



ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ



ΠΜΣ “Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας για την Εκπαίδευση”
Διπλωματική Εργασία

Χορογραφώντας τη Φυσική:

Μια διεπιστημονική προσέγγιση των καταστάσεων της ύλης μέσω της τέχνης του Χορού

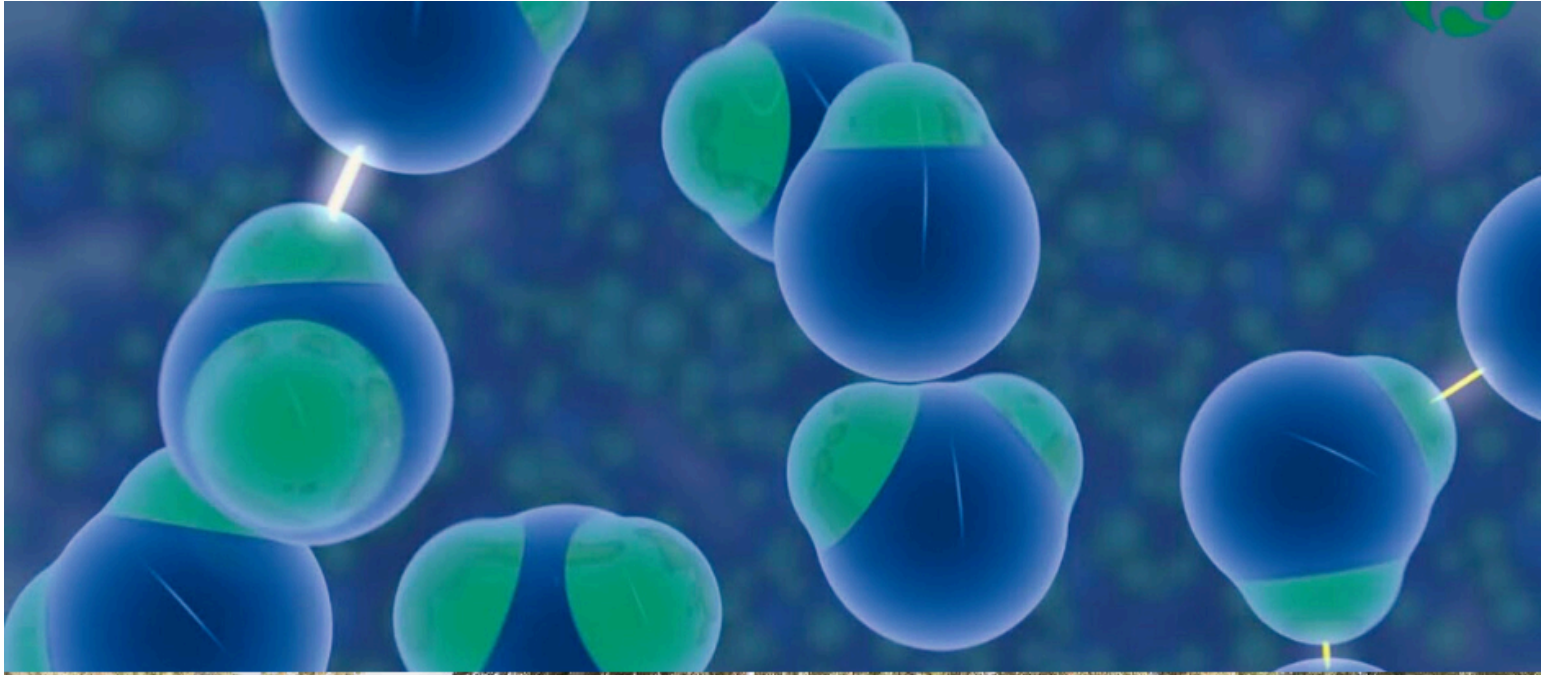
Στέλλα Φωτιάδη

A.M. 5642

Μέλη επιτροπής: Παναγιώτης Παντίδος (επιβλέπων καθηγητής)

Μαρία Σφυρόερα

Αναστασία Γεωργάκη



“Dance is more than an art. It is one of the most powerful tools for fusing the split between the two functions of the brain—the fusing of the logical with the intuitive, the fusing of the analytical perceptions with the sensorial perceptions, the fusing of holistic understanding with step by step thinking. It is a discipline which within itself deals with basic understanding of human experience, and conceptualization”.

Allegra Fuller Snyder, 1974

“If you thought that science was certain - well, that is just an error on your part”.

Richard Feynman, 1965

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Διπλωματική Εργασία.....	1
Περίληψη.....	6
1. Θεωρητικό πλαίσιο.....	9
1.1 Ενσώματη μάθηση.....	9
1.1.1 Εννοιολόγηση (Conceptualization).....	10
1.1.2 Υποκατάσταση (Replacement).....	11
1.1.3 Συγκρότηση (Constitution).....	13
1.2 Ενσώματη μάθηση και φυσικές επιστήμες.....	15
1.3 Ενσώματη μάθηση και Χορός.....	17
1.4 Ο χορός στη διδακτική των φυσικών επιστημών.....	18
1.5 Πρόταση για μία χορευτική διερεύνηση των καταστάσεων της ύλης.....	22
2. Σκοπός - Ερευνητικό ερώτημα.....	30
3. Μεθοδολογία.....	31
3.1 Συμμετέχοντες/ουσες - Πλαίσιο εφαρμογής.....	32
3.2 Ερευνητικός σχεδιασμός.....	33
3.3 Εγκυρότητα και αξιοπιστία.....	34
3.4 Συλλογή δεδομένων.....	35
3.4.1 Ερωτηματολόγια.....	35
3.4.2 Βίντεο.....	39
3.5 Σχεδιασμός διδακτικών παρεμβάσεων.....	39
3.6 Ανάλυση δεδομένων.....	53
3.6.1 Ανάλυση ερωτηματολογίων.....	54
3.6.2 Ανάλυση ψηφιακών δεδομένων (Βίντεο).....	67

3.6.3 Έλεγχος ταύτισης των ΙΔΕΩΝ από το ερωτηματολόγιο και από το βίντεο.....	77
4. Αποτελέσματα.....	84
5. Συμπεράσματα - Συζήτηση.....	89
6. Περιορισμοί - Προεκτάσεις.....	94
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	96
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	112

