναι (+1), του νετρίνο (0) και του ηλεκτρονίου (-1). Άρα το συνολικό φορτίο των προϊόντων είναι (0), όπως ακριβώς και των προϊόντων (ένα νετρίνο). (Α.Μ.ΕΠ.)

***Απόσπασμα 6** (Οι μαθητές της πρώτης ομάδας διαπραγματεύονται τα αποτελέσματα των αντιδράσεων διάσπασης β^+ και β^- αναφορικά με την διατήρηση φορτίου)*

Στο απόσπασμα αυτό μπορούμε να παρατηρήσουμε τον τρόπο με τον οποίο επικοινωνούν και αλληλεπιδρούν μεταξύ όπως τα μέλη της πρώτης ομάδας, στην προσπάθειά τους να αντιμετωπίσουν προκλήσεις που αφορούν στις έννοιες της σωματιδιακής φυσικής, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο το λογισμικό έρχεται να υποστηρίξει αυτή την αλληλεπίδραση. Πιο συγκεκριμένα οι μαθητές προσπαθούν να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα διατήρησης του φορτίου που προέκυψε αξιοποιώντας τις προσομοιώσεις της των β διασπάσεων του λογισμικού «M2: Για να ελέγξουμε λοιπόν ποια είναι τα προϊόντα όπως β διάσπασης ξεκινώντας από την β^+ », «M3: Τα προϊόντα όπως β^+ διάσπασης είναι, όπως επιβεβαιώνεται και από την προσομοίωση, ένα νετρίνο ηλεκτρονίου, ένα ποζιτρόνιο και ένα νετρόνιο», «M2: Άρα, ένα πρωτόνιο μετατρέπεται σε νετρόνιο και επιπρόσθετα δημιουργούνται ένα ποζιτρόνιο και νετρίνο» και «M1: Ας ελέγξουμε και την αντίδραση β^- διάσπασης», «M2: Στην περίπτωση αυτή ένα νετρίνο χάνεται και στη θέση του δημιουργείται ένα πρωτόνιο» (Α.Μ.Σ.Α.Λ). Επίσης μπορούμε να παρατηρήσουμε τα επιχειρήματα που παραθέτουν στην προσπάθειά τους να αιτιολογήσουν τους συλλογισμούς και την συνδρομή των προσομοιώσεων του μικροκόσμου προς αυτή την κατεύθυνση, «M2: Στα αντιδρώντα έχουμε ένα πρωτόνιο που έχει θετικό φορτίο (+1).», «M4: Στα προϊόντα δημιουργούνται ένα νετρόνιο το οποίο έχει ίδια μάζα με το πρωτόνιο αλλά ουδέτερο φορτίο (0), ένα ποζιτρόνιο που είναι το αντισωματίο του ηλεκτρονίου άρα έχει φορτίο (+1) και ένα νετρίνο ηλεκτρονίου, το οποίο όπως είπαμε χθες αλλά φαίνεται και από τον πίνακα των υποατομικών σωματιδίων (Subatomic particles table) δεν έχει φορτίο», «M4: Άρα στα προϊόντα έχουμε ένα πρωτόνιο, ένα νετρίνο ηλεκτρονίου και ένα ηλεκτρόνιο. Το φορτίο του πρωτονίου είναι (+1), του νετρίνο (0) και του

ηλεκτρονίου (-1). Άρα το συνολικό φορτίο των προϊόντων είναι (0), όπως ακριβώς και των προϊόντων (ένα νετρόνιο)» (Α.Μ.ΕΠ.).

O3-M1: Στη β^+ διάσπαση ο ατομικός αριθμός μειώνεται κατά 1. (Α.Μ.Σ.Α.Λ)

O3-M2: Είχαμε ένα άτομο φθορίου με ατομικό αριθμό 9 και στη θέση του δημιουργείται ένα άτομο οξυγόνου με ατομικό αριθμό 8. (Α.Μ.Σ.Α.Λ)

O3-M3: Όπως φαίνεται και στην προσομοίωση ο μαζικός αριθμός δεν αλλάζει. Απλά αντί για ένα πρωτόνιο έχω στη θέση του ένα νετρόνιο. Επιπλέον δημιουργούνται ένα νεutrίνο και ένα ποζιτρόνιο. (Α.Μ.ΕΠ.)

Ε: Γιατί πιστεύεται ότι εμφανίζεται ποζιτρόνιο και όχι ηλεκτρόνιο ή άλλο σωματίδιο;

O3-M1: Για να διατηρηθεί το συνολικό φορτίο ουδέτερο. Αφού το πρωτόνιο έχει θετικό φορτίο και το νετρόνιο 0, η παρουσία του ποζιτρονίου φέρνει ισορροπία στην πλευρά των αντιδρώντων. (Α.Μ.ΕΠ.)

***Απόσπασμα 7** (Οι μαθητές αναζητούν με τη συνδρομή του μικρόκοσμου λύσεις αναφορικά με το ζήτημα της μεταβολής των ατομικών αριθμών των ατόμων των αντιδράσεων της β^+ διάσπασης)*

Στο **έβδομο απόσπασμα** παρατηρούμε τους μαθητές της τρίτης ομάδας να διερευνούν τα αίτια μεταβολής των ατομικών αριθμών των στοιχείων κατά τη διάσπαση β^+ . Η αρχική παρατήρηση «*M1: Στη β^+ διάσπαση ο ατομικός αριθμός μειώνεται κατά 1*» που προκαλεί προβληματισμό και συνοδεύεται από διερεύνηση και ανταλλαγή απόψεων μεταξύ των μελλών της ομάδας, με τη συνδρομή των προσομοιώσεων του φαινομένου, αναφορικά με τα αίτια της μεταβολής αυτής «*M2: Είχαμε ένα άτομο φθορίου με ατομικό αριθμό 9 και στη θέση του δημιουργείται ένα άτομο οξυγόνου με ατομικό αριθμό 8*» (Α.Μ.Σ.Α.Λ). Η φάση του πειραματισμού με τη συνδρομή του μικρόκοσμου ενισχύει τα επιχειρήματα των μαθητών, οι οποίοι αιτιολογούν το φαινόμενο αξιοποιώντας τα δεδομένα που τους παρέχονται, ενισχύοντας έτσι το γνωστικό τους υπόβαθρο «*M3: Όπως φαίνεται και στην προσομοίωση ο μαζικός αριθμός δεν αλλάζει. Απλά αντί για ένα πρωτόνιο έχω στη θέση του ένα νετρόνιο. Επιπλέον δημιουργούνται ένα νεutrίνο και ένα ποζιτρόνιο.*» και «*Για να διατηρηθεί το συνολικό φορτίο ουδέτερο. Αφού το πρωτόνιο έχει θετικό φορτίο και το νετρόνιο 0, η παρουσία του ποζιτρονίου φέρνει ισορροπία στην πλευρά των αντιδρώντων.*» (Α.Μ.ΕΠ.)

O2-M2: Στη διάσπαση β- ο ατομικός αριθμός αυξάνεται κατά 1. (Α.Μ.Σ.Α.Λ)

O2-M3: Σε αυτή την περίπτωση ένα νετρόνιο μετατρέπεται σε πρωτόνιο. (Α.Μ.Σ.Α.Λ)

O2-M2: Επιπλέον έχουμε και τη δημιουργία ενός ηλεκτρονίου. (Α.Μ.Σ.Α.Λ)

E: Γιατί συμβαίνει αυτό μπορούμε να το εξηγήσουμε;

O2-M3: Το νετρόνιο δεν έχει φορτίο. Όπως φαίνεται και στην προσομοίωση δημιουργείτε ένα πρωτόνιο που έχει θετικό φορτίο, όμως το φορτίο πρέπει να είναι ουδέτερο. Άρα η παρουσία του ηλεκτρονίου, το οποίο έχει αρνητικό φορτίο, εξισορροπεί το συνολικό φορτίο στα προϊόντα της αντίδρασης. (Α.Μ.ΕΠ.)

E: Σωστά!

O2-M1: Επιπλέον δημιουργείται ένα αντινεutrino. (Α.Μ.Σ.Α.Λ)

E: Τι συμβαίνει με τον μαζικό αριθμό;

O2-M1: Ο μαζικός αριθμός παραμένει ίδιος (14). (Α.Μ.ΕΠ.)

O2-M2: Πρωτόνια και νετρόνια έχουν την ίδια μάζα έτσι δεν είναι;

O2-M1: Ναι άλλωστε όπως έχουμε δει και στο μάθημα της χημείας στη Β Γυμνασίου, όλη η μάζα του ατόμου είναι συγκεντρωμένη στον πυρήνα.

***Απόσπασμα 8** (Οι μαθητές της δεύτερης ομάδας διερευνούν το φαινόμενο της μεταβολής των ατομικών αριθμών των ατόμων των αντιδράσεων της β- διάσπασης)*

Στο ***όγδοο απόσπασμα*** μπορούμε να παρατηρήσουμε τις αλληλεπιδράσεις των μαθητών στην προσπάθειά τους να διερευνήσουν τι συμβαίνει στον ατομικό και τον μαζικό αριθμό των ατόμων στην περίπτωση της β- διάσπασης. Η συνεργασία και η αλληλεπίδραση μεταξύ των μελών των Ομάδων με την υποστήριξη του λογισμικού (Α.Μ.Σ.Α.Λ) μπορεί να παρατηρηθεί μεταξύ άλλων στα συμβάντα «M2: Στη διάσπαση β- ο ατομικός αριθμός αυξάνεται κατά 1», «M3: Σε αυτή την περίπτωση ένα νετρόνιο μετατρέπεται σε πρωτόνιο», «M2: Επιπλέον έχουμε και τη δημιουργία ενός ηλεκτρονίου», «M1: Επιπλέον δημιουργείται ένα αντινεutrino». Κατ' αντιστοιχία οι μαθητές επιχειρηματολογούν «M3: Το νετρόνιο δεν έχει φορτίο. Όπως φαίνεται και στην προσομοίωση δημιουργείτε ένα πρωτόνιο που έχει θετικό φορτίο, όμως το φορτίο πρέπει να είναι ουδέτερο. Άρα η παρουσία του ηλεκτρονίου, το οποίο έχει αρνητικό φορτίο, εξισορροπεί το συνολικό φορτίο στα προϊόντα της αντίδρασης», «M1: Ο μαζικός αριθμός παραμένει ίδιος (14)», αξιοποιώντας την αναπαράσταση και την ανατροφοδότηση που προσφέρει ο μικρόκοσμος (Α.Μ.ΕΠ.).

