

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΔΙΪΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ»

«Σχεδίαση, ανάπτυξη και πιλοτική αξιολόγηση ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων για τον ηλεκτρισμό.»

Ευγενία Τσοπουζίδου (Α.Μ. 22)

Επιβλέπων Καθηγητής: Αναστάσιος Μικρόπουλος, Καθηγητής, Κοσμήτορας Σχολής Επιστημών Αγωγής, Διευθυντής Εργαστηρίου Εφαρμογών Εικονικής Πραγματικότητας στην Εκπαίδευση, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Ιωάννινα 2022

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΔΙΪΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ»

«Σχεδίαση, ανάπτυξη και πιλοτική αξιολόγηση ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων για τον ηλεκτρισμό.»

Ευγενία Τσοπουζίδου (Α.Μ. 22)

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία υποβλήθηκε στο Τμήμα Παιδαγωγικού Δημοτικής Εκπαίδευσης, επισπεύδον Τμήμα του ΔιΪδρυματικού Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών για την απόκτηση του μεταπτυχιακών τίτλου σπουδών ειδίκευσης στη «Διδακτική και Τεχνολογίες Μάθησης των Φυσικών Επιστημών».

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

- 1^ο Μέλος: Αναστάσιος Μικρόπουλος, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
- 2^ο Μέλος: Κωνσταντίνος Κώτσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
- 3^ο Μέλος: Κωνσταντίνος Γαβριλάκης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Ιωάννινα 2022

Υπεύθυνη Δήλωση

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας της παρούσας Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας.

Κάθε βιβλιογραφική αναφορά και άλλη βοήθεια που προσφέρθηκε στην εκπόνησή της αναφέρεται στο κείμενο. Η εργασία ακολουθεί τους κανόνες ηθικής και δεοντολογίας του Διϊδρυματικού Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών και των συνεργαζόμενων Πανεπιστημίων.

Ο/ Η συγγραφέας της εργασίας

[Υπογραφή]

Τσοπουζίδου Ευγενία

Πνευματικά δικαιώματα

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή μέρους ή του συνόλου της παρούσας Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας.

Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για εκπαιδευτικό ή ερευνητικό σκοπό, μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

Η έγκριση της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας από το Διϊδρυματικό Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών και τα συνεργαζόμενα Πανεπιστήμια δεν δηλώνει απαραίτητα την αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες

Περίληψη

Εισαγωγή

1. Θεωρητικό πλαίσιο

1.1. Ανοικτοί εκπαιδευτικοί πόροι

1.2. Ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα

1.2.1. Ορισμός ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων

1.2.2. Χαρακτηριστικά ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων

1.2.3. Μεταδεδομένα ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων

1.2.4. Αποθετήρια ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων

1.3. Ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα στην εκπαιδευτική διαδικασία

1.4. Σχεδιασμός και ανάπτυξη ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων

1.5. Αξιολόγηση ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων

1.6. Εναλλακτικές ιδέες μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες

2. Μεθοδολογία

2.1. Σκοπός και ερευνητικοί στόχοι

2.2. Διαδικασία

2.2.1. Επιλογή περιεχομένου των ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων

2.2.2. Σχεδιασμός και ανάπτυξη ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων

2.2.2.1. Διαφορά δυναμικού και ηλεκτρικό ρεύμα

2.2.2.2. Ηλεκτρική ενέργεια

2.2.2.3. Στατικός ηλεκτρισμός

2.2.2.4. Ηλεκτρική αγωγιμότητα νερού

2.2.3. Πιλοτική αξιολόγηση ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων

2.2.3.1. Δείγμα

2.2.3.2. Εργαλείο αξιολόγησης

2.2.3.3. Διαδικασία αξιολόγησης

3. Αποτελέσματα

3.1. Αποτελέσματα για το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο: «Διαφορά δυναμικού και ηλεκτρικό ρεύμα»

3.2. Αποτελέσματα για το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο: «Ηλεκτρική ενέργεια»

3.3. Αποτελέσματα για το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο: «Στατικός ηλεκτρισμός»

3.4. Αποτελέσματα για το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο: «Αγωγιμότητα του νερού»

4. Συζήτηση και συμπεράσματα

Αναφορές

Παράρτημα

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στη διαδικασία εκπόνησής της.

Αρχικά, ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Αναστάσιο Μικρόπουλο, τόσο για την επιστημονική του καθοδήγηση και τις υποδείξεις, όσο και για την υπομονή του καθ' όλη τη διάρκεια της αρμονικής συνεργασίας μας.

Η ολοκλήρωση της εργασίας αυτής δε θα ήταν εφικτή, επίσης, χωρίς την πολύτιμη επαγγελματική βοήθεια του καλού μου φίλου και εξαιρετικού καλλιτέχνη, Ιωάννη Σίμου, που με τόσο υπομονή και μεράκι συνέβαλε στη δημιουργία των περισσότερων γραφικών που ενσωματώθηκαν στα ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα. Ευχαριστώ, ακόμα, μέσα από την καρδιά μου τον αγαπημένο μου δάσκαλο, Κωνσταντίνο Αλμπανίδη, τόσο για τις συμβουλές του όσο και για την υπομονή του για όλες τις απορίες που είχα όλο αυτό το διάστημα.

Τέλος, ευχαριστώ και στέλνω την αγάπη και την ευγνωμοσύνη μου στο σύντροφό μου Νάσο και στους γονείς μου, Σίμο και Δήμητρα, για τη συμπαράστασή τους και τη ψυχολογική υποστήριξη.

Περίληψη

Τα ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα αποτελούν ένα από τα ποικίλα σύγχρονα εργαλεία μάθησης για εκπαιδευόμενους όλων των ηλικιών και ιδιαίτερα όταν εντάσσονται στα πλαίσια μελέτης των Φυσικών Επιστημών. Όταν σχεδιάζονται και ενσωματώνονται κατάλληλα στις διαδικασίες μάθησης βοηθούν στην επίτευξη των μαθησιακών στόχων και τον επαναπροσδιορισμό των πρωταρχικών ιδεών που έχουν οι μαθητές για φυσικά φαινόμενα και έννοιες. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας αναπτύχθηκαν τέσσερα ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα Φυσικής που απευθύνονται κυρίως σε μαθητές της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και καλύπτουν θέματα που αφορούν τον ηλεκτρισμό. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την υλοποίησή τους περιλάμβανε την αναζήτηση εναλλακτικών ιδεών μαθητών σε θέματα ηλεκτρισμού, το σχεδιασμό των μαθησιακών αντικειμένων με βάση τα χαρακτηριστικά που τα καθιστούν αποτελεσματικά στην εκπαίδευση, την ανάπτυξή τους με τη χρήση του λογισμικού Construct 2 και, τέλος, την πιλοτική αξιολόγησή τους από εκπαιδευτικούς δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Τα τέσσερα ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα πραγματεύονται την ηλεκτρική ενέργεια, το στατικό ηλεκτρισμό, τη σχέση διαφοράς δυναμικού και ηλεκτρικού ρεύματος, την ηλεκτρική αγωγιμότητα των υδατικών διαλυμάτων και αποτελούν οπτικές δυναμικές αναπαραστάσεις φαινομένων καθημερινής ζωής. Κατά την πιλοτική μελέτη, οι εκπαιδευτικοί αξιολόγησαν θετικά το περιβάλλον γραφικών, την ανατροφοδότηση, τον αναστοχασμό καθώς και το διερευνητικό χαρακτήρα των ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων. Αντιθέτως, ενστάσεις υπήρξαν σε θέματα που αφορούν την επαναχρησιμοποίησή τους σε διαφορετικά διδακτικά πλαίσια. Ακόμα, η αξιολόγηση ανέδειξε το γεγονός ότι τα εν λόγω μαθησιακά αντικείμενα ικανοποιούν τους διδακτικούς στόχους για τους οποίους σχεδιάστηκαν και προσθέτουν παιδαγωγική αξία στα θέματα που πραγματεύονται καθώς βασίζονται σε εναλλακτικές ιδέες μαθητών στον ηλεκτρισμό ενώ παράλληλα μελετούν φαινόμενα καθημερινής ζωής. Όσον αφορά τα φαινόμενα που μελετούν και το αν αυτά θα μπορούσαν να αναπαρασταθούν χωρίς τη χρήση τεχνολογίας, η αξιολόγηση ανέδειξε την έμφαση στη μικροσκοπική ερμηνεία των φαινομένων.

Λέξεις κλειδιά: ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα, φυσική, ηλεκτρισμός, φυσικές επιστήμες, εκπαίδευση, δευτεροβάθμια εκπαίδευση, digital learning objects, physics, natural sciences, learning.

Εισαγωγή

Όσο οι μαθητές έρχονται σε επαφή με θέματα που πραγματεύεται η Φυσική, μπορούν σταδιακά να σχηματίζουν τη δική τους άποψη για αυτή καθώς και για τον τρόπο με τον οποίο διδάσκεται από τους εκπαιδευτικούς. Για τους εκπαιδευόμενους η Φυσική είναι ενδιαφέρουσα αλλά και απαιτητική ταυτόχρονα: φορμαλιστική από τη φύση της, αλλά και άμεσα συνδεδεμένη με την καθημερινή τους ζωή και όλα τα φαινόμενα που την απαρτίζουν (Angell κ.α., 2004). Οι μαθητές εκφράζουν την ανάγκη τους να κατανοούν σε βάθος τις έννοιες της Φυσικής, καθώς η απλή αποστήθισή τους φαίνεται ανεπαρκής, ενώ παράλληλα αποζητούν το να δίνεται περισσότερη έμφαση σε ποιοτικές αναλύσεις όσον αφορά τις έννοιες που διδάσκονται (Angell κ.α., 2004). Κατά τους Redish και Steinberg (1999), δύο είναι οι στόχοι που πρέπει να κατακτήσουν οι μαθητευόμενοι προκειμένου να αποκτήσουν δεξιότητες να διαχειρίζονται είτε απλά είτε σύνθετα προβλήματα Φυσικής: η εξοικείωση με τις φυσικές έννοιες και η απόκτηση των κατάλληλων γνωστικών στάσεων. Οι παραπάνω απόψεις είναι αναγκαίο να λαμβάνονται υπόψη για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, την οργάνωση των κατάλληλων σεναρίων διδασκαλίας και τον τρόπο με τον οποίο μπορούν τα σεναρία αυτά να υλοποιηθούν.

Η ανάγκη, λοιπόν, για σύγχρονες μεθόδους διδασκαλίας έχει δημιουργηθεί εδώ και δεκαετίες, ενώ η γρήγορη τεχνολογική ανάπτυξη έχει οδηγήσει την ενσωμάτωση των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) στα σύγχρονα περιβάλλοντα μάθησης (Κοντογεωργίου & Κολοκοτρώνης, 2013). Οι ΤΠΕ αξιοποιούνται, μεταξύ των άλλων, και στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με χρήση εργαλείων μοντελοποίησης, οπτικοποίησης και προσομοίωσης, όταν πρόκειται να μελετηθούν φυσικά φαινόμενα του μικρόκοσμου ή του μακρόκοσμου και ιδιαίτερα όταν πρόκειται να μελετηθούν αφηρημένες έννοιες (Johnassen, 2003). Ο Μικρόπουλος (2002) προτείνει την ενσωμάτωση των παραπάνω εργαλείων σε εκπαιδευτικά λογισμικά με σκοπό την οικοδόμηση της γνώσης. Για να καταστεί δυνατή η οικοδόμηση της γνώσης, τα εκπαιδευτικά περιβάλλοντα θα πρέπει να παρέχουν δράσεις «εμφανείς, σταδιακές και αναστρέψιμες από το μαθητή», με τον ίδιο να χειρίζεται απευθείας τα αντικείμενα των περιβαλλόντων. Ακόμη, έμφαση θα πρέπει να δίνεται στις αλληλεπιδραστικές διαδικασίες, σύμφωνα με τις αρχές του εποικοδομητισμού (Κοντογεωργίου & Κολοκοτρώνης, 2013), ενώ η διδασκαλία θα πρέπει να αποκτά μεγαλύτερο μαθητοκεντρικό χαρακτήρα (Angell κ.α., 2004). Οι ΤΠΕ μπορούν να υποστηρίξουν τέτοιου είδους διαδικασίες με τα περιβάλλοντα που προσφέρουν και τις αντίστοιχες δυνατότητές τους.

1. Θεωρητικό πλαίσιο

1.1. Ανοικτοί Εκπαιδευτικοί Πόροι

Στα πλαίσια της άποψης ότι η γνώση αποτελεί ένα παγκόσμιο αγαθό που μοιράζεται με όλους, αναπτύχθηκε και εξελίσσεται το κίνημα της τεχνολογίας, και πιο συγκεκριμένα το κίνημα του διαδικτύου, το οποίο προσφέρει σε όλους τη σημαντική δυνατότητα να μοιράζονται, να χρησιμοποιούν αλλά και να επαναχρησιμοποιούν ελεύθερα τη γνώση. Οι Ανοικτοί Εκπαιδευτικοί Πόροι είναι μέρος αυτής της γνώσης που αποτελεί τα θεμελιώδη στοιχεία της εκπαίδευσης: το περιεχόμενο και τα κατάλληλα εργαλεία για τη διδασκαλία, τη μάθηση και την έρευνα (Atkins κ.α., 2007).

Κατά τον Wiley (2010) ο χαρακτηρισμός «ανοικτοί» συνδέεται τόσο με το κόστος όσο και με τις σχετικές άδειες χρήσης και τα πνευματικά δικαιώματα. Αυτό σημαίνει πως ένας πόρος που θεωρείται ανοικτός, διατίθεται δωρεάν και παρέχει ταυτόχρονα την άδεια σε αυτόν που γίνεται κάτοχός τους να τον επαναχρησιμοποιήσει, να τον επεξεργαστεί (όπως για παράδειγμα να τον μεταφράσει σε άλλη γλώσσα), να ενσωματώσει το περιεχόμενό του σε ένα άλλο δημιουργώντας κάτι νέο, καθώς επίσης και να διανέμει το πρωτότυπο ή ένα επεξεργασμένο αντίγραφο του σε άλλα πρόσωπα. Όλα τα παραπάνω εστιάζουν στη χορήγηση αδειών που ρυθμίζονται από τα πνευματικά δικαιώματα. Για το λόγο αυτό, πολλοί ορισμοί για τους ανοικτούς εκπαιδευτικούς πόρους περιλαμβάνουν τις άδειες χρήσης ως βασικό στοιχείο που τους χαρακτηρίζουν (Wiley κ.α., 2014).

Σύμφωνα με την Creative Commons (creativecommons.org), οι ανοικτοί εκπαιδευτικοί πόροι ορίζονται ως το διδακτικό, μαθησιακό και ερευνητικό υλικό το οποίο είτε διατίθεται δημόσια είτε αδειοδοτείται με τρόπο τέτοιο ώστε να παρέχει σε όλους δωρεάν και διαρκή άδεια για χρήση και επαναχρησιμοποίηση. Επεκτείνοντας τις δυνατότητες των ανοικτών εκπαιδευτικών πόρων, η UNESCO (unesco.org) παραθέτει την παραπάνω περιγραφή του όρου τονίζοντας επιπρόσθετα τη δυνατότητα για προσαρμογή και αναδιανομή από τους χρήστες. Στην κατηγορία των ανοικτών εκπαιδευτικών πόρων ανήκουν το υλικό διαλέξεων, τα σχολικά εγχειρίδια, τα βίντεο, τα τεστ αξιολόγησης, το λογισμικό και οποιοδήποτε εργαλείο, υλικό ή τεχνική χρησιμοποιείται για να υποστηρίξει την πρόσβαση στη γνώση (Atkins κ.α., 2007). Αναλυτικότερα, οι ανοικτοί εκπαιδευτικοί πόροι μπορεί να περιλαμβάνουν (Hylén, 2006):

- Μαθησιακό περιεχόμενο: πλήρη μαθήματα, ενότητες εκπαιδευτικών προγραμμάτων, μαθησιακά αντικείμενα, συλλογές, περιοδικά κ.α.
- Εργαλεία: Λογισμικό που υποστηρίζει την ανάπτυξη, χρήση, επαναχρησιμοποίηση και παράδοση του μαθησιακού περιεχομένου. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται η αναζήτηση και οργάνωση του περιεχομένου, τα συστήματα διαχείρισης περιεχομένου και μάθησης, καθώς και τα εργαλεία ανάπτυξης περιεχομένου.
- Πόρους υλοποίησης: Άδειες πνευματικής ιδιοκτησίας για την ανοικτή δημοσίευση του εκάστοτε υλικού καθώς και αρχές σχεδιασμού μαθησιακού περιεχομένου.

Για έναν εκπαιδευτικό οι ανοικτοί εκπαιδευτικοί πόροι θεωρούνται χρήσιμοι καθώς μπορούν να μειώσουν σημαντικά το χρόνο προετοιμασίας των διαλέξεων και της διδασκαλίας γενικότερα (Wenk, 2010). Το βασικότερο όφελος της χρήσης ανοικτών εκπαιδευτικών πόρων όμως δεν αφορά τόσο την εξοικονόμηση ακαδημαϊκού χρόνου όσο το γεγονός ότι η μάθηση αποδεικνύεται εμφανώς πιο βελτιωμένη (Hatzirapanagos & Gregson, 2015). Τα παραπάνω απαιτούν βέβαια όχι μόνο το να μπορεί ο εκπαιδευτικός πόρος να εντοπιστεί εύκολα και γρήγορα, αλλά και να είναι κατάλληλος για το εκπαιδευτικό πλαίσιο στο οποίο τοποθετείται (Wenk, 2010). Για να βρεθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν ευρέως, οι ανοικτοί εκπαιδευτικοί πόροι πρέπει να περιλαμβάνουν τρία στοιχεία: το ίδιο το περιεχόμενο, τα κατάλληλα μεταδεδομένα (τα οποία περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω) και μια τεκμηρίωση που περιγράφει τη δομή του πόρου από διδακτική και τεχνική άποψη (Wenk, 2010). Γενικότερα, φαίνεται ότι υπάρχει μια προτίμηση σε ανοικτούς εκπαιδευτικούς πόρους

οι οποίοι έχουν ένα συγκεκριμένο και ορθά οριοθετημένο περιεχόμενο καθώς και προφανείς διδακτικούς στόχους (Hatzipanagos & Gregson, 2015).

1.2. Ψηφιακά Μαθησιακά Αντικείμενα

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα μαθησιακά αντικείμενα ανήκουν στην κατηγορία των ανοικτών εκπαιδευτικών πόρων. Ο χαρακτηρισμός «ψηφιακά» δόθηκε μεταγενέστερα στα μαθησιακά αντικείμενα, εντάσσοντάς τα στο σύγχρονο τεχνολογικό πλαίσιο. Παρακάτω περιγράφεται ο ορισμός των ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων, τα βασικότερα χαρακτηριστικά τους, καθώς και το μέρος που μπορεί κάποιος να τα εντοπίσει.

1.2.1. Ορισμός ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων

Πολλοί ορισμοί έχουν δοθεί για να περιγράψουν τα Μαθησιακά Αντικείμενα και τα Ψηφιακά Μαθησιακά Αντικείμενα (ΨΜΑ), μερικοί εκ των οποίων προσεγγίζουν την έννοια με διαφορετικό τρόπο ή με τρόπο που συμπληρώνει ορισμούς που έχουν διατυπωθεί προγενέστερα.

Μαθησιακό αντικείμενο κατά τον Polsani (2003), είναι μια ανεξάρτητη και αυτοδύναμη μονάδα μαθησιακού περιεχομένου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλαπλά εκπαιδευτικά πλαίσια. Σύμφωνα τον Polsani, ακόμα και μια απλή εικόνα μπορεί να αποτελεί μαθησιακό αντικείμενο. Ένας άλλος γενικός ορισμός, περιγράφει τα ΨΜΑ ως «οποιοσδήποτε ψηφιακός πόρος που μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί ώστε να υποστηρίξει τη μάθηση» (Wiley, 2000). Οι δύο παραπάνω ορισμοί, αναφέρονται σε μαθησιακά αντικείμενα, ψηφιακά ή μη, οι οποίοι διατυπώνονται με βάση τις αρχές της επαναχρησιμοποίησης και, κυρίως, της μάθησης. Κατά τον Johnson (2003), ο διαχωρισμός των ΨΜΑ από τα υπόλοιπα στοιχεία που θεωρούνται απλώς «αντικείμενα» (όπως κείμενα, φωτογραφίες, βίντεο κ.α.), έγκειται στο γεγονός ότι τα ΨΜΑ συνδέονται άμεσα με τις διαδικασίες της μάθησης.

Οι περισσότεροι ορισμοί που διατυπώθηκαν συνδέουν τα ΨΜΑ με τις διαδικασίες μάθησης, μερικοί όμως είναι αυτοί που τα έχουν συνδέσει με την ύπαρξη συγκεκριμένου εκπαιδευτικού σκοπού. Σύμφωνα με τον McGreal (2004), το ΨΜΑ μπορεί να οριστεί ως «οποιοσδήποτε επαναχρησιμοποιήσιμος ψηφιακός πόρος μπορεί να περιληφθεί σε μια διαδικασία μάθησης με συγκεκριμένο εκπαιδευτικό σκοπό». Κατά την Metros (2002), τα μαθησιακά αντικείμενα συγχέονται συχνά με «αντικείμενα πληροφορίας». Και τα δύο μπορεί να έχουν ως στόχο την μάθηση, αλλά τα μαθησιακά αντικείμενα είναι αυτά που πρέπει να συνδέονται άμεσα με μαθησιακούς στόχους, πλαίσια διδακτικής αξιολόγησης, ή με άλλα στοιχεία διδασκαλίας.

Άλλοι ορισμοί περιγράφουν τα μαθησιακά αντικείμενα ως «πακεταρισμένη γνώση». Στην ουσία αποτελούν τύπους αυτοτελών και επαναχρησιμοποιήσιμων ψηφιακών πόρων μάθησης, με την έννοια ότι ο στόχος τους είναι να παρέχουν γνώση εκπληρώνοντας ένα συγκεκριμένο εκπαιδευτικό σκοπό (Cohen & Nycz, 2006; Barajas κ.α., 2009). Γενικά, οι περισσότεροι ορισμοί για τα ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα, βασίζονται σε συγκεκριμένα βασικά χαρακτηριστικά όπως η επαναχρησιμοποίηση, η ανεξαρτησία/αυτοδυναμία τους και η άμεση συσχέτισή τους με μαθησιακούς στόχους.

Στην εργασία αυτή, ακολουθώντας τον ορισμό του Polsani (2003) για τα μαθησιακά αντικείμενα και θέλοντας να δώσουμε ένα ορισμό για τα ΨΜΑ, αποδομούμε τον όρο «Ψηφιακό Μαθησιακό Αντικείμενο» και ορίζουμε το «αντικείμενο» ως ένα αυτοτελές και επαναχρησιμοποιήσιμο πακέτο το οποίο είναι «ψηφιακό», δηλαδή σχεδιάζεται και χρησιμοποιείται με χρήση τεχνολογιών και ταυτόχρονα «μαθησιακό» με την έννοια ότι δημιουργήθηκε με κάποιο συγκεκριμένο μαθησιακό σκοπό και μπορεί να συμπεριληφθεί σε διαδικασίες μάθησης.

1.2.2. Χαρακτηριστικά Ψηφιακών Μαθησιακών Αντικειμένων

Τα ΨΜΑ, σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, χαρακτηρίζονται από: επαναχρησιμοποίηση, προσβασιμότητα, αναλυτικότητα, ανακαλυψιμότητα, διαλειτουργικότητα, προσαρμοστικότητα, ανθεκτικότητα, παραγωγικότητα και διαχειριστικότητα. Παρακάτω, αναλύονται τα βασικά αυτά χαρακτηριστικά:

Επαναχρησιμοποίηση (Reusability)

Κατά τον Smith (2004), ένα ΨΜΑ δεν “καταναλώνεται” όταν κάποιος το χρησιμοποιεί, αλλά αντιθέτως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από άλλους χρήστες χωρίς κάποια επιπλέον τροποποίηση ή κόστος. Έτσι λοιπόν τα ΨΜΑ είναι επαναχρησιμοποιήσιμα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν από ένα μεγάλο πληθυσμό χρηστών, ειδικά όταν αυτά τοποθετούνται σε οργανωμένα αποθετήρια που περιλαμβάνουν τα σωστά εργαλεία αναζήτησης (Agostinho κ.α., 2004).

Η επαναχρησιμοποίηση ως χαρακτηριστικό, προσδίδει την ικανότητα σε ένα ψηφιακό εργαλείο το οποίο σχεδιάστηκε για ένα συγκεκριμένο μαθησιακό πλαίσιο, να είναι διαθέσιμο ώστε να χρησιμοποιηθεί σε ένα άλλο μαθησιακό πλαίσιο (Elliott & Sweeney, 2008). Η ευελιξία των ΨΜΑ είναι αυτή που καθορίζει το βαθμό επαναχρησιμοποίησης: Όσο πιο ανεξάρτητο από ένα συγκεκριμένο μαθησιακό πλαίσιο είναι, τόσο πιο μεγάλο είναι το επίπεδο επαναχρησιμοποίησής τους (Günger, 2013). Πέραν της ευελιξίας, το χαρακτηριστικό αυτό συνδέεται άμεσα και με την ποιότητα του ΨΜΑ καθώς και με όλα αυτά τα στοιχεία που το καθιστούν ικανό να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικά πλαίσια (Sinclair κ.α., 2013). Πιο συγκεκριμένα, το στοιχείο περιεχόμενου ενός ΨΜΑ θα πρέπει να είναι ανεξάρτητα από εξωτερικές αναφορές ή πηγές που είναι δύσκολο να ενσωματωθούν στο νέο περιεχόμενο (Sinclair κ.α., 2013).

Προσβασιμότητα (Accessibility)

Με τον όρο «προσβασιμότητα» περιγράφεται η δυνατότητα πρόσβασης στο ΨΜΑ από οπουδήποτε. Βέβαια, ο όρος αυτός δεν περιορίζεται μόνο σε πλαίσια που αφορούν τον χώρο και τον τόπο. Για παράδειγμα, σύμφωνα με Smith (2004), η προσβασιμότητα αναφέρεται στο κατά πόσο μπορούν τα άτομα που χρειάζονται υποστηρικτική τεχνολογία ή που έχουν οπτικές, ακουστικές, σωματικές ή άλλες αναπηρίες, μπορούν να αντιληφθούν και να χρησιμοποιήσουν το περιεχόμενο ενός ΨΜΑ. Ως εκ τούτου, η χρήση προσβάσιμων ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων μπορεί να ενισχύσει η μάθηση ατόμων με ειδικές ανάγκες (Sinclair κ.α., 2013). Για να επιτευχθεί αυτό φυσικά, το τεχνικό κομμάτι ενός ΨΜΑ θα πρέπει να υποστηρίζει την υποβοηθητική τεχνολογία (όπως συσκευές ανάγνωσης οθόνης και εναλλακτικές συσκευές εισόδου/εξόδου) για τους χρήστες που το χρειάζονται.

Αναλυτικότητα (Granularity)

Η αναλυτικότητα αναφέρεται στο μέγεθος ενός ΨΜΑ όσον αφορά την ποσότητα της πληροφορίας και το περιεχόμενό του (Atkins et. al., 2007 ; McGreal & Roberts, 2004). Σύμφωνα με τους Thompson και Yonekura (2005) η αναλυτικότητα του περιεχομένου είναι αυτή που παίζει καθοριστικό ρόλο στο μέγεθος του ΨΜΑ και επηρεάζει την ελάχιστη και μέγιστη χρονική διάρκεια χρήσης του. Προτείνουν η διάρκεια ενός ΨΜΑ να μην είναι λιγότερο από πέντε λεπτά, ώστε να μην υποβιβαστεί η εκπαιδευτική του χρησιμότητα, και ταυτόχρονα να μη ξεπερνά τα δεκαπέντε λεπτά, ώστε να μην προκύψει τελικά υπερβολική ποσότητα πληροφοριών που παρουσιάζονται. Ωστόσο, οι Sinclair κ.α. (2013) επισημαίνουν ότι το μέγεθος ενός ΨΜΑ μπορεί να ποικίλλει σε περιπτώσεις όπου οι ανάγκες ή ο σκοπός του χρήστη διαφέρουν.

Η αναλυτικότητα συνδέεται με την επαναχρησιμοποίηση ενός ΨΜΑ, καθώς καθορίζει τη δυνατότητά του να αναλυθεί σε επιμέρους τμήματα τα οποία μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Όσο πιο

αναλυτικό είναι ένα ΨΜΑ, τόσο πιο μεγάλη είναι η πιθανότητα να επαναχρησιμοποιηθεί (Gürer, 2013).

Ανακαλυψιμότητα (Discoverability)

Αναφέρεται στην ευκολία εντοπισμού ενός ΨΜΑ, μέσα από μια μηχανή αναζήτησης. Αυτό που χαρακτηρίζει την ανακαλυψιμότητα ενός ΨΜΑ, είναι τα μεταδεδομένα του: Όταν κάποιος εισάγει όρους αναζήτησης, ώστε να βρει μαθησιακά αντικείμενα σε συλλογές, τα μεταδεδομένα είναι αυτά που επισυνάπτονται στα υπό αναζήτηση αντικείμενα (Smith, 2004).

Διαλειτουργικότητα (Interoperability)

Τα ΨΜΑ πρέπει να είναι σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ανεξάρτητα από τους μηχανισμούς, προκειμένου να μην περιορίζεται η επαναχρησιμοποίησή τους (Gürer, 2013). Πρέπει να χαρακτηρίζονται, δηλαδή, από διαλειτουργικότητα. Σύμφωνα με το χαρακτηριστικό αυτό, τα ΨΜΑ μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διαφορετικά λειτουργικά συστήματα, υλικό ή φυλλομετρητές (Gürer, 2013). Μέσω της διαλειτουργικότητας, το περιεχόμενο που προέρχεται από διάφορες πηγές μπορεί να αποθηκευτεί σε μικρά «κομμάτια» σε μια βάση δεδομένων, ώστε τα δεδομένα που έχουν αποθηκευτεί σε ένα λειτουργικό σύστημα να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε ένα άλλο (Χuan κ.α., 2004).

Προσαρμοστικότητα (Adaptability)

Καθώς η διαφορετικές ανάγκες των ατόμων στη μάθηση το απαιτούν, τα ΨΜΑ υποστηρίζουν μια προσέγγιση κατά την οποία η διδακτική πράξη προσαρμόζεται και η μάθηση γίνεται εξατομικευμένη (Gürer, 2013). Η προσαρμοστικότητα ενός ΨΜΑ είναι το χαρακτηριστικό αυτό που επιτρέπει στους χρήστες να έχουν, έως ένα βαθμό, τον έλεγχο της μαθησιακής διαδικασίας και πιο συγκεκριμένα το πότε ή για πόσο μαθαίνουν (Kay & Knaack, 2007a).

Ανθεκτικότητα (Durability)

Το χαρακτηριστικό αυτό περιγράφει το κατά πόσο ένα ΨΜΑ δεν επηρεάζεται από τις ενημερώσεις του υλικού και λογισμικού του (Gürer, 2013).

Παραγωγικότητα (Generativity)

Αναφέρεται στη δυνατότητα συνάθροισης του μαθησιακού αντικειμένου με άλλα για την επίτευξη άλλων μαθησιακών στόχων.

Διαχειριστικότητα (Manageability)

Αναφέρεται στη δυνατότητα αναθεώρησης και ενημέρωσης του μαθησιακού αντικειμένου.

Τέλος, ένα ακόμα στοιχείο που χαρακτηρίζει κάθε ΨΜΑ είναι τα μεταδεδομένα του. Τα μεταδεδομένα, όπως περιγράφονται και παρακάτω, αποτελούν την «ταυτότητα» του ΨΜΑ.