Περίληψη

Η παρούσα έρευνα είχε ως στόχο την ανάπτυξη ενός εκπαιδευτικού προγράμματος που βασίζεται σε μια ενσώματη προσέγγιση για τις καταστάσεις της ύλης μέσω της τέχνης του χορού. Δομικό του χαρακτηριστικό αποτέλεσε ο συνεχής εσωτερικός διδακτικός μετασχηματισμός της γνώσης αναφοράς από τον χορό και τη φυσική, με τη συνεργασία της βασικής ερευνήτριας (χορογράφος - εκπαιδευτικός χορού), με έναν ερευνητή (ειδικό στη διδακτική των φυσικών επιστημών). Η εφαρμογή έγινε σε ένα αστικό σχολείο με τη συμμετοχή ενός τμήματος 12 παιδιών της Ε' τάξης δημοτικού, εκ των οποίων τα δέκα δε μιλούν την ελληνική γλώσσα ως μητρική. Βασικό εργαλείο διερεύνησης και εννοιολόγησης των μαθητών και των μαθητριών αλλά και των ερευνητών αποτέλεσε το κινούμενο ανθρώπινο σώμα ως μέσο παραγωγής και μετασχηματισμού χορογραφιών. Ο ερευνητικός σχεδιασμός είχε μια γραμμική πορεία με διακριτές φάσεις (pre test, διδακτική παρέμβαση, post test), η οποία επέτρεψε την αξιολόγηση της επίδρασης του προγράμματος στη μάθηση των παιδιών από δεδομένα που συλλέχθηκαν πριν και μετά την κάθε διδακτική παρέμβαση μέσω γραπτών ερωτηματολογίων, αλλά και κατά τη διάρκεια μέσω βιντεοσκόπησης. Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα διαρθρώνεται σε τρεις διδακτικές δραστηριότητες οι οποίες αποτέλεσαν τις παρεμβάσεις κατά την εφαρμογή και την αξιολόγησή του. Η πρώτη αφορούσε τα στερεά σώματα, η δεύτερη τα υγρά και τα αέρια και η τρίτη και τις τρεις καταστάσεις της ύλης μαζί, ενσωματώνοντας στη διδασκαλία ένα βίντεο το οποίο διαμορφώθηκε αποκλειστικά για τους σκοπούς της διδακτικής παρέμβασης. Οι διδακτικές παρεμβάσεις ήταν προϊόντα αλληλεπίδρασης των δύο ερευνητών, η οποία σε σημαντικό βαθμό ήταν ψηφιακά διαμεσολαβημένη και ενσώματη, είτε μέσω της συνεργατικής εργασίας υποστηριζόμενης από υπολογιστή, είτε μέσω των κινητικών πειραματισμών που λάμβαναν χώρα στις μεταξύ τους συναντήσεις οι οποίες βιντεοσκοπούσαν. Καταδεικνύεται ότι η εφαρμογή του προγράμματος οδήγησε την πλειονότητα των παιδιών να βελτιώσει τις εννοιολογήσεις τους τόσο σε σχέση με μακροσκοπικά χαρακτηριστικά της ύλης, όπως είναι η προσέγγιση του στερεού σώματος ως 3D οντότητας και η σύνδεση της εξαέρωσης με την παροχή θερμότητας, όσο και σε σχέση με μικροσκοπικά χαρακτηριστικά αυτής, όπως είναι η αναπαράσταση της σωματιδιακής φύσης της ύλης και η σχετική κίνηση των μορίων στις διαφορετικές καταστάσεις της. Τα παιδιά έκαναν μία μετάβαση από τις πρωταρχικές, εναλλακτικές τους ιδέες σε άλλες, σύμφωνες με το επιστημονικά συμβατό, συγκροτώντας έτσι ένα πρόδρομο μοντέλο (precursor model) για τις καταστάσεις της ύλης το οποίο εμπίπτει στους στόχους μάθησης που προκύπτουν από το αναλυτικό πρόγραμμα. Κατόπιν ορισμένων μετασχηματισμών, φαίνεται ότι θα μπορούσαν να ελεγχθούν τα όρια της εφαρμογής του προτεινόμενου εκπαιδευτικού προγράμματος και σε μαθητές και μαθήτριες άλλων ηλικιών, καθώς και σε άλλες έννοιες των φυσικών επιστημών. Συνολικά αναδεικνύεται

η ανάγκη για ενσωμάτωση τέτοιων διδακτικών δραστηριοτήτων εντός του σχολικού προγράμματος, σε ένα εκπαιδευτικό σύστημα που κατά κύριο λόγο αποκλείει το σώμα από τη διαδικασία της μάθησης στερώντας έτσι τη δημιουργικότητα και τη φαντασία από τον επιστημονικό τρόπο σκέψης.

Λέξεις - κλειδιά : Ενσώματη μάθηση, Χορός, Φυσικές επιστήμες, Πρόδρομο μοντέλο, Διδακτικός μετασχηματισμός, Καταστάσεις της ύλης

The present study aimed to develop an educational program based on an embodied approach for understanding the states of matter through the art of dance. A key structural characteristic was the continuous internal didactic transposition of reference knowledge from dance and physics, in collaboration between the lead researcher (choreographer - dance educator) and a researcher (specialist in science education). The application took place in an urban school with the participation of a group of 12 fifth-grade students, ten of whom did not speak Greek as their first language. The primary tool for exploring and conceptualizing the students' and researchers' understanding was the moving human body as a means of generating and transforming choreographies. The research design followed a linear trajectory with discrete phases (pre-test, instructional intervention, post-test), allowing for the assessment of the program's impact on student learning through data collected before and after each instructional intervention via written questionnaires and video recordings. The educational program was structured into three instructional activities, each constituting interventions. The first focused on solids, the second on fluids and gases, and the third on all three states of matter combined, integrating into instruction a video created exclusively for the purposes of the instructional intervention. The instructional interventions were products of the interaction between the two researchers, largely digitally mediated and embodied, either through computer-supported collaborative work or through engaging in experimental movement exploration conducted during their meetings, which were videotaped. It is shown that the implementation of the educational program led the majority of the children to improve their conceptualizations regarding both macroscopic features of matter, such as approaching solids as 3D entities and connecting evaporation with heat transfer, and microscopic characteristics, such as representing the particulate nature of matter and the relative motion of molecules in different states. The children transitioned from their initial,

alternative ideas to others consistent with scientific knowledge, thus forming a precursor model for the states of matter that aligns with the learning objectives derived from the curriculum. After some modifications, it appears that the boundaries of applying the proposed educational program could be tested with students of different ages, as well as with other concepts in the natural sciences. Overall, the need for integrating such instructional activities within the school curriculum is highlighted in an educational system that primarily excludes the body from the learning process, thus depriving scientific thinking of creativity and imagination.

Keywords: Embodied learning, Dance, Science Education, Precursor model, Didactic transposition, States of matter

Θερμές ευχαριστίες στον διευθυντή του δημοτικού σχολείου στο οποίο πραγματοποιήθηκε η έρευνα, στην εκπαιδευτικό της τάξης για τη θετική της διάθεση και την πολύτιμη υποστήριξη της καθόλη τη διάρκεια υλοποίησης του προγράμματος, στα παιδιά της πιλοτικής έρευνας, και φυσικά στα παιδιά που συμμετείχαν, χωρίς τα οποία τίποτα από όσα ακολουθούν δε θα ήταν πραγματικότητα.