5.2.3 Δραστηριότητες της τρίτης φάσης

Στη τρίτη φάση της έρευνας, ζητήθηκε από τις τρεις ομάδες των μαθητών να αναζητήσουν στον διαδικτύο ή μέσα από τη συζήτηση που προέκυψε κατά τις πρώτες φάσεις της διαδικασίας, και να επιλέξουν μια αντίδραση δημιουργίας νετρίνο. Την αντίδραση αυτή στη συνέχεια κλήθηκαν να αναπαραστήσουν με τη συνδρομή προσχεδιασμένων μπλοκ κώδικα σε γλώσσα Logo, τα οποία συνέχεια έπρεπε να μοιραστούν με τις υπόλοιπες ομάδες. Δυστυχώς όμως όπως τονίσαμε μόνο μια ομάδα, της οποίας ένα μέλος είχε σχετική ευχέρεια στον προγραμματισμό, κατάφερε να φτάσει κοντά στην ολοκλήρωση του μικρόκοσμου μέσα στον υπολειπόμενο χρόνο της τελευταίας μέρας της έρευνας. Παρόλα αυτά προέκυψαν αρκετά δεδομένα προς ανάλυση και αρκετά χρήσιμα συμπεράσματα, τα οποία θα απολέσουν οδηγό για μελλοντική έρευνα.

Όπως ήδη τονίσαμε κατά την παρουσίαση των κατηγοριών ανάλυσης οι **Αλληλεπιδράσεις Κονστραξιονισμού (Α.Κ.)** περιλαμβάνουν τις ακόλουθες υποκατηγορίες: Στάδιο Μαστορέματος - Αποδόμηση – Τροποποίηση Μοντέλου (**Α.Κ.Α.Τ.Μ.**), Στάδιο Δημιουργίας Προσομοίωσης (**Α.Κ.Δ.Π.**), Φάση Αξιολόγησης Ανατροφοδότησης από Ομοίους (**Α.Κ.ΑΞ.ΑΝ.Ο.**).

Λόγω του περιορισμού που αναφέραμε νωρίτερα δεν καταφέραμε να συγκεντρώσουμε δεδομένα για τη φάση της αξιολόγησης των δομημάτων που κατασκεύασαν οι ομάδες από τις ομάδες των υπολοίπων μαθητών (**Α.Κ.ΑΞ.ΑΝ.Ο.**). Ακολουθούν δύο χαρακτηριστικά αποσπάσματα που αφορούν τις δύο πρώτες υποκατηγορίες αλληλεπιδράσεων.

Λόγω του περιορισμένου χρόνου που είχαν οι ομάδες για να υλοποιήσουν τη δεύτερη φάση οι αντιδράσεις δημιουργίας νετρίνο επιλέχθηκαν με κριτήριο την ευκολία υλοποίησης τους με χρήση των έτοιμων μπλοκ κώδικα.

Ε: Ποια περίπτωση αντίδρασης επιλέξατε;

Ο1-Μ1: Σύλληψη ηλεκτρονίου.

Ο1-Μ2: Στην αντίδραση που επιλέξαμε ένα άτομο αργιλίου απορροφά ένα ηλεκτρόνιο και μετατρέπεται σε μαγνήσιο με παράλληλη δημιουργία ενός νετρίνο.

Ε: Ωραία, ας δούμε πως θα το πετύχετε αυτό.

.....

O1-M2: Θα χρησιμοποιήσουμε τον κώδικα που έχει χρησιμοποιηθεί στην προσομοίωση της σύλληψης ηλεκτρονίου. **(Α.Κ.Α.Τ.Μ.)**

O1-M1: Με τη διαφορά ότι θα πρέπει να αντικαταστήσουμε το πρωτόνιο με το άτομο του αργιλίου και στα προϊόντα να εμφανίσουμε το άτομο του μαγνησίου στη θέση του νετρονίου.
(Α.Κ.Α.Τ.Μ.)

O1-M3: Απλά χρειαζόμαστε βοήθεια για το πώς να δημιουργήσουμε ένα άτομο αργιλίου. Από τη στιγμή που θα το δημιουργήσουμε θα χρησιμοποιήσουμε ακριβώς τον ίδιο κώδικα, για να το φέρουμε στη θέση του πρωτονίου. **(Α.Κ.Α.Τ.Μ.)**

.....

O1-M3: Αυτή η γραμμή κώδικα καλεί το πρωτόνιο στην σκηνή. **(Α.Κ.Α.Τ.Μ.)**

```
;start's movement of electron towards proton1-----
to start_elec_movement
  clear_stage
  ask "legend1 [restore]
  ask "information [area.settext "|Electron capture is the process in which a nucleus capt
  ask "information [area.noteditable]
  ask "information [restore]
  ask "proton1 [setlocation se 345 100]
  ask "proton_text [setlocation se 365 120]
  ask "electron [setlocation se 195 250]
  .....
```

Εικ.13: Αξιοποίηση του κώδικα Logo από τα μέλη της πρώτης ομάδας στην προσπάθεια δημιουργίας προσομοίωσης

O1-M1: Ναι. Οπότε αντί για το πρωτόνιο ας φέρουμε στη θέση του το αργίλιο που δημιουργήσαμε.

O1-M3: Και αυτό εδώ το κομμάτι της Logo ελέγχει την σύγκρουση του ηλεκτρονίου με το πρωτόνιο, άρα θα το χρησιμοποιήσουμε και εμείς χωρίς καμία αλλαγή. **(Α.Κ.Δ.Π.)**

.....

O1-M1: Πως κάνουμε τον κώδικα που φτιάξαμε να τρέξει;

.....

O1-M3: Ωραία δείχνει να λειτουργεί. Πρέπει όμως να αντικαταστήσουμε και το νετρόνιο στα προϊόντα με ένα άτομο μαγνησίου. Δεν έχουμε όμως αρκετό χρόνο.... **(Α.Κ.Δ.Π.)**

***Απόσπασμα 9** (Οι μαθητές της πρώτης ομάδας τροποποιούν τον μικρόκοσμο στην προσπάθειά τους να δημιουργήσουν προσομοίωση σύλληψης ηλεκτρονίου)*

Στο **ένατο απόσπασμα** παρατηρούμε τους μαθητές της πρώτης – και πιο έμπειρης – ομάδας να φτάνει πολύ κοντά στον στόχο της δημιουργίας προσομοίωσης παρά τον περιορισμένο χρόνο. Διαπιστώνουμε ότι έχει μπει στη λογική αξιοποίησης των λειτουργιών του μικρόκοσμου και του χειρισμού των αντικειμένων της σκηνής. Παρατηρούμε πως οργανώνουν, παρά την πίεση του χρόνου, μεθοδικά τις κινήσεις τους, στην προσπάθειά τους να τροποποιήσουν – αναδομήσουν τον υφιστάμενο

κώδικα (A.K.A.T.M.), «M2: Θα χρησιμοποιήσουμε τον κώδικά που έχει χρησιμοποιηθεί στην προσομοίωση της σύλληψης ηλεκτρονίου», «M1: Με τη διαφορά ότι θα πρέπει να αντικαταστήσουμε το πρωτόνιο με το άτομο του αργιλίου και στα προϊόντα να εμφανίσουμε το άτομο του μαγνησίου στη θέση του νετρονίου», «M3: Απλά χρειαζόμαστε βοήθεια για το πώς να δημιουργήσουμε ένα άτομο αργιλίου. Από τη στιγμή που θα το δημιουργήσουμε θα χρησιμοποιήσουμε ακριβώς τον ίδιο κώδικα, για να το φέρουμε στη θέση του πρωτονίου» και «M3: Αυτή η γραμμή κώδικα καλεί το πρωτόνιο στην σκηνή».

Επίσης από τα συμβάντα «M3: Και αυτό εδώ το κομμάτι της Logo ελέγχει την σύγκρουση του ηλεκτρονίου με το πρωτόνιο, άρα θα το χρησιμοποιήσουμε και εμείς χωρίς καμία αλλαγή.» και «M3: Ωραία δείχνει να λειτουργεί. Πρέπει όμως να αντικαταστήσουμε και το νετρόνιο στα προϊόντα με ένα άτομο μαγνησίου. Δεν έχουμε όμως αρκετό χρόνο.... », μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι επιτυγχάνουν τελικά να φτάσουν πολύ κοντά στην ολοκλήρωση του στόχου τους που είναι η δημιουργία προσομοίωσής (A.K.A.Π.).

O2-M1: Η αντίδραση που επιλέξαμε είναι η πρώτη αντίδραση της αλυσίδας αντιδράσεων proton – proton chain.

E: Περιγράψτε την πορεία την αντίδρασης που έχετε επιλέξει.