1.2.3. Μεταδεδομένα ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων

Καθώς η ποσότητα των ΨΜΑ που υπάρχει διαθέσιμη στο Διαδίκτυο ολοένα και αυξάνεται, η απουσία πληροφοριών για αυτά αποτελεί κρίσιμο εμπόδιο στην αναζήτηση, τη διαχείριση και την χρήση τους. Ο εντοπισμός ενός ΨΜΑ σε μια ηλεκτρονική βιβλιοθήκη προαπαιτεί την ύπαρξη αυτών των πληροφοριών, ή με άλλα λόγια, την ύπαρξη των μεταδεδομένων. Μεταδεδομένα είναι μια ποσότητα πληροφορίας που περιγράφει ένα ΨΜΑ ώστε αυτό να αποθηκεύεται σε μια βάση δεδομένων και να οργανώνεται από ένα σύστημα διαχείρισης με σκοπό την εύκολη αναζήτηση και ανάκτησή του (Χuan κ.α., 2004). Η ύπαρξη κατάλληλων μεταδεδομένων μπορεί να διασφαλίσει τα επίπεδα επαναχρησιμοποίησης, διαλειτουργικότητας και ανακαλυψιμότητας ενός ΨΜΑ, καθώς και την

ανθεκτικότητα αυτού στο χρόνο (Smith, 2004). Τα μεταδεδομένα ενός ΨΜΑ περιλαμβάνουν πληροφορίες που αφορούν τον συγγραφέα, τον τίτλο και το θέμα που μελετά το αντικείμενο, τα πνευματικά δικαιώματα, την τοποθεσία (Χυαν κ.α., 2004), το κοινό στο οποίο απευθύνεται και ο τρόπος χρήσης του (Smith, 2004).

Υπάρχουν οι εξής εννέα κατηγορίες μεταδεδομένων σύμφωνα με το μοντέλο LOM (Learning Object Metadata) v.10, κατά IEEE (2002):

1. *Γενική*: περιλαμβάνει τα βασικά στοιχεία του μαθησιακού αντικειμένου, όπως ο τίτλος, η γλώσσα, οι λέξεις κλειδιά, η περιγραφή, η χρονική, η διάρκεια χρήσης και άλλα.
2. *Κύκλος ζωής*: περιγράφει το ιστορικό και την τρέχουσα κατάσταση του μαθησιακού αντικειμένου, καθώς και όλα αυτά τα στοιχεία που έχουν επηρεάσει την εξέλιξή του.
3. *Μετα-μεταδεδομένα*: περιλαμβάνει πληροφορίες για τα ίδια τα μεταδεδομένα του μαθησιακού αντικειμένου όπως τον δημιουργό τους, το χρόνο και τον τρόπο της δημιουργίας τους, τις αναφορές και άλλα.
4. *Τεχνική*: περιγράφει τις τεχνικές απαιτήσεις και χαρακτηριστικά του μαθησιακού αντικειμένου, όπως για παράδειγμα το μέγεθός του, ο απαιτούμενος τεχνικός εξοπλισμός και λογισμικό για την χρήση του, το όνομα του αποθετηρίου και άλλα.
5. *Εκπαιδευτική*: περιλαμβάνει τα εκπαιδευτικά και παιδαγωγικά χαρακτηριστικά του μαθησιακού αντικειμένου τα οποία αναλύονται παρακάτω.
6. *Δικαιώματα*: περιλαμβάνει τα στοιχεία των πνευματικών δικαιωμάτων και το χρηματικό κόστος χρήσης του μαθησιακού αντικειμένου (εάν υπάρχει).
7. *Σχέση*: προσδιορίζεται η σχέση/σύνδεση του μαθησιακού αντικειμένου με άλλα μαθησιακά αντικείμενα, εάν αυτή υπάρχει.
8. *Σχολιασμός*: περιλαμβάνει σχόλια που αφορούν την εκπαιδευτική χρήση του μαθησιακού αντικειμένου όπως σχόλια αξιολόγησης ή προτάσεις για τον τρόπο χρήσης του.
9. *Ταξινόμηση*: αφορά τα στοιχεία του πλαισίου ταξινόμησης στο οποίο εντάσσεται το μαθησιακό αντικείμενο.

Η πέμπτη κατηγορία (Εκπαιδευτική) περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για το μαθησιακό αντικείμενο που αφορούν τα άτομα που είναι άμεσα εμπλεκόμενα σε μια μαθησιακή διαδικασία όπως οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει τα εξής:

- *Τύπος αλληλεπίδρασης*: Η αλληλεπίδραση με το μαθησιακό αντικείμενο μπορεί να χαρακτηριστεί ως «ενεργή» στις περιπτώσεις που η χρήση του απαιτεί την ενεργητική στάση του χρήστη, ή «επεξηγηματική» σε περιπτώσεις που ο χρήστης λαμβάνει την πληροφορία που απλά του παρουσιάζεται. Σε περιπτώσεις που συνδυάζονται οι δυο προηγούμενοι τύποι αντικειμένων, η αλληλεπίδραση χαρακτηρίζεται ως «μεικτή».
- *Τύπος μαθησιακού αντικειμένου*: περιλαμβάνει τον τύπο ή τους τύπους του αντικειμένου. Τέτοιοι τύποι μπορεί να είναι: άσκηση, προσομοίωση, ερωτηματολόγιο, διάγραμμα, εικόνα, κείμενο, πείραμα, κριτήριο αξιολόγησης, διάλεξη κ.α.
- *Επίπεδο αλληλεπίδρασης*: περιγράφει το βαθμό στον οποίο ένας χρήστης επηρεάζει την ροή του περιεχομένου ενός μαθησιακού αντικειμένου. Διακρίνεται σε: πολύ χαμηλό, χαμηλό, μέτριο, υψηλό και πολύ υψηλό.
- *Σημαιολογική πυκνότητα*: Αναφέρεται στο βαθμό περιεκτικότητας του μαθησιακού αντικειμένου. Σχετίζεται με το μέγεθος και το εύρος του, αλλά είναι ανεξάρτητη του βαθμού δυσκολίας του αντικειμένου. Διακρίνεται σε: πολύ χαμηλή, χαμηλή, μέτρια, υψηλή και πολύ υψηλή.
- *Επιδιωκόμενος ρόλος χρήστη*: Περιγράφει το παραγόμενο έργο ή τις δεξιότητες που πρόκειται να αποκτηθούν με τη χρήση του μαθησιακού αντικειμένου. Αναφέρεται σε εκπαιδευτικούς, μαθητές και διαχειριστές.

- *Πλαίσιο*: Αναφέρεται στο πλαίσιο χρήσης του μαθησιακού αντικειμένου όπως σχολείο, ανώτατη εκπαίδευση, επιμορφωτικό πρόγραμμα και άλλα.
- *Ηλικιακό εύρος*: Αναφέρεται στη μέση ηλικία του χρήστη στον οποίο απευθύνεται το μαθησιακό αντικείμενο.
- *Βαθμός δυσκολίας*: Περιγράφει το βαθμό δυσκολίας στη χρήση του μαθησιακού αντικειμένου από το κοινό στο οποίο απευθύνεται. Διακρίνεται σε: πολύ εύκολο, εύκολο, μέτριο, δύσκολο, πολύ δύσκολο.
- *Τυπική διάρκεια χρήσης*: Αναφέρεται στη διάρκεια χρήσης του μαθησιακού αντικειμένου από το κοινό στο οποίο απευθύνεται.
- *Περιγραφή*: Παρουσιάζει τη μέθοδο για την ορθή χρήση του μαθησιακού αντικειμένου.
- *Γλώσσα*: Αναφέρεται στη γλώσσα του μαθησιακού αντικειμένου (π.χ. αγγλικά).

Έρευνες αναδεικνύουν πως υπάρχουν κάποια σημαντικά σημεία στην ποιότητα των μεταδεδομένων που επηρεάζουν την ανακαλυψιμότητα των ΨΜΑ σε ένα αποθετήριο (Sarah κ.α., 2004). Αρχικά, η ύπαρξη λαθών κατά τη δημιουργία των μεταδεδομένων παράγει ένα σημαντικό πρόβλημα στην εύρεση του επιθυμητού μαθησιακού υλικού. Γι'αυτό και κρίνεται πολλές φορές αναγκαία η επαλήθευση/διόρθωση μεταδεδομένων που έχουν παραχθεί από μη επαγγελματίες δημιουργούς. Πέρα από πιθανά λάθη κατά τη σύνταξή τους, την ανακαλυψιμότητα ενός ΨΜΑ επηρεάζουν και οι αλλαγές στην «ταυτότητά» του, όπως για παράδειγμα, η αλλαγή στο όνομα του δημιουργού του. Επιπρόσθετα, ένα σημαντικό ζήτημα για την εύρεση ή/και την ταξινόμηση ενός ΨΜΑ με βάση τη θεματική περιοχή στην οποία ανήκει, είναι το αν ο δημιουργός των μεταδεδομένων είναι ειδικός στον τομέα αυτό ή όχι. Με άλλα λόγια, έχει προκύψει ο διχασμός για το αν ο δημιουργός των μεταδεδομένων πρέπει να είναι ειδικός στον τομέα στον οποίο τοποθετείται το περιεχόμενο του εκάστοτε μαθησιακού αντικειμένου ή αν πρέπει, ανεξάρτητα από τη θεματική περιοχή του αντικειμένου, να έχει ειδίκευση στο πως παράγονται τα μεταδεδομένα ώστε το μαθησιακό αντικείμενο να ταξινομηθεί σε ένα αποθετήριο και να βρεθεί από ένα χρήστη με το βέλτιστο δυνατό τρόπο. Ομοίως, όσον αφορά την Εκπαιδευτική κατηγορία μεταδεδομένων, γίνονται προτάσεις να εμπλακούν ειδικοί του εκπαιδευτικού τομέα στη διαδικασία παραγωγής μεταδεδομένων, στην οποία οι δημιουργοί των μαθησιακών αντικειμένων δεν έχουν απαραίτητα κάποια εμπειρία ή εξειδίκευση.

1.2.4. Αποθετήρια Ψηφιακών Μαθησιακών Αντικειμένων

Καθώς η ποσότητα της πληροφορίας αυξάνεται ραγδαία στο Διαδίκτυο, η εύκολη πρόσβαση σε ποιοτικές και κατάλληλες πληροφορίες (και σε εκπαιδευτικό υλικό, αντίστοιχα για τους μαθητές) γίνεται ολοένα και πιο διευρυμένο πρόβλημα. Για αυτό το λόγο, οποιαδήποτε προσπάθεια παροχής ποιοτικού περιεχομένου σε διαλειτουργική μορφή, όπως το περιεχόμενο των αποθετηρίων ΨΜΑ, θεωρείται επιθυμητή (McGreal, 2008).

Τα αποθετήρια ανοικτών εκπαιδευτικών πόρων (και ΨΜΑ κατ' επέκταση) είναι πλατφόρμες που περιλαμβάνουν εκπαιδευτικούς πόρους και διευκολύνουν την πρόσβαση του κοινού σε αυτούς (Atenas & Havemann, 2014). Αναλυτικότερα, τα αποθετήρια ανοικτών εκπαιδευτικών πόρων είναι «πύλες» μαθησιακού περιεχομένου, οι οποίες δομούν και συνδέουν εκπαιδευτικό υλικό που διανέμεται μέσω διαδικτύου (Allert κ.α., 2012). Οι βάσεις δεδομένων των αποθετηρίων αυτών μπορούν να στεγάσουν μαθησιακό περιεχόμενο, εφαρμογές και εργαλεία όπως έγγραφα, κείμενα, βίντεο, πολυμεσικές εφαρμογές και να καταστούν προσβάσιμα σε μαθητές και εκπαιδευτικούς (Atenas & Havemann, 2013).

Για την ανάπτυξη, την αποθήκευση και τη διατήρηση μαθησιακού υλικού στα αποθετήρια ΨΜΑ, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κάποιες βασικές αρχές (Cervone, 2011). Αρχικά τα μαθησιακά αντικείμενα ενός αποθετηρίου θα πρέπει να σχεδιάζονται με βασικό στόχο την επαναχρησιμοποίησή

τους, με την έννοια ότι θα μπορεί να επιτρέπεται η χρήση τους σε πολλαπλά πλαίσια, ώστε η ανάγκη για επανεφεύρεση νέου υλικού να ελαχιστοποιείται. Επιπλέον, κάθε εκπαιδευτικός πόρος σε ένα αποθετήριο θα πρέπει να είναι ανοικτά διαθέσιμος και απαλλαγμένος από περιορισμούς που αφορούν τα πνευματικά δικαιώματα (ή εναλλακτικά θα μπορούσε να διανέμεται και να χρησιμοποιείται υπό την άδεια της Creative Commons). Με αυτό τον τρόπο ο πόρος καθίσταται επαναχρησιμοποιήσιμος. Μια ακόμα αρχή που συμβάλλει στη διατήρηση αλλά και στην επαναχρησιμοποίηση ενός ΨΜΑ αποθηκευμένου σε αποθετήριο, είναι η μέθοδος με την οποία αυτό σχεδιάστηκε εξ αρχής. Το λογισμικό των ΨΜΑ πρέπει να αναπτύσσεται με βάση τις προδιαγραφές που έχουν καθοριστεί παγκοσμίως ώστε να είναι προσβάσιμο και συμβατό με κάθε τύπο πλατφόρμας ή κάθε τύπο ηλεκτρονικής συσκευής. Ακόμη, όσον αφορά τα ίδια τα αποθετήρια, πολύ σημαντική θεωρείται η λειτουργικότητα του κοινωνικού δικτύου της πλατφόρμας, που μπορεί περιλαμβάνει αξιολογήσεις ή την επικοινωνία των χρηστών μέσω σχολίων που αφορούν τα ΨΜΑ. Η λειτουργία αυτή παρέχει τις αξιολογήσεις και κριτικές των χρηστών όσον αφορά το περιεχόμενο των μαθησιακών αντικειμένων, το επίπεδο δυσκολίας κατά τη χρήση τους, την αποτελεσματικότητά τους ως εργαλείο μάθησης, και άλλα. Μεταξύ των άλλων, παρέχεται και η δυνατότητα στους χρήστες να υποβάλλουν σχόλια περιγράφοντας την εμπειρία τους κατά τη χρήση των μαθησιακών αντικειμένων καθώς και προτάσεις που αφορούν τα πλαίσια στα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν τα εκάστοτε μαθησιακά αντικείμενα. Τέλος, η σημαντικότερη πτυχή της αποτελεσματικής διατήρησης, οργάνωσης, αναζήτησης και εύρεσης των ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων σε ένα αποθετήριο είναι η ύπαρξη των μεταδεδομένων. Όπως έχει προαναφερθεί, τα μεταδεδομένα περιλαμβάνουν όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά που συνθέτουν την ταυτότητα του κάθε ΨΜΑ και τα αποθετήρια είναι το μέρος όπου αυτά παρουσιάζονται αναλυτικά στους χρήστες, όπως οι πληροφορίες για ένα βιβλίο παρουσιάζονται σε μια βιβλιοθήκη και είναι διαθέσιμες προς τους επισκέπτες της (Cervone, 2011).

1.3. Ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα στην εκπαιδευτική διαδικασία

Ολοένα και περισσότερα ΨΜΑ χρησιμοποιούνται στα πλαίσια της διδασκαλίας και οι λόγοι που συντρέχουν στο γεγονός αυτό είναι πολλοί. Σύμφωνα με τον Smith (2004), οι εκπαιδευτικοί μπορούν πλέον να επιλέξουν από μια πληθώρα μαθησιακών αντικειμένων το κατάλληλα προσαρμοσμένο ΨΜΑ που ταιριάζει στο περιεχόμενο της διδασκαλίας τους και στον εκπαιδευτικό χαρακτήρα του μαθήματος που διδάσκουν. Ακόμα, η χρήση ΨΜΑ δεν απαιτεί μεγάλο οικονομικό κόστος, καθώς είτε μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε ποικίλα εκπαιδευτικά πλαίσια είτε διατίθενται εντελώς δωρεάν (Smith, 2004). Έτσι, η χρήση των τεχνολογικών αυτών εργαλείων προτιμάται σε σχέση με τη χρήση άλλων περισσότερο δαπανηρών εργαλείων διδασκαλίας. Επίσης, τα ΨΜΑ προσφέρουν ευελιξία στις διαδικασίες μάθησης, με την έννοια ότι αν σχεδιαστούν κατάλληλα, μπορούν να επιτρέψουν στα άτομα που τα χρησιμοποιούν να μάθουν με ποικίλους τρόπους και λειτουργίες (Smith, 2004). Για παράδειγμα, εάν ένα ΨΜΑ παρέχει, μεταξύ των άλλων, και επιλογές φωνητικής λειτουργίας, τότε ένα άτομο που μαθαίνει ευκολότερα όταν η πληροφορία του παρουσιάζεται οπτικοακουστικά, θα επωφεληθεί από τη χρήση αυτού. Σε γενικότερο πλαίσιο, μπορούμε να πούμε ότι η ένταξη ΨΜΑ στην εκπαιδευτική διαδικασία ενισχύει και τη μάθηση ατόμων με ειδικές ανάγκες (Iatraki κ.α., 2020).

Στα πλαίσια της διδασκαλίας του μαθήματος της Φυσικής, τα ΨΜΑ μπορούν να ενσωματωθούν με διάφορους τρόπους στις διαδικασίες μάθησης. Ένας εκπαιδευτικός μπορεί να αξιοποιήσει τα ΨΜΑ, εντός της σχολικής αίθουσας, συνδυάζοντάς τα με την παραδοσιακή διδασκαλία. Εναλλακτικά, οι μαθητές μπορούν να αφεθούν ελεύθεροι να χρησιμοποιήσουν εξ' αποστάσεως κάποιο ΨΜΑ, εκτός σχολικής αίθουσας, χωρίς τις υποδείξεις του εκπαιδευτικού. Συγκριτικά, οι δύο παραπάνω μέθοδοι επιφέρουν διαφορετικά μαθησιακά αποτελέσματα στις εκπαιδευτικές διαδικασίες, με την πρώτη μέθοδο να θεωρείται πιο αποτελεσματική σε σχέση με τη δεύτερη (Σκουλαρίδου, 2016). Ακόμα, ένα ΨΜΑ μπορεί να πάρει τη θέση ενός πειράματος Φυσικής ή μιας πρακτικής διαδικασίας, δίνοντας τη

δυνατότητα στους μαθητές να διδαχθούν μια έννοια ή ένα φυσικό φαινόμενο. Αντιθέτως, υπάρχει και η επιλογή να χρησιμοποιηθεί σε προπαρασκευαστικό στάδιο, στα πλαίσια του θεωρητικού πλαισίου μιας πειραματικής διαδικασίας, όπως στην εμπειρική μελέτη των Sievers κ.α.(2012). Μπορεί δηλαδή να αξιοποιηθεί κατάλληλα ώστε να ενισχύσει και όχι να αντικαταστήσει απαραίτητα τις πειραματικές διαδικασίες του μαθήματος της Φυσικής. Στην έρευνα των Kay & Knaack (2009a) οι εκπαιδευτικοί δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, επιλέγουν να εντάξουν τα ΨΜΑ στην εκπαιδευτική διαδικασία είτε για να προσεγγίσουν με ένα άλλο τρόπο μια έννοια που έχει ήδη διδαχθεί, είτε για να διδάξουν μια νέα έννοια πριν την έναρξη του μαθήματος, είτε για να δώσουν κίνητρα στους μαθητές. Αντιθέτως, λιγότεροι είναι αυτοί που επιλέγουν να χρησιμοποιήσουν τα ΨΜΑ προκειμένου να διδάξουν μια νέα έννοια για πρώτη φορά. Η ίδια τάση παρατηρήθηκε και στην έρευνα των Kay & Knaack (2009b).

Σύμφωνα με την άποψη των εκπαιδευτικών, τα ΨΜΑ ενισχύουν τη μάθηση καθώς είναι ιδιαίτερα ελκυστικά στους μαθητές (Kay & Knaack, 2009b). Στην έρευνα των έρευνα των Roultisakis κ.α. (2021), οι εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που αξιοποιούν τα ΨΜΑ στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, πιστεύουν πως η εκπαιδευτική διαδικασία γίνεται πιο ευχάριστη για όλους, εκπαιδευτικούς και εκπαιδευόμενους. Ακόμη, επισημαίνουν πως οι μαθητές με τη χρήση των ΨΜΑ λαμβάνουν ενεργό ρόλο στη μαθησιακή διαδικασία και μπορούν να βελτιώσουν την επίδοσή τους σε κάποιο μάθημα Φυσικών Επιστημών. Τέλος, πολλοί από τους εκπαιδευτικούς, στην έρευνα αυτή, θεωρούν πως τα ΨΜΑ μπορούν να ενισχύσουν την Διεπιστημονικότητα. Το τελευταίο συνδέεται άρρηκτα με το χαρακτηριστικό της «επαναχρησιμοποίησης», καθώς τα σωστά σχεδιασμένα μαθησιακά αντικείμενα δίνουν τη δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να τα εντάξουν σε πλαίσια διδασκαλίας διαφορετικών μαθημάτων και να συνδέσουν με αυτόν τον τρόπο στοιχεία διδασκαλίας που προέρχονται από διαφορετικούς επιστημονικούς τομείς.

Φυσικά, υπάρχουν και παράγοντες που μπορεί να αποτρέψουν έναν εκπαιδευτικό από το να αξιοποιήσει τα ΨΜΑ στη διδασκαλία του. Σύμφωνα με τους Roultisakis κ.α. (2021), κάποιιοι παράγοντες από αυτούς είναι: η εμπειρία των εκπαιδευτικών στον τομέα της εκπαίδευσης, η επιστημονική τους ειδικότητα, οι βαθμίδες των τάξεων στις οποίες διδάσκουν καθώς και ο αριθμός των μαθητών της εκάστοτε σχολικής αίθουσας. Σε άλλες περιπτώσεις, οι εκπαιδευτικοί που είναι πρόθυμοι να ενσωματώσουν τα ΨΜΑ στην εκπαιδευτική διαδικασία εντός σχολικής αίθουσας, αναφέρουν την έλλειψη υλικοτεχνική υποδομής ως αποτρεπτικό παράγοντα (Κωστάκη, 2019 ; Roultisakis κ.α.,2021). Τέλος, εκπαιδευτικοί που δεν έχουν λάβει επαρκή επιμόρφωση στις Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) τείνουν, επίσης, να διαμορφώνουν αρνητικές στάσεις απέναντι στη χρήση των ΨΜΑ (Κωστάκη, 2019).

Ακόμα, η βιβλιογραφία παρέχει πληροφορίες από εμπειρικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί και αφορούν την αξιολόγηση ΨΜΑ Φυσικής από τους ίδιους τους μαθητές. Τα ευρήματα αποδεικνύουν πως τα ΨΜΑ βοηθούν τους μαθητές να μάθουν βελτιώνοντας την επίδοσή τους (Σκουλαρίδου, 2016 ; Τομπούλογλου, 2018 ; Pabro & Sese, 2019 ; Ford, 2015), ειδικά όταν αυτά είναι εύκολα ως προς τη χρήση τους (Τομπούλογλου, 2018 ; Γκαρτζονίκας, 2017) και ενισχύουν την εμπλοκή επιτρέποντας στο χρήστη να αλληλεπιδράσει με αυτά (Ford, 2015 ; Τομπούλογλου, 2018 ; Pabro & Sese, 2019 ; Kay & Knaack, 2007b). Η χρήση τους φαίνεται να αποτελεί ένα αποτελεσματικό τρόπο διδασκαλίας εννοιών της Φυσικής, σύμφωνα με τον οποίο οι μαθητές αφήνονται ελεύθεροι να αναζητήσουν τη γνώση, αποκτώντας την με τη δική τους προσπάθεια μέσω της εξερεύνησης. Επιπρόσθετα, πολλές φορές οι μαθητές δείχνουν μια ιδιαίτερη προτίμηση σε ΨΜΑ όταν το περιεχόμενό τους συμπεριλαμβάνει έννοιες και φυσικά φαινόμενα που συνδέονται με την καθημερινή ζωή (Pabro & Sese, 2019). Ακόμη, μεγάλο ρόλο στην αποτελεσματικότητά τους ως εργαλείο μάθησης κατέχει και η ποιότητα των γραφικών. Οι μαθητές νιώθουν ότι επωφελούνται περισσότερο όταν το περιβάλλον των γραφικών είναι καλά οργανωμένο και οι οδηγίες που τους παρέχει το λογισμικό είναι ξεκάθαρες (Kay & Knaack, 2007b). Πολλοί μαθητές αξιολόγησαν θετικά ΨΜΑ που ήταν ελκυστικά ως προς την εμφάνιση (Pabro & Sese, 2019 ; Kay & Knaack, 2007b), ή

αρνητικά όταν δεν έμειναν ικανοποιημένοι από τα γραφικά και τις κινούμενες εικόνες (Γκαρτζονίκας, 2017), ενώ παράλληλα πρότειναν να υπάρχει μειωμένη ποσότητα κειμένου στο περιβάλλον της οθόνης τους (Pabro & Sese, 2019). Τέλος, οι μαθητές δείχνουν να προτιμούν ΨΜΑ που είναι προσβάσιμα, ιδιαίτερα αυτά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέσω της κινητής τους συσκευής (Cukierman κ.α., 2019).

1.4. Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Ψηφιακών Μαθησιακών Αντικειμένων

Εξ ορισμού τα ΨΜΑ συνδέονται άμεσα με ένα εκπαιδευτικό σκοπό. Επομένως, κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού και της ανάπτυξής τους θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η σύνδεση των μαθησιακών αντικειμένων με τα εκάστοτε προγράμματα σπουδών και τους διδακτικούς στόχους (Παπαχρήστος κ.α., 2018). Αρχικά, η διαδικασία της επιλογής του θέματος που πραγματεύεται ένα μαθησιακό αντικείμενο θα πρέπει να περιλαμβάνει την αναζήτηση και τον εντοπισμό εναλλακτικών ιδεών που έχουν οι μαθητές πάνω στο θέμα (Smith, 2004). Τα μαθησιακά αντικείμενα πρέπει να είναι κατάλληλα σχεδιασμένα ώστε να συμβάλλουν στην άρση παρανοήσεων των μαθητών, χωρίς να δημιουργούν νέες (Παπαχρήστος κ.α., 2018). Ταυτόχρονα, συνίσταται η σύνδεση του νέου περιεχομένου με τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών (Smith, 2004). Ακόμη, ένα σωστά σχεδιασμένο ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο πρέπει να είναι «τεκμηριωμένο και αιτιολογημένο, διδακτικά και παιδαγωγικά» (Παπαχρήστος κ.α., 2018). Ο Smith (2004) προτείνει την άντληση παραδειγμάτων από φαινόμενα και γεγονότα της καθημερινής ζωής και την ενσωμάτωσή τους στο νέο περιεχόμενο, όταν αυτό είναι εφικτό. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να κατανοούν ευκολότερα το περιεχόμενο του αντικειμένου.

Όσον αφορά το είδος και τη δομή των δραστηριοτήτων που μπορούν να σχεδιαστούν με την υποστήριξη ενός ΨΜΑ στοιχεία με διερευνητικό χαρακτήρα όπως η δυνατότητα του χρήστη να παίρνει αποφάσεις και να διαχειρίζεται μεταβλητές, προσφέρουν το κατάλληλο έδαφος για τις διαδικασίες της σύνθεσης, ανάλυσης και αξιολόγησης (Smith, 2004). Εφόσον υπάρχουν όμως μαθησιακά αντικείμενα που περιλαμβάνουν ή υποδεικνύουν δραστηριότητες οι οποίες απαιτούν την εκτέλεση ενεργειών με συγκεκριμένη αλληλουχία, πολλές φορές είναι απαραίτητο να παρέχεται η κατάλληλη καθοδήγηση προς τον χρήστη με σαφείς οδηγίες (Smith, 2004). Παράλληλα, αναγκαία κρίνεται και η ύπαρξη κατάλληλης ανατροφοδότησης, με στόχο την επαλήθευση ή/και την διόρθωση λαθών (Smith, 2004).

Σχετικά με το περιβάλλον χρήστη και τα πολυμεσικά στοιχεία (κείμενο, εικόνα, κινούμενη εικόνα, ήχος, βίντεο κ.α.) ενός ΨΜΑ, υπάρχουν προτάσεις (Smith, 2004) για το σωστό σχεδιασμό και την οργάνωσή τους. Αρχικά, για να είναι το περιβάλλον των γραφικών ελκυστικό και εύκολο στην πλοήγηση για τον χρήστη, συνίσταται η οργάνωση των στοιχείων με τρόπο λογικό και κατηγοριοποιημένο. Συγκεκριμένα, θα πρέπει να υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ των στοιχείων, ως προς τη διάταξη, το μέγεθος, το χρώμα, χωρίς αυτό βέβαια να καθιστά απαραίτητη την πλήρη συμμετρία μεταξύ των στοιχείων στο περιβάλλον γραφικών. Επιπρόσθετα, προτείνεται η συμπερίληψη κειμένου, ελαχιστοποιημένου σε ποσότητα και μόνο σε περιπτώσεις που κρίνεται απαραίτητο, με χρήση απλής και κατανοητής γλώσσας. Γενικότερα, τα ΨΜΑ πρέπει να «διακρίνονται από απλότητα και φιλικότητα προς τον χρήστη, χωρίς να αποπροσανατολίζουν με εντυπωσιασμούς» (Παπαχρήστος κ.α., 2018).

Για τον σχεδιασμό ΨΜΑ που στοχεύει στην επαναχρησιμοποίησή τους, ο Smith (2004) αναφέρει την σημασία των πνευματικών δικαιωμάτων στις περιπτώσεις που ένας άλλος δημιουργός επιθυμεί να χρησιμοποιήσει ένα ήδη υπάρχον μαθησιακό αντικείμενο. Θα πρέπει να αναφέρεται η προέλευση ή ο δημιουργός των στοιχείων που συνθέτουν το μαθησιακό αντικείμενο, όπως και πληροφορίες επικοινωνίας των κατόχων των πνευματικών δικαιωμάτων. Ακόμη, τονίζεται η σημασία της ανεξαρτησίας του ΨΜΑ από άλλα αντικείμενα. Στις περιπτώσεις που το μαθησιακό αντικείμενο εξαρτάται από άλλες εξωτερικές πηγές το λογισμικό των οποίων δεν ενημερώνεται κατάλληλα,

υπάρχει σημαντική δυσκολία στην επαναχρησιμοποίησή του (Smith, 2004). Τέλος, προτείνεται ο σχεδιασμός των ΨΜΑ με τέτοιο τρόπο που να επιτρέπει την χρήση τους μέσω ποικίλων λειτουργικών συστημάτων (Macintosh, Windows, Unix/Linux, κ.α.), ώστε να είναι επαναχρησιμοποιήσιμα (Smith, 2004).

Μια γενική μέθοδος σχεδιασμού διδακτικής διαδικασίας είναι το μοντέλο ADDIE. Το όνομα ADDIE αποτελεί ακρωνύμιο των λέξεων: Analysis (Ανάλυση), Design (Σχεδιασμός), Development (Ανάπτυξη), Implementation (Εκτέλεση), και Evaluation (Αξιολόγηση). Το μοντέλο ADDIE είναι κατάλληλο για την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού και άλλων μαθησιακών πόρων, καθώς αποτελεί μια διαδικασία που χρησιμεύει ως καθοδηγητικό πλαίσιο σε πολύπλοκες καταστάσεις εκπαιδευτικού σχεδιασμού (Branch, 2009). Σύμφωνα με τον Branch (2009), η διαδικασία της Ανάλυσης εντοπίζει τα μαθησιακά κενά, τους μαθησιακούς στόχους, το κοινό το οποίο θα συμμετέχει στην εκπαιδευτική διαδικασία, καθώς και τους πόρους που είναι απαραίτητοι στη διαδικασία σχεδιασμού. Ακόμη, κατά την Ανάλυση αποφασίζεται η μέθοδος παράδοσης της εκπαιδευτικής διαδικασίας και συντίθεται ένα σχέδιο διαχείρισής της. Η διαδικασία του Σχεδιασμού περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των μαθησιακών δραστηριοτήτων και των στρατηγικών ελέγχου της διαδικασίας που πρόκειται να υλοποιηθεί. Στη διαδικασία της Ανάπτυξης παράγεται το περιεχόμενο της εκπαιδευτικής διαδικασίας, επιλέγονται τα κατάλληλα μέσα, διαμορφώνεται η απαιτούμενη καθοδήγηση προς τους εκπαιδευτικούς και τους εκπαιδευομένους και διεξάγεται μια πιλοτική δοκιμή. Κατά τη διαδικασία της Εκτέλεσης προετοιμάζεται το επιθυμητό περιβάλλον μάθησης και πραγματοποιείται η πρώτη εμπλοκή των μαθητών και εκπαιδευτικών με την εκπαιδευτική διαδικασία. Τέλος, η διαδικασία της Αξιολόγησης προσδιορίζει τα κριτήρια βάσει των οποίων αυτή θα διεξαχθεί, επιλέγεται το εργαλείο αξιολόγησης και, τελικά, πραγματοποιείται η αξιολόγηση της ποιότητας της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

Καθώς το μοντέλο ADDIE αποτελεί μια γενικευμένη μέθοδο διδακτικού σχεδιασμού, έχει υπάρξει η ανάγκη να παραχθούν παραλλαγές του μοντέλου αυτού, ώστε να καταστεί η διαδικασία σχεδιασμού πιο εμπλουτισμένη και συγκεκριμένη. Μια τέτοια παραλλαγή του μοντέλου ADDIE παρουσιάζουν οι Baroque κ.α. (2003) η οποία αποτελείται από τα εξής στάδια και διαδικασίες:

1^ο Στάδιο: Ανάλυση

- *Προσδιορισμός προφίλ εκπαιδευόμενου.* Κατά την διαδικασία αυτή αναλύονται όλα τα χαρακτηριστικά (δημογραφικά, τεχνολογικά, κ.α.) που περιγράφουν τον χρήστη του ψηφιακού μαθησιακού αντικείμενου. Πληροφορίες όπως η ηλικία, η τάξη, το εκπαιδευτικό υπόβαθρο, τα κίνητρα και άλλα, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη.
- *Ανάλυση του προβλήματος.* Σε αυτή τη διαδικασία προσδιορίζονται οι λόγοι για τους οποίους πρόκειται να σχεδιαστεί το μαθησιακό αντικείμενο καθώς και το θέμα του. Αναλύονται τα εκπαιδευτικά κενά που πρέπει να καλυφθούν και οι μαθησιακοί στόχοι που πρέπει να εκπληρωθούν.
- *Αναζήτηση σε αποθετήρια.* Περιλαμβάνει την αναζήτηση ΨΜΑ με θέμα παρεμφερές στο αντικείμενο που πρόκειται να μελετηθεί. Με βάση τα αποτελέσματα της αναζήτησης, εντοπίζονται οι ελλείψεις που υπάρχουν και οι στόχοι που επαναπροσδιορίζονται ή εμπλουτίζονται.
- *Μεταδεδομένα.* Σε αυτή τη διαδικασία, όλα τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στη φάση της ανάλυσης συγκεντρώνονται για την παραγωγή των μεταδεδομένων τους ψηφιακού μαθησιακού αντικείμενου.