1. Θεωρητικό πλαίσιο

1.1 Ενσώματη μάθηση

Η ενσώματη μάθηση (*embodied learning*) βασίζεται στην προσέγγιση της ενσώματης νόησης (*embodied cognition*), η οποία αναπτύχθηκε στα τέλη του 20ου αιώνα μέσα από την αλληλεπίδραση και συμβολή διαφορετικών επιστημών και πεδίων όπως οι νευροεπιστήμες, η ψυχολογία, η τεχνητή νοημοσύνη, αλλά και η φιλοσοφία (Shapiro & Spaulding, 2021) σε μια προσπάθεια επαναπροσδιορισμού των γνωστικών επιστημών οι οποίες αντιμετώπιζαν την ανθρώπινη νόηση κυρίως ως υπολογιστική (*computational*) στο πλαίσιο μιας δυϊστικής προσέγγισης μυαλού και σώματος (Wilson, 2002, Shapiro, 2004, 2007, Shapiro & Stolz, 2018, Shapiro & Spaulding, 2021). Η υπολογιστική θεωρία υποστηρίζει ότι ο άνθρωπος κωδικοποιεί τα ερεθίσματα τα οποία λαμβάνει και τα μετατρέπει σε συμβολικά κωδικοποιημένες οδηγίες, οι οποίες με τη σειρά τους διαμορφώνουν την ανθρώπινη νόηση (Shapiro & Stolz, 2018).

Καταλυτικό ρόλο στη διαμόρφωση αυτού του νέου παραδείγματος έπαιξε η μελέτη των Varela et al. (1991) *The Embodied Mind*. Με αφετηρία τη φαινομενολογία του Merleau-Ponty (1945), η οποία ουσιαστικά αίρει τον διαχωρισμό μεταξύ αντικειμένου και υποκειμένου λαμβάνοντας ως σημείο εκκίνησης του κόσμου το ίδιο το φαινομενολογικό σώμα των ανθρώπων ('*phenomenal*' body), οι συγγραφείς απέδωσαν στην έννοια της ενσωμάτωσης (*embodiment*) δύο χαρακτηριστικά: Το σώμα που βιώνει και το σώμα ως το περιβάλλον εντός του οποίου λαμβάνουν τόπο οι ανθρώπινες νοητικές διεργασίες, δημιουργώντας έτσι μία αλληλοτροφοδοτούμενη και μη γραμμικά εξελισσόμενη σχέση μεταξύ νόησης, σώματος και εμπειρίας (Varela et al., 1991, Shapiro & Stolz, 2018).

Ευρήματα από τον χώρο των νευροεπιστημών και της ψυχολογίας υποδεικνύουν πως μέσω των κιναισθητικών ερεθισμάτων παράγονται νευροτροφίνες οι οποίες συμβάλλουν στην ανάπτυξη των εγκεφαλικών κυττάρων, στην αύξηση των συνάψεων των νευρώνων του εγκεφάλου, αλλά και στην ενίσχυση των υψηλών νοητικών λειτουργιών (Hannaford, 1995, Ratey, 2008). Επομένως θα μπορούσαμε να πούμε πως η κίνηση προάγει τη σκέψη. Ταυτόχρονα παίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της αποκτημένης γνώσης και στη διαδικασία της ανάκτησης πληροφοριών, καθώς η κινητική δραστηριότητα ενεργοποιεί τη δηλωτική, τη διαδικαστική, αλλά και γενικότερα τη μακροπρόθεσμη μνήμη (Meadow et al., 2009, Madan & Singhal, 2012, Macedonia, 2019).

Η θεωρία της ενσώματης νόησης υπήρξε αρχικά ένα περιθωριακό κίνημα. Πλέον λαμβάνει ερευνητικά ιδιαίτερη προσοχή, ενώ έχει επηρεάσει όλους τους κλάδους των γνωστικών επιστημών (Kontra et al. 2012, Shapiro & Spaulding, 2021). Ταυτόχρονα, έχει δεχθεί αρκετή κριτική. Συνήθως αυτή η κριτική επικεντρώνεται στην άποψη ότι η ενσώματη προσέγγιση δεν μπορεί να προσφέρει μια πλήρη κατανόηση της νόησης του ανθρώπου ή να

αντικαταστήσει πλήρως τις παραδοσιακές προσεγγίσεις και πως συχνά μεγαλοποιεί τη συμβολή του σώματος στη διαμόρφωση της ανθρώπινης νόησης. Σε κάθε περίπτωση η κριτική που έχει ασκηθεί έχει λάβει απάντηση, ενώ έχει οδηγήσει τους ερευνητές του πεδίου σε περαιτέρω έρευνα και συζητήσεις, οι οποίες με τη σειρά τους προσφέρουν μία μεγαλύτερη εμπάθυνση στον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου νου (Shapiro & Spaulding, 2021).

Ερευνητικά εμφανίζονται διαφορετικές προσεγγίσεις ως προς την επίδραση του σώματος στη νόηση, τις οποίες σύμφωνα με τους Shapiro & Spaulding (2021) μπορούμε να ταξινομήσουμε σε τρεις βασικές, αλλά όχι απαραίτητα αμοιβαία αποκλειόμενες κατηγορίες, οι οποίες ορίζονται από αυτές της *εννοιολόγησης (conceptualization)*, της *υποκατάστασης (replacement)* και της *συγκρότησης (constitution)* (Με επιφύλαξη η απόδοση των όρων στα ελληνικά).

1.1.1 Εννοιολόγηση (Conceptualization)