O2-M2: Πρόκειται για μια αντίδραση που συμβαίνει στον ήλιο κατά την οποία έχουμε την σύντηξη δύο ατόμων υδρογόνου και τη δημιουργία δευτέρου και ποζιτρονίου και νετρίνο.

E: Πολύ καλά και πως σκέφτεστε να την δημιουργήσετε με βάση τον κώδικα που είναι διαθέσιμος;

O2-M1: Σκεφτόμαστε να χρησιμοποιήσουμε την αντίδραση σύλληψης ηλεκτρονίου. (A.K.A.T.M.)

....

O2-M3: Ο κώδικάς για την περίπτωση σύλληψης ηλεκτρονίου είναι αυτός... (Εικ.14) (A.K.A.T.M.)

O2-M3: Αυτό που πρέπει να κάνουμε είναι να αντικαταστήσουμε το ηλεκτρόνιο της αντίδρασης με ένα πρωτόνιο ώστε να έχουμε τη σύγκρουση δύο πρωτονίων. (A.K.A.T.M.)

O2-M4: Μα εμείς θέλουμε τη σύγκρουση δύο ατόμων υδρογόνου.

O2-M3: Το άτομο του υδρογόνου έχει τον ίδιο ατομικό και μαζικό αριθμό, δηλαδή ένα. Είναι ένα άτομο με ένα πρωτόνιο στον πυρήνα του.

O2-M4: Δεν έχει κανένα νετρόνιο στον πυρήνα του δηλαδή; Μόνο ένα πρωτόνιο;

O2-M2: Ναι, οπότε απλά αντικαθιστούμε το εικονίδιο του ηλεκτρονίου της προσομοίωσης με ένα πρωτόνιο και έχουμε ολοκληρώσει τα αντιδρώντα. (A.K.A.T.M.)

O2-M3: Ωραία ας δούμε τι χρειαζόμαστε στα προϊόντα πριν ξεκινήσουμε τις αλλαγές στον κώδικα.

O2-M2: Στα προϊόντα χρειαζόμαστε ένα ποζιτρόνιο και ένα νετρίνο ηλεκτρονίου.

O2-M3: Η αντίδραση σύλληψης ηλεκτρονίου έχει ένα νετρίνο ηλεκτρονίου στα προϊόντα και ένα νετρόνιο. (A.K.A.T.M.)

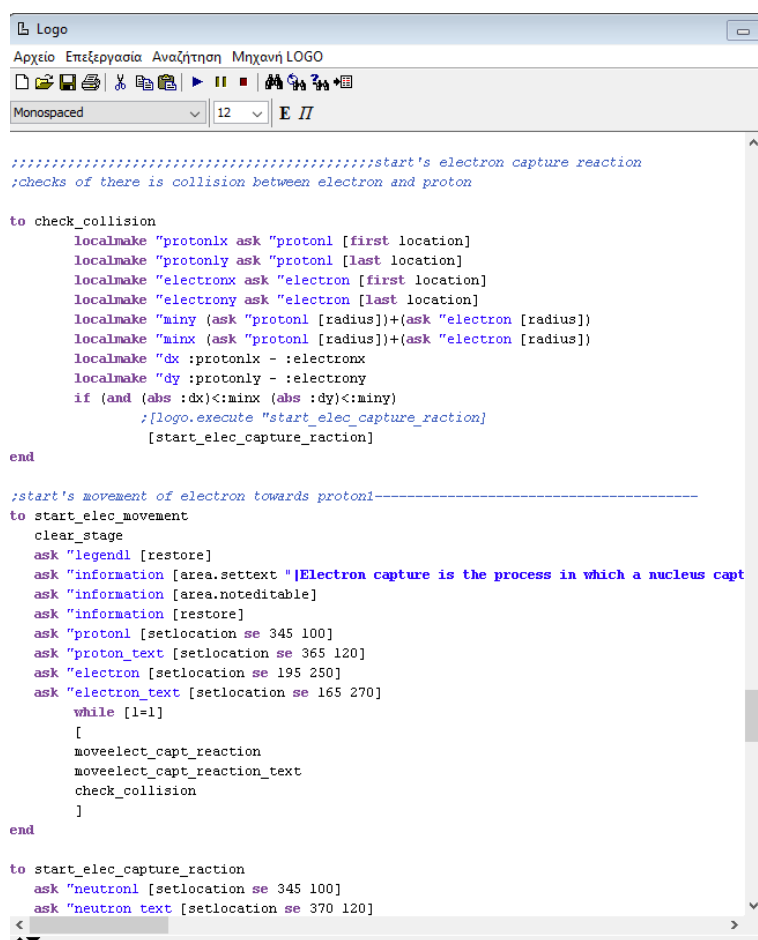
O2-M2: Άρα πρέπει να αντικαταστήσουμε το νετρόνιο με ένα ποζιτρόνιο στα προϊόντα. (A.K.A.T.M.)

O2-M4: Σωστά, αλλά πως θα το κάνουμε αυτό;

O2-M3: Πρέπει να βρούμε τον τρόπο με τον οποίο εμφανίζεται ένα ποζιτρόνιο στην σκηνή από κάποια άλλη αντίδραση και με αυτή τη γραμμή κώδικά να αντικαταστήσουμε αυτόν του νετρονίου. (A.K.A.T.M.)

O2-M1: Όμως δεν αρκεί αυτό, μας λείπει και το άτομο του δευτέρου για να είναι ολοκληρωμένη η αντίδραση.

***Απόσπασμα 10** (Οι μαθητές της δεύτερης ομάδας επιχειρούν να τροποποιήσουν τον μικρόκοσμο προκειμένου να ταιριάζουν τα μπλοκ κώδικα στην πρώτη φάση της αντίδρασης proton – proton chain, που πραγματοποιείται στον ήλιο)*



```
Logo
Αρχείο Επεξεργασία Αναζήτηση Μηχανή LOGO

Monospaced 12 E II

;;;;;;;;;;;;;start's electron capture reaction
;checks of there is collision between electron and proton

to check_collision
  localmake "protonlx ask "protonl [first location]
  localmake "protonly ask "protonl [last location]
  localmake "electronx ask "electron [first location]
  localmake "electrony ask "electron [last location]
  localmake "miny (ask "protonl [radius])+(ask "electron [radius])
  localmake "minx (ask "protonl [radius])+(ask "electron [radius])
  localmake "dx :protonlx - :electronx
  localmake "dy :protonly - :electrony
  if (and (abs :dx)<:minx (abs :dy)<:miny)
    ;[logo.execute "start_elec_capture_raction]
    [start_elec_capture_raction]
end

;start's movement of electron towards protonl-----
to start_elec_movement
  clear_stage
  ask "legendl [restore]
  ask "information [area.settext "Electron capture is the process in which a nucleus capt
  ask "information [area.noteditable]
  ask "information [restore]
  ask "protonl [setlocation se 345 100]
  ask "proton_text [setlocation se 365 120]
  ask "electron [setlocation se 195 250]
  ask "electron_text [setlocation se 165 270]
  while [1=1]
  [
    moveelect_capt_reaction
    moveelect_capt_reaction_text
    check_collision
  ]
end

to start_elec_capture_raction
  ask "neutronl [setlocation se 345 100]
  ask "neutron_text [setlocation se 370 120]
```

Εικ.14: Τα μέλη της δεύτερης ομάδας μαστορεύουν τον κώδικά του μικρόκοσμου

Στο **δέκατο απόσπασμα** παρατηρούμε τα μέλη της δεύτερης ομάδας να προσπαθούν μέσα από μια διαδικασία διερεύνησης να κατανοήσουν την λογική με την οποία είναι γραμμένος ο κώδικας της Logo για την αντίδραση που χρησιμοποιούν

ως πρότυπο για το εγχείρημά τους. Παρότι ο χρόνος που έχουν στην διάθεσή τους δεν επαρκεί τελικά για την δημιουργία της προσομοίωσης, διακρίνουμε ότι ακολουθούν μια σωστή προσέγγιση προκειμένου να φτάσουν στο τελικό αποτέλεσμα. Εδώ συναντάμε αρκετά παραδείγματα αποδόμησης του υφιστάμενου μοντέλου (Α.Κ.Α.Τ.Μ.). Πιο συγκεκριμένα παρατηρούμε τον αρχικό συλλογισμό των μαθητών για τον κώδικα που θα χρησιμοποιήσουν *«Σκεφτόμαστε να χρησιμοποιήσουμε την αντίδραση σύλληψης ηλεκτρονίου»*, τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζουν να αποδομήσουν τον υφιστάμενο μικρόκοσμο *«Αυτό που πρέπει να κάνουμε είναι να αντικαταστήσουμε το ηλεκτρόνιο της αντίδραση με ένα πρωτόνιο ώστε να έχουμε τη σύγκρουση δύο πρωτονίων»*, *«Ναι, οπότε απλά αντικαθιστούμε το εικονίδιο του ηλεκτρονίου της προσομοίωσης με ένα πρωτόνιο και έχουμε ολοκληρώσει τα αντιδρώντα»*, *«Η αντίδραση σύλληψης ηλεκτρονίου έχει ένα νετρίνο ηλεκτρονίου στα προϊόντα και ένα νετρόνιο - Άρα πρέπει να αντικαταστήσουμε το νετρόνιο με ένα ποζιτρόνιο στα προϊόντα»* και *«Πρέπει να βρούμε τον τρόπο με τον οποίο εμφανίζεται ένα ποζιτρόνιο στην σκηνή από κάποια άλλη αντίδραση και με αυτή τη γραμμή κώδικά να αντικαταστήσουμε αυτόν του νετρονίου»*. Σε αυτό το απόσπασμα λόγω του ότι η ομάδα κατάφερε απλά να αποδομήσει το μοντέλο και όχι να δημιουργήσει μια λειτουργική προσομοίωση (Α.Κ.Δ.Π.) και κατά συνέπεια να περάσει στη φάση της αξιολόγησης - ανατροφοδότησης με τους υπόλοιπους μαθητές (Α.Κ.ΑΞ.ΑΝ.Ο), δεν καταφέραμε να συλλέξουμε ανάλογα δεδομένα για ανάλυση από αυτές τις δύο κατηγορίες.