2^ο Στάδιο: Σχεδιασμός

- *Ανάλυση των εργασιών.* Το κύριο θέμα που πραγματεύεται το μαθησιακό αντικείμενο, το οποίο προσδιορίστηκε στο στάδιο της ανάλυσης, αποσυντίθεται σε υπο-θέματα με τρόπο τέτοιο ώστε να προσδιοριστεί το τι πρέπει να είναι σε θέση να κάνει ο εκπαιδευόμενος (τι συμπεριφορά πρέπει να επιδείξει) για να επιτύχει τον κύριο μαθησιακό στόχο.

- *Ανάλυση περιεχομένου.* Η διαδικασία αυτή αναλύει το τι πρέπει να γνωρίζει ο εκπαιδευόμενος για να εκτελέσει τις προβλεπόμενες εργασίες. Αυτή η ανάλυση θα αποκαλύψει τελικά τις έννοιες, τις αρχές ή τις διαδικασίες που θα πρέπει να διδαχθούν.
- *Προσδιορισμός της δομής.* Με βάση την ανάλυση των εργασιών και του περιεχομένου, το περιεχόμενο του μαθησιακού αντικειμένου χωρίζεται σε μικρότερα τμήματα και προσδιορίζεται η δομή του.
- *Καθορισμός της ακολουθίας της διδασκαλίας.* Η διαδικασία αυτή καθορίζει τον τρόπο και τη σειρά με την οποία η καθοδήγηση παρουσιάζεται στον χρήστη, με βάση το μοντέλο του εποικοδομητισμού.
- *Κατηγοριοποίηση.* Κατά τη διαδικασία αυτή προσδιορίζεται ο τύπος του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου.
- *Προσδιορισμός του μαθησιακού αντικειμένου.* Στο σημείο αυτό αποσαφηνίζονται τα επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα, το διδακτικό περιεχόμενο, η μέθοδος αξιολόγησης, η πρακτική, τα πολυμέσα, η διδακτική προσέγγιση του μαθησιακού αντικειμένου. Όσον αφορά τη διδακτική προσέγγιση, αυτή μπορεί να περιλαμβάνει: παρουσίαση, επίδειξη, συνεργατική μάθηση, ανακαλυπτική μάθηση, επίλυση προβλήματος, προσομοίωση, πρακτική, κ.α. Κατά τη διαδικασία αυτή είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη από τον δημιουργό το διδακτικό πλαίσιο στο οποίο πρόκειται να ενταχθεί το μαθησιακό αντικείμενο.
- *Καθορισμός του περιβάλλοντος χρήστη.* Οι πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν για τα χαρακτηριστικά των εκπαιδευομένων στο στάδιο της ανάλυσης, αξιοποιούνται κατάλληλα για να προσδιοριστεί ο σχεδιασμός του περιβάλλοντος χρήστη.
- *Προσδιορισμός των δραστηριοτήτων.* Σε αυτό το σημείο αναλύονται οι ενέργειες και οι δραστηριότητες που πρέπει να φέρεις εις πέρας ο χρήστης του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου.
- *Σχεδιασμός του περιβάλλοντος γραφικών.* Περιλαμβάνει τα χρώματα, τις γραμματοσειρές, τα εικονίδια και όλα τα υπόλοιπα οπτικά στοιχεία στο περιβάλλον χρήστη.
- *Μεταδεδομένα.* Και σε αυτή τη διαδικασία, όλα τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν συγκεντρώνονται για την παραγωγή των μεταδεδομένων του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου.

3^ο Στάδιο: Ανάπτυξη

- *Αναζήτηση στο διαδίκτυο.* Περιλαμβάνει την αναζήτηση ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων σε αποθετήρια που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν με κάποιο τρόπο.
- *Ανάπτυξη ΨΜΑ.* Το στάδιο αυτό περιλαμβάνει την υλοποίηση της ιδέας του ΨΜΑ. Τα ΨΜΑ μπορούν να αναπτυχθούν χρησιμοποιώντας εργαλεία, όπως Dreamweaver, Photoshop κ.α. Επιπρόσθετα μπορούν να αξιοποιηθούν μηχανές αναζήτησης για τη συλλογή κειμένου, γραφικών, φωτογραφιών, βίντεο και κλιπ ήχου για τη δημιουργία ψηφιακών αρχείων, τηρώντας τους κανόνες περί πνευματικών δικαιωμάτων. Ακόμη, για να επαναχρησιμοποιηθούν τα ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα που βρίσκονται στον διαδίκτυο απαιτούνται εργαλεία συναρμολόγησης (assembling tools).
- *Διεξαγωγή ποιοτικού ελέγχου.* Η διαδικασία περιλαμβάνει την ανασκόπηση των προτύπων σχεδίασης και ανάπτυξης, καθώς και μια ανασκόπηση στη λειτουργία του ΨΜΑ.
- *Αποθήκευση σε βάση δεδομένων.* Η βάση δεδομένων είναι το αποθετήριο του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου σε αυτήν την περίπτωση. Θα πρέπει να τηρούνται οι πολιτικές του περιβάλλοντος και οι προβλεπόμενες διαδικασίες.
- *Μεταδεδομένα.* Και σε αυτή τη διαδικασία, όλα τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν συγκεντρώνονται για την παραγωγή των μεταδεδομένων του ΨΜΑ.

4^ο Στάδιο: Εκτέλεση

- *Επιλογή κατάλληλου τρόπου παράδοσης:* Κατά τη διαδικασία αυτή αποφασίζεται αν το ΨΜΑ πρόκειται να ενταχθεί σε πλαίσια εξατομικευμένης μάθησης, συνεργατικής μάθησης, ή μάθησης καθοδηγούμενη από τον εκπαιδευτικό.
- *Δημιουργία σχεδίου διαχείρισης:* Σε περιπτώσεις μάθησης καθοδηγούμενης από τον εκπαιδευτικό, η διδασκαλία πρέπει να σχεδιαστεί με τρόπο αποτελεσματικό. Σε περιπτώσεις εξατομικευμένης μάθησης, από την άλλη, κρίνεται απαραίτητη η συμπερίληψη ανατροφοδότησης μέσα στο ΨΜΑ.
- *Εκτέλεση βάσει της προεπιλεγμένης μεθόδου παράδοσης:* Αφού έχει προηγηθεί η επιλογή του κατάλληλου τρόπου παράδοσης, το ΨΜΑ θα πρέπει να ενσωματωθεί στο κατάλληλο ψηφιακό περιβάλλον και, τελικά, να καταστεί εκτελέσιμο.
- *Παρακολούθηση προόδου:* Κατά τη διαδικασία αυτή, παρακολουθείται ο βαθμός στον οποίο το παραπάνω σχέδιο ανάπτυξης επιτυγχάνεται.

5° Στάδιο: Αξιολόγηση

- *Διεξαγωγή διαμορφωτικής αξιολόγησης:* Αυτός ο τύπος αξιολόγησης πραγματοποιείται πριν λάβει χώρα η διδασκαλία. Ο δημιουργός μπορεί αρχικά να ζητήσει από μια πειραματική ομάδα να χρησιμοποιήσει και να αξιολογήσει το μαθησιακό αντικείμενο, και έπειτα να κάνει τις αντίστοιχες προσαρμογές πάνω σε αυτό.
- *Διεξαγωγή ολιστικής αξιολόγησης:* Σε αυτή την περίπτωση, μπορούν να λάβουν χώρα αξιολογήσεις πριν και μετά την χρήση του μαθησιακού αντικειμένου από τους εκπαιδευόμενους, προκειμένου να διαπιστωθεί αν οι μαθησιακοί στόχοι έχουν επιτευχθεί. Ακόμα, σε αυτό το σημείο θα μπορούσε να αξιολογηθεί και το αν η μάθηση επιτυγχάνεται καλύτερα με τρόπο ατομικό, ομαδικό ή καθοδηγούμενο από τους εκπαιδευτές.

1.5. Αξιολόγηση Ψηφιακών Μαθησιακών Αντικειμένων

Η αξιολόγηση των ΨΜΑ, αλλά και οποιουδήποτε άλλου ψηφιακού πόρου, κρίνεται απαραίτητη καθώς, σύμφωνα με τους Leacock & Nesbit (2007), διευκολύνει την εύρεση αντικειμένων υψηλής ποιότητας που μπορούν να ενσωματωθούν στη διδασκαλία ενώ ταυτόχρονα οδηγεί σε βελτιώσεις της διαδικασίας σχεδιασμού και ανάπτυξης των μαθησιακών αντικειμένων.

Ένα είδος αξιολόγησης, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, είναι η διαμορφωτική αξιολόγηση, στην οποία ζητείται από ένα μικρό αριθμό συμμετεχόντων να χρησιμοποιήσει και να αξιολογήσει ένα μαθησιακό αντικείμενο κατά τη διαδικασία της ανάπτυξής του (Kay & Knaack 2009b). Συνεπώς, η αξιολόγηση αυτή λαμβάνει χώρα πριν την ενσωμάτωση του μαθησιακού αντικειμένου στη διαδικασία της διδασκαλίας. Μπορεί η διαμορφωτική αξιολόγηση να αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι της διαδικασίας σχεδιασμού και ανάπτυξης, παρόλα αυτά δε μπορεί να αποτυπώσει το πόσο καλά μπορεί ένα μαθησιακό αντικείμενο να ενταχθεί σε ένα ρεαλιστικό εκπαιδευτικό περιβάλλον και να εξυπηρετήσει τις πραγματικές ανάγκες των μαθητών (Kay & Knaack, 2009b). Για το λόγο αυτό, υπάρχει και το άλλο είδος, αυτό της ολιστικής αξιολόγησης, σύμφωνα με την οποία επαληθεύεται η ποιότητα ενός μαθησιακού αντικειμένου και η χρησιμότητα αυτού στην εκπαιδευτική διαδικασία, ελέγχοντας και αξιολογώντας τα μαθησιακά αποτελέσματα της χρήσης του στην πράξη (Baroque κ.α., 2003).

Ως προς το είδος της ανάλυσης σε μια αξιολόγηση μαθησιακού αντικειμένου, υπάρχουν δύο τύποι: η ποσοτική και η ποιοτική ανάλυση. Η ποσοτική ανάλυση των μαθησιακών αντικειμένων στις έρευνες που παρουσιάζονται στη βιβλιογραφία εμφανίζεται είτε με τη μορφή γραπτών σχολίων (Kay & Knaack, 2005 ; Krauss & Ally, 2005), είτε με τη μορφή συνεντεύξεων (Bradley & Boyle, 2004). Η πλειονότητα των μελετών που χρησιμοποιούν ποιοτική προσέγγιση βασίζεται σχεδόν αποκλειστικά

σε περιγραφικά δεδομένα για την αξιολόγηση των μαθησιακών αντικειμένων (Kay & Knaack, 2009b). Από την άλλη, η ποσοτική προσέγγιση στην αξιολόγηση των μαθησιακών αντικειμένων έχει ενσωματωθεί σε έρευνες (Bradley & Boyle, 2004), δεδομένα καταγραφής απόδοσης (Nurmi & Jaakola, 2006) ή καταγραφή στατιστικών (Bradley & Boyle, 2004).

Γενικά, κάθε εργαλείο αξιολόγησης απευθύνεται σε διαφορετικό κοινό (εκπαιδευτικούς ή εκπαιδευόμενους), αξιολογεί διαφορετικές πτυχές του εκάστοτε μαθησιακού αντικειμένου, συνεπώς περιλαμβάνει και διαφορετικά κριτήρια. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά από τα πιο διαδεδομένα εργαλεία με τους αντίστοιχους άξονες και τα κριτήρια αξιολόγησής τους.

MERLOT

Ένα από τα ευρέως γνωστά μοντέλα αξιολόγησης μαθησιακών αντικειμένων έχει αναπτυχθεί από το MERLOT. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με το MERLOT (<http://www.nhn.ou.edu/~mason/MERLOT/EvalStandards.html>), προσφέρεται ένα ερωτηματολόγιο για την αξιολόγηση ΨΜΑ στις Φυσικές Επιστήμες. Οι βασικοί άξονες αξιολόγησης τους συγκεκριμένου ερωτηματολογίου είναι οι παρακάτω:

1. *Ποιότητα περιεχομένου:* Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει κριτήρια που εξετάζουν εάν το περιεχόμενο του μαθησιακού αντικειμένου α) παρουσιάζει έγκυρες έννοιες, μοντέλα και αποτελέσματα, β) παρουσιάζει έννοιες ή μοντέλα των Φυσικών Επιστημών στο πλαίσιο διδασκαλίας για το οποίο προορίζεται, γ) βοηθά στην ανάπτυξη της εννοιολογικής κατανόησης, δ) είναι ευέλικτο.
2. *Αποτελεσματικότητα ως εργαλείο διδασκαλίας:* Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει κριτήρια που εξετάζουν εάν το μαθησιακό αντικείμενο α) βοηθά τους εκπαιδευτικούς να διδάξουν ή τους μαθητές να μάθουν, β) χρησιμοποιεί αποτελεσματικές μεθόδους διδασκαλίας, γ) μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ποικίλα πλαίσια διδασκαλίας και δ) περιλαμβάνει σαφείς διδακτικούς στόχους.
3. *Ευκολία στη χρήση:* Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει κριτήρια που εξετάζουν εάν το μαθησιακό αντικείμενο α) λειτουργεί με κατανοητό τρόπο, β) η διάταξή του περιλαμβάνει στοιχεία λειτουργικά, γ) παρέχει την κατάλληλη ανατροφοδότηση, δ) παρέχει την κατάλληλη καθοδήγηση ως προς τη χρήση του.

LORI (LEARNING OBJECT REVIEW INSTRUMENT)

Το εργαλείο LORI έχει χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση διαφόρων μαθησιακών αντικειμένων σε έρευνες (Krauss & Ally, 2005; Vargo κ.α., 2003). Οι Nesbit, Belfer και Leacock (2004) παρουσιάζουν το σύστημα αξιολόγησης LORI (έκδοση 1.5), και τα εννέα κριτήρια του:

1. *Ποιότητα περιεχομένου:* Αξιολογείται η ακρίβεια και η επιστημονική ορθότητα της πληροφορίας, η ισορροπημένη (ή μη) παρουσίασή της, και το επίπεδο της λεπτομέρειάς της.
2. *Συνάφεια με τους μαθησιακούς στόχους:* Αξιολογείται το επίπεδο συσχέτισης μεταξύ μαθησιακών στόχων, δραστηριοτήτων και χαρακτηριστικών των μαθητών-χρηστών.
3. *Ανατροφοδότηση και Προσαρμογή:* Αξιολογείται το περιεχόμενο που προσαρμόζεται ή ανατροφοδοτείται από εισόδους διαφορετικών δεδομένων των χρηστών.
4. *Κίνητρο:* Αξιολογείται η ικανότητα του μαθησιακού αντικειμένου να ενεργοποιεί το ενδιαφέρον και τα κίνητρα των χρηστών.
5. *Σχεδιασμός παρουσίασης:* Αξιολογείται ο σχεδιασμός της οπτικοακουστικής πληροφορίας που παρέχεται και που πρέπει να έχει ως στόχο την ενίσχυση της μάθησης και της νοητικής ικανότητας των χρηστών.
6. *Ευχρηστία αλληλεπίδρασης:* Αξιολογείται η ευκολία στην πλοήγηση και η ποιότητα των λειτουργιών παρεχόμενης βοήθειας προς τους χρήστες.

7. *Προσβασιμότητα*: Αξιολογείται η δυνατότητα πρόσβασης του ΨΜΑ από άτομα με ειδικές ανάγκες.
8. *Επαναχρησιμοποίηση*: Αξιολογείται η δυνατότητα χρήσης του μαθησιακού αντικειμένου σε διαφορετικά μαθησιακά πλαίσια.
9. *Πρότυπα συμμόρφωσης*: Αξιολογείται το επίπεδο συμμόρφωσης του μαθησιακού αντικειμένου με διεθνή πρότυπα και προδιαγραφές.

LOEM (Learning Object Evaluation Metric)

Οι Kay και Knaack (2008b) στη δική τους μελέτη, διερευνούν το μοντέλο LOEM, παρουσιάζοντας τους πέντε βασικούς άξονες στους οποίους στηρίζεται η αξιολόγηση:

1. *Αλληλεπίδραση*: Αξιολογούνται τα επίπεδα επικοινωνιακής δραστηριότητας, ο έλεγχος και τα επίπεδα αλληλεπίδρασης.
2. *Σχεδιασμός*: Αξιολογείται η εμφάνιση, η εξατομίκευση, η ποιότητα των γραφικών και η έμφαση στις βασικές έννοιες.
3. *Εμπλοκή*: Αξιολογείται το επίπεδο δυσκολίας, η ανατροφοδότηση και τα πολυμέσα.
4. *Ευχρηστία*: Αξιολογείται το γενικό επίπεδο ευκολίας στη χρήση, η διατύπωση των οδηγιών και η πλοήγηση.
5. *Περιεχόμενο*: Αξιολογείται η ακρίβεια και η ποιότητα του περιεχομένου

LOES-S (LEARNING OBJECT EVALUATION SCALE for STUDENTS)

Κατά τους Kay & Knaack (2009b), η αξιολόγηση με το μοντέλο LOES-S γίνεται με βάση τα ακόλουθα τρία κριτήρια μαζί με τις υποκατηγορίες τους:

1. *Μάθηση*
 - *Δυσκολία*: Αναφέρεται στο επίπεδο δυσκολίας των εννοιών που πραγματεύεται το μαθησιακό αντικείμενο, δηλαδή το κατά πόσο το περιεχόμενο του αντικειμένου ταυτίζεται με το γνωστικό και νοητικό επίπεδο των μαθητών.
 - *Μάθηση*: Καταγράφονται τα πιθανά εμπόδια που αντιμετώπισαν οι χρήστες κατά τη διαδικασία της μάθησης.
 - *Οπτικά στοιχεία*: Καταγράφονται τα οπτικά χαρακτηριστικά που ενίσχυσαν ή εμπόδισαν τη μάθηση του χρήστη.
2. *Εμπλοκή*
 - *Σύγκριση*: Οι μαθητές συγκρίνουν το ΨΜΑ με άλλα εργαλεία μάθησης.
 - *Εμπλοκή*: Οι μαθητές αξιολογούν την εμπλοκή με το ΨΜΑ (εάν ήταν διασκεδαστικό, διαδραστικό, ενδιαφέρον κ.ά)
 - *Τεχνολογία*: Οι μαθητές αναφέρουν εάν αντιμετώπισαν κάποιο εμπόδιο τεχνολογικής φύσης.
3. *Ποιότητα*
 - *Οπτική αναπαράσταση*: Αξιολογείται η ποιότητα των εικόνων/κινούμενων εικόνων.
 - *Ακουστική*: Αξιολογείται η ποιότητα του ήχου.
 - *Ευκολία οδηγιών*: Αξιολογείται το επίπεδο ευκολίας των οδηγιών που δόθηκαν στο χρήστη.
 - *Γραφικά*: Αξιολογείται η ποιότητα της όψης/εμφάνισης του προγράμματος (για παράδειγμα: τα χρώματα)
 - *Βοήθεια*: Αξιολογείται η ποιότητα των βοηθητικών στοιχείων, οδηγιών και η ποιότητα ανατροφοδότησης.
 - *Αλληλεπίδραση*: Οι χρήστες αναφέρουν εάν υπήρξε κάποιο στοιχείο αλληλεπίδρασης.

- *Οργάνωση/Σχεδιασμός*: Αξιολογείται η ποιότητα οργάνωσης και σχεδιασμού του μαθησιακού αντικειμένου.
- *Κείμενο*: Αξιολογείται η ποιότητα και ποσότητα του κειμένου.
- *Θέμα*: Αξιολογείται το θέμα και το περιεχόμενο του μαθησιακού αντικειμένου.

LOES-T (LEARNING OBJECT EVALUATION SCALE for TEACHERS)

Το σύστημα αξιολόγησης LOES-S, παρέχεται στους μαθητές, για αξιολόγηση των μαθησιακών αντικειμένων από τους ίδιους. Όμως, πολλοί μαθητές-χρήστες, έχουν τις δικές τους ιδέες/πεποιθήσεις για το πώς αξιολογούν ένα μαθησιακό αντικείμενο ως «καλό» (Sinclair κ.α., 2003).

Για το λόγο αυτό, κρίνεται απαραίτητη η ύπαρξη ενός εργαλείου αξιολόγησης που αναφέρεται στους εκπαιδευτικούς. Ένα τέτοιο εργαλείο είναι το LOES-T (Learning Object Evaluation Scale) (Kay & Knaack, 2007a), το οποίο διερευνά την άποψη των εκπαιδευτικών όσον αφορά:

1. την οικοδόμηση της γνώσης.
2. την ποιότητα του μαθησιακού αντικειμένου.
3. την εμπλοκή των μαθητών με το μαθησιακό αντικείμενο.

SciLOET (Science Learning Objects Evaluation Tool)

Το SciLOET (Parachristos & Mikropoulos, 2021) αφορά αποκλειστικά το πεδίο των Φυσικών Επιστημών και απευθύνεται κυρίως σε εκπαιδευτικούς που πρόκειται να επιλέξουν ένα ΨΜΑ για να το ενσωματώσουν στη διδασκαλία τους. Ακόμη, μπορεί να αξιοποιηθεί και από ερευνητές οι οποίοι σχεδιάζουν εμπειρικές μελέτες ή εκπαιδευτικές παρεμβάσεις χρησιμοποιώντας ΨΜΑ. Το εργαλείο αυτό επικεντρώνεται στην αξιολόγηση των διδακτικών και μαθησιακών διαδικασιών έχοντας ως βασικούς άξονες την Ποιότητα Περιεχομένου, τη Διδακτική Πράξη και Μαθησιακή Διαδικασία, το Σχεδιασμό και την Τεκμηρίωση. Περιλαμβάνει 12 ερωτήσεις κλειστού τύπου με απαντήσεις σε κλίμακα Likert τετάρτου βαθμού. Οι Ζαρκανέλα κ.α (2022) έδειξαν πως το SciLOET είναι ένα έγκυρο και αξιόπιστο εργαλείο για την αξιολόγηση ΨΜΑ Φυσικών Επιστημών. Παράλληλα, πρότειναν την κατάργηση του τελευταίου άξονα αξιολόγησης «Τεκμηρίωση» καθώς, όπως διατυπώθηκε, δεν αναδεικνύεται ως διακριτή κατηγορία.

1.6. Εναλλακτικές ιδέες μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες

Πολλοί μαθητές έχουν διαμορφώσει τις αντιλήψεις τους για κάποια φυσικά φαινόμενα πριν καν τα διδαχθούν στη σχολική αίθουσα. Αυτό συμβαίνει καθώς τα παιδιά σχηματίζουν ιδέες για φαινόμενα και έννοιες σε όλα τα στάδια της ζωής τους, μέσα από πρακτικές δραστηριότητες και την αλληλεπίδρασή τους με άλλους ανθρώπους (Driver κ.α., 1985). Οι αντιλήψεις των παιδιών για τις Φυσικές Επιστήμες δεν εξαρτώνται από την ιδιοσυγκρασία τους, ούτε, σε πολλές περιπτώσεις, από την κουλτούρα τους. Διαμορφώνονται κυρίως από τα προσωπικά τους βιώματα και τις εμπειρίες τους με τα φαινόμενα της φύσης (Driver κ.α., 2000). Αυτές οι ιδέες των παιδιών φαίνεται να εξελίσσονται καθώς προσαρμόζονται κάθε φορά στις ευρύτερες εμπειρίες τους (Driver κ.α., 2000).

Οι Driver κ.α. (1985) αναφέρουν ότι οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες, και όχι μόνο, έχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά. Αρχικά, θεωρούνται μοναδικές, με την έννοια ότι το κάθε παιδί διαμορφώνει τις δικιές του ιδέες καθώς παρατηρεί και επεξεργάζεται την εκάστοτε πληροφορία από τη δική του οπτική γωνία. Βέβαια, αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα πως μια

εναλλακτική ιδέα δεν μπορεί να εντοπιστεί και σε έναν άλλο μαθητή ή ομάδα μαθητών. Μπορεί, δηλαδή, μια εσφαλμένη αντίληψη να είναι κοινή και αρκετά διαδεδομένη μεταξύ ενός συνόλου ατόμων, ακόμη και αν τα άτομα αυτά προέρχονται από διαφορετικά κοινωνικά περιβάλλοντα, διαφορετικές χώρες κ.α. Ακόμα, οι εναλλακτικές ιδέες των νεαρών μαθητών ενδέχεται να μην παρουσιάζουν συνάφεια. Συχνά τα παιδιά, προσπαθώντας να δώσουν εξήγηση σε ένα φυσικό φαινόμενο, υποπίπτουν σε αντιφάσεις. Αυτό συμβαίνει, για παράδειγμα, όταν ένα συγκεκριμένο άτομο εκφράζει κάποιες ιδέες για ένα συγκεκριμένο φαινόμενο ή έννοια και στην προσπάθεια να επιχειρηματολογήσει πάνω στο θέμα αυτό καταλήγει σε κάτι διαφορετικό απ'ότι αρχικά είχε υποθέσει ή ισχυριστεί. Άλλες φορές, στην προσπάθειά τους να αποδώσουν τη δική τους νοητική παράσταση για ένα φαινόμενο καταφεύγουν σε εξηγήσεις που δε συμπίπτουν με την επιστημονική γνώση (Κοντογεωργίου κ.α., 2009). Σε κάποιες περιπτώσεις, οι εναλλακτικές ιδέες παραμένουν σταθερές και αναλλοίωτες, παρόλες τις προσπάθειες του εκπαιδευτικού να τους παρέχει αποδείξεις για την ορθή επιστημονική εξήγηση ενός φαινομένου. Οι μαθητές μπορεί να αγνοούν τις αποδείξεις αυτές ή να τις ερμηνεύουν λανθασμένα με βάση τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις τους (Driver κ.α., 1985). Ακόμη, υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες η άρση των συγκεκριμένων εναλλακτικών ιδεών δεν πραγματοποιείται άμεσα, αντιθέτως μπορεί να χρειάζεται ένα χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο οι μαθητές θα πρέπει να εξοικειωθούν πολύπλευρα με ένα φυσικό φαινόμενο (Παππάς κ.α., 2009).

Οι εσφαλμένες αντιλήψεις που εντοπίζονται μέσω έρευνας στη βιβλιογραφία, παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη των διαδικασιών της διδασκαλίας. Κατά τους Driver κ.α. (1985), οι εκπαιδευτικοί πρέπει να είναι ενήμεροι για τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και τους διδακτικούς στόχους, προκειμένου να σχεδιάσουν και να ορίσουν σωστά το πλαίσιο της διδασκαλίας τους. Από τη στιγμή που εντοπίσουν τη διαφορά ανάμεσα στις προϋπάρχουσες ιδέες των παιδιών και στις επιστημονικές απόψεις, είναι πιο εύκολο να σχεδιάσουν δραστηριότητες που να ανταποκρίνονται στους διδακτικούς στόχους του μαθήματος. Κατά τη διαδικασία αυτή, πολλές φορές δεν λαμβάνονται υπόψη τοποθετήσεις που οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί θεωρούν αυτονόητο ότι είναι σωστές, ενώ για τους μαθητές δεν ισχύει απαραίτητα το ίδιο. Έτσι λοιπόν, θα πρέπει εναλλακτικές ιδέες για απλές έννοιες και φαινόμενα που φαινομενικά δείχνουν ασήμαντες, να υπολογίζονται κατά το σχεδιασμό των διδακτικών δραστηριοτήτων. Ακόμα και η διεπιστημονική προσέγγιση κατά το σχεδιασμό διδακτικών σεναρίων, όπως για παράδειγμα η ενσωμάτωση στοιχείων της ιστορίας της Φυσικής σε ένα πείραμα Φυσικής (Αναγνωστόπουλος & Κώτσης, 2009), αποδεικνύεται χρήσιμη για την κατάρριψη εναλλακτικών ιδεών και την εκμάθηση νέων εννοιών. Με τον ένα ή με τον άλλο τρόπο, οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών θα πρέπει να σχεδιάζονται και να αναπτύσσονται κατάλληλα ώστε να εξυπηρετούν το σκοπό τους: να διαψεύδουν τις εσφαλμένες αντιλήψεις των μαθητών ή και να επιβεβαιώνουν τις αποδεκτές.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, υπήρξαν στο παρελθόν και εξακολουθούν να υπάρχουν, εναλλακτικές ιδέες μαθητών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε διάφορα φαινόμενα και τομείς της Φυσικής, όπως ο μαγνητισμός (Jelicic κ.α., 2017 ; Galili, 1995 ; Maloney, 1985 ; Saglam & Millar, 2016), η ακτινοβολία (Neumann, 2014 ; Morales & Tuzon, 2020), η άνωση (Biddulph & Osborne, 1984 ; Butts κ.α., 1993), η βαρύτητα (Bradamante & Michelini, 2004 ; Galili & Bar, 1997), η ενέργεια (Detken & Bruckmann, 2020 ; Gair & Stancliffe, 1988 ; Nicholls & Ogborn, 1993), η θερμοκρασία και θερμότητα (Arnold & Millar, 1994 ; Haglund κ.α., 2014), η κίνηση (Eckstein & Shemesh, 1989 ; Jimoyiannis & Komis, 2000), το φως και οι ιδιότητές του (Selley, 1996 ; Osborne κ.α., 1993 ; Grigorovitch, 2014 ; Feher & Meyer, 1992 ; Παππάς κ.α., 2009), οι δυνάμεις (Αναγνωστόπουλος & Κώτσης, 2009). Παρακάτω, θα αναφερθούν οι εσφαλμένες αντιλήψεις που εντοπίστηκαν στη βιβλιογραφία και συντέλεσαν στο να σχεδιαστούν και να αναπτυχθούν κατάλληλα τα ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα ως εργαλείο διδασκαλίας φαινομένων του ηλεκτρισμού. Οι εναλλακτικές ιδέες αυτές αφορούν θέματα όπως τη συσχέτιση της διαφοράς δυναμικού με τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος, το στατικό ηλεκτρισμό και το είδος του φορτίου που μεταφέρεται από ένα σώμα σε ένα άλλο κατά τη διαδικασία

της τριβής, την ηλεκτρική ενέργεια και τη γενικότερη έννοια της ενέργειας ως μια ανθρωποκεντρική έννοια, καθώς και την αιτία της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των διαλυμάτων νερού.