Σύμφωνα με την *εννοιολόγηση*, τα ίδια τα όρια του ανθρώπινου σώματος καθορίζουν τα όρια και τον τρόπο που εννοιολογεί, συζητά, επιχειρηματολογεί και οδηγείται σε συμπεράσματα. Οι Lakoff & Johnson (1980, 1999), οι οποίοι ανέπτυξαν τον όρο της *εννοιολογικής μεταφοράς (conceptual metaphor)* στο βιβλίο τους *“Metaphors we live by”* (1980), υποστηρίζουν ότι οι άνθρωποι κατανοούν άγνωστες έννοιες μέσω της χρήσης μεταφορών. Για παράδειγμα, στην αρχή του βιβλίου τους χρησιμοποιούν την έννοια του “επιχειρήματος” (*argument*) και προτείνουν να την προσεγγίσει κανείς μέσω της εννοιολογικής μεταφοράς “τα επιχειρήματα είναι πόλεμος” (*argument is war*). Σύμφωνα με τους συγγραφείς, η απόδοση στην επιχειρηματολογία των χαρακτηριστικών μιας πολεμικής διαμάχης συμβάλλει στην κατανόησή της (Lakoff & Johnson, 1980, σελ. 4). Υπάρχουν όμως ορισμένες περιπτώσεις *βασικών* εννοιών τις οποίες μαθαίνει κανείς μέσω της άμεσης φυσικής εμπειρίας του σώματος καθώς αυτό αλληλεπιδρά με το περιβάλλον, όπως για παράδειγμα οι έννοιες “πάνω”, “κάτω”, “μέσα” κ.ο.κ. Τελικά οι συγγραφείς καταλήγουν, πως εφόσον βασικές έννοιες νοηματοδοτούνται ενσώματα, δε γίνεται παρά να συμβαίνει το ίδιο και με εκείνες που νοηματοδοτούνται μέσω των εννοιολογικών μεταφορών, καθιστώντας τελικά τη συνολική διαδικασία εννοιολόγησης των ανθρώπων μια ενσώματη διαδικασία (Lakoff & Johnson, 1999). Η βασική κριτική που έχει ασκηθεί στους Lakoff και Johnson αφορά την ίδια τη διαδικασία της μεταφορικής συλλογιστικής που προτείνουν, η οποία τελικά βασίζεται στην έννοια του περιεχομένου, καθώς το περιεχόμενο μιας μεταφοράς χρησιμοποιείται προκειμένου να νοηματοδοτηθεί το περιεχόμενο μιας άλλης έννοιας. Αυτή η έμφαση στο περιεχόμενο προσομοιάζει στον τρόπο με τον οποίο ερμηνεύει η υπολογιστική σχολή την

ανθρώπινη νόηση, από τη φιλοσοφία της οποίας ήθελαν οι ίδιοι να απομακρυνθούν (Shapiro & Spaulding, 2021).

Μια πιο ανεπτυγμένη διάσταση της διαδικασίας της *εννοιολόγησης* προσφέρουν η ψυχολογία και οι νευροεπιστήμες, αποδίδοντας της χαρακτηριστικά από τις κιναισθητικές ιδιαιτερότητες και εμπειρίες του κάθε ανθρώπου, ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά τις αφαιρετικές έννοιες, όπως για παράδειγμα η έννοια της “αλήθειας” (Barsalou & Wiemer-Hastings, 2005). Να σημειώσουμε εδώ ότι ως *κιναισθησία* ορίζεται η αίσθηση που αποκτά κανείς μέσω των κινήσεων του σώματός του (Bollens, 2022). Προκειμένου να αποδοθεί στη διαμόρφωση των εννοιών ο καθοριστικός ρόλος του σώματος, οι έννοιες χαρακτηρίστηκαν *τροπικές* (modal) (Barsalou, 1999). Σκοπός ήταν να δημιουργηθεί μια αντίθεση με τα σύμβολα ή τις λέξεις, των οποίων η σχέση με το περιεχόμενό τους είναι τυχαία. Για παράδειγμα, η λέξη “θάλασσα” εκφράζεται από τη λέξη “sea” στα αγγλικά, έχοντας όμως το ίδιο περιεχόμενο. Αντιμετωπίζοντας όμως τη λέξη “θάλασσα” ως *τροπικό σύμβολο* (modal symbol) ή σύμφωνα με τον Barsalou (1999, 2013) ως *αντιληπτικό σύμβολο* (perceptual symbol), οδηγούμαστε σε μία εννοιολόγηση αυτής μέσω των κιναισθητικών εμπειριών. Για παράδειγμα, μπορεί να ανασύρω μια ανάμνηση με εμένα να κολυμπώ στη θάλασσα, να θυμηθώ τη γεύση του θαλασσινού νερού, κ.ο.κ. (Shapiro & Spaulding, 2021). Η κριτική απέναντι στην ενσώματη φύση των εννοιών έγκειται αφενός στην αμφισβήτηση του κατά πόσο όλες οι έννοιες διαμορφώνονται ενσώματα, όπως για παράδειγμα οι πιο αφαιρετικές και αφετέρου στο ότι η ενσώματη εννοιολόγηση μπορεί να μην οδηγεί κυρίως στη διαμόρφωση του νοήματος μιας έννοιας, αλλά απλά να σχετίζεται με αυτή (Rey, 1983, Shapiro, 2019).

1.1.2 Υποκατάσταση (Replacement)

Το θέμα της *υποκατάστασης* επηρεάζεται σαφώς από την οικολογική ψυχολογία και την κληρονομιά του Gibson (1979) ο οποίος επικεντρώνεται στη μελέτη του τρόπου με τον οποίο οι πληροφορίες που αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος ενεργοποιούν τα κιναισθητικά του σχήματα, χωρίς τη διαμεσολάβηση νοητικών αναπαραστάσεων, αναφορών και υπολογισμών (Segundo-Ortin, 2020). Με άλλα λόγια, τα ερεθίσματα που εισπράττει ένας οργανισμός από το περιβάλλον αρκούν προκειμένου να διαμορφωθεί η αντίληψή του. Μία πτυχή της υποκατάστασης εμφανίζεται μέσω του πεδίου της ρομποτικής, που σε πειράματα με ρομπότ, δοκιμάστηκε η άμεση αντίδρασή τους σε οπτικά ερεθίσματα, όπως στην περίπτωση των “Creatures” του Brooks (1991). Ο Brooks σχεδίασε ρομπότ τα οποία μέσω των αισθητήρων τους οδηγούνταν απευθείας σε ενέργειες. Για παράδειγμα, όταν οι αισθητήρες ενός ρομπότ συναντούσαν ένα εμπόδιο, ενεργοποιούνταν ο μηχανισμός της αποφυγής, οπότε σταματούσε, έστριβε και έφευγε (Chemero, 2009, Shapiro & Stolz, 2019, Shapiro & Spaulding, 2021). Επομένως περνούσε απευθείας από την αντίληψη στη δράση (Brooks,

1991). Η απόρριψη του σταδίου της νοητικής αναπαράστασης από την ερευνητική δουλειά του Brooks αποτελεί το βασικό σημείο κριτικής, καθώς όπως υποστηρίζεται, μεταξύ αισθητήρων και δράσης υπάρχει κάπου είδους επικοινωνία, άρα και κάποια σημασιολόγηση. Επιπλέον, η συνεχής επαφή με το περιβάλλον δεν καθιστά απαραίτητα μη αναγκαία την ανάγκη αναπαράστασης. Αν γενικεύσει για παράδειγμα κανείς την προσέγγιση του Brooks (1991) στο ευρύτερο πεδίο των γνωστικών επιστημών, εγείρεται ένα ερώτημα ως προς κατά πόσο αφαιρετικές ή φαντασιακές έννοιες ή υποθετικές καταστάσεις μπορούν να διαμορφωθούν χωρίς το στάδιο της νοητικής αναπαράστασης αυτών (Clark & Toribio, 1994, Shapiro & Spaulding, 2021), αλλά και κατά πόσο μπορεί κανείς να εφαρμόσει το παραπάνω ρομποτικό μοντέλο σε πιο σύνθετες συμπεριφορές, τις οποίες κατά βάση μελετούν οι γνωστικές επιστήμες (Shapiro, 2007).