6. Αποτελέσματα

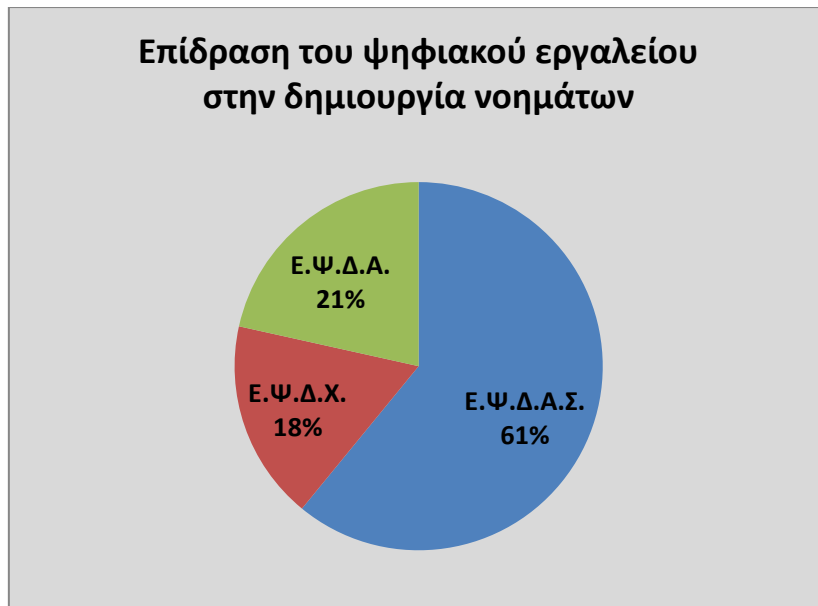
Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν από την ανάλυση του περιεχομένου της αλληλεπίδρασης των μαθητών με το λογισμικό (απομαγνητοφωνήσεις και καταγραφές), καθώς και οι απαντήσεις των δύο ερωτηματολογίων τελικής αξιολόγησης που συμπληρώθηκαν από τους συμμετέχοντες κωδικοποιήθηκαν και καταχωρήθηκαν σε πίνακες σύμφωνα με τις κατηγορίες ανάλυσης που ορίστηκαν σε προηγούμενη φάση, με σκοπό να εξαχθούν συμπεράσματα σε σχέση με τα βασικά ερωτήματα της έρευνας που διεξήχθη. Ακολουθούν τα αποτελέσματα της έρευνας ανά κατηγορία ανάλυσης.

Επίδραση του ψηφιακού εργαλείου στην δημιουργία νοημάτων

Στις κάθετες στήλες του πίνακα που ακολουθεί, εμφανίζονται οι αναφορές των μαθητών των τριών ομάδων κατά την αλληλεπίδρασή τους με το λογισμικό «Εξερευνώντας τα νετρίνο» για κάθε μια από τις τρεις υποκατηγορίες ανάλυσης. Οι υποκατηγορίες αυτές όπως φαίνεται αφορούν στην επίδραση των αντικειμένων της σκηνής, τα χειριστήρια του μικρόκοσμου καθώς και την ανατροφοδότηση που ο τελευταίος προσφέρει στους χρήστες μέσω των λειτουργικοτήτων που ενσωματώνει.

Επίδραση του ψηφιακού εργαλείου στην δημιουργία νοημάτων					
	A/A	Ε.Ψ.Δ.Α.Σ. (Επίδραση Ψηφιακού Δομήματος - Αντικείμενα Σκηνής)	Ε.Ψ.Δ.Χ. (Επίδραση Ψηφιακού Δομήματος Χειριστήρια);	Ε.Ψ.Δ.Α. (Επίδραση Ψηφιακού Δομήματος παρεχόμενη Ανατροφοδότηση)	Σύνολο
O1	1	24	12	8	44
	2	12	4	4	20
	3	20	8	12	40
	4	18	3	8	29
O2	5	9	3	6	18
	6	16	2	2	20
	7	20	6	3	29
	8	11	2	4	17
O3	9	21	4	8	33
	10	11	4	5	20
	11	15	2	1	18
	12	7	3	4	14
M/O		184,0	53,0	65,0	302,0
Ποσοστό %		60,9	17,5	21,5	

Πίνακας 6: Οι αναφορές των μαθητών για την επίδραση του ψηφιακού εργαλείου στη δημιουργία επιστημονικών νοημάτων



Πίνακας 7: Γραφική αναπαράσταση της επίδρασης του ψηφιακού εργαλείου στη δημιουργία νοημάτων.

Σύμφωνα με τα όσα καταγράφονται τόσο στον παραπάνω πίνακα όσο και το γράφημα, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι στις αναφορές των μαθητών ξεχωρίζει η επίδραση των αντικειμένων της σκηνης (Ε.Ψ.Δ.Α.Σ) στην δημιουργία νοημάτων με ποσοστό 61%. Οι καταγραφές είναι μοιρασμένες αναφορικά με την ανατροφοδότηση (Ε.Ψ.Δ.Α.) η οποία καταλαμβάνει 21% και τη σημασία των χειριστηρίων του μικρόκοσμου (Ε.Ψ.Δ.Χ.) με 18%. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει την εικόνα που σχηματίσαμε παρατηρώντας τις ομάδες να αλληλεπιδρούν με τον μικρόκοσμο, αφού όπως είναι λογικό τα αντικείμενα της σκηνης είναι αυτά στα οποία επικεντρώνεται η προσοχή των μαθητών στην προσπάθεια τους δημιουργήσουν γνωστικά σχήματα κατά την αλληλεπίδρασή τους με τον μικρόκοσμο, έναντι των άλλων λειτουργικοτήτων που συγκεντρώνουν μικρότερα ποσοστά στις αναφορές των υποκειμένων της έρευνας.

Παράγοντες και οι διαδικασίες που επηρεάζουν τη δημιουργία επιστημονικών νοημάτων

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα δεδομένα και των τριών υποκατηγοριών που επηρεάζουν την δημιουργία επιστημονικών νοημάτων. Αναφερόμαστε και στις αλληλεπιδράσεις διερευνητικής μάθησης και στις

αλληλεπιδράσεις κονστραξιονισμού και τέλος και στις αλληλεπιδράσεις που αφορούν στην αποκρυστάλλωση εννοιών του γνωστικού αντικειμένου. Για κάθε μια από τις υποκατηγορίες που αναφέραμε παρουσιάζονται γραφικές αναπαραστάσεις με την ποσόστωση κάθε μιας από αυτές

Παράγοντες και οι διαδικασίες που επηρεάζουν τη δημιουργία επιστημονικών νοημάτων												
		Αλληλεπιδράσεις Διερευνητικής Μάθησης				Αλληλ. Κονστραξιονισμού			Αλληλ. εννοιών Γνωστικού			Σύνολο
	A/A	A.A.A.E.-Y.	A.A.EE.-Π.	A.A.E.Σ.	A.A.Σ. - Δ.Δ	A.Κ.Α.Τ.Μ.	A.Κ.Δ.Π.	A.Κ.Α.Ξ.Α.Ν.Ο	A.E.Γ.Α.Μ	A.E.Γ.Α.-Y.Σ	A.E.Γ.Δ.Α.Ν	
O1	1	17	6	3	1	13	5	0	0	16	14	75
	2	13	8	2	2	7	2	0	2	15	9	60
	3	7	13	4	4	12	7	0	0	17	13	77
	4	4	5	1	1	5	4	0	2	12	5	39
O2	5	11	16	7	5	6	0	0	2	9	5	61
	6	8	4	3	3	9	0	0	0	0	4	31
	7	5	5	2	1	12	0	0	0	4	3	32
	8	12	5	5	2	1	0	0	0	5	0	30
O3	9	7	5	6	1	8	0	0	0	3	4	34
	10	4	2	1	0	5	0	0	2	4	3	21
	11	3	1	2	0	7	0	0	0	0	0	13
	12	5	4	5	2	3	0	0	0	3	5	27
M/O		96,0	74,0	41,0	22,0	88,0	18,0	0,0	8,0	88,0	65,0	500,0
%		41.2	31.8	17.6	9.4	83.0	17.0	0.0	5.0	54.7	40.4	

Πίνακας 8: Πίνακας καταγραφής παραγόντων και διαδικασιών που επηρεάζουν τη δημιουργία επιστημονικών νοημάτων.