2. Μεθοδολογία

2.1. Σκοπός και ερευνητικοί στόχοι

Όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφία, τα ΨΜΑ αποτελούν ένα χρήσιμο εκπαιδευτικό εργαλείο, όταν σχεδιάζονται με βάση τις ανάγκες των χρηστών τους και όταν αξιοποιούνται με κατάλληλες διδακτικές μεθόδους. Στην παρούσα διπλωματική εργασία, παρουσιάζονται τέσσερα νέα ΨΜΑ για το μάθημα της Φυσικής, τα οποία σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν λαμβάνοντας υπόψη τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, τις μεθόδους διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών καθώς και κάποια από εκείνα τα χαρακτηριστικά που καθιστούν μια εφαρμογή ως ΨΜΑ. Πιο συγκεκριμένα, σκοπός της εργασίας είναι η ανάπτυξη τεσσάρων ΨΜΑ στο πεδίο του ηλεκτρισμού. Οι επιμέρους ερευνητικοί στόχοι είναι οι εξής:

1. Η σχεδίαση τεσσάρων ΨΜΑ για την υποστήριξη της διδασκαλίας θεμάτων ηλεκτρισμού.
2. Η πιλοτική αξιολόγηση των τεσσάρων ΨΜΑ από εκπαιδευτικούς δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης τους κλάδου Φυσικής.

2.2. Διαδικασία

2.2.1 Επιλογή περιεχομένου των ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων

Για να προσδιοριστεί το θέμα που πραγματεύεται το κάθε ένα από τα ΨΜΑ, αρχικά, έγινε έρευνα στο για τις εναλλακτικές ιδέες μαθητών που αφορούν έννοιες και φαινόμενα ηλεκτρισμού. Έπειτα πραγματοποιήθηκε αναζήτηση σε διεθνή αποθετήρια για ήδη υπάρχοντα ΨΜΑ. Συγκεκριμένα, αναζητήθηκαν ΨΜΑ που πραγματεύονται θέματα Ηλεκτρισμού και τα οποία απευθύνονται κυρίως σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, προκειμένου να εντοπιστούν τυχόν ελλείψεις. Ενδιαφέρουσες εσφαλμένες αντιλήψεις οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω, εντοπίστηκαν σε θέματα που αφορούν την αγωγιμότητα του νερού, την ηλεκτρική ενέργεια, τη διαφορά δυναμικού και το στατικό ηλεκτρισμό.

Όσον αφορά τις εσφαλμένες αντιλήψεις των μαθητών πάνω στην έννοια της διαφοράς δυναμικού, εντοπίστηκαν μερικές που αφορούν τη σχέση διαφοράς δυναμικού και ηλεκτρικού ρεύματος. Μια από αυτές ήταν το ότι η διαφορά δυναμικού αποτελεί μια ιδιότητα του ρεύματος και όχι τόσο μια αναγκαία προϋπόθεση για τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος (Rhonock, 1984). Σε έρευνα Γερμανών μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μάλιστα, διαπιστώθηκε ότι το 23% του δείγματος θεωρεί ότι η τάση και το ηλεκτρικό ρεύμα είναι το ίδιο πράγμα (Maichle, 1981). Για την άρση της παρανόησης αυτής, οι Psillos κ.α. (1988) τονίζουν την ανάγκη να γίνει κατανοητό ότι η διαφορά δυναμικού αποτελεί μια απαραίτητη προϋπόθεση για τη ροή ρεύματος και ότι το δυναμικό μπορεί να υπάρχει ακόμα και όταν δεν υπάρχει ρεύμα. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσε εύκολα να διαφοροποιηθεί από το ηλεκτρικό ρεύμα. Για τον λόγο αυτό, το ένα από τα τέσσερα ΨΜΑ που αναπτύχθηκαν μελετά την σημασία της διαφοράς δυναμικού στη δημιουργία και ροή ηλεκτρικού ρεύματος.

Η έρευνα του Henry (2000) ανέδειξε διάφορες εναλλακτικές ιδέες που σχετίζονται με τον στατικό ηλεκτρισμό. Σύμφωνα με αυτή, κάποιοι μαθητές πιστεύουν ότι ο στατικός ηλεκτρισμός είναι μια ουσία που είτε μπορεί να μεταφερθεί από ένα αντικείμενο σε ένα άλλο είτε ότι μπορεί να δημιουργηθεί. Ακόμα και όταν διαπιστώνεται η μεταφορά φορτίου κατά το φαινόμενο στατικού ηλεκτρισμού, πολλοί από τους μαθητές εσφαλμένα θεωρούν πως και τα δύο είδη φορτίων (θετικά και αρνητικά) μπορούν να μεταφερθούν από το ένα σώμα στο άλλο. Άλλοι είναι αυτοί που χρησιμοποιούν το θετικό πρόσημο (+) για να αναπαραστήσουν το περίσσειμα φορτίου και το αρνητικό (-) για να αναπαραστήσουν το έλλειμμα φορτίου. Τέλος, κάποιοι μαθητές υπέθεσαν ότι δεν θα συμβεί τίποτα εάν ένα φορτισμένο σώμα έρθει σε επαφή με ένα αφόρτιστο. Μια άλλη εναλλακτική ιδέα που διατυπώθηκε στην έρευνα της Otero (2001) περιγράφει την μετακίνηση είτε θετικού είτε αρνητικού φορτίου από την επιφάνεια ενός αντικειμένου στην επιφάνεια ενός άλλου, όταν αυτά τρίβονται μεταξύ τους. Όπως οι μαθητές εξηγούν μάλιστα, το είδος του φορτίου που

μετακινείται εξαρτάται από το υλικό αυτών των δύο σωμάτων. Σύμφωνα με τις παραπάνω εναλλακτικές ιδέες, το ένα από τα ΨΜΑ πραγματοποιείται την έννοια του στατικού ηλεκτρισμού μελετώντας την μεταφορά των ελεύθερων ηλεκτρονίων από ένα φορτισμένο σώμα σε ένα άλλο, αλλά και τη μεταφορά τους από ένα φορτισμένο σώμα σε ένα αφόρτιστο (για παράδειγμα, αγωγό σε γείωση).

Για θέματα που αφορούν την έννοια της ενέργειας στη Φυσική, η έρευνα της Stead (1980) οι μαθητές θεωρούν ότι τα άψυχα αντικείμενα δεν χρειάζονται ενέργεια. Αντιθέτως, ορθώς συνδέουν την ενέργεια με τη ζωή και την καλή φυσική κατάσταση των έμβιων οργανισμών, εκφράζοντας την άποψη ότι χωρίς την ενέργεια οι οργανισμοί θα ήταν άτονοι και λιγότερο δραστήριοι. Ομοίως, στην έρευνα των Watts και Gilbert (1985) παρατηρήθηκε ότι μαθητές διαφόρων ηλικιών σχετίζουν την ενέργεια με ανθρώπινα όντα ή με αντικείμενα που αντιμετωπίζονται σαν να έχουν ανθρώπινα χαρακτηριστικά. Όσον αφορά την ηλεκτρική ενέργεια, Οι Cokelz και Yurumezoglu (2009) σε έρευνα για τις εναλλακτικές ιδέες μαθητών Γυμνασίου σε θέματα ηλεκτρισμού, διαπίστωσαν ότι κάποιοι μαθητές ταυτίζουν την ηλεκτρική ενέργεια με το ηλεκτρικό ρεύμα, εξηγώντας πως το ηλεκτρικό ρεύμα είναι «η ενέργεια που περνάει μέσα από έναν αγωγό». Φαίνεται ότι πολλοί μαθητές δεν μπορούν να διαχωρίσουν τις δύο έννοιες και να κατανοήσουν ότι η ηλεκτρική ενέργεια είναι το απαιτούμενο στοιχείο για την προσανατολισμένη κίνηση των φορτίων μέσα σε έναν αγωγό (δηλαδή την δημιουργία του ηλεκτρικού ρεύματος). Όμως όπως διαπιστώθηκε, η χρήση αναλογιών Μηχανικής μπορεί να φανεί χρήσιμο εργαλείο στην άρση παρανοήσεων των μαθητών πάνω σε θέματα Ηλεκτρισμού (Dorin & Joshua, 1985). Σε συνδυασμό με όλα τα παραπάνω και με την άποψη ότι οι έννοιες όπως αυτές τους ηλεκτρικού ρεύματος και της ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να τοποθετούνται και να διδάσκονται στα πλαίσια της γενικότερης έννοιας της ενέργειας (Cokelz & Yurumezoglu, 2009), αποφασίστηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, ένα από τα ΨΜΑ να πραγματοποιεί την έννοια της ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζοντας το μηχανικό ανάλογό της.

Τέλος, όσον αφορά την ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού και συγκεκριμένα των υδατικών διαλυμάτων, στην έρευνα των Naah και Sanger (2012) εντοπίστηκε η εναλλακτική ιδέα σύμφωνα με την οποία οι ιοντικές ενώσεις, όπως τα άλατα, διαλύονται στο νερό ως συνδυασμός ουδέτερων ατόμων ή μορίων. Η λανθασμένη αυτή αντίληψη δεν συνάδει με την αγωγιμότητα των υδατικών διαλυμάτων. Μερικοί από αυτούς τους μαθητές εξήγησαν αυτή την ασυμφωνία λέγοντας ότι τα μέταλλα στα συγκεκριμένα υδατικά διαλύματα είναι αυτά που άγουν τον ηλεκτρισμό, βασίζοντας την άποψη αυτή στο γεγονός ότι τα (στερεά) μέταλλα είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού. Οι Naah και Sanger (2012) για την άρση της παραπάνω εσφαλμένης αντίληψης προτείνουν την μελέτη της αγωγιμότητας και υδατικών διαλυμάτων που δεν περιέχουν ιόντα μετάλλων (όπως το υδροχλωρικό οξύ ή το νιτρικό αμμώνιο). Έτσι λοιπόν, το τελευταίο ΨΜΑ που αναπτύχθηκε μελετά την αιτία που καθιστά ένα υδατικό διάλυμα αγωγικό, συμπεριλαμβάνοντας διάλυμα οξέος, βάσης, άλατος, καθώς και ζαχαρόνερο.

2.2.2. Σχεδιασμός και ανάπτυξη ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων Φυσικής

Όσον αφορά τα πλαίσια της διδακτικής προσέγγισης, τα συγκεκριμένα ΨΜΑ σχεδιάστηκαν με σκοπό να υποστηρίξουν τη διερευνητική μάθηση. Το μοντέλο της διερευνητικής μάθησης ενθαρρύνει τον εκπαιδευόμενο να διερευνήσει μια κατάσταση ώστε να φτάσει σε χρήσιμα συμπεράσματα και με αυτό τον τρόπο καταφέρνει να οικοδομήσει ο ίδιος τη νέα γνώση, να αναπτύξει δεξιότητες επιστημονικής διερεύνησης (van Joolingen κ.α., 2007), να διατηρήσει την αποκτηθείσα γνώση μακροχρόνια καθώς και να την αξιοποιήσει σε νέα μελλοντικά προβλήματα (Δημητριάδης, 2015). Κατά τα στάδια της διερεύνησης, οι μαθητές εκτελούν ενέργειες προκειμένου να μελετήσουν τη σχέση που συνδέουν τις ανεξάρτητες και εξαρτημένες μεταβλητές ενός φαινομένου (Wilheim & Beishuizen, 2003). Η διερευνητική μέθοδος αποτελεί δηλαδή μια διαδικασία κατά την οποία μελετώνται και αποσαφηνίζονται νέες σχέσεις αιτίου-αποτελέσματος, με τους συμμετέχοντες να

σχηματίζουν υποθέσεις και να τις δοκιμάζουν εκτελώντας πειράματα ή παρατηρώντας φαινόμενα (Pedaste κ.α., 2012). Σύμφωνα με τον Δημητριάδη (2015), η διερευνητική μάθηση απαιτεί από τους εκπαιδευόμενους ιδιαίτερες δεξιότητες διερεύνησης, επομένως πολλές φορές η καθοδήγηση του εκπαιδευτικού κρίνεται απαραίτητη. Η ίδια άποψη διατυπώνεται και από τον de Jong (2006), σύμφωνα με την οποία οι μαθητές οι οποίοι ενεργούν αυτοβούλως στις μαθησιακές διαδικασίες, πολλές φορές δεν είναι ικανοί να ανακαλύψουν τις γνώσεις που υποτίθεται ότι πρέπει να οικοδομηθούν. Όταν δίνεται η απαραίτητη καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό τότε οι επιδιωκόμενοι μαθησιακοί στόχοι είναι πιο πιθανό να εκπληρωθούν (van Joolingen κ.α., 2007). Γι' αυτό και, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, σε περιπτώσεις ενσωμάτωσης ΨΜΑ στη διδασκαλία, η επίτευξη των μαθησιακών στόχων ολοκληρώνεται με περισσότερη επιτυχία όταν οι διαδικασίες μάθησης λαμβάνουν χώρα εντός σχολικής αίθουσας, παρουσία εκπαιδευτικού (Σκουλαρίδου, 2016). Στην περίπτωση των νέων τεσσάρων ΨΜΑ που παρουσιάζονται, η απαιτούμενη καθοδήγηση δεν προσφέρεται από τον ίδιο τον εκπαιδευτικό αλλά από το εκπαιδευτικό λογισμικό που αναπτύχθηκε. Σε αυτά τα ΨΜΑ, οι μαθητές υιοθετούν το ρόλο του ερευνητή και με την κατάλληλη καθοδήγηση που υποστηρίζεται από το περιβάλλον του λογισμικού παίρνουν τις κατάλληλες αποφάσεις και ενεργούν, ώστε να λάβουν την αντίστοιχη πληροφορία και να μάθουν από τον τρόπο που το περιβάλλον ανταποκρίνεται στις ενέργειές τους.

Τα ΨΜΑ που αναπτύχθηκαν είναι δυναμικές οπτικές αναπαραστάσεις. Αποτελούν γραφικές αναπαραστάσεις φαινομένων Ηλεκτρισμού οι οποίες εξελίσσονται δυναμικά. Παράλληλα, έγινε προσπάθεια να δοθεί ένας αλληλεπιδραστικός χαρακτήρας σε κάθε ένα από αυτά, σε όσο μεγαλύτερο βαθμό ήταν εφικτό. Δόθηκε δηλαδή η δυνατότητα στο χρήστη είτε να μεταβάλλει κάποιες παραμέτρους και να παρατηρήσει πως εξελίσσεται το φυσικό φαινόμενο, είτε να κάνει επιλογές ώστε να επηρεάσει την πορεία της αναπαράστασης του φαινομένου. Η αλληλεπίδραση του χρήστη με το περιβάλλον των ΨΜΑ γίνεται με τη χρήση ποντικιού, χωρίς να απαιτείται η χρήση πληκτρολογίου ή κάποιας άλλης συσκευής εισόδου. Ακόμη, σε σημεία όπου κρίθηκε απαραίτητο, δόθηκε η κατάλληλη καθοδήγηση στο χρήστη με τη βοήθεια αναδυόμενων μηνυμάτων, προκειμένου αυτός να γνωρίζει με ποιο τρόπο να περιηγηθεί στο περιβάλλον του μαθησιακού αντικείμενου.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής τα ΨΜΑ αναπτύχθηκαν με τη χρήση του λογισμικού Construct 2 (www.construct.net). Το Construct 2 είναι μια πλατφόρμα ανάπτυξης διδιάστατων ψηφιακών παιχνιδιών η λειτουργία της οποίας βασίζεται στον οπτικό προγραμματισμό (Visual Programming). Ο οπτικός προγραμματισμός επιτρέπει τη δημιουργία εφαρμογών μέσα από τον γραφικό χειρισμό προγραμματιστικών στοιχείων. Περιλαμβάνει δηλαδή τον προγραμματισμό με οπτικές εκφράσεις χωρίς να απαιτεί τη χρήση κάποιας γλώσσας προγραμματισμού. Στο Construct 2 δίνεται η δυνατότητα χρήσης JavaScript, χωρίς όμως να την καθιστά απαραίτητη, για αυτό και απευθύνεται κυρίως σε μη επαγγελματίες που ασχολούνται με την ανάπτυξη εφαρμογών και παιχνιδιών. Η ευκολία στη χρήση του καθώς και το γεγονός ότι διατίθεται δωρεάν, είναι οι βασικοί λόγοι για τους οποίους επιλέχθηκε το συγκεκριμένο πρόγραμμα για την ανάπτυξη των τεσσάρων ΨΜΑ.

Παρακάτω παρουσιάζεται αναλυτικά το περιεχόμενο των τεσσάρων ΨΜΑ που αναπτύχθηκαν. Περιγράφεται ο στόχος καθώς και όλα τα βήματα των δραστηριοτήτων που σχεδιάστηκαν προκειμένου να καταρριφθούν οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών στον ηλεκτρισμό που περιγράφηκαν προηγουμένως. Ακόμα, προσδιορίζεται το ηλικιακό εύρος των μαθητών στο οποίο απευθύνεται το εκάστοτε μαθησιακό αντικείμενο, ανάλογα με τα προγράμματα σπουδών του ελληνικού σχολείου και το μαθησιακό υπόβαθρο των μαθητών.

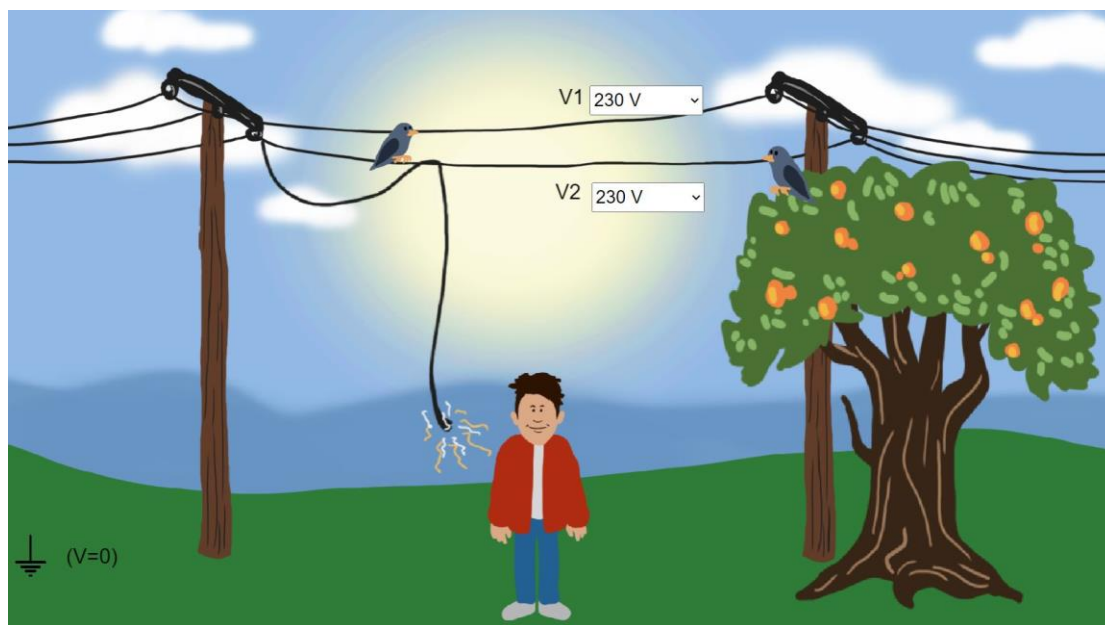
2.2.2.1. Διαφορά δυναμικού και ηλεκτρικό ρεύμα

Σε αυτό το μαθησιακό αντικείμενο μελετήθηκε η σχέση της διαφοράς δυναμικού με το ηλεκτρικό ρεύμα. Ο κύριος στόχος ήταν να αναδειχθεί μέσω μιας δυναμικής οπτικής αναπαράστασης ότι η ροή του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από ένα σώμα έχει σαν προ-απαιτούμενο την ύπαρξη διαφοράς

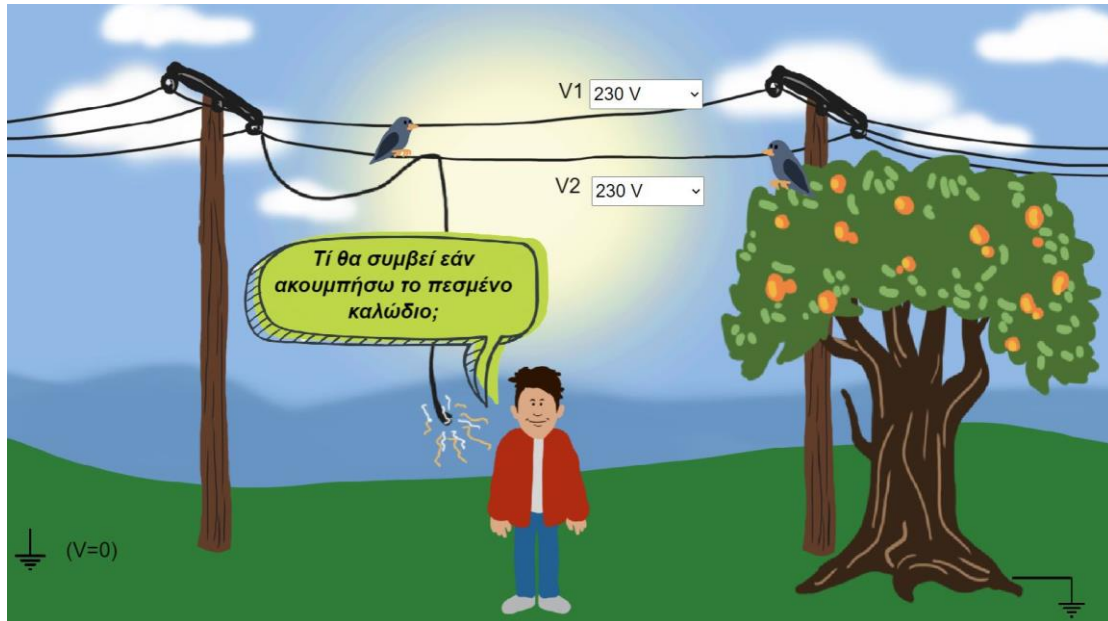
δυναμικού μεταξύ των άκρων του σώματος αυτού. Επιλέχθηκε να αναπαρασταθεί η ηλεκτροπληξία από ηλεκτροφόρα καλώδια, ένα φαινόμενο της καθημερινής ζωής.

Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται η αρχική οθόνη του ΨΜΑ. Ένα πουλί στέκεται πάνω σε ένα ηλεκτροφόρο καλώδιο, ένα άλλο στέκεται στα κλαδιά ενός γειωμένου δέντρου και ένα παιδί στο έδαφος (γείωση) δίπλα σε ένα πεσμένο ηλεκτροφόρο καλώδιο. Αρχικά εμφανίζεται ένα μήνυμα που καθοδηγεί το χρήστη να μεταβάλει την τάση των δύο εικονιζόμενων ηλεκτροφόρων καλωδίων, παρατηρώντας τι θα συμβεί στα δύο πουλιά. Στην περίπτωση αυτή, έγινε αναπαράσταση ενός υποθετικού σεναρίου κατά το οποίο ο χρήστης μπορεί να μεταβάλει το δυναμικό των δύο ηλεκτροφόρων καλωδίων επιλέγοντας δύο τιμές από τις λίστες V_1 και V_2 . Έπειτα, επιλέγοντας ένα από τα δύο πουλιά παρατηρεί το τέντωμα των φτερών τους με το αντίστοιχο μήνυμα που υπενθυμίζει πως τα φτερά των πουλιών ακουμπούν σε ένα άλλο καλώδιο. Εάν το δυναμικό V_1 και V_2 είναι το ίδιο, το πουλί που στέκεται πάνω στο ηλεκτροφόρο καλώδιο και τα φτερά του ακουμπούν στο άλλο, δεν παθαίνει ηλεκτροπληξία καθώς η ροή ηλεκτρικού ρεύματος από το σώμα του απαιτεί την ύπαρξη διαφοράς δυναμικού. Αντιθέτως, εάν ο χρήστης επιλέξει διαφορετικές τιμές V_1 και V_2 θα παρατηρήσει αντίστοιχα τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσω της ηλεκτροπληξίας. Στην περίπτωση του πουλιού που στέκεται στο δέντρο (το οποίο βρίσκεται σε γείωση και υπενθυμίζεται στο μαθητή ότι το δυναμικό της γείωσης είναι μηδενικό), όποια και να είναι η τιμή των V_1 και V_2 στα καλώδια, θα υπάρχει διαφορά δυναμικού ανάμεσα στα άκρα του, άρα και ροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσα στο σώμα του. Αφού ολοκληρωθεί αυτή η διαδικασία, εμφανίζεται ένα μήνυμα που παρακινεί το χρήστη να διερωτηθεί τι θα συμβεί εάν το παιδί πιάσει το πεσμένο ηλεκτροφόρο καλώδιο (Εικόνα 2). Ως ανατροφοδότηση σε αυτό το ερώτημα, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το παιδί ώστε να παρατηρήσει και τη δική του ηλεκτροπληξία λόγω της διαφοράς δυναμικού (Εικόνα 3). Με αυτή την τελευταία ενέργεια ολοκληρώνεται η δυναμική οπτική αναπαράσταση. Οι ενέργειες που πρέπει να ακολουθήσει ο χρήστης για να ολοκληρώσει το ΨΜΑ προάγουν τη διερεύνηση. Ένας μαθητής μπορεί να επιλέξει τις τιμές των παραμέτρων (V_1 και V_2) καθώς και τα αντικείμενα που θέλει να αλληλεπιδράσουν με το περιβάλλον με όποια σειρά επιθυμεί. Παρατηρώντας τα αποτελέσματα των ενεργειών του μπορεί να καταλήξει στα αντίστοιχα συμπεράσματα.

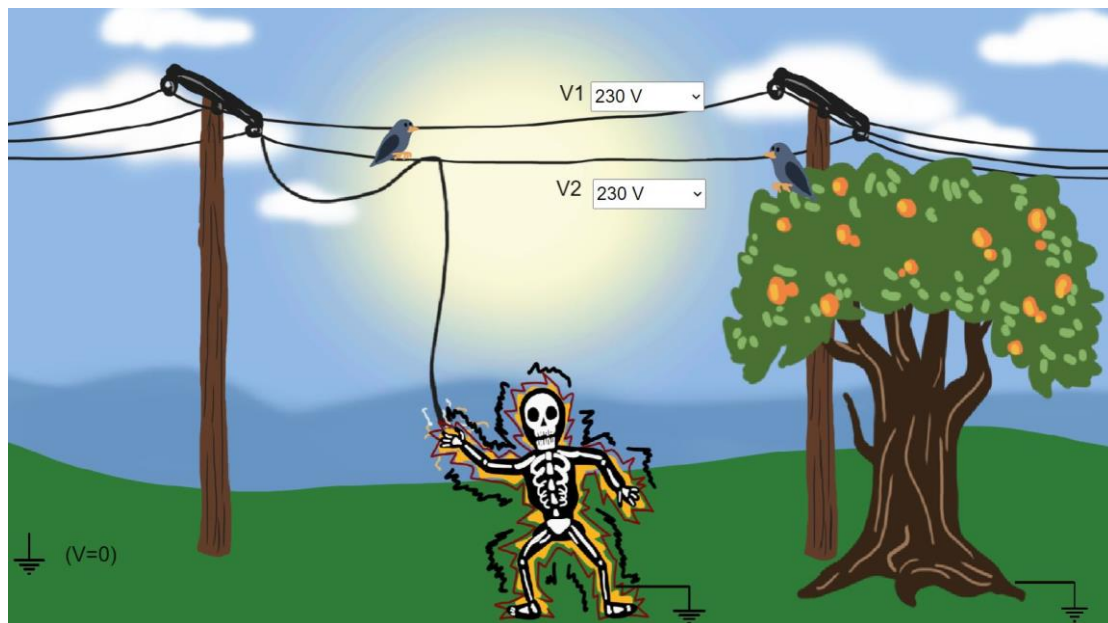
Για να χρησιμοποιήσει ένας μαθητής το συγκεκριμένο ΨΜΑ θα πρέπει να γνωρίζει την έννοια του δυναμικού. Σύμφωνα με το πρόγραμμα σπουδών του ελληνικού σχολείου, η έννοια του δυναμικού εισάγεται για πρώτη φορά σε σχολικά εγχειρίδια της Γ γυμνασίου. Επομένως το εργαλείο αυτό προορίζεται για μαθητές της Γ γυμνασίου, χωρίς αυτό βέβαια να περιορίζει έναν εκπαιδευτικό που σκοπεύει να το χρησιμοποιήσει σε άλλα πλαίσια όπως για παράδειγμα για να διδάξει βασικούς κανόνες ασφαλείας σε νεαρότερους μαθητές οι οποίοι δεν γνωρίζουν την έννοια τους δυναμικού, δίνοντάς τους τις κατάλληλες επεξηγήσεις. Τα μεταδεδομένα του ΨΜΑ παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.



Εικόνα 1. Στιγμιότυπο ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου «Ηλεκτρικό ρεύμα και διαφορά δυναμικού».



Εικόνα 2. Στιγμιότυπο ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου «Ηλεκτρικό ρεύμα και διαφορά δυναμικού».



Εικόνα 3. Στιγμιότυπο ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου «Ηλεκτρικό ρεύμα και διαφορά δυναμικού».

Πίνακας 1. Μεταδεδομένα ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου «Διαφορά δυναμικού και ηλεκτρικό ρεύμα».

Τίτλος	Διαφορά δυναμικού και ηλεκτρικό ρεύμα
Περιγραφή	Δυναμική οπτική αναπαράσταση που μελετά τη σχέση της διαφοράς δυναμικού με το ηλεκτρικό ρεύμα. Μεταβάλλοντας το δυναμικό στα άκρα κάποιων σωμάτων

	μπορεί να διαπιστωθεί το αν διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα.
Σημειώσεις για διδακτική αξιοποίηση	Το μαθησιακό αντικείμενο μπορεί να αξιοποιηθεί από τους μαθητές στα πλαίσια της διερεύνησης. Για τη χρήση του προ απαιτούμενη είναι η γνώση της έννοιας του δυναμικού. Παρόλα αυτά μπορεί να αξιοποιηθεί και στα πλαίσια διδασκαλίας βασικών κανόνων ασφαλείας προς τους νεαρότερους μαθητές που δεν έχουν διδαχθεί την έννοια του δυναμικού, καθώς αναπαριστά ένα φαινόμενο της καθημερινής ζωής με το οποίο είναι ήδη εξοικειωμένοι. Στην περίπτωση αυτή προτείνεται η κατάλληλη καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό μέσω προφορικών επεξηγήσεων προς τους μαθητές.
Τυπική διάρκεια χρήσης	3-5 λεπτά
ΣΤΟΧΕΥΟΜΕΝΟ ΚΟΙΝΟ	
Σε ποιον απευθύνεται	μαθητές/τριες, εκπαιδευτικοί
Εκπαιδευτική βαθμίδα/επίπεδο	Δημοτικό, Γυμνάσιο
Τυπικό εύρος ηλικίας	11-15
Γλώσσα στοχευόμενου κοινού	Ελληνικά
ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	
Θεματική περιοχή	Φυσική > Ηλεκτρισμός
Τύπος μαθησιακού αντικειμένου	δυναμική οπτική αναπαράσταση
Διδακτική προσέγγιση	γνωστική προσέγγιση > διερευνητική μάθηση
Τύπος αλληλεπίδρασης	μεικτός

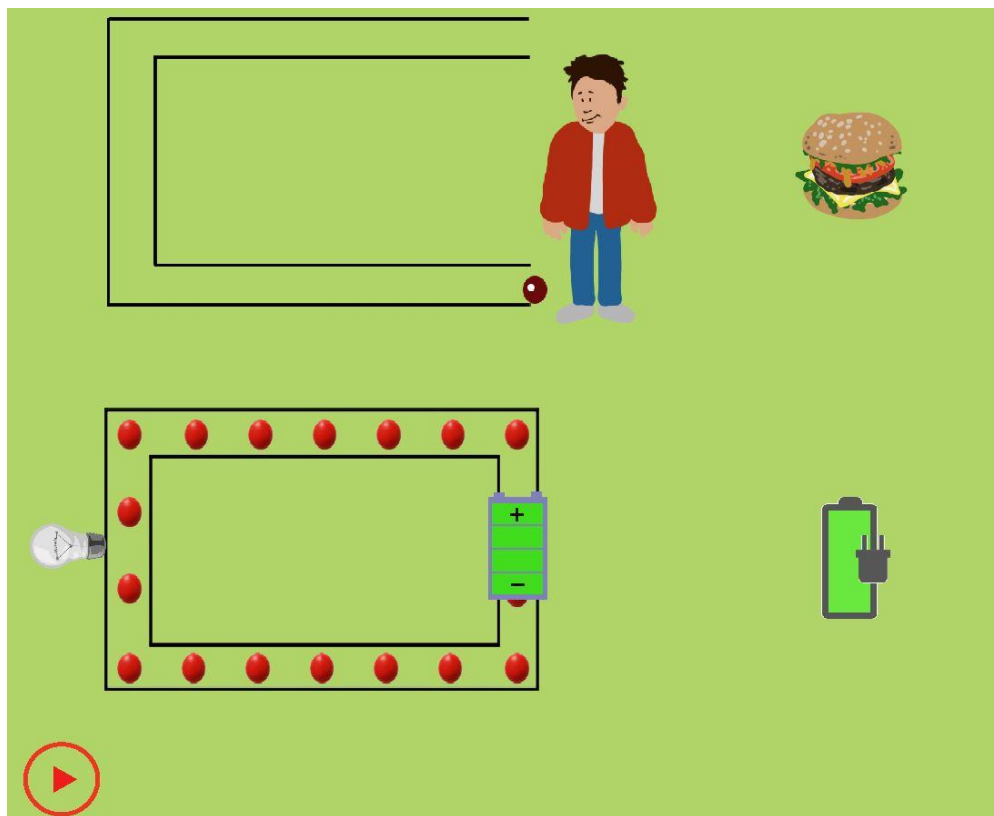
2.2.2.2. Ηλεκτρική ενέργεια

Με τη χρήση αυτού του ΨΜΑ οι μαθητές μπορούν να πραγματευθούν το ρόλο της ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα κύκλωμα, μελετώντας την κίνηση των ηλεκτρονίων στο εσωτερικό του κυκλώματος. Για να γίνει κατανοητό το φαινόμενο και να συνδεθεί η ηλεκτρική ενέργεια με την προσανατολισμένη κίνηση των ηλεκτρονίων, παρουσιάζεται στο χρήστη ένα μηχανικό ανάλογο.

Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται στη Εικόνα 4, στην οθόνη του χρήστη απεικονίζεται ένα κύκλωμα που αποτελείται από μπαταρία, αγωγούς, ηλεκτρόνια και λάμπα καθώς και μια διάταξη με αγωγούς-διαδρόμους, ένα παιδί και μια μπάλα. Δεξιά του κυκλώματος και της διάταξης απεικονίζονται ένας φορτιστής και η τροφή του παιδιού αντίστοιχα. Πατώντας το κουμπί “play”, ο χρήστης θέτει σε κίνηση τα ηλεκτρόνια μέσα στους αγωγούς του κυκλώματος και η λάμπα αρχίζει να φωτοβολεί. Παράλληλα, στην διάταξη πάνω από το κύκλωμα, το παιδί πιάνει τη μπάλα και την τοποθετεί ψηλά αφήνοντας την να κυλίσει στους διαδρόμους μέχρι αυτή να καταλήξει πάλι στα πόδια του. Οι κινήσεις αυτές επαναλαμβάνονται συνεχόμενα, ενώ με το πέρασμα του χρόνου το παιδί απεικονίζεται όλο και πιο κουρασμένο από την επαναλαμβανόμενη κίνηση, ενώ αντίστοιχα, η στάθμη της ενέργειας στη μπαταρία του κυκλώματος πέφτει όλο και περισσότερο. Μετά από μερικά δευτερόλεπτα, όταν η στάθμη της μπαταρίας φτάνει στο ελάχιστο και το παιδί παρουσιάζεται εξουθενωμένο, σταματούν όλες οι κινήσεις. Με αυτό τον τρόπο επιλέχθηκε να παρουσιαστεί το μηχανικό ανάλογο της κίνησης των ηλεκτρονίων σε ένα κύκλωμα: η ενέργεια της μπαταρίας είναι υπεύθυνη για την προσανατολισμένη κίνηση των ηλεκτρονίων, και αντίστοιχα η ενέργεια που προσφέρει ο μαθητής

(με τη μορφή έργου) είναι υπεύθυνη για την κίνηση της σφαίρας. Οι εικόνες του φορτιστή και της τροφής στα δεξιά τοποθετήθηκαν ώστε να μπορέσει ο μαθητής να συνδέσει την έννοια της ενέργειας με τα φαινόμενα που αναπαρίστανται. Μετά την παύση όλων των κινήσεων και στα πλαίσια της διερεύνησης, ο χρήστης θα πρέπει να πατήσει στα δύο αντικείμενα (φορτιστή και τροφή) ώστε να τροφοδοτήσει και πάλι τα συστήματα με ενέργεια. Η σκέψη αυτή βασίστηκε στην ανθρωποκεντρική αντίληψη που έχουν πολλοί μαθητές για την έννοια της ενέργειας, όπως αυτή έχει παρουσιαστεί παραπάνω. Υποθέσαμε πως, και στην περίπτωση αυτή, οι χρήστες θα συνδέσουν αυθόρμητα την ανάγκη του παιδιού να κινηθεί και πάλι, με την τροφή. Με τον τρόπο αυτό θα μπορούν οι παραπάνω κινήσεις των ηλεκτρονίων και της σφαίρας να συνδεθούν με την έννοια της ενέργειας και ως επέκταση στο ηλεκτρικό κύκλωμα, με την ηλεκτρική ενέργεια.

Σύμφωνα με τα ελληνικά προγράμματα σπουδών, το εν λόγω ΨΜΑ μπορεί να αξιοποιηθεί στα πλαίσια διδασκαλίας της έννοιας της ηλεκτρικής ενέργειας σε μαθητές Ε΄ Δημοτικού αλλά και Γ΄ Γυμνασίου. Οι μαθητές θα πρέπει να έχουν σαν προ-απαιτούμενη γνώση την προσανατολισμένη κίνηση των ηλεκτρονίων σε ένα κύκλωμα όταν αυτό διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, καθώς το φαινόμενο αυτό είναι μέρος του περιεχομένου του μαθησιακού αντικείμενου αλλά, παρόλα αυτά, δεν επεξηγείται. Τα μεταδεδομένα του ΨΜΑ παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.



Εικόνα 4. Στιγμιότυπο ψηφιακού μαθησιακού αντικείμενου «Ηλεκτρική ενέργεια».

Πίνακας 2. Μεταδεδομένα ψηφιακού μαθησιακού αντικείμενου «Ηλεκτρική ενέργεια».

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
Τίτλος	Ηλεκτρική ενέργεια

Περιγραφή	Δυναμική οπτική αναπαράσταση η οποία μελετά το ρόλο της ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Με την αναπαράσταση ενός μηχανικού ανάλογου, μπορεί να διαπιστωθεί ότι η αιτία για την προσανατολισμένη κίνηση των ηλεκτρονίων σε ένα κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα είναι η ηλεκτρική ενέργεια που παρέχει η πηγή του κυκλώματος.
Σημειώσεις για διδακτική αξιοποίηση	Το μαθησιακό αντικείμενο μπορεί να αξιοποιηθεί από τους μαθητές στα πλαίσια της διερεύνησης. Η αναπαράσταση των διαδικασιών και ιδιαίτερα αυτή του μηχανικού ανάλογου, επιτρέπει τη σύνδεση της έννοιας της ενέργειας όχι μόνο με φαινόμενα ανθρωποκεντρικά αλλά και με φαινόμενα Ηλεκτρισμού.
Τυπική διάρκεια χρήσης	2 λεπτά
ΣΤΟΧΕΥΟΜΕΝΟ ΚΟΙΝΟ	
Σε ποιον απευθύνεται	μαθητές/τριες, εκπαιδευτικοί
Εκπαιδευτική βαθμίδα/επίπεδο	Δημοτικό, Γυμνάσιο
Τυπικό εύρος ηλικίας	10-15
Γλώσσα στοχευόμενου κοινού	Ελληνικά
ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	
Θεματική περιοχή	Φυσική > Ηλεκτρισμός
Τύπος μαθησιακού αντικειμένου	δυναμική οπτική αναπαράσταση
Διδακτική προσέγγιση	γνωστική προσέγγιση > διερευνητική μάθηση
Τύπος αλληλεπίδρασης	μεικτός

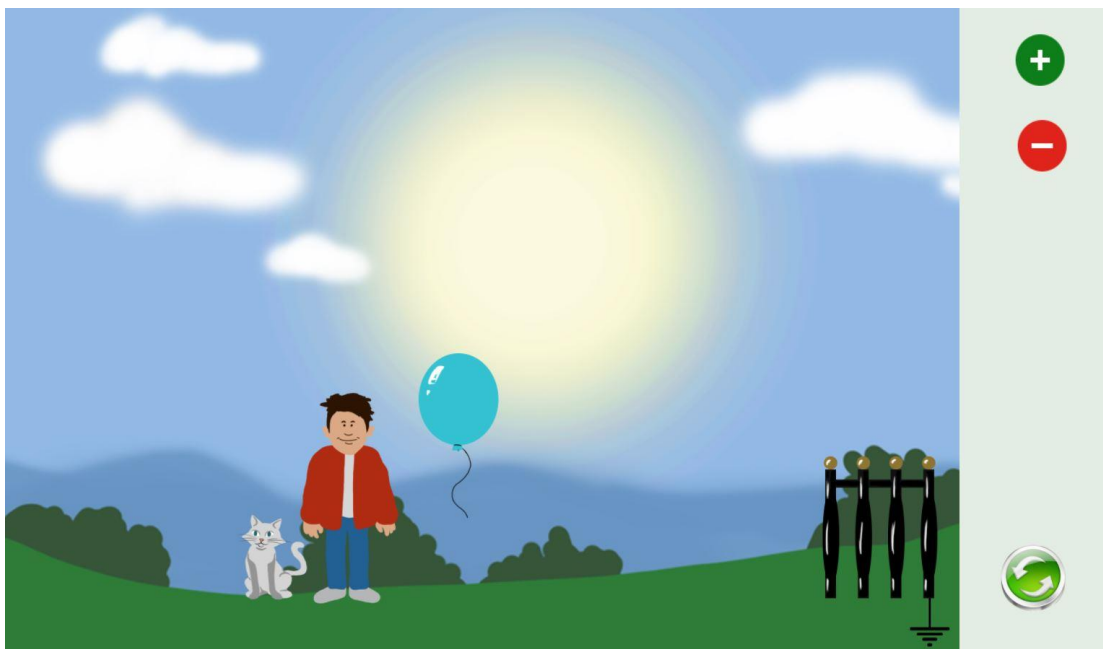
2.2.2.3. Στατικός ηλεκτρισμός

Σε αυτό το ΨΜΑ ο μαθητής μελετά το φαινόμενο του στατικού ηλεκτρισμού μέσω της τριβής μεταξύ δύο σωμάτων διαφορετικών υλικών. Ακόμη μπορεί να παρατηρήσει την ηλεκτρική εκφόρτιση ενός φορτισμένου σώματος μέσω ενός αγωγού σε γείωση. Μεταξύ των άλλων απεικονίζεται και η μικροσκοπική ερμηνεία του φαινομένου, παρουσιάζεται δηλαδή η μεταφορά των ελεύθερων ηλεκτρονίων μεταξύ των ατόμων στα σώματα που φορτίζονται λόγω τριβής ή εκφορτίζονται μέσω επαφής.

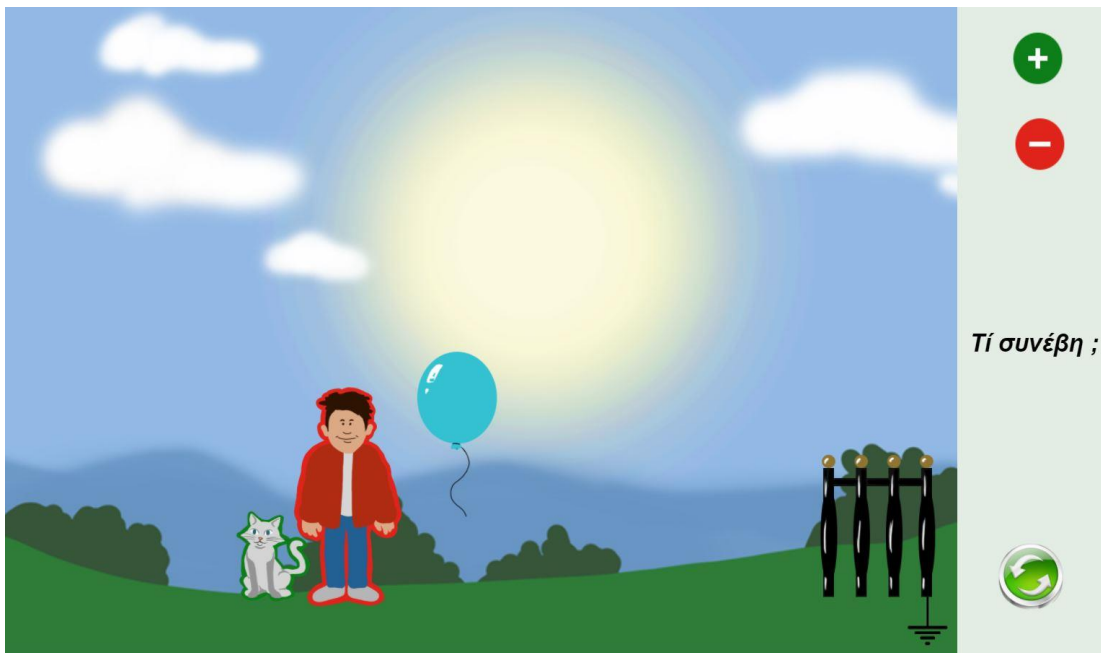
Αρχικά στην οθόνη του χρήστη εμφανίζεται ένα παιδί, μία γάτα, ένα μπαλόνι και μεταλλικά κάγκελα που βρίσκονται σε γείωση (Εικόνα 5). Η πρώτη ενέργεια που μπορεί να εκτελέσει ο χρήστης είναι να επιλέξει τη γάτα ή το μπαλόνι. Εάν επιλέξει τη γάτα, παρατηρεί το παιδί να τρίβει το χέρι του στο σώμα της γάτας. Μετά την ολοκλήρωση αυτής της κινούμενης εικόνας, εμφανίζεται ένα κόκκινο περίγραμμα γύρω από τη φιγούρα του παιδιού και ένα πράσινο περίγραμμα γύρω από τη φιγούρα της γάτας (Εικόνα 6). Τα εικονίδια του θετικού και αρνητικού προσήμου στο πάνω δεξιά τμήμα της οθόνης υποδεικνύει στο μαθητή ποιο σώμα φορτίστηκε θετικά ή αρνητικά. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το παιδί φορτίζεται αρνητικά και η γάτα φορτίζεται θετικά. Στην οθόνη παρουσιάζεται ένα μήνυμα με την ερώτηση «Τί συνέβη;» και όταν ο χρήστης επιλέξει το μήνυμα αυτό, εμφανίζονται δύο ενδεικτικές απαντήσεις προς επιλογή: «Αρνητικά φορτία μετακινήθηκαν από τη γάτα στο παιδί» και «Αρνητικά φορτία μετακινήθηκαν από το παιδί στη γάτα». Όποια απάντηση και αν επιλέξει ο χρήστης, εμφανίζεται ως ανατροφοδότηση η σωστή απάντηση, δηλαδή μια αναπαράσταση της

μεταφοράς ελεύθερων ηλεκτρονίων από τα άτομα της γάτας προς αυτά του παιδιού (Εικόνα 7). Μετά την ολοκλήρωση αυτής της αναπαράστασης, εμφανίζεται ένα μήνυμα που προτρέπει το χρήστη να επιλέξει τα μεταλλικά κάγκελα στο δεξί τμήμα της οθόνης. Εάν ο χρήστης επιλέξει το αντικείμενο αυτό, το παιδί πλησιάζει στα μεταλλικά κάγκελα και τα ακουμπάει νιώθοντας μια μικρή ηλεκτρίση η οποία του αφαιρεί το κόκκινο περίγραμμα γύρω από τη φιγούρα του. Τότε εμφανίζεται και πάλι το μήνυμα «Τί συνέβη;» και επιλέγοντάς το ο χρήστης παρατηρεί τη μεταφορά ηλεκτρονίων από το παιδί προς το μεταλλικό αγωγό. Με αυτό τον τρόπο απεικονίζεται η ηλεκτρική εκφόρτιση ενός σώματος (παιδί), που αρχικά ήταν ηλεκτρικά φορτισμένο (αρνητικά φορτισμένο), μέσω επαφής με ένα γειωμένο αγωγό. Έτσι ολοκληρώνεται η δυναμική οπτική αναπαράσταση, δίνοντας στο χρήστη την επιλογή να την επαναφέρει στην αρχική της κατάσταση, προκειμένου να ακολουθήσει διαφορετική διαδρομή. Εναλλακτικά λοιπόν, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το μπαλόνι, ώστε να παρατηρήσει όλη την παραπάνω διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω να εκτελείται αντίστροφα, καθώς η τριβή του παιδιού με το μπαλόνι θα φορτίσει το παιδί θετικά αυτή τη φορά. Ο μαθητής, στα πλαίσια του διερευνητικού χαρακτήρα που θέλαμε να προσδώσουμε στο ΨΜΑ, μπορεί αρχικά να επιλέξει όποια από τα δύο αντικείμενα επιθυμεί (γάτα ή μπαλόνι) προκειμένου να παρατηρήσει τα αλληπάλληλα αποτελέσματα των ενεργειών του και, υποβοηθούμενος από το ίδιο το λογισμικό, να καταλήξει στα αντίστοιχα συμπεράσματα.

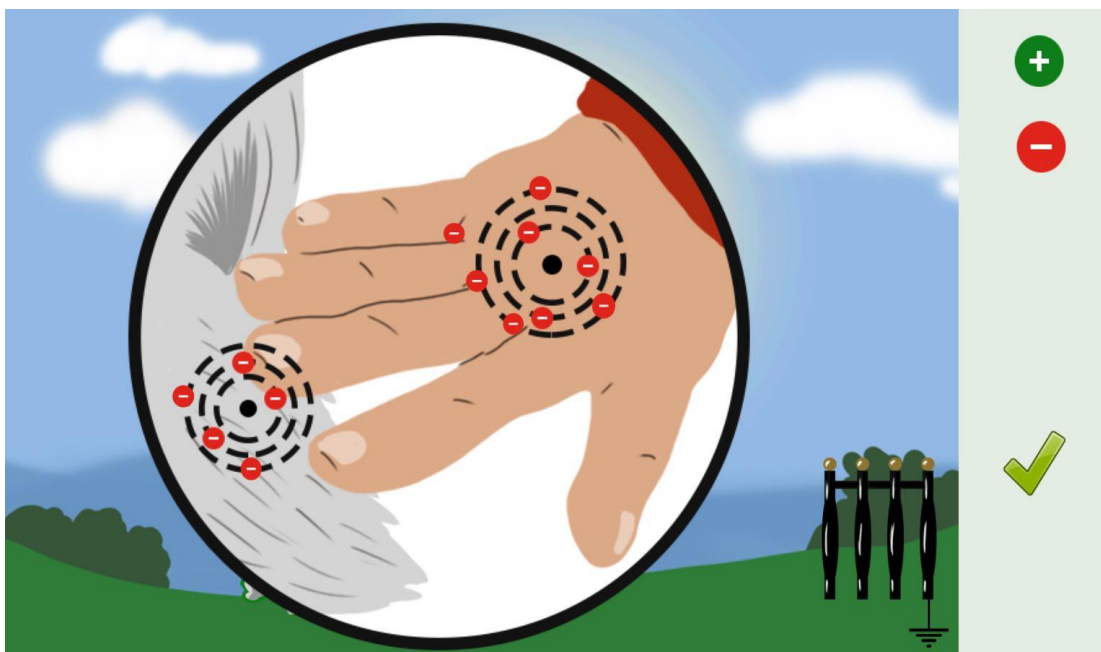
Το συγκεκριμένο μαθησιακό αντικείμενο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από μαθητές της Ε΄ Δημοτικού αλλά και της Γ΄ Γυμνασίου. Σύμφωνα με τα προγράμματα σπουδών, στους μαθητές της Ε΄ Δημοτικού εισάγεται για πρώτη φορά η έννοια του στατικού ηλεκτρισμού. Παράλληλα, οι μαθητές της τελευταίας τάξης του γυμνασίου, ασχολούνται αναλυτικότερα με το φαινόμενο της φόρτισης σωμάτων μέσω τριβής καθώς και με τη μεταφορά των ηλεκτρονίων από το ένα σώμα σε ένα άλλο. Έτσι, επειδή το εν λόγω ΨΜΑ πραγματεύεται τα φαινόμενα αυτά, θα μπορούσε να επαναχρησιμοποιηθεί από μαθητές διαφορετικού ηλικιακού εύρους. Τα μεταδεδομένα του ΨΜΑ παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.



Εικόνα 5. Στιγμιότυπο ψηφιακού μαθησιακού αντικείμενου «Στατικός ηλεκτρισμός».



Εικόνα 6. Στιγμιότυπο ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου «Στατικός ηλεκτρισμός».



Εικόνα 7. Στιγμιότυπο ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου «Στατικός ηλεκτρισμός».

Πίνακας 3. Μεταδεδομένα ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου «Στατικός ηλεκτρισμός».

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	
Τίτλος	Στατικός ηλεκτρισμός
Περιγραφή	Δυναμική οπτική αναπαράσταση που μελετά το φαινόμενο του στατικού ηλεκτρισμού μέσω τριβής δύο σωμάτων διαφορετικού υλικού. Στο μαθησιακό αντικείμενο δίνεται και η μικροσκοπική ερμηνεία του φαινομένου, μέσω της

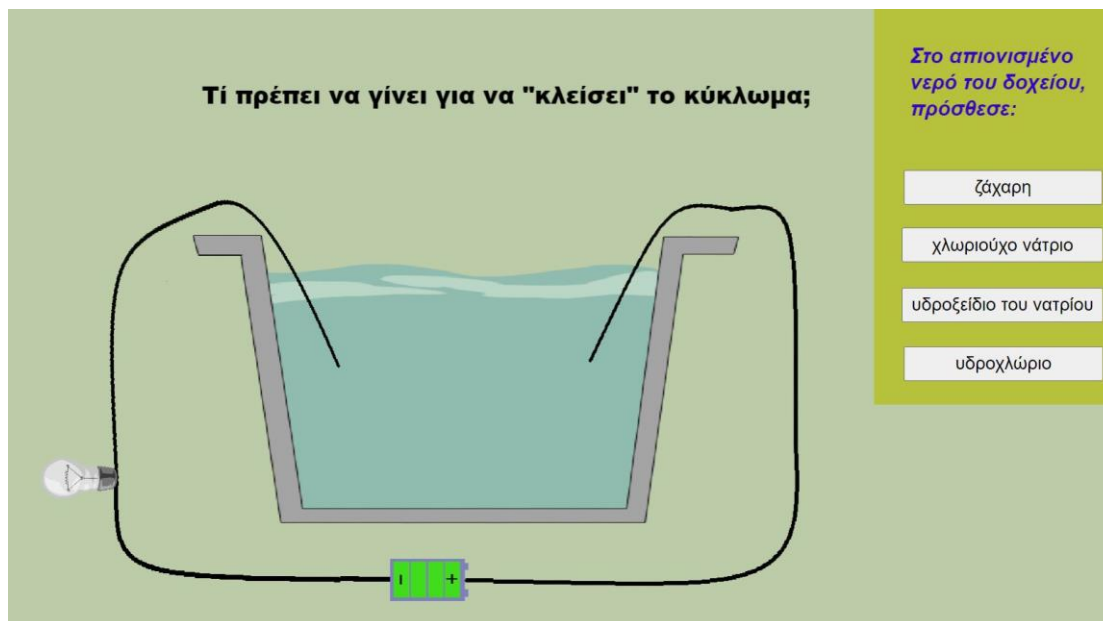
	γραφικής απεικόνισης της μεταφοράς ελεύθερων ηλεκτρονίων από τα άτομα των μορίων ενός σώματος προς σε ένα άλλο.
Σημειώσεις για διδακτική αξιοποίηση	Το μαθησιακό αντικείμενο μπορεί να αξιοποιηθεί από τους μαθητές στα πλαίσια της διερεύνησης. Για του μαθητές οι οποίοι είναι εξοικειωμένοι με την έννοια των ελεύθερων ηλεκτρονίων, μπορεί να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη η μικροσκοπική ερμηνεία του φαινομένου.
Τυπική διάρκεια χρήσης	3-5 λεπτά
ΣΤΟΧΕΥΟΜΕΝΟ ΚΟΙΝΟ	
Σε ποιον απευθύνεται	μαθητές/τριες, εκπαιδευτικοί
Εκπαιδευτική βαθμίδα/επίπεδο	Δημοτικό, Γυμνάσιο
Τυπικό εύρος ηλικίας	11-15
Γλώσσα στοχευόμενου κοινού	Ελληνικά
ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	
Θεματική περιοχή	Φυσική > Ηλεκτρισμός
Τύπος μαθησιακού αντικειμένου	δυναμική οπτική αναπαράσταση
Διδακτική προσέγγιση	γνωστική προσέγγιση > διερευνητική μάθηση
Τύπος αλληλεπίδρασης	μεικτός

2.2.2.4. Ηλεκτρική αγωγιμότητα νερού

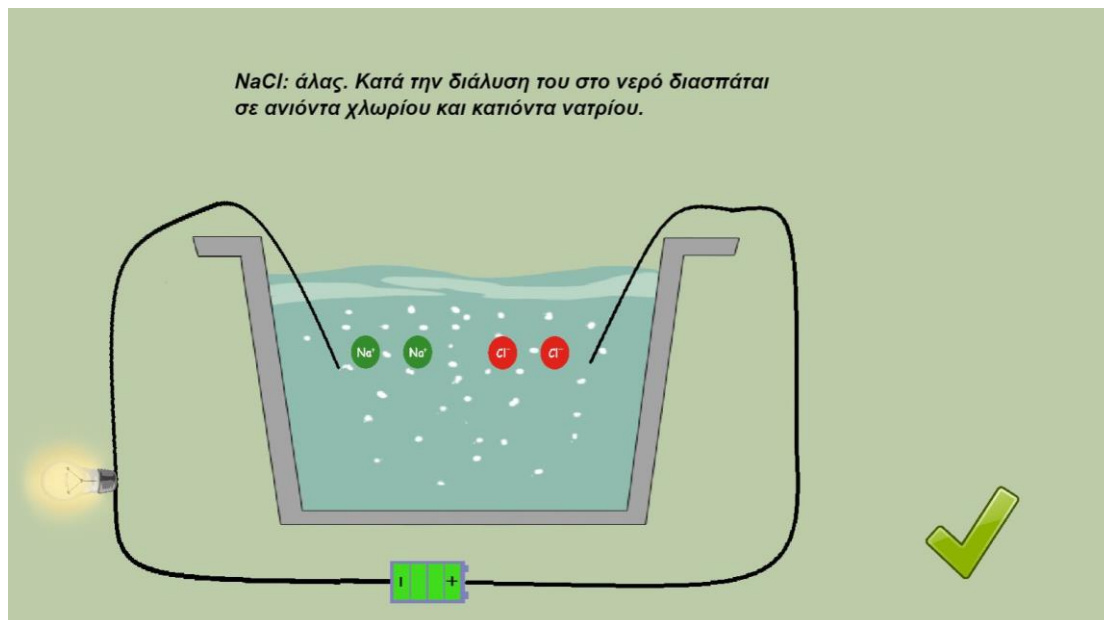
Σε αυτή τη δυναμική οπτική αναπαράσταση ο μαθητής μελετά την αιτία που καθιστά ένα υδατικό διάλυμα ως ηλεκτρικά αγώγιμο. Γενικότερα γίνεται αναπαράσταση ενός πειράματος που θα μπορούσε να διεξαχθεί και σε μια σχολική αίθουσα, με τη μόνη διαφορά ότι στο συγκεκριμένο ΨΜΑ προστίθεται η μικροσκοπική ερμηνεία του φαινομένου της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού: η κίνηση θετικών και αρνητικών ιόντων που προκύπτουν από τη διάλυση χημικών ενώσεων στο νερό.

Αρχικά ο χρήστης παρατηρεί αυτό που φαίνεται στην Εικόνα 8: απιονισμένο νερό σε μια λεκάνη από το οποίο περνούν αγωγοί που συνδέονται με μπαταρία και μια λάμπα που δε φωτοβολεί. Εμφανίζεται στην οθόνη ένα μήνυμα που προκαλεί τον μαθητή να διερωτηθεί με ποιο τρόπο θα μπορούσε να το κύκλωμα να γίνει κλειστό. Η απάντηση σε αυτό το ερώτημα βρίσκεται δεξιά της οθόνης, καθώς δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει τέσσερις διαφορετικές ουσίες με τις οποίες θα μπορέσει να προκύψει υδατικό διάλυμα. Επιλέγοντας την ζάχαρη προκύπτει ένα υδατικό διάλυμα το οποίο δεν καταφέρνει να μετατρέψει το κύκλωμα σε κλειστό και εμφανίζεται ένα μήνυμα που τονίζει στο χρήστη ότι το διάλυμα που έχει προκύψει είναι μη ιοντικό. Επιλέγοντας είτε το υδροχλώριο, είτε το υδροξείδιο του νατρίου είτε το χλωριούχο νάτριο, δημιουργείται είτε ένα όξινο, είτε ένα βασικό και είτε ένα διάλυμα άλατος αντίστοιχα. Σε κάθε μια από τις τρεις επιλογές, εμφανίζεται μήνυμα που τονίζει στον χρήστη ότι το οξύ, η βάση ή το άλας που επέλεξε διασπάται σε ιόντα. Έπειτα παρατηρεί ότι το κύκλωμα γίνεται κλειστό καθώς η λάμπα αρχίζει να φωτοβολεί, ενώ παράλληλα απεικονίζεται η κίνηση κατιόντων και ανιόντων προς τους αντίστοιχους πόλους της μπαταρίας (Εικόνα 9). Αυτή η κίνηση των ιόντων απεικονίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να δίνει στον παρατηρητή την αίσθηση ενός «κλειστού δρόμου» και στην προκειμένη περίπτωση, ενός κλειστού ηλεκτρικού κυκλώματος. Και στο συγκεκριμένο ΨΜΑ, οι ενέργειες του χρήστη προάγουν τη διερεύνηση, καθώς του επιτρέπεται να διαλέξει με όποια σειρά επιθυμεί τη χημική ουσία της αρεσκείας του και να καταλήξει στα κατάλληλα συμπεράσματα που αφορούν την ύπαρξη ή απουσία ιόντων σε ένα υδατικό διάλυμα και πως αυτή συνδέεται με το φαινόμενο του ηλεκτρισμού.

Σύμφωνα με το πρόγραμμα σπουδών, το συγκεκριμένο ΨΜΑ αναφέρεται σε μαθητές της Γ' Γυμνασίου οι οποίοι έχουν ήδη διδαχθεί την έννοια της χημικής ένωσης, των ανιόντων και των κατιόντων. Οι έννοιες αυτές μπορεί να έχουν αποσαφηνιστεί είτε στα πλαίσια του μαθήματος της Φυσικής είτε της Χημείας. Γι'αυτό και το εν λόγω μαθησιακό αντικείμενο θα μπορούσε επαναχρησιμοποιηθεί και να αξιοποιηθεί στα πλαίσια διδασκαλίας και των δύο μαθημάτων. Τα μεταδεδομένα του ΨΜΑ παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.



Εικόνα 8. Στιγμιότυπο ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου «Ηλεκτρική αγωγιμότητα νερού».



Εικόνα 9. Στιγμιότυπο ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου «Ηλεκτρική αγωγιμότητα νερού».

Πίνακας 4. Μεταδεδομένα ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου «Ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού».