Μια άλλη πτυχή της υποκατάστασης αποτελεί η θεωρία των δυναμικών συστημάτων για τη νόηση (*Dynamical Systems Approaches to Cognition*), η οποία αντλεί στοιχεία από την ομώνυμη θεωρία των μαθηματικών, προσπαθώντας να κατανοήσει την εξέλιξη των νοητικών διαδικασιών του ανθρώπου μέσω της συνεχούς και δυναμικής αλληλεπίδρασης εγκεφάλου, σώματος και περιβάλλοντος (Schöner, 2009). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το μοντέλο συντονισμένης δυναμικής (model of coordination dynamics) των Haken, Kelso, and Bunz (1985) το οποίο χρησιμοποιεί μια μαθηματική εξίσωση για να περιγράψει τον τρόπο με τον οποίο συντονίζονται μεταξύ τους συγκεκριμένες κινήσεις των δακτύλων, προβλέποντας ταυτόχρονα την εξέλιξη των κινήσεων των δακτύλων, αλλά και ποιες παράμετροι επηρεάζουν τον συντονισμό της κίνησης. Άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ερευνητική δουλειά της Thelen et al. (1984, 1987) πάνω στο νεογνικό αντανακλαστικό της βάδισης και της ενδεχόμενης συσχέτισης αυτού με το βάρος ή με τη διανοητική κατάσταση του βρέφους ή και το αυθόρμητο λάκτισμα (κλωτσιά) (Thelen et al., 1984, Thelen et al., 1987). Με αυτόν τον τρόπο, αμφισβήτησε την κυρίαρχη θέση της ωρίμανσης του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος στην ανάπτυξη ενός βρέφους, φέρνοντας στο προσκήνιο την αλληλεπίδραση διαφορετικών υποσυστημάτων (άνθρωπος, περιβάλλον, δραστηριότητα) (Heriza, 1991, Δημακόπουλος, 2019). Η βασική κριτική που έχει ασκηθεί στη θεωρία των δυναμικών συστημάτων, όπως και εν γένει στο ρεύμα της υποκατάστασης, έγκειται στο κατά πόσο μπορούν να εφαρμοστούν σε πιο σύνθετες νοητικές διεργασίες, αλλά και στο κατά πόσο τελικά εξηγούν ή απλά περιγράφουν την αλληλεπίδραση μυαλού, σώματος και περιβάλλοντος (Dietrich & Markman 2001, Shapiro 2007, 2013, Spivey, 2008, Shapiro & Spaulding, 2021).

1.1.3 Συγκρότηση (Constitution)

Το θέμα της *συγκρότησης* εμφανίζεται είτε μέσω της *σύζευξης* (*coupling*) είτε μέσω της *ισοτιμίας* (*parity*) και μιας *ευρείας υπολογιστικής θεωρίας για το μυαλό* (*wide computationalism*). Η σύζευξη μιλά κυρίως για τη μη αναγκαία ύπαρξη των αναπαραστάσεων στη διαμόρφωση της νόησης, καθώς η διαμόρφωση αυτής μέσω της συνεχούς αλληλεπίδρασης μυαλού, σώματος και περιβάλλοντος δημιουργεί τελικά ένα αδιαίρετο σύνολο (όπως και στην περίπτωση των δυναμικών συστημάτων). Για παράδειγμα όταν γράφουμε, το χαρτί γίνεται η επέκταση των νοητικών μας λειτουργιών καθώς αλληλεπιδρά με τις νευρωνικές δραστηριότητες γραφής του εγκεφάλου (Clark, 2008, 2010, Shapiro, 2019) και όλα μαζί (νους, σώμα, χαρτί) δημιουργούν ένα ενιαίο νοητικό σύνολο. Ο Chemero (2001) υποστηρίζει τη σύζευξη αναφερόμενος στην περίπτωση των ζώων, τα οποία δεν χρειάζονται αναπαραστάσεις για να αλληλεπιδράσουν με το περιβάλλον τους, καθώς περιβάλλον και ζώα αποτελούν ένα αδιαίρετο σύνολο. Η κριτική που έχει γίνει γύρω από τη συγκεκριμένη προσέγγιση αφορά την αμφισβήτηση της αιτιώδους σχέσης μεταξύ διαφορετικών διαδικασιών στη σύσταση της ανθρώπινης νόησης. Για παράδειγμα, το γεγονός ότι ένα στοιχείο (π.χ. χαρτί) επηρεάζει μια κατάσταση (γραφή) δε σημαίνει ότι είναι συστατικό μέρος αυτής ως νοητικής διεργασίας (Adams and Aizawa, 2008, 2009, 2010). Η απάντηση που δίνεται από τους υποστηρικτές της *συγκρότησης* έγκειται στο ότι ακόμα και αν δε λάβει τόπο για παράδειγμα η γραφή, το χαρτί εξακολουθεί να αποτελεί συστατικό στοιχείο του συστήματος παραγωγής γραφής.

Η *ισοτιμία* εμφανίζεται μέσω δύο συγγενικών εκδοχών. Η μία υποστηρίζει πως τα νοητικά συστήματα του ανθρώπου συμπεριλαμβάνουν συστατικά στοιχεία εκτός του νου, δηλαδή από το περιβάλλον, δημιουργώντας ένα ισότιμο σύνολο (*αρχή της ισότητας*) (Clark & Chalmers, 1998, Clark, 2008) και η άλλη, πως εφόσον η υπολογιστική προσέγγιση για την ανθρώπινη νόηση δεν περιορίζει το πού λαμβάνουν τόπο οι υπολογιστικές διαδικασίες του νου, μπορεί να συμπεριλάβει στοιχεία και επιρροές από το σώμα και το εξωτερικό περιβάλλον (*ευρεία υπολογιστική θεωρία για το μυαλό/wide computationalism*) (Wilson, 1994, 2004, 2010). Και οι δύο εκδοχές αποτελούν μέρος της λεγόμενης διευρυμένης νόησης (*extended cognition*), η οποία έχει δεχθεί αρκετή κριτική, κυρίως με το επιχείρημα πως οι νοητικές διαδικασίες πρέπει αφενός να καθορίζονται από εσωτερικούς παράγοντες και να περιλαμβάνουν όσο το δυνατόν πιο ομοιογενείς διαδικασίες προκειμένου να χαρακτηρίζονται ως νοητικές (Adams and Aizawa, 2001, 2008, 2009, 2010). Η κριτική που έχει ασκήσει ο Shapiro (2019) στην διευρυμένη νόηση έγκειται στο ότι θέτει σαν σημείο εκκίνησης τη *λειτουργική θεωρία για τη νόηση* (*Functionalism*), η οποία ναι μεν αποδέχεται την ισότιμη σχέση μεταξύ της επιρροής του σώματος και του περιβάλλοντος και των εσωτερικών νοητικών διεργασιών, πάντα όμως υπό το πρίσμα της υπολογιστικής προσέγγισης, η οποία