Πίνακας 9: Γραφική αναπαράσταση αλληλεπιδράσεων διερευνητικής μάθησης

α) Στην ομάδα των αλληλεπιδράσεων διερευνητικής μάθησης υπάγονται τεσσereis συνολικά υποκατηγορίες, δημιουργία ερωτήσεων – υποθέσεων (Α.Α.Δ.Ε -Υ.), εξερεύνησης – πειραματισμός (Α.Δ.ΕΞ.-Π.) εξαγωγή συμπερασμάτων (Α.Δ.Ε.Σ.), το οποίο περιλαμβάνει τα στάδια ανάλυσης δεδομένων και επιχειρηματολογίας και συζήτηση και διαμοιρασμός δεδομένων (Α.Δ.Σ. - Δ.Δ). Με βάση τα στοιχεία των αλληλεπιδράσεων των μαθητών μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνει η υποκατηγορία

δημιουργίας ερωτήσεων και υποθέσεων με 41%, ενώ ακολουθεί με μικρή διαφορά η φάση της εξερεύνησης και του πειραματισμού με 32% γεγονός που καταδεικνύει ότι οι μαθητές των τριών ομάδων αφιερώνουν περισσότερο αναλογικά χρόνο σε αυτές τις δύο φάσεις κατά τη διαδικασία της διερεύνησης των ιδιοτήτων του νετρίνο. Ακολουθεί η φάση εξαγωγής συμπερασμάτων με ποσοστό 18% επί των καταγεγραμμένων απαντήσεων, ενώ φάση του διαμοιρασμού δεδομένων και συζήτησης έπεται με ποσοστό 9%. Το τελευταίο κρίνεται απόλυτα φυσιολογικό αφού όπως αναφέραμε και κατά την παρουσίαση του θεωρητικού πλαισίου η υποσφάση της συζήτησης και του διαμοιρασμού δεδομένων είναι προαιρετική και έτσι δεν είναι απαραίτητο να ακολουθηθεί από τις όλες τις ομάδες κατά τη διερεύνηση ενός φαινομένου.



Πίνακας 10: Γραφική αναπαράσταση αλληλεπιδράσεων κονστραξιονισμού

β) Στην κατηγορία των αλληλεπιδράσεων κονστραξιονισμού υπάρχουν όπως αναφέραμε κατά την παρουσίαση των κατηγοριών ανάλυσης τέσσερις υποκατηγορίες. Από αυτές το υψηλότερο ποσοστό 83% συγκεντρώνει η κατηγορία του μαστορέματος και αποδόμησης - τροποποίησης μοντέλου (**Α.Κ.Α.Τ.Μ.**), ενώ ακολουθεί με 17% το στάδιο δημιουργίας προσομοίωσης (**Α.Κ.Δ.Π.**). Αξίζει βέβαια σε αυτό το σημείο να επισημάνουμε, όπως αναφέραμε στην ενότητα της ανάλυσης των δεδομένων, ότι λόγω έλλειψης χρόνου τόσο για εκπαίδευση των υποκειμένων της έρευνας γύρω από τα χαρακτηριστικά της γλώσσας Logo, όσο και για την υλοποίηση της δεύτερης φάσης που αφορά στη δημιουργία μικροκόσμου, μόνο μια ομάδα κατάφερε να πλησιάσει στην ολοκλήρωση του στόχου και να παρουσιάσει μια

λειτουργική προσομοίωση. Με δεδομένο ότι η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε δημόσιο σχολείο (1^ο Πειραματικό Γυμνάσιο Πλάκας) και λόγω του φόρτου εργασίας των μαθητών δεν υπήρχε δυνατότητα να τους απασχολήσουμε για ένα επιπλέον τρίωρο προκειμένου να ολοκληρωθεί η διαδικασία η δεύτερη φάση έμεινε ημιτελής. Για το λόγο αυτό αν παρατηρήσουμε τον σχετικό πίνακα η δεύτερη και η τρίτη ομάδα έχουν μηδενικές τιμές στην κατηγορία **(Α.Κ.Δ.Π.)** που αφορά στη δημιουργία της προσομοίωσης. Για τον ίδιο λόγο στην υποκατηγορία αξιολόγησης ανατροφοδότησης από ομοίους **(Α.Κ.ΑΞ.ΑΝ.Ο)** και οι τρεις ομάδες έχουν μηδενικές τιμές, αφού αφενός δύο από τις τρεις ομάδες δεν κατάφεραν να δομήσουν μια λειτουργική προσομοίωση κάτι που είχε ως φυσικό επακόλουθο οι ομάδες να μην μπορέσουν να αξιολογήσουν τεχνουργήματα άλλων ομάδων και άρα να λάβουν τη σχετική ανατροφοδότηση.



Πίνακας 11: Γραφική αναπαράσταση αλληλεπιδράσεων εννοιών γνωστικού αντικείμενου

γ) Αναφορικά τέλος με την υποκατηγορία αλληλεπιδράσεων που αφορούν στην αποκρυστάλλωση εννοιών του γνωστικού αντικείμενου υπάρχουν τρεις υποκατηγορίες. Η πρώτη που αφορά στις αρχικές αντιλήψεις μαθητών **(Α.Ε.Γ.Α.Μ)** συγκεντρώνει ποσοστό μόλις 5%. Το πολύ μικρό ποσοστό ήταν όπως τονίσαμε και στην φάση της ανάλυσης αναμενόμενο με δεδομένο ότι οι μαθητές αυτών των ηλικιακών ομάδων δεν έχουν ξαναέρθει σε επαφή με τα νετρίνο (πέρα του όποιου ατομικού ενδιαφέροντος) μέσω της ύλης που καθορίζεται από το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών, ενώ η επαφή τους με το αντικείμενο της σωματιδιακής φυσικής

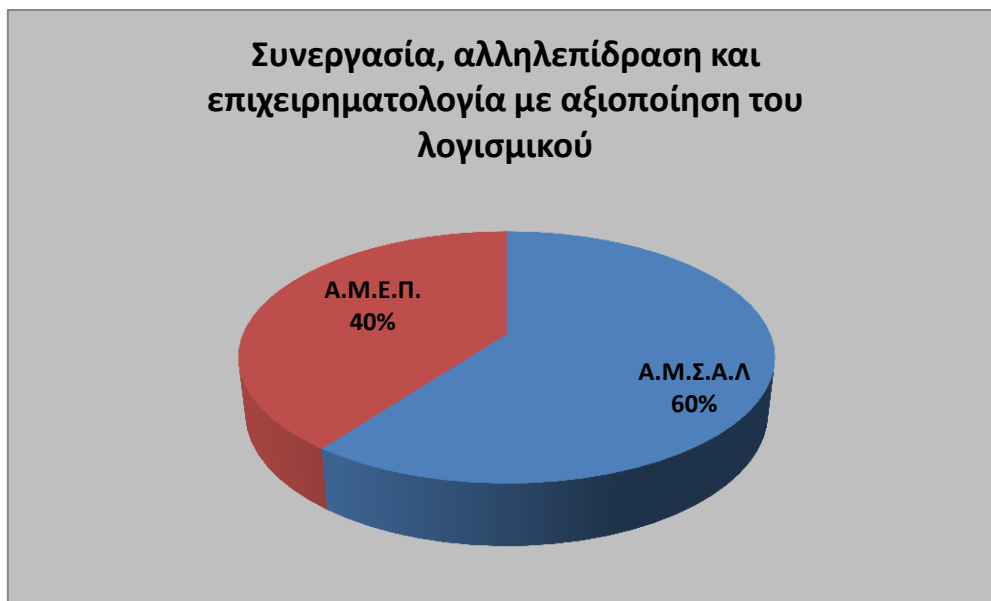
περιορίζεται στην ενότητα «Υποατομικά σωματίδια και ιόντα» μέσω του μαθήματος της χημείας της Β Γυμνασίου. Η δεύτερη υποκατηγορία που αφορά στα στοιχεία σωματιδιακής Φυσικής, άτομα και υποατομικά σωματίδια (Α.Ε.Γ.Α-Υ.Σ) συγκεντρώνει ποσοστό 55% αφού αποτελεί ένα από τα βασικά ζητήματα που πραγματεύονται οι προσομοιώσεις που είναι ενσωματωμένες στον μικρόκοσμο. Τέλος η κατηγορία που αφορά στα νετρίνο και τις διαδικασίες δημιουργίας τους (Α.Ε.Γ.Δ.Δ.Ν) συγκεντρώνει ποσοστό 40% των αναφορών των μαθητών.

Αλληλεπιδράσεις, συνεργασία και επιχειρηματολογία μαθητών με την αξιοποίηση του μικροκόσμου

Στις στήλες του πίνακα που ακολουθεί έχουν καταχωριστεί τα δεδομένα που αφορούν στις αλληλεπιδράσεις τη συνεργασία και την επιχειρηματολογία μεταξύ των υποκειμένων της έρευνας με την αξιοποίηση του λογισμικού. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει δύο υποκατηγορίες. Η πρώτη που προσδιορίζει τη δυναμική και τις προϋποθέσεις που δημιουργεί το λογισμικό προς την κατεύθυνση της συνεργασίας και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των μελών των ομάδων (Α.Μ.Σ.Α.Λ) συγκεντρώνει ποσοστό 60% έναντι της δεύτερη στην ανάπτυξη επιχειρηματολογίας με την συμβολή του λογισμικού (Α.Μ.ΕΠ.) με ποσοστό περίπου 40%.

Αλληλεπιδράσεις, συνεργασία και επιχειρηματολογία μαθητών με την αξιοποίηση του μικροκόσμου				
	A/A	A.Μ.Σ.Α.Λ	A.Μ.ΕΠ	Σύνολο
O1	1	12	6	18
	2	6	4	10
	3	7	3	10
	4	8	9	17
O2	5	9	4	13
	6	7	3	10
	7	4	5	9
	8	2	3	5
O3	9	5	4	9
	10	1	1	2
	11	4	3	7
	12	3	0	3
M/O		68,0	45,0	113,0
%		60,2	39,8	

Πίνακας 12: Συνεργασία, αλληλεπίδραση και την επιχειρηματολογία μεταξύ των μελών των ομάδων με την αξιοποίηση του λογισμικού.