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τίτλος	Ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού
Περιγραφή	Δυναμική οπτική αναπαράσταση που μελετά μικροσκοπικά την αιτία η οποία καθιστά ένα υδατικό διάλυμα ως ηλεκτρικά αγώγιμο. Ο χρήστης επιλέγοντας μια χημική ουσία (οξύ, βάση, άλας, ή ουσία που περιέχει μη ιοντικές ενώσεις) διαπιστώνει το λόγο για τον οποίο το υδατικό διάλυμα που δημιουργείται είναι ηλεκτρικά αγώγιμο (ή μη αγώγιμο).
Σημειώσεις για διδακτική αξιοποίηση	Το μαθησιακό αντικείμενο μπορεί να αξιοποιηθεί από τους μαθητές στα πλαίσια της διερεύνησης. Για τη χρήση του προ απαιτούμενη είναι η γνώση της έννοιας των ιόντων. Μπορεί να ενσωματωθεί στα πλαίσια του μαθήματος της Φυσικής και της Χημείας.
Τυπική διάρκεια χρήσης	3 λεπτά
ΣΤΟΧΕΥΟΜΕΝΟ ΚΟΙΝΟ	
Σε ποιον απευθύνεται	μαθητές/τριες, εκπαιδευτικοί
Εκπαιδευτική βαθμίδα/επίπεδο	Δημοτικό, Γυμνάσιο
Τυπικό εύρος ηλικίας	13-15
Γλώσσα στοχευόμενου κοινού	Ελληνικά
ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	
Θεματική περιοχή	Φυσική > Ηλεκτρισμός Χημεία > Αγωγιμότητα νερού
Τύπος μαθησιακού αντικειμένου	δυναμική οπτική αναπαράσταση
Διδακτική προσέγγιση	γνωστική προσέγγιση > διερευνητική μάθηση
Τύπος αλληλεπίδρασης	μεικτός

2.2.3. Πιλοτική αξιολόγηση ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων

Για την αξιολόγηση των ΨΜΑ διεξήχθη πιλοτική έρευνα. Στην εφαρμογή της πιλοτικής έρευνας χρησιμοποιήθηκαν ερωτηματολόγια τα οποία διανεμήθηκαν σε εκπαιδευτικούς. Ένας από τους στόχους της έρευνας ήταν ο εντοπισμός και η επίλυση όσο το δυνατόν περισσότερων πιθανών προβλημάτων και ζητημάτων που αφορούν το εκπαιδευτικό λογισμικό που σχεδιάστηκε. Ακόμη, μέσω της πιλοτικής έρευνας, έγινε μια προσπάθεια να ελεγχθεί το αν τα ΨΜΑ σχεδιάστηκαν κατάλληλα ώστε να εξυπηρετούν τον εκπαιδευτικό σκοπό τους καθώς και το αν αποτελούν αξιόλογα εργαλεία τα οποία είναι κατάλληλα να συμπεριληφθούν σε διαδικασίες διδασκαλίας.

2.2.3.1. Δείγμα

Το δείγμα ατόμων που αξιολόγησαν τα ΨΜΑ αποτελείται από είκοσι (20) Έλληνες εκπαιδευτικούς που έχουν διδάξει στο παρελθόν ή διδάσκουν ακόμα Φυσική σε μαθητές Γυμνασίου. Η εμπειρία τους στη διδασκαλία του μαθήματος Φυσικής σε τάξεις Γυμνασίου αποτέλεσε το μόνο κριτήριο επιλογής τους δείγματος, ανεξάρτητα από το αν ανήκουν στον κλάδο των Φυσικών ή Χημικών. Απορρίφθηκαν κριτήρια που αφορούν την ηλικία, το φύλο, το επίπεδο ακαδημαϊκής κατάρτισης ή την κατάρτισή τους σε θέματα των ΤΠΕ.

2.2.3.2 Εργαλείο Αξιολόγησης

Τα εργαλεία αξιολόγησης που αναφέρθηκαν παραπάνω αφορούν την αξιολόγηση μαθησιακών αντικειμένων όλων των επιστημονικών κλάδων. Εξαιρέση αποτελεί το ερωτηματολόγιο του MERLOT/Physics το οποίο αφορά τις Φυσικές Επιστήμες, αλλά παρ' όλα αυτά είναι πολύ γενικό. Για το λόγο αυτό, επιλέχθηκε το εργαλείο αξιολόγησης SciLOET - "Science Learning Objects Evaluation Tool" (Parachristos & Mikrououlos, 2021) το οποίο αφορά αποκλειστικά την αξιολόγηση ΨΜΑ στο πεδίο των Φυσικών Επιστημών. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο SciLOET προσαρμοσμένο έτσι ώστε να αποτελείται από 11 ερωτήσεις που αξιολογούν την Ποιότητα Περιεχομένου, τη Διδακτική Πράξη και Μαθησιακή Διαδικασία και το Σχεδιασμό (εξαιρέθηκε από την αξιολόγηση ο άξονας της Τεκμηρίωσης).

2.2.3.3. Διαδικασία αξιολόγησης

Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε με ερωτηματολόγια του εργαλείου SciLOET τα οποία διανεμήθηκαν διαδικτυακά στους 20 εκπαιδευτικούς. Η συγγραφή τους καθώς και η συλλογή των αποτελεσμάτων ολοκληρώθηκε με τη βοήθεια της φόρμας Google (Google forms). Τα ερωτηματολόγια αυτά, εκτός από τις 11 ερωτήσεις, περιλάμβαναν και τη δυνατότητα για σχολιασμό από τους αξιολογητές. Το δείγμα εκπαιδευτικών κλήθηκε να επεξεργαστεί πρώτα τα ΨΜΑ και έπειτα να απαντήσει στις απαντήσεις τεσσάρων ερωτηματολογίων (ένα για κάθε ένα από τα τέσσερα ΨΜΑ). Στους εκπαιδευτικούς δόθηκε πρόσβαση στις φόρμες Google μέσω υπολογιστή, tablet και κινητής συσκευής. Η διαδικασία της αξιολόγησης διεκπεραιώθηκε με ανωνυμία.

3. Αποτελέσματα

3.1. Αποτελέσματα για το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο: «Διαφορά δυναμικού και ηλεκτρικό ρεύμα»

Ως προς την ποιότητα του περιεχομένου και σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Πίνακα 5, η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών του δείγματος (75%) θεωρούν ότι η σχέση διαφοράς δυναμικού και ηλεκτρικού ρεύματος είναι ένα θέμα για το οποίο οι μαθητές/ριες έχουν δυσκολίες ή και/εναλλακτικές ιδέες. Το 20% συμφώνησε μερικώς ενώ το 5% εξ'αυτών διαφώνησε μερικώς με αυτή την άποψη. Το 45% και το 30% συμφωνούν απόλυτα και μερικώς, αντίστοιχα, με το γεγονός ότι το ΨΜΑ παρουσιάζει ένα θέμα Φυσικής που δεν μπορεί να παρουσιαστεί χωρίς τη χρήση τεχνολογίας. Αντιθέτως, το 20% και 5% διαφωνούν μερικώς και απολύτως, αντίστοιχα, με την παραπάνω άποψη. Το 65% και 25% συμφωνούν απόλυτα και μερικώς, αντίστοιχα, πως το ΨΜΑ προσθέτει παιδαγωγική αξία στο θέμα που πραγματεύεται, ενώ μόλις το 10% του δείγματος διαφωνεί μερικώς με την ιδέα αυτή.

Ως προς τη διδακτική πράξη και μαθησιακή διαδικασία, η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (90%) αξιολόγησε θετικά την ανατροφοδότηση που παρέχει το ΨΜΑ. Το 55% και το 30% του δείγματος συμφώνησε απόλυτα και μερικώς, αντίστοιχα, με τη δυνατότητα σχεδίασης μαθησιακών δραστηριοτήτων μέσω της χρήσης του συγκεκριμένου μαθησιακού αντικειμένου, ενώ το 15% διαφώνησε μερικώς με την πρόταση αυτή. Το 40% από αυτούς συμφωνεί απόλυτα με την άποψη ότι αξιοποιούνται περισσότερες από μια αναπαραστάσεις για τη συσχέτιση της διαφοράς δυναμικού με το ηλεκτρικό ρεύμα, το 35% συμφώνησε μερικώς, ενώ το 25% διαφώνησε μερικώς. Η πλειοψηφία του δείγματος (90%) υποστήριξε πως το ΨΜΑ εμπλέκει τους μαθητές σε ανακαλυπτικές/διερευνητικές δραστηριότητες, ενώ το 10% διαφώνησε μερικώς με τον ισχυρισμό αυτό. Κάτι αντίστοιχο παρατηρήθηκε και όσον αφορά την άποψη ότι το συγκεκριμένο μαθησιακό αντικείμενο ευνοεί τον αναστοχασμό, δηλαδή τη σύνδεση της υπάρχουσας γνώσης με τη νέα γνώση και τα νέα συμπεράσματα. Τέλος, το 30% των εκπαιδευτικών συμφώνησε απόλυτα με την επαναχρησιμοποίηση του μαθησιακού αντικειμένου σε διαφορετικά εκπαιδευτικά πλαίσια, το 25% συμφώνησε μερικώς με τη θέση αυτή, ενώ το 40% και 5% διαφώνησε μερικώς και απόλυτα, αντίστοιχα.

Ως προς τα κριτήρια του σχεδιασμού, η πλειοψηφία του δείγματος (85%) θεώρησε πως τα γραφικά στοιχεία του μαθησιακού αντικειμένου είναι κατάλληλα για τους μαθητές στους οποίους απευθύνεται, ενώ το υπόλοιπο 15% διαφώνησε μερικώς με την άποψη αυτή. Τέλος, τα πολυμεσικά στοιχεία φαίνεται να αναπαραστούν σχετικά αποτελεσματικά το υπό μελέτη φαινόμενο καθώς το 90% συμφώνησε είτε πλήρως είτε μερικώς με την ιδέα αυτή.

Μερικά από τα σχόλια που έκαναν οι εκπαιδευτικοί που αξιολόγησαν το ΨΜΑ ήταν:

«Το μαθησιακό αντικείμενο αποδίδει αποτελεσματικά τα σχετικά φαινόμενα και με τον αντίστοιχο διδακτικό σχεδιασμό θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για διαφορετικούς στόχους αναπτύσσοντας δεξιότητες γνωστικού και μεταγνωστικού χαρακτήρα»

«Θεωρώ πως μόνος του ένας μαθητής δεν θα μπορέσει να κατανοήσει το νόημα της συγκεκριμένης δραστηριότητας. Για το λόγο αυτό, θα έπρεπε να δίνονται ξεκάθαρες οδηγίες στο τι απεικονίζεται και ποιες πρέπει να είναι οι ενέργειες του χρήστη»

«Όταν στις τάξεις δεν βάλουμε τιμή όλοι παθαίνουν ηλεκτροπληξία. Νομίζω πως πρέπει να διορθωθεί.»

Πίνακας 5. Αποτελέσματα αξιολόγησης για το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο «Διαφορά δυναμικού και ηλεκτρικό ρεύμα»

Ερώτηση	Κλίμακα συμφωνίας/ασυμφωνίας	Πλήθος απαντήσεων
Ποιότητα Περιεχομένου		
1. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο πραγματεύεται ένα θέμα για το οποίο οι μαθητές/ριες έχουν δυσκολίες ή/και εναλλακτικές ιδέες.	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	15 4 1 0
2. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο πραγματεύεται ένα θέμα που είναι δύσκολο να πραγματευθεί χωρίς ψηφιακή τεχνολογία.	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	9 6 4 1
3. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο προσθέτει παιδαγωγική αξία στο θέμα που πραγματεύεται.	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	13 5 2 0
Διδακτική Πράξη και Μαθησιακή Διαδικασία		
4. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο παρέχει ανατροφοδότηση που προωθεί την οικοδόμηση της γνώσης.	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	9 9 1 1
5. Υπάρχει δυνατότητα σχεδίασης μαθησιακών δραστηριοτήτων με τη χρήση του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου.	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	11 6 3 0
6. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο αξιοποιεί περισσότερες από μια αναπαραστάσεις για την παρουσίαση εννοιών, μεγεθών ή φαινομένων (αν το απαιτεί το θέμα).	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	8 7 5 0
7. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο έχει τη δυνατότητα να εμπλέξει το μαθητή σε ανακαλυπτικές ή και διερευνητικές δραστηριότητες (πχ. επαγωγικό συλλογισμό, κατανόηση δομής θέματος, διατύπωση και έλεγχος υποθέσεων, επίλυση προβλήματος, απόκτηση μεταγνωστικών δεξιοτήτων).	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	10 8 2 0
8. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο ευνοεί τον αναστοχασμό (πχ. σύνδεση υπάρχουσας γνώσης και νέας πληροφορίας για λύση προβλήματος, συμέρασμα, νέα γνώση).	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	11 7 2 0
9. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περισσότερες από μια περιπτώσεις (πχ. ικανοποίηση διαφορετικών στόχων, διαφορετική θεματική, άλλο παρεμφερές γνωστικό αντικείμενο).	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	6 5 8 1
Σχεδιασμός	Συμφωνώ απόλυτα	13

10. Τα γραφικά στοιχεία του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου είναι κατάλληλα για την ηλικία-στόχο των μαθητών.	Συμφωνώ μερικώς	4
	Διαφωνώ μερικώς	3
	Διαφωνώ απόλυτα	0
11. Τα πολυμεσικά στοιχεία (κείμενο, εικόνα, ήχος, κ.λπ.) του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου αποδίδουν αποτελεσματικά τα φυσικά μεγέθη ή φαινόμενα.	Συμφωνώ απόλυτα	9
	Συμφωνώ μερικώς	9
	Διαφωνώ μερικώς	2
	Διαφωνώ απόλυτα	0

3.2. Αποτελέσματα για το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο: «Ηλεκτρική ενέργεια»

Ως προς την ποιότητα του περιεχομένου και σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Πίνακα 6, η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών του δείγματος (70%) θεωρούν ότι η ηλεκτρική ενέργεια είναι ένα θέμα για το οποίο οι μαθητές/ριες έχουν δυσκολίες ή και/εναλλακτικές ιδέες. Το 25% συμφώνησε μερικώς ενώ το 5% εξ'αυτών διαφώνησε μερικώς με αυτή την άποψη. Το 55% και το 20% συμφωνούν απόλυτα και μερικώς, αντίστοιχα, με το γεγονός ότι το ΨΜΑ παρουσιάζει ένα θέμα Φυσικής που δεν μπορεί να παρουσιαστεί χωρίς τη χρήση τεχνολογίας. Αντιθέτως, το 25% διαφωνούν μερικώς με την παραπάνω άποψη. Το 75% και 20% συμφωνούν απόλυτα και μερικώς, αντίστοιχα, πως το ΨΜΑ προσθέτει παιδαγωγική αξία στο θέμα που πραγματεύεται, ενώ μόλις το 5% του δείγματος διαφωνεί μερικώς με την ιδέα αυτή.

Ως προς τη διδακτική πράξη και μαθησιακή διαδικασία, μια μεγάλη μερίδα των εκπαιδευτικών (85%) αξιολόγησε θετικά την ανατροφοδότηση που παρέχει το ΨΜΑ, ενώ οι υπόλοιποι αρνητικά. Το 70% και το 20% του δείγματος συμφώνησε απόλυτα και μερικώς, αντίστοιχα, με τη δυνατότητα σχεδίασης μαθησιακών δραστηριοτήτων μέσω της χρήσης του συγκεκριμένου μαθησιακού αντικειμένου, ενώ το 10% διαφώνησε μερικώς με την πρόταση αυτή. Το 50% από αυτούς συμφωνεί απόλυτα με την άποψη ότι αξιοποιούνται περισσότερες από μια αναπαραστάσεις για την ηλεκτρική ενέργεια, το 40% συμφώνησε μερικώς, ενώ το 10% διαφώνησε μερικώς. Η πλειοψηφία του δείγματος (80%) υποστήριξε πως το ΨΜΑ εμπλέκει τους μαθητές σε ανακαλυπτικές/διερευνητικές δραστηριότητες, ενώ το 20% διαφώνησε μερικώς με τον ισχυρισμό αυτό. Κάτι αντίστοιχο (με μικρές ποσοστιαίες διαφορές) παρατηρήθηκε και όσον αφορά την άποψη ότι το συγκεκριμένο μαθησιακό αντικείμενο ευνοεί τον αναστοχασμό, δηλαδή τη σύνδεση της υπάρχουσας γνώσης με τη νέα γνώση και τα νέα συμπεράσματα. Τέλος, το 40% των εκπαιδευτικών συμφώνησε απόλυτα με την επαναχρησιμοποίηση του μαθησιακού αντικειμένου σε διαφορετικά εκπαιδευτικά πλαίσια, το 35% συμφώνησε μερικώς με τη θέση αυτή, ενώ το 25% διαφώνησε μερικώς.

Ως προς τα κριτήρια του σχεδιασμού, η πλειοψηφία του δείγματος (90%) θεώρησε πως τα γραφικά στοιχεία του μαθησιακού αντικειμένου είναι κατάλληλα για τους μαθητές στους οποίους απευθύνεται, ενώ το υπόλοιπο 5% διαφώνησε μερικώς με την άποψη αυτή. Τέλος, τα πολυμεσικά στοιχεία φαίνεται να αναπαραστούν σχετικά αποτελεσματικά το υπό μελέτη φαινόμενο καθώς το 90% συμφώνησε είτε πλήρως είτε μερικώς με την ιδέα αυτή.

Μερικά από τα σχόλια που έκαναν οι εκπαιδευτικοί που αξιολόγησαν το ΨΜΑ ήταν:

«Ενδιαφέρουσα η οπτική αναπαράσταση για την έννοια της ηλεκτρικής ενέργειας και πολύ καλή η σύνδεση με το μηχανικό ανάλογο. Οι μαθητές μπορούν μέσω του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου να κατανοήσουν τις μεταβολές στην ενέργεια και να αντιστοιχίσουν τη νέα γνώση με την εμπειρία τους.»

«το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο είναι χρήσιμο και για Β' Λυκείου»

«Καλό θα ήταν να φαινόταν μια κλίση κατάβασης της σφαίρας»

«Γιατί ο χρήστης πρέπει να επιλέξει την μπαταρία για την ανανέωση της ενέργειας και όχι το χάμπουργκερ; Πως το γνωρίζει αυτό ο χρήστης;»

Πίνακας 6. Αποτελέσματα αξιολόγησης για το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο «Ηλεκτρική ενέργεια»

Ερώτηση	Κλίμακα συμφωνίας/ασυμφωνίας	Πλήθος απαντήσεων
Ποιότητα Περιεχομένου		
1. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο πραγματεύεται ένα θέμα για το οποίο οι μαθητές/ριες έχουν δυσκολίες ή/και εναλλακτικές ιδέες.	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	14 5 1 0
2. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο πραγματεύεται ένα θέμα που είναι δύσκολο να πραγματευθεί χωρίς ψηφιακή τεχνολογία.	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	11 4 5 0
3. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο προσθέτει παιδαγωγική αξία στο θέμα που πραγματεύεται.	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	15 4 1 0
Διδακτική Πράξη και Μαθησιακή Διαδικασία		
4. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο παρέχει ανατροφοδότηση που προωθεί την οικοδόμηση της γνώσης.	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	13 4 2 1
5. Υπάρχει δυνατότητα σχεδίασης μαθησιακών δραστηριοτήτων με τη χρήση του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου.	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	14 4 2 0
6. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο αξιοποιεί περισσότερες από μια αναπαραστάσεις για την παρουσίαση εννοιών, μεγεθών ή φαινομένων (αν το απαιτεί το θέμα).	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	10 8 2 0
7. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο έχει τη δυνατότητα να εμπλέξει το μαθητή σε ανακαλυπτικές ή και διερευνητικές δραστηριότητες (πχ. επαγωγικό συλλογισμό, κατανόηση δομής θέματος, διατύπωση και έλεγχος υποθέσεων, επίλυση προβλήματος, απόκτηση μεταγνωστικών δεξιοτήτων).	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	8 8 4 0
8. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο ευνοεί τον αναστοχασμό (πχ. σύνδεση υπάρχουσας γνώσης και νέας πληροφορίας για λύση προβλήματος, συμέρασμα, νέα γνώση).	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	9 8 2 1
9. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περισσότερες από μια περιπτώσεις	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς	8 7

(πχ. ικανοποίηση διαφορετικών στόχων, διαφορετική θεματική, άλλο παρεμφερές γνωστικό αντικείμενο).	Διαφωνώ μερικώς	5
	Διαφωνώ απόλυτα	0
Σχεδιασμός		
10. Τα γραφικά στοιχεία του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου είναι κατάλληλα για την ηλικία-στόχο των μαθητών.	Συμφωνώ απόλυτα	13
	Συμφωνώ μερικώς	6
	Διαφωνώ μερικώς	1
	Διαφωνώ απόλυτα	0
11. Τα πολυμεσικά στοιχεία (κείμενο, εικόνα, ήχος, κ.λπ.) του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου αποδίδουν αποτελεσματικά τα φυσικά μεγέθη ή φαινόμενα.	Συμφωνώ απόλυτα	12
	Συμφωνώ μερικώς	6
	Διαφωνώ μερικώς	2
	Διαφωνώ απόλυτα	0

3.3. Αποτελέσματα για το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο: «Στατικός ηλεκτρισμός»

Ως προς την ποιότητα του περιεχομένου και σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Πίνακα 7, η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών του δείγματος (65%) θεωρούν ότι ο στατικός ηλεκτρισμός είναι ένα θέμα για το οποίο οι μαθητές/ριες έχουν δυσκολίες ή και/εναλλακτικές ιδέες. Το 20% συμφώνησε μερικώς ενώ το 15% εξ'αυτών διαφώνησε μερικώς με αυτή την άποψη. Το 10% και 35% συμφωνούν απόλυτα και μερικώς, αντίστοιχα, με το γεγονός ότι το ΨΜΑ παρουσιάζει ένα θέμα Φυσικής που δεν μπορεί να παρουσιαστεί χωρίς τη χρήση τεχνολογίας. Αντιθέτως όμως, το 40% διαφωνούν μερικώς με την παραπάνω άποψη, ενώ το 15% διαφωνεί πλήρως. Το 55% και 35% συμφωνούν απόλυτα και μερικώς, αντίστοιχα, πως το ΨΜΑ προσθέτει παιδαγωγική αξία στο θέμα που πραγματεύεται, ενώ μόλις το 10% του δείγματος διαφωνεί μερικώς με την ιδέα αυτή.

Ως προς τη διδακτική πράξη και μαθησιακή διαδικασία, μια μεγάλη μερίδα των εκπαιδευτικών (85%) αξιολόγησε θετικά την ανατροφοδότηση που παρέχει το ΨΜΑ, ενώ οι υπόλοιποι αρνητικά διαφωνώντας είτε μερικώς είτε απόλυτα με την πρόταση. Το 55% και το 30% του δείγματος συμφώνησε απόλυτα και μερικώς, αντίστοιχα, με τη δυνατότητα σχεδίασης μαθησιακών δραστηριοτήτων μέσω της χρήσης του συγκεκριμένου μαθησιακού αντικειμένου, ενώ το 15% διαφώνησε μερικώς με την πρόταση αυτή. Το 30% από αυτούς συμφωνεί απόλυτα με την άποψη ότι αξιοποιούνται περισσότερες από μια αναπαραστάσεις για το στατικό ηλεκτρισμό, το 50% συμφώνησε μερικώς, ενώ το 20% διαφώνησε μερικώς. Η πλειοψηφία του δείγματος (70%) υποστήριξε πως το ΨΜΑ εμπλέκει τους μαθητές σε ανακαλυπτικές/διερευνητικές δραστηριότητες, ενώ το 30% διαφώνησε μερικώς με τον ισχυρισμό αυτό. Το 55% και 35% των εκπαιδευτικών συμφώνησαν πλήρως και μερικώς, αντίστοιχα, όσον αφορά την άποψη ότι το συγκεκριμένο μαθησιακό αντικείμενο ευνοεί τον αναστοχασμό, δηλαδή τη σύνδεση της υπάρχουσας γνώσης με τη νέα γνώση και τα νέα συμπεράσματα. Το υπόλοιπο 10% του δείγματος διαφώνησε είτε μερικώς είτε απολύτως με την παραπάνω άποψη. Τέλος, το 25% των εκπαιδευτικών συμφώνησε απόλυτα με την επαναχρησιμοποίηση του μαθησιακού αντικειμένου σε διαφορετικά εκπαιδευτικά πλαίσια, το 40% συμφώνησε μερικώς με τη θέση αυτή, ενώ το 20% διαφώνησε μερικώς και το 15% διαφώνησε απόλυτα.

Ως προς τα κριτήρια του σχεδιασμού, η πλειοψηφία του δείγματος (95%) θεώρησε πως τα γραφικά στοιχεία του μαθησιακού αντικειμένου είναι κατάλληλα για τους μαθητές στους οποίους απευθύνεται, ενώ το υπόλοιπο 5% διαφώνησε μερικώς με την άποψη αυτή. Τέλος, τα πολυμεσικά στοιχεία φαίνεται να αναπαραστούν σχετικά αποτελεσματικά το υπό μελέτη φαινόμενο καθώς το 85% συμφώνησε είτε πλήρως είτε μερικώς με την ιδέα αυτή.

Μερικά από τα σχόλια που έκαναν οι εκπαιδευτικοί που αξιολόγησαν το ΨΜΑ ήταν:

«Μια επισήμανση θα μπορούσε να αφορά την μεταφορά του ηλεκτρικού φορτίου στη διάρκεια της τριβής ή της επαφής, ώστε οι μαθητές να δουν ότι μετακινείται το αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο, το οποίο μαθαίνουν μεν θεωρητικά αλλά φαίνεται να μην το αφομοιώνουν δε όταν εμπλέκονται σε δραστηριότητες.»

«Θα έπρεπε να υπάρχουν οδηγίες βήμα-βήμα πχ, 1. ακούμπησε τη γάτα, 2. ακούμπησε τα κάγκελα κ.ο.κ.»

«Παράλληλα με τις ονομασίες των ουσιών πχ χλωριούχο νάτριο καλό θα ήταν να φαίνεται και ο χημικός τύπος αντίστοιχα (NaCl).»

Πίνακας 7. Αποτελέσματα αξιολόγησης για το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο «Στατικός ηλεκτρισμός»

Ερώτηση	Κλίμακα συμφωνίας/ασυμφωνίας	Πλήθος απαντήσεων
Ποιότητα Περιεχομένου		
1. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο πραγματεύεται ένα θέμα για το οποίο οι μαθητές/ριες έχουν δυσκολίες ή/και εναλλακτικές ιδέες.	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	13 4 3 0
2. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο πραγματεύεται ένα θέμα που είναι δύσκολο να πραγματευθεί χωρίς ψηφιακή τεχνολογία.	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	2 7 8 3
3. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο προσθέτει παιδαγωγική αξία στο θέμα που πραγματεύεται.	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	11 7 2 0
Διδακτική Πράξη και Μαθησιακή Διαδικασία		
4. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο παρέχει ανατροφοδότηση που προωθεί την οικοδόμηση της γνώσης.	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	13 4 2 1
5. Υπάρχει δυνατότητα σχεδίασης μαθησιακών δραστηριοτήτων με τη χρήση του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου.	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	11 6 2 1
6. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο αξιοποιεί περισσότερες από μια αναπαραστάσεις για την παρουσίαση εννοιών, μεγεθών ή φαινομένων (αν το απαιτεί το θέμα).	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	6 10 4 0
7. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο έχει τη δυνατότητα να εμπλέξει το μαθητή σε ανακαλυπτικές ή και διερευνητικές δραστηριότητες (πχ. επαγωγικό συλλογισμό, κατανόηση δομής θέματος, διατύπωση και έλεγχος υποθέσεων, επίλυση προβλήματος, απόκτηση μεταγνωστικών δεξιοτήτων).	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	11 3 5 1

8. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο ευνοεί τον αναστοχασμό (πχ. σύνδεση υπάρχουσας γνώσης και νέας πληροφορίας για λύση προβλήματος, συμπεράσμα, νέα γνώση).	Συμφωνώ απόλυτα	11
	Συμφωνώ μερικώς	7
	Διαφωνώ μερικώς	1
	Διαφωνώ απόλυτα	1
9. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περισσότερες από μια περιπτώσεις (πχ. ικανοποίηση διαφορετικών στόχων, διαφορετική θεματική, άλλο παρεμφερές γνωστικό αντικείμενο).	Συμφωνώ απόλυτα	5
	Συμφωνώ μερικώς	8
	Διαφωνώ μερικώς	4
	Διαφωνώ απόλυτα	3
Σχεδιασμός		
10. Τα γραφικά στοιχεία του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου είναι κατάλληλα για την ηλικία-στόχο των μαθητών.	Συμφωνώ απόλυτα	11
	Συμφωνώ μερικώς	8
	Διαφωνώ μερικώς	1
	Διαφωνώ απόλυτα	0
11. Τα πολυμεσικά στοιχεία (κείμενο, εικόνα, ήχος, κ.λπ.) του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου αποδίδουν αποτελεσματικά τα φυσικά μεγέθη ή φαινόμενα.	Συμφωνώ απόλυτα	8
	Συμφωνώ μερικώς	9
	Διαφωνώ μερικώς	2
	Διαφωνώ απόλυτα	1

3.4. Αποτελέσματα για το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο: «Αγωγιμότητα του νερού»

Ως προς την ποιότητα του περιεχομένου και σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Πίνακα 8, η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών του δείγματος (35%) θεωρούν ότι η αγωγιμότητα του νερού είναι ένα θέμα για το οποίο οι μαθητές/ριες έχουν δυσκολίες ή και/εναλλακτικές ιδέες. Το 60% συμφώνησε μερικώς ενώ το 5% εξ' αυτών διαφώνησε μερικώς με αυτή την άποψη. Το 15% και 25% συμφωνούν απόλυτα και μερικώς, αντίστοιχα, με το γεγονός ότι το ΨΜΑ παρουσιάζει ένα θέμα Φυσικής που δεν μπορεί να παρουσιαστεί χωρίς τη χρήση τεχνολογίας. Αντιθέτως όμως, το 30% διαφωνούν μερικώς με την παραπάνω άποψη, ενώ το υπόλοιπο 30% διαφωνεί πλήρως. Το 75% και 25% συμφωνούν απόλυτα και μερικώς, αντίστοιχα, πως το ΨΜΑ προσθέτει παιδαγωγική αξία στο θέμα που πραγματεύεται.

Ως προς τη διδακτική πράξη και μαθησιακή διαδικασία, μια μεγάλη μερίδα των εκπαιδευτικών (60%) συμφώνησε απόλυτα με την ανατροφοδότηση που παρέχει το ΨΜΑ, το 35% συμφώνησε μερικώς, ενώ μόλις το 5% διαφώνησε μερικώς με την πρόταση. Το 65% και το 35% του δείγματος συμφώνησε απόλυτα και μερικώς, αντίστοιχα, με τη δυνατότητα σχεδίασης μαθησιακών δραστηριοτήτων μέσω της χρήσης του συγκεκριμένου μαθησιακού αντικειμένου. Το 25% από αυτούς συμφωνεί απόλυτα με την άποψη ότι αξιοποιούνται περισσότερες από μια αναπαραστάσεις για την αγωγιμότητα του νερού, το 45% συμφώνησε μερικώς, ενώ το 30% διαφώνησε μερικώς. Η πλειοψηφία του δείγματος (85%) υποστήριξε πως το ΨΜΑ εμπλέκει τους μαθητές σε ανακαλυπτικές/διερευνητικές δραστηριότητες, ενώ το 15% διαφώνησε μερικώς με τον ισχυρισμό αυτό. Το 65% και 30% των εκπαιδευτικών συμφώνησαν πλήρως και μερικώς, αντίστοιχα, όσον αφορά την άποψη ότι το συγκεκριμένο μαθησιακό αντικείμενο ευνοεί τον αναστοχασμό, δηλαδή τη σύνδεση της υπάρχουσας γνώσης με τη νέα γνώση και τα νέα συμπεράσματα. Το υπόλοιπο 5% του δείγματος διαφώνησε μερικώς με την παραπάνω άποψη. Τέλος, το 50% των εκπαιδευτικών συμφώνησε απόλυτα με την επαναχρησιμοποίηση του μαθησιακού αντικειμένου σε διαφορετικά εκπαιδευτικά πλαίσια, το 35% συμφώνησε μερικώς με τη θέση αυτή, ενώ το 20% διαφώνησε μερικώς και το 15% διαφώνησε απόλυτα.

Ως προς τα κριτήρια του σχεδιασμού, η πλειοψηφία του δείγματος (95%) θεώρησε πως τα γραφικά στοιχεία του μαθησιακού αντικειμένου είναι κατάλληλα για τους μαθητές στους οποίους

απευθύνεται, ενώ το υπόλοιπο 5% διαφώνησε μερικώς με την άποψη αυτή. Τέλος, τα πολυμεσικά στοιχεία φαίνεται να αναπαραστούν σχετικά αποτελεσματικά το υπό μελέτη φαινόμενο καθώς το 90% συμφώνησε είτε πλήρως είτε μερικώς με την ιδέα αυτή.

Μερικά από τα σχόλια που έκαναν οι εκπαιδευτικοί που αξιολόγησαν το ΨΜΑ ήταν:

«Μου φάνηκε ενδιαφέρουσα και κατανοητή η μετάβαση από τη μακροσκοπική στην μικροσκοπική θεώρηση του ζητήματος. Μέσω της δυναμικής αναπαράστασης δίνεται στον μαθητή η ευκαιρία να συνδέσει αυτό που βλέπει στον φυσικό κόσμο με όσα συμβαίνουν μικροσκοπικά.»