αντιμετωπίζει τις νοητικές διεργασίες παρόμοια με τον τρόπο επεξεργασίας πληροφοριών ενός υπολογιστή. Σύμφωνα με τον Wilson (2010), τους Wilson & Clark (2009) και Wilson & Foglia (2017), ο υπολογιστικός χαρακτήρας του νου τον καθιστά ουδέτερο ως προς το πού θα λάβουν τόπο οι νοητικές διεργασίες, *επιτρέποντας* έτσι την επίδραση του σώματος και του περιβάλλοντος σε αυτές. Αυτό όμως έρχεται σε αντίθεση με τις βασικές αρχές της ενσώματης νόησης, οι οποίες αποδίδουν στο σώμα καταλυτικό ρόλο στη διαμόρφωση των νοητικών λειτουργιών.

Τελικά, παρά τις διαφορετικές ερευνητικές προσεγγίσεις γύρω από την ενσώματη νόηση, σε όλες υπάρχει ένα κοινό σημείο εκκίνησης. Το ανθρώπινο σώμα αποτελεί συστατικό στοιχείο του νου (Shapiro, 2007, Shapiro, 2019, Macrine & Fugate, 2022). Σε αυτό το κοινό στοιχείο βασίζεται η προσέγγιση της μάθησης ως *ενσώματης (embodied learning)*.

Η *ενσώματη μάθηση* αποτελεί μία σύγχρονη παιδαγωγική προσέγγιση (Smyrniaiou et al., 2016, Macrine & Fugate, 2022), η οποία έχοντας ως πυξίδα την ενσώματη νόηση, απευθύνεται στον μαθητή και τη μαθήτρια ως μία ολότητα, η οποία νιώθει, ενεργεί και σκέφτεται όντας σε έναν συνεχή και ανοιχτό διάλογο με τον κόσμο στον οποίο ζει (Merleau-Ponty, 2002, Stolz, 2015). Ταυτόχρονα, τοποθετεί τον μαθητή/τη μαθήτρια στο επίκεντρο της εκπαιδευτικής διαδικασίας (Smyrniaiou et al., 2016, Kosmas et al., 2018). Σε ένα εκπαιδευτικό πλαίσιο, σύμφωνα με την ενσώματη προσέγγιση για τη μάθηση, η διαδικασία κατανόησης και νοηματοδότησης του κόσμου μας και της σχέσης μας με αυτόν, διαμορφώνεται μέσα από το ενεργό μας σώμα και τις κιναισθητικές μας εμπειρίες (Stolz, 2015, Macedonia, 2019). Το σώμα είναι ταυτόχρονα και το υποκείμενο και το αντικείμενο, μιλάει και διαβάζεται, κάτι που ενισχύει τις αναδυόμενες εκφραστικές, ερμηνευτικές, κριτικές και αναλυτικές δυνατότητες που μπορεί να προσφέρει (Merleau-Ponty, 2002, Leonard et al., 2016).

Διατρέχοντας τη βιβλιογραφία, συναντά κανείς διαφορετικούς τρόπους εφαρμογής της ενσώματης θεωρίας για τη μάθηση και σε διαφορετικά αντικείμενα όπως οι φυσικές επιστήμες, η λογοτεχνία, τα μαθηματικά και οι ξένες γλώσσες. Άλλοτε οι εκπαιδευόμενοι συμμετέχουν με ολόκληρο το σώμα τους ή αλλιώς με *υψηλότερα επίπεδα σωματικής εμπλοκής* (λ.χ. Johnson-Glenberg et al., 2014, Herakleioti & Pantidos, 2016, Lindgren, et al., 2016, Georgiou et al., 2019, Duncan et al., 2019, Schmidt et al., 2019) και άλλοτε με ένα τμήμα αυτού ή αλλιώς με *χαμηλότερα επίπεδα σωματικής εμπλοκής* (Skulmowski & Rey, 2018), όπως για παράδειγμα με χειρονομίες (λ.χ. Roth, 2001, Goldin-Meadow, 2011, 2015, Pouw et al., 2014, Janzen Ulbricht, 2020), χειριζόμενοι/ες ψηφιακές συσκευές και αντικείμενα (λ.χ. Agostinho et al., 2015, Johnson - Glenberg et al., 2016, Kosmas et al., 2019) ή απλά παρατηρώντας ανθρώπινες κινήσεις (Brucker et al., 2015, Castro-Alonso et al., 2015, Fiorella & Mayer, 2016, Rueckert et al., 2017).

1.2 Ενσώματη μάθηση και φυσικές επιστήμες

Στις φυσικές επιστήμες, η εφαρμογή ενσώματων δραστηριοτήτων είναι μία πρακτική που υποστηρίχθηκε ήδη από τις αρχές του 20ου αιώνα μέσα από τη βιωματική μάθηση του Dewey (1910, 1986) και την κονστρουβιστική θεωρία του Piaget (1964, 1989). Αυτό που εισήγαγε η θεωρία της ενσώματης προσέγγισης είναι η εξήγηση του *τρόπου* με τον οποίο το σώμα καθορίζει τη μάθηση. Αυτή η αναζήτηση του “πώς” οδήγησε αρκετούς ερευνητές και παιδαγωγούς σε μία διερεύνηση των δυνατοτήτων που μπορεί να προσφέρει η ενσώματη προσέγγιση, με τη διδακτική των φυσικών επιστημών να αποτελεί πλέον ένα πεδίο το οποίο έχει ερευνήσει ποικιλία ενσώματων πρακτικών (Lindgren et al., 2016).