Πίνακας 13: Γραφική αναπαράσταση αξιοποίηση του λογισμικού αναφορικά συνεργασία την αλληλεπίδραση και την επιχειρηματολογία μεταξύ των μελών των ομάδων.

Αποτελέσματα ερωτηματολογίων τελικής αξιολόγησης

Στους πίνακες που ακολουθούν παρατίθενται τα αποτελέσματα των δύο ερωτηματολογίων τελικής αξιολόγησης που μοιράστηκαν στους μαθητές με την ολοκλήρωση της έρευνας. Τα πρώτο ερωτηματολόγιο αφορά στην συμβολή του λογισμικού αναφορικά με τη δημιουργία νοημάτων σχετικών με το γνωστικό αντικείμενο και το δεύτερο, ενώ το δεύτερο στην αξιολόγηση των λειτουργικότητας του λογισμικού.

Για την συλλογή και αξιολόγηση των απαντήσεων των μαθητών χρησιμοποιήσαμε μία πενταβάθμια κλίμακα (Likert). Στην κλίμακα με το «1» μεταφράζεται σε «Διαφωνώ απόλυτα», το «2» σε «Διαφωνώ», το «3» σε «Ουδέτερη γνώμη», το «4» σε «Συμφωνώ» και το «5» σε «Συμφωνώ απόλυτα». Το ερευνητικό δείγμα και σε αυτή την περίπτωση αποτελείτο από 12 μαθητές (τρεις ομάδες των τεσσάρων).

Μελετώντας τις απαντήσεις των μαθητών στο ερωτηματολόγιο αναφορικά με τη συμβολή του λογισμικού στη δημιουργία νοημάτων μπορούμε να παρατηρήσουμε

ότι οι απόψεις των μαθητών θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως θετικές, αφού ο μέσος όρος των βαθμολογιών τους κυμαίνεται για κάθε κατηγορία μεταξύ 4,1 και 4,5.

Αξιολόγηση συμβολής του λογισμικού στην δημιουργία νοημάτων σχετικών με το γνωστικό αντικείμενο									
		Το λογισμικό συνέβαλε στην κατανόηση της διαδικασίας δημιουργίας των νετρίνο.	Το λογισμικό συνέβαλε στην κατανόηση των ιδιοτήτων των υποατομικών σωματιδίων;	Το λογισμικό προσέφερε την απαιτούμενη ανατροφοδότηση σε κάθε στάδιο της διαδικασίας διερεύνησης;	Περιγράφονται σωστά οι αντιδράσεις διάσπασης β.	Περιγράφονται σωστά οι αντιδράσεις σύλληψης ηλεκτρονίου.	Περιγράφονται σωστά οι αντιδράσεις διάσπασης μιονίου.	Με την βοήθεια των περιγραφόμενων αντιδράσεων ήταν εφικτό να περιγράψω τις διαδικασίες δημιουργίας των νετρίνο.	Το λογισμικό μπορεί να υποστηρίξει τη συνεργασία μεταξύ των μελών των ομάδων
	A/A								
O1	1	5	5	4	5	4	5	5	5
	2	4	4	4	5	4	4	4	5
	3	5	4	5	5	5	5	4	4
	4	5	4	5	5	4	4	4	4
O2	5	5	5	5	5	4	5	4	5
	6	5	4	4	4	5	4	5	5
	7	5	4	5	4	5	4	4	5
	8	4	5	4	5	4	5	4	4
O3	9	4	4	4	4	4	4	5	5
	10	4	3	4	3	4	3	3	4
	11	3	3	3	4	3	3	3	4
	12	4	4	4	5	4	4	4	4
M/O		4.4	4.1	4.3	4.5	4.2	4.2	4.1	4.5

Πίνακας 14: Ερωτηματολόγιο αξιολόγησης της συμβολής του λογισμικού στην δημιουργία νοημάτων σχετικών με το γνωστικό αντικείμενο

Θετικές ή πολύ θετικές ήταν οι εντυπώσεις των μαθητών αναφορικά με την ευχρηστία, την λειτουργικότητα και τη σχεδιαστική φιλοσοφία του μικρόκοσμου, ενώ εκφράζεται προβληματισμός αναφορικά με την ποικιλία αναπαραστάσεων που προσφέρει και κυρίως ως προς τη βοήθεια και τον τρόπο καθοδήγησης των μαθητών σχετικά με τη δυνατότητα δημιουργίας προσομοιώσεων (μέσος όρος 3,3), με την πρώτη ομάδα να κρίνει την συμβολή του ως θετική και την τρίτη ως μάλλον αρνητική.

Αξιολόγηση λειτουργικότητας του λογισμικού										
			Ήταν το λογισμικό χρήσιμο είκολο στην χρήση του;	Η σχεδίαση του περιβάλλοντός του διευκόλυε την αλληλεπίδρασή μου με αυτό;	Ήταν τα χειριστήρια του εύχρηστα και λειτουργικά;	Το λογισμικό συνέβαλε στη κατανόηση των φαινομένων που περιγράφονται;	Αποδίνουν πιστά τα εικονίδια της σκηνής τα φαινόμενα που περιγράφονται;	Προσέφερε το λογισμικό πολλαπλές αναπαραστάσεις των φαινομένων που περιγράφονται;	Προσφέρει το λογισμικό επαρκή ανατροφοδότηση για την κατανόηση των φαινομένων που περιγράφονται;	Τα δεδομένα και οι πληροφορίες που παρέχει το λογισμικό είναι επαρκή και μου δίνουν τη δυνατότητα να δημιουργήσω δική μου προσομοίωση
	A/A									
O1	1	5	5	5	5	5	4	5	4	
	2	5	5	4	4	5	4	4	4	
	3	5	5	4	5	5	4	5	4	
	4	5	5	5	4	5	4	5	4	
O2	5	5	4	4	5	5	4	4	4	
	6	5	5	5	5	5	3	5	3	
	7	5	5	4	5	5	4	4	3	
	8	5	5	5	4	4	4	4	4	
O3	9	5	5	4	5	5	3	4	3	
	10	4	4	4	3	3	3	4	2	
	11	4	4	3	3	4	3	3	2	
	12	5	5	4	4	4	4	4	3	
M/O		4.8	4.8	4.3	4.3	4.6	3.7	4.3	3.3	

Πίνακας 15: Ερωτηματολόγιο αξιολόγησης των λειτουργικότητας του λογισμικού.

7. Συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνήσει τη δημιουργία νοημάτων με ψηφιακά εργαλεία που σχεδιάσαμε για τη σύγχρονη σωματιδιακή φυσική και βασίστηκαν σε σύγχρονες θεωρίες διδακτικής και παιδαγωγικής. Επιπλέον διερευνήθηκε η αλληλεπίδραση των μαθητών μεταξύ τους, καθώς και η αλληλεπίδραση των μαθητών με τα ψηφιακά δομήματα.

Αφορμή για την διενέργεια αυτής της έρευνας αποτέλεσε η προβληματική που έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια και καταγράφεται στα αποτελέσματα αρκετών σύγχρονων μελετών, όπως είναι αυτές των Trumper, (2006), Jennifer Hurd, (2013), Potvin & Hasni, (2014) και Rocard et al. (2007), οι οποίες αναδεικνύουν μια ιδιαίτερα ανησυχητική αρνητική διάθεση μαθητών της πρωτοβάθμιας αλλά κυρίως της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τις φυσικές επιστήμες.

Πέραν όμως αυτής της προβληματικής το εγχείρημα μας ενέπνευσαν και οι τελευταίες εξελίξεις στον τομέα της σωματιδιακής φυσικής οι οποίες κορυφώθηκαν με την απονομή του νόμπελ Φυσικής για το έτος 2015 στους Takaaki Kajita και Arthur B. McDonald αναφορικά με τις ιδιότητες του νετρίνο.

Ο σχεδιασμός, η δημιουργία και η αξιοποίηση του μικροκόσμου «Εξερευνώντας τα νετρίνο», ο οποίος αποτέλεσε βασικό εργαλείο της παρούσας έρευνας κρίθηκε απαραίτητος για την ενεργοποίηση των μαθητών, την δημιουργία επιστημονικών νοημάτων και την καταγραφή της αλληλεπίδρασης τους, τόσο με το λογισμικό όσο και μεταξύ των ιδίων, κατά την διαδικασία διερεύνησης εννοιών της σωματιδιακής φυσικής.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο 1^ο Πειραματικό γυμνάσιο Πλάκας το διήμερο 16 και 17 Απριλίου 2016. Ο χρόνος που αφιερώθηκε για τη διεξαγωγή της ήταν δύο τρίωρα (ένα κάθε μέρα). Σε αυτή συμμετείχαν δώδεκα μαθητές και μαθήτριες των Β' και Γ' τάξεων του Γυμνασίου, χωρισμένοι σε τρεις μεικτές ομάδες των τεσσάρων ατόμων. Αξίζει να επισημάνουμε σε αυτό το σημείο ότι οι εν λόγω μαθητές δεν είχαν ασχοληθεί στο παρελθόν επισήμως με την συγκεκριμένη θεματική αφού ενότητες που σχετίζονται με την σύγχρονη σωματιδιακή φυσική δεν ανήκουν στην διδακτέα ύλη τους σύμφωνα με τα Α.Π.Σ. και Δ.Ε.Π.Π.Σ. Η μόνη τους επαφή με τα υποατομικά σωματίδια μέσω του επίσημου αναλυτικού προγράμματος είναι μέσω

ενότητα «Υποατομικά σωματίδια και Ιόντα» του μαθήματος της Χημείας της Β' Γυμνασίου.