«Το γραφικό στοιχείο (τικ) αφήνει να εννοηθεί πως σε κάθε περίπτωση είναι σωστή η ενέργεια, ενώ ο ρόλος του ουσιαστικά, είναι στο να οδηγήσει στην αρχική οθόνη.»

Πίνακας 8. Αποτελέσματα αξιολόγησης για το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο «Αγωγιμότητα του νερού»

Ερώτηση	Κλίμακα συμφωνίας/ασυμφωνίας	Πλήθος απαντήσεων
Ποιότητα Περιεχομένου		
1. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο πραγματεύεται ένα θέμα για το οποίο οι μαθητές/ριες έχουν δυσκολίες ή/και εναλλακτικές ιδέες.	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	7 12 1 0
2. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο πραγματεύεται ένα θέμα που είναι δύσκολο να πραγματευθεί χωρίς ψηφιακή τεχνολογία.	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	3 5 6 6
3. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο προσθέτει παιδαγωγική αξία στο θέμα που πραγματεύεται.	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	15 5 0 0
Διδακτική Πράξη και Μαθησιακή Διαδικασία		
4. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο παρέχει ανατροφοδότηση που προωθεί την οικοδόμηση της γνώσης.	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	12 7 1 0
5. Υπάρχει δυνατότητα σχεδίασης μαθησιακών δραστηριοτήτων με τη χρήση του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου.	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	13 7 0 0
6. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο αξιοποιεί περισσότερες από μια αναπαραστάσεις για την παρουσίαση εννοιών, μεγεθών ή φαινομένων (αν το απαιτεί το θέμα).	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	5 9 6 0
7. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο έχει τη δυνατότητα να εμπλέξει το μαθητή σε ανακαλυπτικές ή και διερευνητικές δραστηριότητες (πχ. επαγωγικό	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς	10 7

συλλογισμό, κατανόηση δομής θέματος, διατύπωση και έλεγχος υποθέσεων, επίλυση προβλήματος, απόκτηση μεταγνωστικών δεξιοτήτων).	Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	3 0
8. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο ευνοεί τον αναστοχασμό (πχ. σύνδεση υπάρχουσας γνώσης και νέας πληροφορίας για λύση προβλήματος, συμπεράσμα, νέα γνώση).	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	13 6 1 0
9. Το ψηφιακό μαθησιακό αντικείμενο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περισσότερες από μια περιπτώσεις (πχ. ικανοποίηση διαφορετικών στόχων, διαφορετική θεματική, άλλο παρεμφερές γνωστικό αντικείμενο).	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	10 7 3 0
Σχεδιασμός		
10. Τα γραφικά στοιχεία του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου είναι κατάλληλα για την ηλικία-στόχο των μαθητών.	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	14 5 1 0
11. Τα πολυμεσικά στοιχεία (κείμενο, εικόνα, ήχος, κ.λπ.) του ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου αποδίδουν αποτελεσματικά τα φυσικά μεγέθη ή φαινόμενα.	Συμφωνώ απόλυτα Συμφωνώ μερικώς Διαφωνώ μερικώς Διαφωνώ απόλυτα	13 5 2 0

4. Συμπεράσματα

Με την ολοκλήρωση της πιλοτικής αξιολόγησης, πραγματοποιήθηκαν οι κατάλληλες προσαρμογές στα ΨΜΑ. Μετά την πιλοτική μελέτη, στο ΨΜΑ «Διαφορά δυναμικού και ηλεκτρικό ρεύμα» διορθώθηκε το σφάλμα που αφορούσε την κενή επιλογή στη λίστα με τις τιμές των δυναμικών V_1 και V_2 . Παρόλο που σε ένα από τα σχόλια που διατυπώθηκαν κατά την αξιολόγηση έγινε πρόταση για την ύπαρξη μεγαλύτερης καθοδήγησης προς το χρήστη, θεωρήσαμε ότι, εφόσον το μαθησιακό αντικείμενο πρέπει να έχει διερευνητικό χαρακτήρα, οι οδηγίες που δίνονται στο χρήστη είναι επαρκείς, για αυτό και δεν πραγματοποιήσαμε κάποια περαιτέρω διόρθωση. Στο ΨΜΑ «Ηλεκτρική ενέργεια», λαμβάνοντας υπόψη σχόλιο εκπαιδευτικού κατά την αξιολόγηση, θεωρήθηκε χρήσιμο να διορθωθεί ο τρόπος με τον οποίο γίνεται αναπαράσταση η κίνηση της σφαίρας. Για να μη δημιουργηθούν περαιτέρω παρανοήσεις στους μαθητές που μελλοντικά θα το χρησιμοποιήσουν, οι αγωγοί μέσα στους οποίους κινείται η σφαίρα σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να έχουν μια κλίση στο σημείο που η σφαίρα κατέρχεται μέχρι να φτάσει και πάλι στα πόδια του παιδιού. Αντιθέτως, παρόλο που υπήρξε ένσταση κατά την αξιολόγηση όσον αφορά την υποχρεωτική επιλογή και των δύο αντικειμένων ανανέωσης ενέργειας (φορτιστής και τροφή) για την επανάληψη όλων των κινήσεων της οπτικής αναπαράστασης, επιλέξαμε να μη γίνει κάποια περαιτέρω διόρθωση ώστε να διατηρηθεί όχι μόνο ο διερευνητικός χαρακτήρας του μαθησιακού αντικείμενου αλλά και η σύνδεση της κίνησης των ηλεκτρονίων με το μηχανικό τους ανάλογο. Στο ΨΜΑ «Στατικός ηλεκτρισμός», λαμβάνοντας υπόψη την αξιολόγηση έγινε μια βασική τροποποίηση. Επειδή κατά το σχολιασμό ενός εκπαιδευτικού («Μια επισήμανση θα μπορούσε να αφορά την μεταφορά του ηλεκτρικού φορτίου στη διάρκεια της τριβής ή της επαφής, ώστε οι μαθητές να δουν ότι μετακινείται το αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο...») αποδείχθηκε ότι το αναδυόμενο κείμενο «Τί συμβαίνει;» δεν ήταν ικανό να καθοδηγήσει το χρήστη στο να το επιλέξει και να παρατηρήσει την αναπαράσταση της κίνησης των ηλεκτρονίων, αποφασίστηκε η μετατροπή αυτού από απλό κείμενο σε κουμπί. Με αυτό τον τρόπο πιστεύουμε πως ο χρήστης θα λάβει την κατάλληλη καθοδήγηση ώστε να το επιλέξει και να παρατηρήσει τη μικροσκοπική ερμηνεία του φαινομένου, η οποία είναι και ο βασικός στόχος του συγκεκριμένου ΨΜΑ. Τέλος, δεν εφαρμόστηκαν περαιτέρω διορθώσεις που αφορούν περισσότερες οδηγίες από την εφαρμογή προς το χρήστη για τις ενέργειές του, ώστε να μη χαθεί ο διερευνητικός χαρακτήρας του μαθησιακού αντικείμενου. Στο ΨΜΑ «Αγωγιμότητα του νερού», με βάση τα σχόλια στην αξιολόγηση των εκπαιδευτικών, έγινε αντικατάσταση ενός γραφικού στοιχείου με ένα άλλο (κουμπί ανανέωσης) που παραπέμπει περισσότερο στην επιστροφή της οπτικής αναπαράστασης στην αρχή της μορφή. Ακόμα, προστέθηκαν οι χημικοί τύποι δίπλα από τα ονόματα των χημικών ουσιών για λόγους πληρότητας. Ο κώδικας για την ανάπτυξη των τεσσάρων ΨΜΑ παρουσιάζεται αναλυτικά στο Παράρτημα.

Σε γενικές γραμμές, τα ΨΜΑ που αναπτύχθηκαν φαίνεται να ικανοποιούν τους διδακτικούς στόχους για τους οποίους σχεδιάστηκαν. Αρχικά, τα θέματα που επιλέχθηκαν βασίστηκαν στις υπάρχουσες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών (Rhoneyck, 1984 ; Maichle, 1981 ; Henry, 2000 ; Otero, 2001 ; Stead, 1980 ; Watts & Gilbert, 1985 ; Cokelez & Yurumezoglu, 2009 ; Naah & Sanger, 2012), κάτι που επαληθεύτηκε και από την πιλοτική αξιολόγηση των εκπαιδευτικών. Ακόμα, έγινε μια προσπάθεια να συνδεθούν οι υπό μελέτη έννοιες του ηλεκτρισμού με φαινόμενα καθημερινής ζωής, καθώς όπως έχει αποδειχθεί, οι μαθητές δείχνουν προτίμηση σε ΨΜΑ που περιγράφουν φαινόμενα καθημερινής ζωής (Pabro & Sese, 2019). Το χαρακτηριστικό αυτό, κατά την άποψή μας, προσθέτει παιδαγωγική αξία στο θέμα που πραγματεύεται το εκάστοτε ΨΜΑ. Ακόμα, σύμφωνα με την άποψη του Smith (2004), με τη σύνδεση αυτή πρόκειται να δοθεί η δυνατότητα στους μαθητές να κατανοήσουν ευκολότερα το περιεχόμενο των αντικειμένων. Επιπρόσθετα, κατά το σχεδιασμό των μαθησιακών αντικειμένων έγινε μια προσπάθεια να παρουσιαστούν φαινόμενα που είναι δύσκολο να

πραγματευτούν σε μια σχολική αίθουσα χωρίς τη χρήση ψηφιακής τεχνολογίας. Κατά την πιλοτική αξιολόγηση, οι εκπαιδευτικοί έκριναν πως το μηχανικό ανάλογο της κίνησης των ηλεκτρονίων σε ένα κύκλωμα δε μπορεί να απεικονιστεί χωρίς ψηφιακή τεχνολογία. Ακόμα, και η ροή ηλεκτρικού ρεύματος λόγω διαφοράς δυναμικού με αναπαράσταση ηλεκτροπληξίας θεωρήθηκε πως είναι δύσκολο να μελετηθεί σε μια σχολική αίθουσα. Αντιθέτως, πολλοί εκπαιδευτικοί έκριναν πως η αγωγιμότητα των υδατικών διαλυμάτων και το φαινόμενο του στατικού ηλεκτρισμού είναι δυνατό να αναπαρασταθούν και χωρίς τεχνολογία. Κατά την άποψή μας, αυτό το μέρος του δείγματος των εκπαιδευτικών δεν έλαβε υπόψη την μικροσκοπική ερμηνεία των παραπάνω φαινομένων. Για αυτό και κατά τη διαδικασία των προσαρμογών στα ΨΜΑ έγιναν οι απαραίτητες διορθώσεις στα σημεία που πρέπει ώστε να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στη μικροσκοπική μελέτη.

Όσον αφορά το σχεδιασμό τους, τα γραφικά των ΨΜΑ αξιολογήθηκαν θετικά από τους εκπαιδευτικούς. Κατά την άποψή μας, η θετική αξιολόγηση δικαιολογείται καθώς για τη δημιουργία των γραφικών και την ενσωμάτωσή τους ακολουθήσαμε τις οδηγίες και τα πορίσματα των ερευνών της βιβλιογραφίας (Pabro & Sese, 2019 ; Kay & Knaack, 2007b ; Smith, 2004): την ελκυστική τους εμφάνιση, τη μειωμένη ποσότητα κειμένου και τη σωστή οργάνωση του περιβάλλοντος γραφικών.

Σχετικά με τον αναστοχασμό (σύνδεση υπάρχουσας γνώσης με τη νέα), το διερευνητικό χαρακτήρα των ΨΜΑ και την ανατροφοδότηση προς το χρήστη, η πιλοτική αξιολόγηση κατέδειξε πλειοψηφικά ότι τα μαθησιακά αντικείμενα πληρούν τα τρία παραπάνω βασικά κριτήρια, γεγονός που αποδεικνύεται πολύ σημαντικό για την ποιότητα του σχεδιασμού τους σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Smith, 2004). Όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση, στο μαθησιακό αντικείμενο «Αγωγιμότητα του νερού» αξιολογήθηκε θετικά λόγω της σύνδεσής του τόσο με θεματικές ενότητες Φυσικής όσο και Χημείας. Αντιθέτως, τα υπόλοιπα τρία ΨΜΑ δε χαρακτηρίστηκαν από τους εκπαιδευτικούς ως πλήρως επαναχρησιμοποιήσιμα. Το γεγονός αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στη δυσκολία του δείγματος εκπαιδευτικών να συνδέσουν τα μαθησιακά αντικείμενα με την επίτευξη διαφορετικών διδακτικών στόχων. Σύμφωνα με τη δική μας άποψη, τα τέσσερα ΨΜΑ που αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής θα μπορούσαν να επαναχρησιμοποιηθούν μελλοντικά εντός και εκτός σχολικής αίθουσας. Συγκεκριμένα, στα πλαίσια της εξ'αποστάσεως εκπαίδευσης θα μπορούσαν να ενταχθούν στα πλαίσια διδασκαλίας φαινομένων ηλεκτρισμού σε μαθητές Γυμνασίου. Όπως, κατά Sievers κ.α. (2012) τα ΨΜΑ μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε προπαρασκευαστικό στάδιο πριν την πειραματική διαδικασία, έτσι και εδώ προτείνεται η εξ'αποστάσεως χρήση τους από μαθητές πριν τη διεξαγωγή πειραμάτων ηλεκτρισμού ή διαλέξεων εντός της σχολικής αίθουσας. Αποκλειστικά εντός σχολικής αίθουσας θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για τη διδασκαλία θεμάτων Φυσικής σε μαθητές Δημοτικού, με τη βοήθεια της κατάλληλης καθοδήγησης και των κατάλληλων διευκρινήσεων από τους εκπαιδευτικούς, με σκοπό να δοθούν κίνητρα στους νεότερους μαθητές να ασχοληθούν με μια νέα έννοια πριν την έναρξη του μαθήματος, όπως προτείνεται και στην έρευνα των Kay & Knaack (2009a).

Περιορισμοί

Ένας περιορισμός της έρευνας αφορά την πιλοτική αξιολόγηση και συγκεκριμένα το μέγεθος του δείγματος των εκπαιδευτικών που κλήθηκαν να συμμετάσχουν σε αυτή. Ένα μεγαλύτερο δείγμα θα οδηγούσε ενδεχομένως σε περισσότερα αποτελέσματα και κατ'επέκταση σε περισσότερες χρήσιμες παρατηρήσεις για την βελτίωση της ποιότητας των ΨΜΑ που αναπτύχθηκαν.

Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Μια πρόταση για μελλοντική έρευνα είναι η αξιολόγηση των παραπάνω ΨΜΑ από μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Μια εμπειρική μελέτη η οποία θα περιλάμβανε την εφαρμογή ενός σχεδίου διδασκαλίας με χρήση αυτών των μαθησιακών αντικειμένων σε ένα πλήθος μαθητών, εντός ή/και εκτός σχολικής αίθουσας, θα αναδείκνυε σημαντικά αποτελέσματα ως προς τη χρησιμότητα

αυτών στη διαδικασία της μάθησης. Τέλος, μια δεύτερη πρόταση για περαιτέρω έρευνα αφορά την μετατροπή των παραπάνω ΨΜΑ σε εφαρμογές προσβάσιμες σε άτομα με ειδικές ανάγκες, όπως για παράδειγμα άτομα με προβλήματα όρασης ή/και ακοής. Αυτό προϋποθέτει την εμπλοκή ερευνητών με γνώσεις τόσο στον τομέα της Ειδικής Αγωγής όσο στον τομέα των Τεχνολογιών.

Αναφορές

Agostinho, S., Bennett, S., Lockyer, L., & Harper, B. (2004). Developing a learning object metadata application profile based on LOM suitable for the Australian higher education context. *Australasian Journal of Educational Technology*, 20(2), 191-208.

Allert, H., Richter, C., Dhraief, H., & Nejd, W. (2012). Contextualized models and metadata for learning repositories. *Online Education Using Learning Objects*, 208-219.

Angell, C., Guttersrud, Ø., Henriksen, E. K., & Isnes, A. (2004). Physics: Frightful, but fun. Pupils' and teachers' views of physics and physics teaching. *Science education*, 88(5), 683-706.

Arnold, M., & Millar, R. (1994). Children's and lay adults' views about thermal equilibrium. *International Journal of Science Education*, 16(4), 405-419.

Atenas, J., & Havemann, L. (2014). Questions of quality in repositories of open educational resources: a literature review. *Research in Learning Technology*, 22.

Atkins, D. E., Brown, J. S., & Hammond, A. L. (2007). A Review of the Open Educational Resources (OER) Movement: Achievements, Challenges, and New Opportunities. *Review Literature And Arts Of The Americas*, 2008(Book), 79.

Barajas S, A., Munoz A, J., Álvarez R, F. J., & García G, M. E.. (2009). Developing Large Scale Learning Objects for Software Engineering Process Model. In *Proceedings of the 2009 Mexican International Conference on Computer Science*, 203-208.

Baruque, L. B., Porto, F. A. M., & Melo, R. N. (2003). Towards an instructional design methodology based on learning objects. PUC.

Biddulph, F., & Osborne, R. (1984). Pupils' ideas about floating and sinking. *Research in Science Education*, 14(1), 114-124.

Bradamante, F., & Micheli, M. (2004). Children's ideas about gravitation, investigating a model of gravitational field. *Teaching and learning physics in new contexts*, Girep book of selected papers, Ostrava Czech Republic, 80-182.

Bradley, C., & Boyle, T. (2004). The design, development, and use of multimedia learning objects. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 13(4), 371-389.

Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach* (Vol. 722). Springer Science & Business Media.

Butts, D. P., Hofman, H. M., & Anderson, M. (1993). Is hands-on experience enough? A study of young children's views of sinking and floating objects. *Journal of Elementary Science Education*, 5(1), 50-64.

Cervone, H. F. (2012). Digital learning object repositories. *OCLC Systems & Services: International digital library perspectives*.

Cohen, E., & Nycz, M. (2006). Learning objects and e-learning: An informing science perspective. *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects*, 2(1), 23-34.

- Cokelez, A., & Yurumezoglu, K. (2009). Conceptualization forms of "electricity, electric current and electrical energy" by junior high school (aged 12-14) students. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(3), 1.
- Cukierman, U. R., Agüero, M., Silvestri, S., González, M., Drangosch, J., González, C., ... & Dellepiane, P. (2018). A student-centered approach to learning mathematics and physics in engineering freshmen courses. In *2018 World Engineering Education Forum-Global Engineering Deans Council*, 1-5.
- De Jong, T. (2006). Technological advances in inquiry learning. *Science*, 312(5773), 532-533.
- Detken, F., & Brückmann, M. (2021). Accessing young children's ideas about energy. *Education Sciences*, 11(2), 39.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (2000). *Οικο-δομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών*. Εκδ. Τυπωθήτω, Αθήνα.
- Eckstein, S., & Shemesh, M. (1993). Development of children's ideas on motion: Impetus, the straight-down belief and the law of support. *School Science and Mathematics*, 93, 299-299.
- Elliott, K., & Sweeney, K. (2008). Quantifying the reuse of learning objects. *Australasian Journal of Educational Technology*, 24(2), 137-142.
- Feher, E. & Rice, K. (1992). Children's Conceptions of Color. *Research in Science Teaching*, 30(3), 505-519.
- Ford, N. (2016). Digital learning objects: Design for learning. *There and back: Charting flexible pathways in open, mobile and distance education*, 237.
- Gair, J., & Stancliffe, D. T. (1988). Talking about toys: An investigation of children's ideas about force and energy. *Research in Science & Technological Education*, 6(2), 167-180.
- Galili, I. (1995). Mechanics background influences students' conceptions in electromagnetism. *International journal of science education*, 17(3), 371-387.
- Galili, I., & Bar, V. (1997). Children's operational knowledge about weight. *International Journal of Science Education*, 19(3), 317-340.
- Grigorovitch, A. (2014). Children's misconceptions and conceptual change in Physics Education: the concept of light. *Journal: JOURNAL OF ADVANCES IN NATURAL SCIENCES*, 1(1).
- Gürer, M. (2013). Utilization of learning objects in social studies lesson: achievement, attitude and engagement. PhD thesis. Middle East Technical University, Turkey.
- Haglund, J., Jeppsson, F., & Andersson, J. (2014). Primary school children's ideas of mixing and of heat as expressed in a classroom setting. *Journal of Baltic Science Education*, 13(5), 726-739.
- Hamel, C. J., & Ryan-Jones, D. (2002). Designing instruction with learning objects. *International Journal of Educational Technology*.

Hatzipanagos, S., & Gregson, J. (2015). The role of open access and open educational resources: A distance learning perspective. *Electronic Journal of e-Learning*, 13(2), 96-104.

Henry, D. R. (2000). Learning about static electricity and magnetism in a fourth-grade classroom. State University of New York at Buffalo.

Hylén, J. (2006). Open educational resources: Opportunities and challenges.

Iatraki, G., Mallidis-Malessas, P., & Mikropoulos, T. (2020). Digital Learning Objects Support Grade-Aligned Physics Instruction For High School Students With Mild Intellectual Disability: DLOs in Physics instruction for students with MID. 9th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-exclusion, 213-218.

Jelicic, K., Planinic, M., & Planinsic, G. (2017). Analyzing high school students' reasoning about electromagnetic induction. *Physical Review Physics Education Research*, 13(1), 010112.

Jimoyiannis, A. & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers & Education*, 36(2), 183-204.

Johnassen, D. H. (2003). Using cognitive tools to represent problems. *Journal of Research on Technology in Education*, 35, 362 – 380.

Johnson, L. F. (2003). Elusive vision: Challenges impeding the learning object economy. *The New Media Consortium*, 1-20.

Kay, R. (2012). Exploring the use of web-based learning tools in secondary school classrooms. *Interactive Learning Environments*

Kay, R. H., & Knaack, L. (2007a). A systematic evaluation of learning objects for secondary school students. *Journal of Educational Technology Systems*, 35(4), 411-448.

Kay, R. H., & Knaack, L. (2008a). An examination of the impact of learning objects in secondary school. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24(6), 447-461.

Kay, R. H., & Knaack, L. (2008b). A multi-component model for assessing learning objects: The learning object evaluation metric (LOEM). *Australasian Journal of Educational Technology*, 24(5).

Kay, R. H., & Knaack, L. (2009b). Assessing learning, quality and engagement in learning objects: the Learning Object Evaluation Scale for Students (LOES-S). *Educational technology research and development*, 57(2), 147-168.

Kay, R., & Knaack, L. (2007b). Evaluating the use of learning objects for secondary school science. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 26(4), 261-289.

Kay, R., & Knaack, L. (2009a). Analysing the effectiveness of learning objects for secondary school science classrooms. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 18(1), 113-135.

Keselman, A. (2003). Supporting inquiry learning by promoting normative understanding of multivariable causality. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(9), 898-921.

- Keselman, A. (2003). Supporting inquiry learning by promoting normative understanding of multivariable causality. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(9), 898-921.
- Krauss, F., & Ally, M. (2005). A study of the design and evaluation of a learning object and implications for content development. *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects*, 1(1), 1-22.
- Leacock, T. L., & Nesbit, J. C. (2007). A framework for evaluating the quality of multimedia learning resources. *Journal of Educational Technology & Society*, 10(2), 44-59.
- Maichle, U. (1981). Representation of knowledge in basic electricity and its use for problem solving. *Proceedings of the International Workshop on Problems concerning students' representation of physics and chemistry knowledge*, 174-193.
- Maloney, D. P. (1985). Charged poles?. *Physics education*, 20(6), 310.
- Masril, Hidayati, & Darvina, Y. (2019). Implementation of virtual laboratory through discovery learning to improve student's physics competence in Senior High School. In *Journal of Physics: Conference Series*. 1185(1), p. 012114.
- McGreal, R. (2004). Learning objects: A practical definition. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning (IJITDL)*, 9(1).
- McGreal, R. (2008). A typology of learning object repositories. In *Handbook on information technologies for education and training*, 5-28.
- Metros, S. E., & Bennett, K. (2002). Learning objects in higher education. *Educause Center for Applied Research*.
- Morales, A. I., & Tuzón, P. (2020). Misconceptions, knowledge, and attitudes of secondary school students towards the phenomenon of radioactivity.
- Naah, B. M., & Sanger, M. J. (2012). Student misconceptions in writing balanced equations for dissolving ionic compounds in water. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(3), 186-194.
- Neumann, S. (2014). Three misconceptions about radiation—and what we teachers can do to confront them. *The Physics Teacher*, 52(6), 357-359.
- Nicholls, G., & Ogborn, J. (1993). Dimensions of children's conceptions of energy. *International Journal of Science Education*, 15(1), 73-81.
- Nurmi, S., & Jaakkola, T. (2006). Promises and pitfalls of learning objects. *Learning, Media and Technology*, 31(3), 269-285.
- Osborne, J. F., Black, P., Meadows, J., & Smith, M. (1993). Young children's (7-11) ideas about light and their development. *International Journal of Science Education*, 15(1), 83-93.
- Otero, V. K. (2001). The process of learning about static electricity and the role of the computer simulator. University of California, San Diego and San Diego State University.

Pabro, B. R., & Dionisio-Sese, M. (2019). Evaluation of Supplemental Interactive Learning Material for Teaching Physics in University of the Philippines Los Baños. *International Journal on Open and Distance e-Learning*, 5(1).

Papachristos, N., Mikropoulos, T.A. (2021). SciLOET: a framework for assessing digital learning objects for Science Education. In A. Reis, J. Barroso, J. B. Lopes, T. Mikropoulos, C.-W. Fan (Eds.), *Technology and Innovation in Learning, Teaching and Education*, Second International Conference, TECH-EDU 2020 (pp. 340-348). Heidelberg, Germany: Springer.

Pedaste, M., Mäeots, M., Leijen, Ä., & Sarapuu, T. (2012). Improving students' inquiry skills through reflection and self-regulation scaffolds. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 9(1-2), 81-95.

Pedaste, M., Mäeots, M., Leijen, Ä., & Sarapuu, T. (2012). Improving students' inquiry skills through reflection and self-regulation scaffolds. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 9(1-2), 81-95.

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

Polsani, P. R. (2003). Use and abuse of reusable learning objects. *Journal of Digital Information*.

Poultasakis, S., Papadakis, S., Kalogiannakis, M., & Psycharis, S. (2021) The management of Digital Learning Objects of Natural Sciences and Digital Experiment Simulation Tools by teachers. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 2021, 1(2): 58-71

Psillos, D., Tiberghien, A., & Koumaras, P. (1988). Voltage presented as a primary concept in an introductory teaching sequence on DC circuits. *International Journal of Science Education*, 10(1), 29-43.

Redish, E. F., & Steinberg, R. N. (1999). *Teaching Physics: Figuring Out What Works*.

Sağlam, M., & Millar, R. (2006). Upper high school students' understanding of electromagnetism. *International Journal of Science Education*, 28(5), 543-566.

Sarah, C., Jane, B., Rónán, O. B., & Ben, R. (2004). Quality assurance for digital learning object repositories: issues for the metadata creation process. *ALT-J*, 12(1), 5-20.

Selley, N. J. (1996). Children's ideas on light and vision. *International Journal of Science Education*, 18(6), 713-723.

Selley, N. J. (1996). Children's ideas on light and vision. *International Journal of Science Education*, 18(6), 713-723.

Sievers, F., Germano, J. S. E., & de Almeida, F. (2010, June). The use inform environment WebLab in high school with learning objects using learning interactive. 2010 International Conference on Information Society, 572-577.

Sinclair, J., Joy, M., Yau, J. Y. K., & Hagan, S. (2013). A practice-oriented review of learning objects. *IEEE Transactions on learning technologies*, 6(2), 177-192.

Smith, R. S. (2004). *Guidelines for Authors of Learning Objects*. New Media Consortium, 1-23.

Stead, B. (1980). *Energy. Learning in Science Project*. Working Paper No. 17. University of Waikato, Hamilton, New Zealand.

Thompson, K., & Yonekura, F. (2005). Practical guidelines for learning object granularity from one higher education setting. *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects*, 1(1), 163-179.

Topali, P., & Mikropoulos, T.A. (2018). Digital Learning Objects for Teaching Computer Programming in Primary Education. In *Proceedings of TECH-EDU 2018 – Technology and Innovation in Learning, Teaching and Education*, Aristotle University of Thessaloniki

Van Joolingen, W. R., De Jong, T., & Dimitrakopoulou, A. (2007). Issues in computer supported inquiry learning in science. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(2), 111.

Vargo, J., Nesbit, J. C., Belfer, K., & Archambault, A. (2003). Learning object evaluation: computer-mediated collaboration and inter-rater reliability. *International Journal of Computers and Applications*, 25(3), 198-205.

Watts, D. M. and Gilbert, J. K. (1985). *Appraising the understanding of science concepts: energy*. Department of Educational Studies. University of Surrey, Guildford.

Wenk, B. (2010). Open educational resources (OER) inspire teaching and learning. *IEEE educon 2010 conference*, 435-442.

Wiley, D. (2000). *The Instructional Use of Learning Objects*. Agency for Instructional Technology.

Wiley, D. (2010). Openness as catalyst for an educational reformation. *Educause Review*, 45(4), 15–20.

Wiley, D., Bliss, T.J., McEwen, M. (2014). *Open Educational Resources: A Review of the Literature*. *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, 781–789.

Wilheim, J. A. & Beishuizen, J. J. (2003). Content effects in self-directed inductive learning. *Learning and Instruction*, 13(4), 381-402.

Wilhelm, P., & Beishuizen, J. J. (2003). Content effects in self-directed inductive learning. *Learning and Instruction*, 13(4), 381-402.

Αναγνωστόπουλος, Α., & Κώσης, Κ. (2009). Διδασκαλία του τρίτου νόμου του Νεύτωνα με επανάληψη του ιστορικού του πειράματος σε μαθητές Γυμνασίου. 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο, Διδακτική των Φυσικών Επιστημών & Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Φλώρινα.

Βορβυλάς, Γ. (2012). Σχεδιασμός και χρήση μαθησιακών αντικειμένων : μια σημειωτική προσέγγιση. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών.

Γκαρτζονίκας, Β. (2017). Ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα στη διδασκαλία της φυσικής.

Δημητριάδης, Ν. Σ. (2015). Θεωρίες Μάθησης & Εκπαιδευτικό Λογισμικό. Ελληνικά ακαδημαϊκά ηλεκτρονικά συγγράμματα και βοηθήματα.

Ζαρκανέλα, Γ., Ζαχαρής, Γ., Μικρόπουλος, Τ. Α. (2022). Αξιοπιστία και εγκυρότητα εργαλείου αξιολόγησης ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων για τις Φυσικές Επιστήμες: μελέτη με εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Θέματα Επιστημών Αγωγής, 1(1), 54-63.

IEEE (2002). IEEE 1484.12.102002 Draft Standard for Learning Object Metadata. NJ: IEEE Standards Department.

Κοντογεωργίου, Α., & Κολοκοτρώνης, Δ. (2013). Θεωρίες μάθησης και ΤΠΕ στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Ηλεκτρονικό περιοδικό, 14.

Κοντογεωργίου, Α., Κώτσης, Κ., & Μικρόπουλος, Τ. Α. (2009). Οπτική αναπαράσταση του Κβαντικού Ατομικού Προτύπου σε Εικονικό Περιβάλλον: Είναι απαραίτητη για τη διδακτική επεξεργασία των εννοιολογικών εμποδίων των φοιτητών;. 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο, Διδακτική των Φυσικών Επιστημών & Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Φλώρινα.

Κωστάκη, Σ. Μ. (2019). Πώς οι εκπαιδευτικοί Πρωτοβάθμιας αντιμετωπίζουν τα Ψηφιακά Μαθησιακά Αντικείμενα για τις Φυσικές Επιστήμες του Φωτόδεντρου. Ανοικτή Εκπαίδευση: το περιοδικό για την Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση και την Εκπαιδευτική Τεχνολογία, 15(1), 160-183.

Μικρόπουλος, Τ. Α. (2002). Προσομοιώσεις και Οπτικοποιήσεις στην Οικοδόμηση της Γνώσης στις Φυσικές Επιστήμες. 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο, Διδακτική των Φυσικών Επιστημών & Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Ρέθυμνο.

Παπαχρήστος, Ν. Μ., Σακελλάριος, Α., Αγγελής, Δ., Γκαϊντατζής, Π., Κορακάκης, Γ., Νταλάκας, Γ., ... & Μικρόπουλος, Τ. Α. (2018). Αναπτύσσοντας ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα για τις Φυσικές Επιστήμες στο Ψηφιακό Σχολείο II. Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση, 41-48.