Οι φυσικές επιστήμες και γενικότερα τα περιεχόμενα που εμπίπτουν στην κατηγορία του STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) βασίζονται σε σημαντικό βαθμό σε αφαιρετικά και τυποποιημένα σύμβολα, σε συστήματα αναπαράστασης όπως οι πίνακες, τα γραφήματα, τα διαγράμματα, τα σχεδιαγράμματα, και σε αφαιρετικές έννοιες όπως ο μικρόκοσμος και η ενέργεια, τα οποία απαιτούν μία αισθητηριακή κωδικοποίηση (Hadzigeorgiou, 2016, Weisberg & Newcomb, 2017). Η αισθητηριακή κωδικοποίηση είναι μια διαδικασία κατά την οποία πληροφορίες που λαμβάνουμε από το περιβάλλον μέσω των αισθήσεών μας, όπως για παράδειγμα η οπτικοποιημένη πληροφορία που παρέχει ένα γράφημα, μετατρέπονται σε σήματα τα οποία ο εγκέφαλός μας μπορεί να επεξεργαστεί. Στο πλαίσιο της μάθησης και της νόησης, η αισθητηριακή κωδικοποίηση παίζει καθοριστικό ρόλο στον τρόπο με τον οποίο τα άτομα αντιλαμβάνονται, ερμηνεύουν και κατανοούν τον κόσμο γύρω τους (Dermott & Roediger, 2024) και η ενσώματη προσέγγιση έχει αποδειχθεί πως μπορεί να την υποστηρίξει (Weisberg & Newcomb, 2017).

Ας μείνουμε όμως στη μάθηση εννοιών από τις φυσικές επιστήμες. Εδώ, μπορεί κανείς να πει πως η ενσώματη προσέγγιση μοιάζει κατά κάποιο τρόπο προφανής, αν αναλογιστεί ότι έχουμε σωματικές εμπειρίες όπως είναι η ώθηση, η έλξη, η πτώση, η μετα(κίνηση) με τις οποίες συνδέονται έννοιες όπως είναι η δύναμη, η ταχύτητα και η βαρύτητα ήδη από την πρώτη στιγμή που ερχόμαστε στον κόσμο (Kontra et al., 2015). Στη διδακτική των φυσικών επιστημών η ενσώματη συγκρότηση των εννοιών αποτελεί συστατικό στοιχείο της πολυτροπικής προσέγγισης για τη διδασκαλία και τη μάθηση (Roth & Lawless, 2002, Givry & Pantidos, 2012, Euler et al., 2019). Το ανθρώπινο σώμα και οι κιναισθητικές εμπειρίες μπορούν να συμβάλλουν στη συγκρότηση εννοιών της φυσικής, προερχόμενων ιδιαίτερα από πεδία όπως είναι η μηχανική αλλά και εννοιών όπως είναι η ενέργεια, ο χώρος, ο χρόνος αλλά και μη ορατών οντοτήτων όπως είναι τα ηλεκτρόνια και η κίνησή τους (Hadzigeorgiou et al., 2009, 2016, Kontra et al., 2015, Coates and Demers, 2019). Συμμετέχοντας οι εκπαιδευόμενοι/ες σε ενσώματες εμπειρίες οδηγούνται ακόμα και σε πιο αφαιρετικές συγκροτήσεις εννοιών αλλά και γενικότερα με την καθοριστική σημασία

της πράξης και της βιωματικής δράσης στην προσέγγιση της επιστημονικής γνώσης (Smyrniotou et al., 2016, Herakleioti & Pantidos, 2016, Mavilidi et al., 2022).

Στην ενσώματη διδασκαλία των φυσικών επιστημών συναντά κανείς μια ποικιλία ερευνών, οι οποίες προσεγγίζουν μεταξύ άλλων έννοιες και φαινόμενα όπως είναι η *στροφορμή* (Kontra et al., 2015), η *τριβή* (Merkouris et al., 2019), οι *ιοί* και η *νανοκλίμακα* (Jones et al., 2006), η *δύναμη* (Han & Black, 2011), το *φαινόμενο του θερμοκηπίου* (Niebert & Gropengießer, 2014), η *ενέργεια* (Sherr et al., 2013), η *κίνηση* (Anderson & Wall, 2016), το *φως* και η *σκιά* (Herakleioti & Pantidos, 2015), τα *σωματίδια του νερού* (Keifert et al., 2021), τα *μόρια* (Hadzigeorgiou & Savage, 2001), η ηλεκτροστατική επαγωγή (Roth & Lawless, 2001) κ.ά. Ένας αριθμός αυτών εφάρμοσε και μελέτησε μία ενσώματη προσέγγιση με *χαμηλότερα επίπεδα σωματικής εμπλοκής*, μέσω χειρονομιών ή χειρισμού τεχνολογικών συσκευών στο πλαίσιο προσομοιώσεων, ψηφιακών παιχνιδιών, αλληλεπιδραστικών πινάκων, κτλ. (Roth & Lawless, 2001, Jones et al., 2005, Han & Black, 2011, Niebert & Gropengießer, 2014, Kontra et al., 2015, Anderson & Wall, 2016, Magana & Balachandran, 2017, Merkouris et al., 2019, κ.ά.) και άλλες χρησιμοποίησαν *υψηλότερα επίπεδα σωματικής εμπλοκής* είτε σε περιβάλλοντα μικτής πραγματικότητας (MR) (Lindgren et al., 2014, 2016, Johnson-Glenberg & Megowan-Romanowicz 2017, Keifert et al., 2021 κ.ά.) είτε σε περιβάλλοντα στον φυσικό χώρο (Hadzigeorgiou et al., 2001, 2009, Sherr et al., 2013, Herakleioti & Pantidos, 2016, Mavilidi et al., 2017 κ.ά.).

Σε όλες τις παραπάνω διδακτικές εφαρμογές η ενσώματη προσέγγιση είχε θετική επίδραση στη μάθηση των εκπαιδευόμενων. Αξίζει όμως να σημειωθεί η διαπίστωση, πως όταν σε μικτά περιβάλλοντα εμπλέκεται *ολόκληρο το σώμα* σε μία δραστηριότητα, τότε οι εκπαιδευόμενοι/ες αφομοιώνουν περισσότερες πληροφορίες, τις οποίες θυμούνται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Lindgren et al., 2016, Euler et al., 2019), σε αντίθεση με δραστηριότητες στις οποίες καλούνται να χειριστούν μια συσκευή. Αυτό συνάδει με τα ευρήματα των νευροεπιστημών, σύμφωνα με τα οποία η αυξημένη μυϊκή δραστηριότητα οδηγεί σε μια αυξημένη ενεργοποίηση του κιναισθητικού φλοιού του εγκεφάλου, η οποία με τη σειρά της επιδρά θετικά στη μαθησιακή διαδικασία (Lindgren et al., 2016).