Τα ερευνητικά ερωτήματα που προέκυψαν με βάση τα ανωτέρω ερεθίσματα και αποτέλεσαν αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι επιγραμματικά τα ακόλουθα:

- Ποια νοήματα δημιουργούν οι μαθητές για τις έννοιες της σωματιδιακής φυσικής με την αξιοποίηση του λογισμικού «Εξερευνώντας το νετρίνο»,
- Οι αλληλεπιδράσεις των υποκειμένων της έρευνας με το λογισμικό που δημιουργήθηκε, ως προς τις λειτουργικότητες του, την επιφάνεια επαφής του και την ανατροφοδότηση που προσφέρει
- Την αλληλεπίδραση των μαθητών μεταξύ τους σε ένα πλαίσιο συνεργατικότητας όπου αξιοποιείται ο μικρόκοσμος αλλά και οι σύγχρονες θεωρίες παιδαγωγικής και διδακτικής.

Η ερευνητική μέθοδος που επιλέχθηκε στο παρόν εγχείρημα έχει «ποιοτικό» πρόσημο και βασίστηκε στην «Έρευνα βασισμένη στον σχεδιασμό» - Design Based Research. Πρόκειται για μια ερευνητική προσέγγιση που κινείται μεταξύ της εμπειρικής έρευνας και των πειραμάτων σχεδιασμού και μας βοηθάει να κατανοήσουμε πως, τότε και με ποιο τρόπο οι εκπαιδευτικές καινοτομίες που σχεδιάζονται και εφαρμόζονται είναι αποτελεσματικές κατά την εφαρμογή τους στον πραγματικό κόσμο.

Οι κατηγορίες ανάλυσης που δημιουργήθηκαν, είναι προσανατολισμένες στην ποιοτική έρευνα και βασίζονται όπως στην *ανάλυση περιεχομένου* (content analysis). Περιλαμβάνουν όπως αναφέραμε στοιχεία από τη *διδασκική των Φυσικών Επιστημών*, τις *διαλογικές αλληλεπιδράσεις των υποκειμένων της έρευνας με το λογισμικό*, τις *αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μελών των ομάδων*, καθώς και σε σύγχρονες θεωρίες μάθησης όπως είναι ο *κονστραξιονισμός*, η *διερεύνηση* και η *μοντελοποίηση*.

Μέσα από την ανάλυση των δεδομένων όπως αυτά αναπτύχθηκαν στην σχετική ενότητα παρουσιάστηκαν στοιχεία που αποδεικνύουν ότι η αλληλεπίδραση των υποκειμένων της έρευνας με τον μικρόκοσμο «Εξερευνώντας τα νετρίνο» συνέβαλε καθοριστικά στη δημιουργία επιστημονικών νοημάτων γύρω από τα φαινόμενα που σχετίζονται με τις έννοιες της σωματιδιακής φυσικής. Παράλληλα τα ευρήματα δείχνουν ότι η αξιοποίηση των τεχνουργημάτων που αξιοποιήθηκαν μπορούν να συμβάλουν στην προσπάθειά των υποκειμένων της έρευνας προς την

κατεύθυνση επίτευξης αυτού του στόχου μέσα από την εργονομική σχεδίαση τους, την εύκολη πρόσβαση στις λειτουργικότητες τους, αλλά και τις ποικίλες μορφές ανατροφοδότησης που προσφέρουν. Επιπρόσθετα παρουσιάστηκαν στοιχεία που δείχνουν ότι η αξιοποίηση του λογισμικού συμβάλει στην αλληλεπίδραση των μαθητών σε ένα πλαίσιο συνεργατικότητας με την συνδρομή σύγχρονων θεωριών διδακτικής και παιδαγωγικής.

Πιο συγκεκριμένα αναφορικά με τη συμβολή του λογισμικού στην κατεύθυνση δημιουργίας επιστημονικών νοημάτων, προκύπτουν σημαντικά ευρήματα μέσα από την ανάλυση των δεδομένων της έρευνας. Έτσι όπως φαίνεται τα ψηφιακά δομήματα που αξιοποιήθηκαν φαίνεται να ενισχύουν τη *διερευνητική* διάσταση της διαδικασίας μέσα από τη δημιουργία ερωτήσεων - υποθέσεων, την εξερεύνηση πειραματισμό (με αξιοποίηση των προσομοιώσεων), την εξαγωγή συμπερασμάτων μέσω ανάλυσης των δεδομένων συζήτησης και επιχειρηματολογίας τόσο μεταξύ των μελών των ομάδων όσο και στην ολομέλεια.

Σημαντικά είναι επίσης τα ευρήματα που σχετίζονται με την διάσταση του *κονστραξιονισμού* και της *μοντελοποίησης*. Αυτά κυρίως αφορούν στην αποδόμηση, αναδημιουργία και τροποποίηση του μικρόκοσμου και σε μικρότερο βαθμό στην δημιουργία τεχνουργήματος από πλευράς των υποκειμένων της έρευνας.

Σχετικά με τις αλληλεπιδράσεις που αφορούν στην αποκρυστάλλωση εννοιών του γνωστικού αντικείμενου τα ευρήματα αναδεικνύουν τον σημαντικό ρόλο της *μοντελοποίησης*. Από την ανάλυση των δεδομένων αυτής της κατηγορίας προκύπτει ότι η διάσταση αυτή συμβάλει σημαντικά στην διασαφήνιση εννοιών και την άρση παρανοήσεων που σχετίζονται με το αντικείμενο της σωματιδιακής φυσικής και πιο συγκεκριμένα πιθανών τρόπων δημιουργίας των νετρίνο μέσω αντιδράσεων διάσπασης (β και μιονίου) απορρόφησης ηλεκτρονίου κ.α που πραγματεύεται ο μικρόκοσμος.

Σχετικά με τις αλληλεπιδράσεις των υποκειμένων της έρευνας με το λογισμικό που δημιουργήθηκε, τα στοιχεία που παρέχονται δείχνουν ότι οι λειτουργικότητες, η σχεδίαση και ανατροφοδότηση που προσφέρει ο μικρόκοσμος έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στη δημιουργία νοημάτων που σχετίζονται με τις έννοιες της σωματιδιακής φυσικής. Η ανάλυση των δεδομένων της συγκεκριμένης κατηγορίας έδειξε ότι τα αντικείμενα της σκηνής είχαν τη μεγαλύτερη συμβολή στην προσπάθεια δημιουργίας επιστημονικών νοημάτων και η συμβολή τους ήταν σημαντική τόσο αναφορικά με την κατανόηση των φαινομένων όσο και στην

αποκρυστάλλωση ιδεών. Σημαντικές ήταν και αναφορές των μαθητών σχετικά με την επίδραση τόσο της παρεχόμενης ανατροφοδότησης (μέσα από τις σχετικές ψηφίδες του μικροκόσμου), όσο και της εργονομίας, της εύκολης και της φιλικής σχεδίασης των χειριστηρίων και της επιφάνειας επαφής του μικροκόσμου. Όλα τα ανωτέρω καταδεικνύουν πόσο σημαντικό ρόλο μπορεί να διαδραματίσει η *μοντελοποίηση* στην δημιουργία επιστημονικών νοημάτων που σχετίζονται με τη διδασκαλία εννοιών της των φυσικών επιστημών.

Αναφορικά με τις διαστάσεις της αλληλεπίδρασης των μαθητών μεταξύ τους σε ένα πλαίσιο συνεργατικότητας όπου αξιοποιείται ο μικρόκοσμος αλλά και οι σύγχρονες θεωρίες παιδαγωγικής και διδακτικής σημαντικά είναι τα ευρήματα που προκύπτουν από την ανάλυση των δεδομένων. Αυτά μας δείχνουν ότι μέσα από την αξιοποίηση του μικροκόσμου «Εξερευνώντας τα νετρίνο» δημιουργούνται οι προϋποθέσεις που ευνοούν την συνεργασία και την αλληλεπίδραση μεταξύ των μελών των ομάδων.

Όλα τα ανωτέρω επιβεβαιώνονται σε μεγάλο βαθμό και από την ανάλυση των αναφορών - απαντήσεων των μαθητών στα δύο τελικά ερωτηματολόγια αξιολόγησης, που σχετίζονται με *συμβολή του λογισμικού στην δημιουργία νοημάτων σχετικών με το γνωστικό αντικείμενο και τις λειτουργικότητες του μικρόκοσμου*, τα οποία παρουσιάστηκαν κατά στην σχετική ενότητα.

Με βάση τα ανωτέρω, θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι τα ευρήματα της παρούσας έρευνας ανέδειξαν την συμβολή του μικρόκοσμου «εξερευνώντας τα νετρίνο» στη δημιουργία επιστημονικών νοημάτων που σχετίζονται με την μελέτη φαινομένων και εννοιών της σωματιδιακής φυσικής. Τονίζεται, επίσης η διάσταση της διαπραγμάτευσης εννοιών μέσα από τις διαλογικές αλληλεπιδράσεις των υποκειμένων της έρευνας τόσο με το λογισμικό, όσο και μεταξύ των μελών των ομάδων κατά την αλληλεπίδρασή τους με τα ψηφιακά δομήματα που βασίστηκαν σε σχεδιαστικές παραδοχές της μοντελοποίησης της διερεύνησης και του κονστραξιονισμού.

Συνοψίζοντας, λοιπόν, θα μπορούσαμε να πούμε ότι μέσα από την σχεδίαση του κατάλληλου πλαισίου, τόσο από παιδαγωγικής όσο και γνωστικής σκοπιάς, η διδακτική αξιοποίηση ψηφιακών εργαλείων μοντελοποίησης, μπορεί να διεγείρει και να ενεργοποιήσει το ενδιαφέρον μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τις φυσικές επιστήμες.