Παππάς, Χ., Καμαράτος, Μ., & Κώτσης, Κ. (2009). Σύγκριση πειραματικής και παραδοσιακής διδασκαλίας των φαινομένων ανάκλασης και διάθλασης του φωτός σε μαθητές Β΄ Γυμνασίου. 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο, Διδακτική των Φυσικών Επιστημών & Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Φλώρινα.

Σκουλαρίδου, Ε., & Μαυροειδής, Η. (2016). Συμπληρωματική σχολική εξ αποστάσεως εκπαίδευση με χρήση μαθησιακών αντικειμένων από το Πανελλήνιο Αποθετήριο Μαθησιακών Αντικειμένων–Φωτόδεντρο. Ανοικτή Εκπαίδευση: το περιοδικό για την Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση και την Εκπαιδευτική Τεχνολογία, 12(2), 56-72.

Τομπούλογλου, Α. Ι. (2018). Αξιολόγηση Ψηφιακών Μαθησιακών Αντικειμένων: Προσαρμογή εργαλείου αξιολόγησης μαθητών (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).

Παράρτημα

Κώδικας ανάπτυξης ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου «Ηλεκτρική ενέργεια»

Global number charger_touched = 0				
Global number burger_touched = 0				
Global number overlapping = 0				
Global number destroy_timer = 1.3				
Global number kourasi = 7				
Global number ball_y = 40				
Global number ball_x = 447				
Global number electron_y = 0				
Global number electron_x = 0				
Global number electron_speed = 200				
1	System	On loader layout complete	kid	Set animation to "Default" (play from beginning)
			kid	Stop animation
			System	Create object ball on layer 0 at (453, 260)
			battery	Set animation frame to 3
			battery	Stop animation
			lampOff	Stop animation
			circuit	Stop animation
			TiledBackgro...	Start energy "energy" for 0.2 (Regular)
			Add action	
2	Mouse	On Middle button Clicked	ballX	Set text to <i>Mouse.X</i>
			ballY	Set text to <i>Mouse.Y</i>
			Add action	
3	Mouse	On Right button Clicked	electronX	Set text to <i>Mouse.X</i>
			electronY	Set text to <i>Mouse.Y</i>
			Add action	
4	Touch	On tap gesture on playButton	playButton	Set Invisible
			battery	Start Timer "mo" for 0.25 (Regular)
			kid	Set animation to "fine" (play from beginning)
			System	Wait destroy_timer seconds
			ball	Destroy
			circuit	Start animation from current frame
			lampOff	Set animation frame to 1
5	kid	On animation "fine" finished	ball	Destroy
			System	Create object ball on layer 0 at (<i>ball_x</i> , <i>ball_y</i>)
			ball	Set CustomMovement Overall speed to 600
			ball	Set CustomMovement angle of motion to 175
			kid	Stop animation
			Add action	
6	kid	On animation "tired" finished	ball	Destroy
			System	Create object ball on layer 0 at (<i>ball_x</i> , <i>ball_y</i>)
			ball	Set CustomMovement Overall speed to 600
			ball	Set CustomMovement angle of motion to 175
			kid	Stop animation
			Add action	
7	kid	On animation "verytired" finished	ball	Destroy
			System	Create object ball on layer 0 at (<i>ball_x</i> , <i>ball_y</i>)
			ball	Set CustomMovement Overall speed to 600
			ball	Set CustomMovement angle of motion to 175
			kid	Stop animation
			Add action	
8	ball	X < 115	ball	Set CustomMovement angle of motion to 90
			Add action	
9	ball	Y > 220	ball	Set CustomMovement angle of motion to 5
			Add action	
10	ball	X > 453	kid	Set animation to "verytired" (play from beginning)
	System	2 ≤ <i>kourasi</i> ≤ 3	ball	Destroy
			System	Create object ball on layer 0 at (453, 260)
			System	Wait destroy_timer seconds
			ball	Destroy
			battery	Set animation frame to 1
			Add action	

11	<ul style="list-style-type: none"> ball: $X > 453$ System: $4 \leq \text{kourasi} \leq 5$ 	<ul style="list-style-type: none"> kid: Set animation to "tired" (play from beginning) ball: Destroy System: Create object ball on layer 0 at (453, 260) System: Wait destroy_timer seconds ball: Destroy battery: Set animation frame to 2
12	<ul style="list-style-type: none"> ball: $X > 453$ System: $6 \leq \text{kourasi} \leq 7$ 	<ul style="list-style-type: none"> kid: Set animation to "fine" (play from beginning) ball: Destroy System: Create object ball on layer 0 at (453, 260) System: Wait destroy_timer seconds ball: Destroy battery: Set animation frame to 3
13	<ul style="list-style-type: none"> System: $\text{kourasi} = 1$ 	<ul style="list-style-type: none"> ball: Destroy kid: Set animation frame to 0 kid: Stop animation battery: Set animation frame to 0 circuit: Stop animation lampOff: Set animation frame to 0 battery: Stop Timer 'mo'
14	<ul style="list-style-type: none"> kid: On any animation finished 	<ul style="list-style-type: none"> ballX: Set text to kourasi System: Set kourasi to kourasi-1
15	<ul style="list-style-type: none"> battery: On animation "fortisi" finished 	<ul style="list-style-type: none"> charger: Flash: Stop flashing battery: Start Timer 'mo' for 0.25 (Regular) circuit: Start animation from current frame lampOff: Set animation frame to 1

16	<ul style="list-style-type: none"> kid: Animation frame = 16 	<ul style="list-style-type: none"> System: Create object ball on layer 0 at (ball_x, ball_y)
17	<ul style="list-style-type: none"> Touch: On tap gesture on burger System: $\text{kourasi} = 1$ 	<ul style="list-style-type: none"> System: Set burger_touched to 1
18	<ul style="list-style-type: none"> Touch: On tap gesture on charger System: $\text{kourasi} = 1$ 	<ul style="list-style-type: none"> System: Set charger_touched to 1
19	<ul style="list-style-type: none"> TiledBackgro...: On energy "energy" System: $\text{burger_touched} = 1$ System: $\text{charger_touched} = 1$ System: $\text{kourasi} = 1$ 	<ul style="list-style-type: none"> System: Set kourasi to 6 burger: Set animation to "eaten" (play from beginning) burger: Set CustomMovement angle of motion to 180 burger: Set CustomMovement Overall speed to 150 charger: Flash: Flash 0.1 on 0.1 off for 200000 seconds charger: Set CustomMovement angle of motion to 180 charger: Set CustomMovement Overall speed to 150 kid: Set animation to "fine" (play from beginning) battery: Set animation to "fortisi" (play from beginning) System: Wait 2 seconds burger: Set animation to "Default" (play from beginning) System: Set burger_touched to 0 System: Set charger_touched to 0
20	<ul style="list-style-type: none"> burger: Is overlapping kid 	<ul style="list-style-type: none"> burger: Destroy
21	<ul style="list-style-type: none"> charger: Is overlapping battery 	<ul style="list-style-type: none"> charger: Destroy
22	<ul style="list-style-type: none"> burger: On destroyed 	<ul style="list-style-type: none"> System: Wait 5 seconds System: Create object burger on layer 0 at (721, 146)
23	<ul style="list-style-type: none"> charger: On destroyed 	<ul style="list-style-type: none"> System: Wait 4.5 seconds System: Create object charger on layer 0 at (720, 480)

Κώδικας ανάπτυξης ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου «Διαφορά δυναμικού και ηλεκτρικό ρεύμα»

Global number kid_touched = 0 Global number bird2_touched = 0 Global number bird1_touched = 0 Global number voltage2 = 0 Global number voltage1 = 0				
1	System	On loader layout complete	question1	Set Visible
			question_text	Set Visible
			ok	Set Visible
			Add action	
2	ok	On clicked	ok	Set Invisible
			question_text	Set Invisible
			question1	Set Invisible
			Add action	
3	List1	On selection changed	System	Set voltage1 to List1.SelectedText
			Add action	
4	List2	On selection changed	System	Set voltage2 to List2.SelectedText
			Add action	
5	Touch	On tap gesture on	bird2	Set animation to "Animation2" (play from beginning)
			wiretree	Set Visible
			geiosi2	Set Visible
			ftera2	Set Visible
			System	Wait 3.0 seconds
			bird2	Set animation to "Default" (play from beginning)
			ftera2	Set Invisible
			System	Set bird2_touched to 1

6	Touch	On tap gesture on	bird	Set animation to "Animation3" (play from beginning)
	System	voltage1 ≠ voltage2	ftera1	Set Visible
			System	Wait 3.0 seconds
			bird	Set animation to "Default" (play from beginning)
			ftera1	Set Invisible
			System	Set bird1_touched to 1
			Add action	
7	Touch	On tap gesture on	bird	Set animation to "Animation2" (play from beginning)
	System	voltage1 = voltage2	ftera1	Set Visible
			System	Wait 3.0 seconds
			bird	Set animation to "Default" (play from beginning)
			ftera1	Set Invisible
			System	Set bird1_touched to 1
			Add action	
8	System	bird1_touched = 1	System	Wait 0.5 seconds
	System	bird2_touched = 1	Sprite	Set Visible
			ThaSimvei	Set Visible
			Add action	
9	Touch	On tap gesture on	kid	Set kid_touched to 1
	System	bird1_touched = 1	wirekid	Set Visible
	System	bird2_touched = 1	geiosi	Set Visible
			kid	Set animation to "Animation2" (play from beginning)
			System	Wait 2.0 seconds
			kid	Set animation to "Default" (play from beginning)
			Add action	
10	System	kid_touched = 1	Sprite	Set Invisible
			ThaSimvei	Set Invisible
			Add action	

Κώδικας ανάπτυξης ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου «Αγωγιμότητα νερού»

Global number touched = 0			
1	System	On loader layout complete	<ul style="list-style-type: none"> lamp: Set animation to "Default" (play from beginning) NaCl_text: Set Invisible NaOH_text: Set Invisible hand: Set Invisible refresh: Set Invisible nero: Set animation to "Default" (play from beginning) erotisi: Set Visible
2	sugar	On clicked	<ul style="list-style-type: none"> erotisi: Set Invisible System: Set touched to 2 plaisio2: Set Invisible NaCl: Set Invisible NaOH: Set Invisible HCl: Set Invisible sugar: Set Invisible add: Set Invisible hand: Set animation to "motion" (play from beginning) hand: Set Visible
3	NaCl	On clicked	<ul style="list-style-type: none"> erotisi: Set Invisible System: Set touched to 3 plaisio2: Set Invisible NaCl: Set Invisible NaOH: Set Invisible HCl: Set Invisible sugar: Set Invisible add: Set Invisible hand: Set Visible hand: Set animation to "motion" (play from beginning)
4	NaOH	On clicked	<ul style="list-style-type: none"> erotisi: Set Invisible System: Set touched to 4 plaisio2: Set Invisible NaCl: Set Invisible NaOH: Set Invisible sugar: Set Invisible HCl: Set Invisible add: Set Invisible hand: Set Visible hand: Set animation to "motion" (play from beginning)
5	HCl	On clicked	<ul style="list-style-type: none"> erotisi: Set Invisible System: Set touched to 5 plaisio2: Set Invisible NaCl: Set Invisible NaOH: Set Invisible sugar: Set Invisible HCl: Set Invisible add: Set Invisible hand: Set Visible hand: Set animation to "motion" (play from beginning)
6	hand	On animation "motion" finished	<ul style="list-style-type: none"> hand: Set Invisible nero: Set animation to "dialimenoIusia" (play from beginning) System: Wait 1 seconds
7	System	touched = 2	<ul style="list-style-type: none"> sugar_text: Set Visible refresh: Set Visible
8	System	touched = 3	<ul style="list-style-type: none"> System: Create object Sprite4 on layer "Layer 0" at (333, 266) System: Create object Sprite2 on layer "Layer 0" at (363, 266)

9	System	touched = 4	System	Create object Sprite4 on layer "Layer 0" at (333, 266)
			System	Create object Sprite3 on layer "Layer 0" at (363, 266)
			Add action	
10	System	touched = 5	System	Create object Sprite5 on layer 0 at (333, 266)
			System	Create object Sprite2 on layer 0 at (363, 266)
			Add action	
11	System	touched = 3	Add action	
12	Sprite4	On created	Sprite4	Set CustomMovement angle of motion to 180
			Sprite4	Set CustomMovement Overall speed to 55
			Sprite4	Start Timer "motion" for 0.7 (Regular)
			Add action	
13	Sprite4	Is overlapping \ k3	Sprite4	Destroy
			Add action	
14	Sprite2	On created	Sprite2	Set CustomMovement angle of motion to 0
			Sprite2	Set CustomMovement Overall speed to 55
			Sprite2	Start Timer "motion2" for 0.7 (Regular)
			Add action	
15	Sprite2	Is overlapping / k4	Sprite2	Destroy
			Add action	
16	Sprite4	On Timer "motion"	System	Create object Sprite4 on layer "Layer 0" at (333, 266)
			Add action	
17	Sprite2	On Timer "motion2"	System	Create object Sprite2 on layer "Layer 0" at (363, 266)
			Add action	
18	System	touched = 4	Add action	
19	Sprite4	On created	Sprite4	Set CustomMovement angle of motion to 180
			Sprite4	Set CustomMovement Overall speed to 55
			Sprite4	Start Timer "motion" for 0.7 (Regular)
			Add action	
20	Sprite4	Is overlapping \ k3	Sprite4	Destroy

21	Sprite3	On created	Sprite3	Set CustomMovement angle of motion to 0
			Sprite3	Set CustomMovement Overall speed to 55
			Sprite3	Start Timer "motion3" for 0.7 (Regular)
			Add action	
22	Sprite3	Is overlapping / k4	Sprite3	Destroy
			Add action	
23	Sprite3	On Timer "motion3"	System	Create object Sprite3 on layer "Layer 0" at (363, 266)
			Add action	
24	Sprite4	On Timer "motion"	System	Create object Sprite4 on layer "Layer 0" at (333, 266)
			Add action	
25	System	touched = 5	Add action	
26	Sprite5	On created	Sprite5	Set CustomMovement angle of motion to 180
			Sprite5	Set CustomMovement Overall speed to 55
			Sprite5	Start Timer "motion" for 0.7 (Regular)
			Add action	
27	Sprite5	Is overlapping \ k3	Sprite5	Destroy
			Add action	
28	Sprite2	On created	Sprite2	Set CustomMovement angle of motion to 0
			Sprite2	Set CustomMovement Overall speed to 55
			Sprite2	Start Timer "motion3" for 0.7 (Regular)
			Add action	
29	Sprite2	Is overlapping / k4	Sprite2	Destroy
			Add action	
30	Sprite2	On Timer "motion3"	System	Create object Sprite2 on layer "Layer 0" at (363, 266)
			Add action	
31	Sprite5	On Timer "motion"	System	Create object Sprite5 on layer "Layer 0" at (333, 266)
			Add action	
	Sprite4	CustomMovement is moving	lamp	Set animation to "on" (play from beginning)
			NaCl_text	Set Visible

32	Sprite2	CustomMovement is moving	NaCl_text	Set Visible
		CustomMovement is moving	refresh	Set Visible
			Add action	
33	Sprite4	CustomMovement is moving	lamp	Set animation to "on" (play from beginning)
	Sprite3	CustomMovement is moving	NaOH_text	Set Visible
		CustomMovement is moving	refresh	Set Visible
			Add action	
34	Mouse	On Middle button Clicked	handX	Set text to floor(Mouse.X)
			handY	Set text to floor(Mouse.Y)
			Add action	
35	Touch	On tap gesture on refresh	System	Go to Layout 4
			Add action	
36	System	touched = 2	refresh	Set Invisible
			System	Set touched to 0
			plaisio2	Set Visible
			HCl	Set Visible
			NaCl	Set Visible
			NaOH	Set Visible
			sugar	Set Visible
			add	Set Visible
			sugar_text	Set Invisible
			nero	Set animation to "Default" (play from beginning)
			Add action	
37	System	touched = 3	refresh	Set Invisible
			System	Set touched to 0
			lamp	Set animation to "Default" (play from beginning)
			plaisio2	Set Visible
			HCl	Set Visible
			NaCl	Set Visible

			NaOH	Set Visible
			sugar	Set Visible
			add	Set Visible
			Sprite4	Stop Timer "motion"
			Sprite2	Stop Timer "motion2"
			Sprite4	Destroy
			Sprite2	Destroy
			NaCl_text	Set Invisible
			nero	Set animation to "Default" (play from beginning)
			Add action	
38	System	touched = 4	refresh	Set Invisible
			System	Set touched to 0
			lamp	Set animation to "Default" (play from beginning)
			plaisio2	Set Visible
			HCl	Set Visible
			NaCl	Set Visible
			NaOH	Set Visible
			sugar	Set Visible
			add	Set Visible
			Sprite4	Stop Timer "motion"
			Sprite3	Stop Timer "motion3"
			Sprite4	Destroy
			Sprite3	Destroy
			NaOH_text	Set Invisible
			nero	Set animation to "Default" (play from beginning)
			Add action	
39	System	touched = 5	refresh	Set Invisible
			System	Set touched to 0
			lamp	Set animation to "Default" (play from beginning)
			plaisio2	Set Visible
			HCl	Set Visible

39

System touched = 5

refresh	Set Invisible
System	Set touched to 0
lamp	Set animation to "Default" (play from beginning)
plaisio2	Set Visible
HCl	Set Visible
NaCl	Set Visible
NaOH	Set Visible
sugar	Set Visible
add	Set Visible
Sprite5	Stop Timer "motion"
Sprite2	Stop Timer "motion3"
Sprite5	Destroy
Sprite2	Destroy
HCl_text	Set Invisible
nero	Set animation to "Default" (play from beginning)
Add action	

40

Sprite5	CustomMovement is moving
Sprite2	CustomMovement is moving

Add event

lamp	Set animation to "on" (play from beginning)
HCl_text	Set Visible
refresh	Set Visible
Add action	

Κώδικας ανάπτυξης ψηφιακού μαθησιακού αντικειμένου «Στατικός Ηλεκτρισμός»

Global number didhappened = 0			
Global number kid_x = 0			
Global number e2_x = 0			
Global number e1_x = 0			
Global number touched = 0			
1	System	On loader layout complete	<ul style="list-style-type: none"> balloon: Set animation to "Default" (play from beginning) cat: Set animation to "Default" (play from beginning) kid: Set animation to "Default" (play from beginning) ballonZoom: Set Invisible catZoom: Set Invisible barsZoom: Set Invisible check: Set Invisible kid_x: Set text to kid.X whappened: Set Invisible
2	Touch	On tap gesture on cat	<ul style="list-style-type: none"> kid: Set animation to "kid_cat" (play from beginning) System: Wait 1.0 seconds cat: Set animation to "pos" (play from beginning) System: Set touched to 1 whatHappened: Set Visible whappened: Set Visible System: Set didhappened to 1
3	Touch	On tap gesture on balloon	<ul style="list-style-type: none"> kid: Set animation to "kid_balloon" (play from beginning) System: Wait 1.0 seconds balloon: Set animation to "neg" (play from beginning) System: Set touched to 2 whatHappened: Set Visible whappened: Set Visible System: Set didhappened to 1
4	Touch	On tap gesture on whappened	<ul style="list-style-type: none"> refresh: Set Invisible whatHappened: Set Invisible whappened: Set Invisible
5	System	touched = 1	<ul style="list-style-type: none"> plaisio2: Set Visible paidiStiGata: Set Visible gataStoPaidi: Set Visible
6	System	touched = 2	<ul style="list-style-type: none"> plaisio2: Set Visible mpaloniStoPaidi: Set Visible paidiStoMpaloni: Set Visible
7	System	touched = 3	<ul style="list-style-type: none"> plaisio2: Set Visible paidiStoKagkela: Set Visible kagkelaStoPaidi: Set Visible
8	System	touched = 4	<ul style="list-style-type: none"> plaisio2: Set Visible paidiStoKagkela: Set Visible kagkelaStoPaidi: Set Visible
9	kagkelaStoPaidi	On clicked	<ul style="list-style-type: none"> plaisio2: Set Invisible kagkelaStoPaidi: Set Invisible paidiStoKagkela: Set Invisible System: Set didhappened to 0
10	System	touched = 3	<ul style="list-style-type: none"> barsZoom: Set Visible System: Create object · e1 on layer "bars zoom" at (437.55, 236.14) System: Create object · e2 on layer "bars zoom" at (413.24, 277.81) System: Create object · e3 on layer "bars zoom" at (434.08, 319.48) System: Create object · e4 on layer "bars zoom" at (507.01, 274.34)

11	System touched = 4	barsZoom	Set Visible
		System	Create object · e1 on layer "bars zoom" at (229.16, 114.59)
		System	Create object · e2 on layer "bars zoom" at (243.08, 184.05)
		System	Create object · e3 on layer "bars zoom" at (246.55, 138.90)
		System	Create object · e4 on layer "bars zoom" at (204.88, 211.83)
		System	Create object · e5 on layer "bars zoom" at (152.79, 194.46)
		System	Create object · e6 on layer "bars zoom" at (170.16, 107.65)
		System	Create object · e7 on layer "bars zoom" at (489.64, 243.08)
		System	Create object · e8 on layer "bars zoom" at (482.70, 316.01)
		· e1	Set Visible
		· e2	Set Visible
		· e3	Set Visible
		· e4	Set Visible
		· e5	Set Visible
		· e6	Set Visible
		· e7	Set Visible
		· e8	Set Visible
		Add action	
12	paidiStaKagkela On clicked	plasio2	Set Invisible
		kagkelaStoPaidi	Set Invisible
		paidiStaKagkela	Set Invisible
		System	Set didhappened to 0
		Add action	
13	System touched = 3	barsZoom	Set Visible
		System	Create object · e1 on layer "bars zoom" at (437.55, 236.14)
		System	Create object · e2 on layer "bars zoom" at (413.24, 277.81)
		System	Create object · e3 on layer "bars zoom" at (434.08, 319.48)
		System	Create object · e4 on layer "bars zoom" at (507.01, 274.34)
		System	Create object · e5 on layer "bars zoom" at (489.64, 312.54)
		System	Create object · e6 on layer "bars zoom" at (482.70, 236.14)
		System	Create object · e7 on layer "bars zoom" at (166.68, 208.36)

		System	Create object · e8 on layer "bars zoom" at (173.63, 104.18)
		· e1	Set Visible
		· e2	Set Visible
		· e3	Set Visible
		· e4	Set Visible
		· e5	Set Visible
		· e6	Set Visible
		· e7	Set Visible
		· e8	Set Visible
		Add action	
14	System touched = 4	barsZoom	Set Visible
		System	Create object · e1 on layer "bars zoom" at (229.16, 114.59)
		System	Create object · e2 on layer "bars zoom" at (243.08, 184.05)
		System	Create object · e3 on layer "bars zoom" at (246.55, 138.90)
		System	Create object · e4 on layer "bars zoom" at (204.88, 211.83)
		System	Create object · e5 on layer "bars zoom" at (152.79, 194.46)
		System	Create object · e6 on layer "bars zoom" at (170.16, 107.65)
		System	Create object · e7 on layer "bars zoom" at (489.64, 243.08)
		System	Create object · e8 on layer "bars zoom" at (482.70, 316.01)
		· e1	Set Visible
		· e2	Set Visible
		· e3	Set Visible
		· e4	Set Visible
		· e5	Set Visible
		· e6	Set Visible
		· e7	Set Visible
		· e8	Set Visible
		Add action	

15	gataStoPaidi	On clicked	plaisio2	Set Invisible
	gataStoPaidi		gataStoPaidi	Set Invisible
	paidiStiGata		paidiStiGata	Set Invisible
	catZoom		catZoom	Set Visible
	System	Create object	e1 on layer "gata zoom" at (212.14, 265.17)	
	System	Create object	e2 on layer "gata zoom" at (201.41, 256.97)	
	System	Create object	e3 on layer "gata zoom" at (190.99, 354.21)	
	System	Create object	e4 on layer "gata zoom" at (138.90, 298.64)	
	System	Create object	e5 on layer "gata zoom" at (392.41, 243.08)	
	System	Create object	e6 on layer "gata zoom" at (461.86, 229.19)	
	System	Create object	e7 on layer "gata zoom" at (461.86, 229.196)	
	System	Create object	e8 on layer "gata zoom" at (413.24, 138.90)	
	e1	Set Visible		
	e2	Set Visible		
	e3	Set Visible		
	e4	Set Visible		
	e5	Set Visible		
	e6	Set Visible		
	e7	Set Visible		
	e8	Set Visible		
	System	Set didhappened to 0		
		Add action		
16	paidiStiGata	On clicked	plaisio2	Set Invisible
	gataStoPaidi		gataStoPaidi	Set Invisible
	paidiStiGata		paidiStiGata	Set Invisible
	catZoom		catZoom	Set Visible
	System	Create object	e1 on layer "gata zoom" at (212.14, 265.17)	
	System	Create object	e2 on layer "gata zoom" at (201.41, 256.97)	
	System	Create object	e3 on layer "gata zoom" at (190.99, 354.21)	
	System	Create object	e4 on layer "gata zoom" at (138.90, 298.64)	
	System	Create object	e5 on layer "gata zoom" at (392.41, 243.08)	

			e1	Set Visible
			e2	Set Visible
			e3	Set Visible
			e4	Set Visible
			e5	Set Visible
			e6	Set Visible
			e7	Set Visible
			e8	Set Visible
			System	Set didhappened to 0
				Add action
17	paidiStoMpaloni	On clicked	plaisio2	Set Invisible
	paidiStoMpaloni		paidiStoMpaloni	Set Invisible
	mpaloniStoPaidi		mpaloniStoPaidi	Set Invisible
	ballonZoom		ballonZoom	Set Visible
	System	Create object	e1 on layer "balloon zoom" at (232.66, 270.86)	
	System	Create object	e2 on layer "balloon zoom" at (208.36, 225.72)	
	System	Create object	e3 on layer "balloon zoom" at (500.06, 135.43)	
	System	Create object	e4 on layer "balloon zoom" at (513.95, 190.99)	
	System	Create object	e5 on layer "balloon zoom" at (211.83, 312.54)	
	System	Create object	e6 on layer "balloon zoom" at (149.32, 316.01)	
	System	Create object	e7 on layer "balloon zoom" at (118.07, 284.75)	
	System	Create object	e8 on layer "balloon zoom" at (145.85, 218.77)	
	e1	Set Visible		
	e2	Set Visible		
	e3	Set Visible		
	e4	Set Visible		
	e5	Set Visible		
	e6	Set Visible		
	e7	Set Visible		
	e8	Set Visible		
	System	Set didhappened to 0		

18	mpaloniStoPaidi	On clicked	plaisio2	Set Invisible
			paidiStoMpaloni	Set Invisible
			mpaloniStoPaidi	Set Invisible
			balloonZoom	Set Visible
			System	Create object - e1 on layer "balloon zoom" at (232.66, 270.86)
			System	Create object - e2 on layer "balloon zoom" at (208.36, 225.72)
			System	Create object - e3 on layer "balloon zoom" at (500.06, 135.43)
			System	Create object - e4 on layer "balloon zoom" at (513.95, 190.99)
			System	Create object - e5 on layer "balloon zoom" at (211.83, 312.54)
			System	Create object - e6 on layer "balloon zoom" at (149.32, 316.01)
			System	Create object - e7 on layer "balloon zoom" at (118.07, 284.75)
			System	Create object - e8 on layer "balloon zoom" at (145.85, 218.77)
			e1	Set Visible
			e2	Set Visible
			e3	Set Visible
			e4	Set Visible
			e5	Set Visible
			e6	Set Visible
			e7	Set Visible
			e8	Set Visible
			System	Set didhappened to 0
			Add action	
19	e1	Is visible	Add action	
20	System	touched = 1	e1	Set CustomMovement angle of motion to 340
			e1	Set CustomMovement Overall speed to 70
			Add action	
21	System	touched = 2	e1	Set CustomMovement angle of motion to 330
			e1	Set CustomMovement Overall speed to 70
			Add action	
22	System	touched = 3	e1	Set CustomMovement angle of motion to 200
			e1	Set CustomMovement Overall speed to 70

23	System	touched = 4	e1	Set CustomMovement angle of motion to 30
			e1	Set CustomMovement Overall speed to 70
			Add action	
24	e1	CustomMovement is moving	Add action	
	System	touched = 1	System	Set e1_x to floor(e1.X)
		- or -	Add action	
25	System	touched = 2		
		- or -		
	System	touched = 3		
		- or -		
	System	touched = 4		
26	e2	Is visible	Add action	
27	System	touched = 1	e2	Set CustomMovement angle of motion to 330
			e2	Set CustomMovement Overall speed to 70
			Add action	
28	System	touched = 2	e2	Set CustomMovement angle of motion to 350
			e2	Set CustomMovement Overall speed to 70
			Add action	
29	System	touched = 3	e2	Set CustomMovement angle of motion to 200
			e2	Set CustomMovement Overall speed to 70
			Add action	
30	System	touched = 4	e2	Set CustomMovement angle of motion to 30
			e2	Set CustomMovement Overall speed to 70
			Add action	
31	e2	CustomMovement is moving	Add action	
	System	touched = 1	System	Set e2_x to floor(e2.X)
		- or -	Add action	
32	System	touched = 2		
		- or -		
	System	touched = 3		
		- or -		
	System	touched = 4		

33	System	e1_x > 363	· e1	Stop CustomMovement
	System	touched = 1	✓ check	Set Visible
			System	Set e1_x to 300
			Add action	
34	System	e2_x > 368	· e2	Stop CustomMovement
	System	touched = 1	System	Set e2_x to 300
			Add action	
35	Touch	On tap gesture on ✓ check	✓ check	Set Invisible
			· e1	Destroy
			· e2	Destroy
			· e3	Destroy
			· e4	Destroy
			· e5	Destroy
			· e6	Destroy
			· e7	Destroy
			· e8	Destroy
			refresh	Set Visible
			Add action	
36	System	touched = 1	catZoom	Set Invisible
			System	Wait 0.5 seconds
			bubble	Set Visible
			try	Set Visible
			Add action	
37	System	touched = 2	ballonZoom	Set Invisible
			System	Wait 0.5 seconds
			bubble	Set Visible
			try	Set Visible
			Add action	
38	System	touched = 3	barsZoom	Set Invisible
	System	touched = 4	- or -	
			Add action	

39	System	e1_x > 418	· e1	Stop CustomMovement
	System	touched = 2	✓ check	Set Visible
			System	Set e1_x to 300
			Add action	
40	System	e2_x > 417	· e2	Stop CustomMovement
	System	touched = 2	System	Set e2_x to 300
			Add action	
41	System	1 ≤ e1_x ≤ 246	· e1	Stop CustomMovement
	System	touched = 3	✓ check	Set Visible
			System	Set e1_x to 300
			Add action	
42	System	e2_x < 236	· e2	Stop CustomMovement
	System	touched = 3	System	Set e2_x to 300
			Add action	
43	System	e1_x > 438	· e1	Stop CustomMovement
	System	touched = 4	✓ check	Set Visible
			System	Set e1_x to 300
			Add action	
44	System	e2_x > 410	· e2	Stop CustomMovement
	System	touched = 4	System	Set e2_x to 300
			Add action	
45	Touch	On tap gesture on bars	bubble	Set Invisible
	System	didhappened ≠ 1	try	Set Invisible
			Add action	
46	System	touched = 1	kid	Set CustomMovement Overall speed to 90
			kid	Set animation to "walking_neg" (play from beginning)
			Add action	
47	System	touched = 2	kid	Set CustomMovement Overall speed to 90
			kid	Set animation to "walking_pos" (play from beginning)
			Add action	

48	kid	is overlapping bars	kid	Stop CustomMovement
			whatHappened	Set Visible
			whappened	Set Visible
			Add action	
49	System	touched = 1	kid	Set animation to "ground_neg" (play from beginning)
			System	Set touched to 4
			Add action	
50	System	touched = 2	kid	Set animation to "ground_pos" (play from beginning)
			System	Set touched to 3
			Add action	
51	Touch	On tap gesture on refresh	System	Reset global variables to default
			kid	Destroy
			System	Create object kid on layer 1 at (266, 380)
			balloon	Set animation to "Default" (play from beginning)
			cat	Set animation to "Default" (play from beginning)
			bubble	Set Invisible
			try	Set Invisible
			whappened	Set Invisible
			System	Set didhappened to 0
			Add action	
52	kid	CustomMovement is moving	System	Set kid_x to floor(kid.x)
			kid_x	Set text to kid_x
			Add action	