7.1 Περιορισμοί και περαιτέρω έρευνα

Παρότι όπως αναφέραμε η συγκεκριμένη έρευνα μας επέτρεψε να εξάγουμε χρήσιμα αναφορικά με την αξιοποίηση λογισμικών μοντελοποίησης όπως το «Εξερευνώντας τα νετρίνο», μέσα από σχεδίαση του κατάλληλου παιδαγωγικού και διδακτικού πλαισίου, προς την κατεύθυνση δημιουργίας επιστημονικών νοημάτων που σχετίζονται με τις φυσικές επιστήμες, πιστεύουμε ότι χρήζει περαιτέρω διερεύνησης για δύο βασικούς λόγους.

Πρώτον προκειμένου να επιβεβαιωθούν τα ευρήματα μιας έρευνας βασισμένης στον σχεδιασμό, πιστεύουμε ότι πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω ως πιλοτική εφαρμογή σε διαφορετικά σχολικά περιβάλλοντα και σε μεγαλύτερο αριθμό μαθητών. Με αυτό τον τρόπο θα έχουμε την δυνατότητα να καταστήσουμε πιο λειτουργικά και αποτελεσματικά τα ψηφιακά δομήματα στα οποία βασίζεται αλλά και να βελτιώσουμε περεταίρω τον σχεδιασμό των δραστηριοτήτων της.

Επιπρόσθετα, όπως αναφέραμε τόσο στη φάση της ανάλυσης όσο και των συμπερασμάτων, ο χρόνος εφαρμογής της (δύο τρίωρα) δεν ήταν επαρκής για την ολοκλήρωση της τρίτης φάσης, που αφορά στην δημιουργία προσομοιώσεων από τις ομάδες των μαθητών και τον διαμοιρασμό τους. Η φάση αυτή πιστεύουμε ότι θα μας βοηθήσει να εξάγουμε περισσότερα συμπεράσματα αναφορικά με την διάσταση των αλληλεπιδράσεων που αφορούν στην διαπραγμάτευση και αξιολόγηση των τεχνουργημάτων των μαθητών με στόχο την λήψη ανατροφοδότησης από ομοίους.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Ελληνόγλωσσες

Βοσνιάδου Σ, (1998). *Γνωσιακή Ψυχολογία*. Αθήνα: Gutenberg.

Cohen, L., Manion, L., Morrison, K. (2008). *Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας*. Εκδόσεις: Μεταίχμιο.

Κυνηγός Χ., (1995). *Η ευκαιρία που δεν πρέπει να χαθεί. Η υπολογιστική τεχνολογία ως εργαλείο έκφρασης και διερεύνησης στη γενική παιδεία*. Στο: Α. Καζαμιάς και Μ. Κασσωτάκης (Επιμ.), *Ελληνική Εκπαίδευση, Προοπτικές Ανασυγκρότησης και Εκσυγχρονισμού*. Αθήνα: Σείριος.

Κυνηγός, Χ., Δημαράκη, Ε., (2002). *Νοητικά Εργαλεία και Πληροφοριακά Μέσα: Παιδαγωγική Αξιοποίηση της Σύγχρονης Τεχνολογίας για τη Μετεξέλιξη της Εκπαιδευτικής Πρακτικής*. Αθήνα: Καστανιώτη.

Κυνηγός Χ. (2011). *Το Μάθημα της Διερεύνησης. Παιδαγωγική αξιοποίηση της Σύγχρονης Τεχνολογίας για τη διδακτική των μαθηματικών: Από την Έρευνα στη Σχολική Τάξη*. Αθήνα: Τόπος.

Κυνηγός Χ., Γιαννούτσου Ν., Μουστάκη Φ., Ψυχάρης Γ., Γαβρίλης Κ., Λάτση Μ., Σμυρναίου Ζ., Δασκολιά Μ., Ξένος Μ., & Ζάντζος Γ., Γλέζου, Κ. & Τζιμόπουλος Ν. (Επιμ.) (2011), *Πρακτικά Εργασιών 6ου Πανελλήνιου Συνεδρίου των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στη Διδακτική Πράξη»*, σ. 1-5. Σύρος, 6-8 Μαΐου 2011.

Κόμης Β., Ράπτης Α., Πολίτης Π., Δημητρακοπούλου Α., (2004). *Εκπαιδευτικά Λογισμικά Μοντελοποίησης στις Φυσικές Επιστήμες*, Στο Ι. Κεκκές (Επιμ). *Νέες Τεχνολογίες και Εκπαίδευση: Θέματα Σχεδιασμού, Κοινωνικές και Φιλοσοφικές Επεκτάσεις*, Εκδόσεις Ατραπός, Ένωση Ελλήνων Φυσικών , σελ..113-135.

Ράπτης Α. & Ράπτη Α, (2002). *Μάθηση και Διδασκαλία στην Κοινωνία της Πληροφορίας, Ολική Προσέγγιση*. Αθήνα.

Σμυρναίου Ζ. (2007): *Εκπαίδευση και τεχνολογία: Εφαρμογές των τεχνολογιών της πληροφορίας και των επικοινωνιών στην εκπαίδευση*. Ηρόδοτος: Αθήνα

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

Στυλιανίδου Φ, Κουλουρής Π. Σωτηρίου Σ. (2011): Τρόποι προαγωγής της διερευνητικής μάθησης των Φυσικών επιστημών με την αξιοποίηση των ΤΠΕ. Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου συνεδρίου. Ένταξη και χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική διαδικασία. Πάτρα 28 – 30/4/2011.

Ξενόγλωσσες

Ackermann, E. K. (2013). Programming for the natives: What is it? What's in it for the kids? *Tecnologias, Sociedade e Conhecimento*, 1(1), 133-149.

Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: a social cognitive theory*. Englewood Cliffs. NJ: Prentice-Hall.

Baytak, A., Land, S. & Smith B.,(2011). Children as educational computer game designers: an exploratory study. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, Vol 10, (No 4).

Collective, T. D.-B. R. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 5–8.

Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15–42.

de Jong, T. & van Joolingen, W. R., (2008). Model-Facilitated Learning. In: J. M. Spector, M. D. Merrill, J. van Merriënboer & M. P. Driscoll, eds. *Handbook of*

research on educational communications and technology (3rd edition). New York: Lawrence Erlbaum, p. 457–468.

Jennifer Hurd. (2013, November 4). Lack of interest in science is hurting the economy. Retrieved from <http://thevarsity.ca/2013/11/04/lack-of-interest-in-science-is-hurting-the-economy/>

Kafai, Y. B., & Resnick, M. (Eds.). (1996). *Constructionism in practice: Designing, thinking, and learning in a digital world*. Routledge.

Linn, M. C. (2013). *Internet Environments for Science Education*. Routledge.

Mayring, Philipp (2000). Qualitative Content Analysis [28 paragraphs]. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, 1(2), Art. 20, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs0002204>.

McKenney, S., & Reeves, T. C. (2014). Educational Design Research. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen, & M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 131–140). New York, NY: Springer New York. Retrieved from http://link.springer.com/10.1007/978-1-4614-3185-5_11

Orfanos, S., & Dimitracopoulou, A. (2003). Technology based modeling activities and the contribution to learning concepts' relations in physics. In *Proceedings of II International Conference on multimedia ICT's in Education* (pp. 1353–1357). Retrieved from http://www.ltee.gr/uploads/ltee_pubs/ad_orfanos-dimitracopoulou-m-icte-congress%20Spain%202003.pdf

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

Papert, S. (1991). Situating constructionism. In I. Harel & S. Papert (Eds.), *Constructionism*. Norwood, NJ: Ablex Publishing.

Pedaste, M. et al (2015): Phases of inquiry based learning: Definitions and the inquiry cycle. Educational research review. DOI 10.1016/j.edurev.2015.02.003

Pedaste, M., Mäeots, M., Leijen, Ä., & Sarapuu, S. (2012). Improving students' inquiry skills through reflection and self-regulation scaffolds. Technology, Instruction, Cognition and Learning, 9, 81–95.

Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: a systematic review of 12 years of educational research. Studies in Science Education, 50 (1), 85–129.
<https://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626>

Rocard, M., Hemmo, V., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Wallberg-Henriksson H. (2007). European Commission - Science Education NOW: A renewed Pedagogy for the Future of Europe: Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. ISBN 978-92-79-05659-8

Prensky, M., (2005). “Engage Me or Enrage Me”. What today’s learners demand. *Educause review* (Sept/Oct 2005) 60-63.

Smyrniou, Z., Moustaki, F., Kynigos, C., (2012): *Student’s constructionst game modeling activities as part of inquiry learning processes*. Electronic Journal of e-learning vol 10 issue 2.

Smyrniou, Z., & Weil-Barais, A. (2004). Cognitive evaluation of a technology based learning environment for scientific education. In Computer Based Learning in Sciences, Proceedings of Sixth International Conference, CBLIS (pp. 5–10). Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Zacharoula_Smyrniou/publication/228464437_Cognitive_evaluation_of_a_technology_based_learning_environment_for_scientific_education/links/543785c40cf2590375c526e9.pdf

Trumper, R. (2006). Factors Affecting Junior High School Students' Interest in Physics. *Journal of Science Education and Technology*, 15(1), 47–58.
<https://doi.org/10.1007/s10956-006-0355-6>

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. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.10.012>

The 2015 Nobel Prize in Physics - Press Release. (n.d.). Retrieved October 16, 2016, from https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2015/press.html

Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational technology research and development*, 53(4), 5-23.