Επιπλέον, σημαντική είναι η διάκριση των Wilson & Golonka (2013), πως μια δραστηριότητα ανήκει στο πεδίο έρευνας της ενσώματης νόησης όταν η αλληλεπίδραση μεταξύ νου, σώματος ή/και περιβάλλοντος είναι ενσωματωμένη στη συγκεκριμένη εκπαιδευτική δραστηριότητα και βρίσκεται σε ευθυγράμμιση με τον στόχο της και όχι όταν η αλληλεπίδραση αυτή προκύπτει τυχαία ή απλά λειτουργεί ως μέσο προετοιμασίας μιας επερχόμενης νοητικής επεξεργασίας. Την ιδέα αυτή υιοθετούν και οι Skulmowski & Rey (2018) προτείνοντας μια “ταξινόμια της ενσωμάτωσης στην εκπαίδευση” την οποία δημιούργησαν ύστερα από την εκτενή τους έρευνα γύρω από μια ποικιλία εκπαιδευτικών εφαρμογών οι οποίες ακολουθούν την ενσώματη προσέγγιση. Η συγκεκριμένη ταξινόμια

αποτυπώνει σε δύο άξονες τα βασικά χαρακτηριστικά της ενσώματης διδασκαλίας, καθώς και τον βαθμό που αυτά εμφανίζονται: α) ο βαθμός σωματικής εμπλοκής (bodily engagement), ο οποίος μπορεί να κινείται από χαμηλά έως υψηλά επίπεδα και β) ο χαμηλός ή υψηλός βαθμός ενσωμάτωσης της σωματικής δραστηριότητας στη δομή της παρέμβασης (task integration).

1.3 Ενσώματη μάθηση και Χορός

Στις Τέχνες, το σώμα αποτελεί βασικό μέσο διερεύνησης και αποτελεί μέθοδο απόκτησης γνώσης. Αυτό καθιστά ιδιαίτερα την εκπαίδευση του χορού, του θεάτρου, της μουσικής και των εικαστικών τεχνών, πεδία τα οποία μπορούν να προσφέρουν πλούσιο ερευνητικό υλικό για εκπαιδευτικούς και ερευνητές γύρω από το τι σημαίνει *ενσωμάτωση (embodiment)* (Bresler, 2013). Θα σταθούμε όμως στην τέχνη του χορού. Μία κατεξοχήν ενσώματη τέχνη, η οποία αποτελεί μία μορφή έκφρασης και αφήγησης με συγκινησιακό χαρακτήρα. Ταυτόχρονα όμως είναι μία τέχνη νοητική, καθώς υπό το πρίσμα της ενσώματης νόησης αφενός η ίδια η νόηση των ανθρώπων είναι συναισθηματική, και αφετέρου το ίδιο το συναίσθημα δεν είναι απλά μια δευτερεύουσα ψυχολογική ή βιολογική δύναμη που διαμορφώνει την ανθρώπινη νόηση, αλλά αποτελεί συστατικό στοιχείο αυτής (Welch, 2022). Επιπλέον, η χορογραφία και ιδιαίτερα ο αυτοσχεδιασμός έχουν αρχίσει να καθιερώνονται ερευνητικά ως μία μορφή διερεύνησης, εννοιολόγησης και αναστοχασμού (Midgelow, 2015, Buttingsrud, 2021, Welch, 2022).

Ο χορός προσφέρει τη δυνατότητα της σκέψης και της διερεύνησης μέσω της ενεργής συμμετοχής ολόκληρου του σώματος. Παράλληλα, αποτελεί μορφή έκφρασης του ανείπωτου, με τις κινήσεις να λειτουργούν ως ενσώματες μεταφορές ιστοριών, σκέψεων, συναισθημάτων, χωρίς ο χορευτής να έχει πάντα πλήρη επίγνωση αυτών τη στιγμή που τις μοιράζεται (Gibbs, 2003), υπερβαίνοντας την έννοια “σαν” (*as if*) και μετατρέποντάς την σε ένα χορευτικό “είναι” (*is*) (Welch, 2022, σελ. 150). Ακόμη, ομιλεί μια παγκόσμια γλώσσα και έχει έναν χαρακτήρα έντονα κοινωνικοπαιδαγωγικό (Anttila et. al, 2019; BurrIDGE & Nielsen, 2017). Όλοι έχουμε ένα σώμα με αμέτρητες και ξεχωριστές ικανότητες, ανεξαρτήτως εθνικότητας, φύλου, θρησκείας, νοητικής ή κινητικής ικανότητας και συνηθειών. Ο χορός καλλιεργεί ποικίλες δεξιότητες (κινητικές, συναισθηματικές, νοητικές, κοινωνικές) και είναι μια τέχνη πολυτροπική και σύνθετη, καθώς βασίζεται στον συντονισμό μυαλού και σώματος απαιτώντας μνήμη, προσοχή και δεξιότητα, αλλά και στην παραγωγή σύνθετων κινήσεων, οι οποίες συγχρονίζονται και συνομιλούν με εξωτερικά ερεθίσματα, όπως η μουσική, οι άνθρωποι και ο περιβάλλον χώρος (Barnstaple et al., 2021).

Έρευνες την τελευταία δεκαετία υποστηρίζουν την προστιθέμενη αξία του χορού στην εκπαίδευση μέσα από ένα πρίσμα τόσο καλλιτεχνικό όσο και παιδαγωγικό, μιλώντας για

χορευτικό γραμματισμό (*dance literacy*) (Dils, 2007, Jusslin, 2019, Leonard et al., 2016) και τον χορό ως μέρος της *ενσώματης μάθησης* (Macedonia, 2019, Anttila, 2018, Solomon et al., 2021) ή της λεγόμενης *βιωματικής μάθησης* (Balato et al., 2022, Payne & Costas, 2021) όπως την όρισε αρχικά ο Dewey (1938), αλλά και στο πλαίσιο της *ενσωμάτωσης των τεχνών στην εκπαίδευση* (Arts Integration) (Silverstein & Layne, 2010). Παρ' όλα αυτά, ο χορός συνήθως απουσιάζει από το σχολικό πρόγραμμα σπουδών, όχι μόνο στην Ελλάδα, αλλά και διεθνώς. Όταν τον συναντά κανείς εντός σχολικής εκπαίδευσης, αυτό γίνεται συνήθως μέσω της ενσωμάτωσής του στο μάθημα της φυσικής αγωγής (Payne & Costas, 2021).

Νεότερες έρευνες που αφορούν διεπιστημονικές διδακτικές παρεμβάσεις πάνω σε διαφορετικά μαθήματα του προγράμματος σπουδών, όπως η Φυσική, η Πληροφορική, η Λογοτεχνία, τα Μαθηματικά, η Φυσική Αγωγή και η Κοινωνιολογία, τα οποία διδάχθηκαν μέσω του Χορού, λειτουργούν υποστηρικτικά ως προς την ένταξη του χορού στην εκπαίδευση (Leonard et al., 2016, Steele et al., 2016, Young Mi & Hye Jeon, 2016, Leandro et al., 2018, Valls et al., 2019, Jusslin & Höglund, 2020, Leonard et al., 2020, Neville & Makroulou, 2020, Brazauskas et al., 2021, Solomon et al., 2022, Smith et al., 2021, Sharma et al., 2021, Nikolopoulos & Pardalaki, 2020, Keifert et al., 2020). Τα ευρήματά τους υποδεικνύουν πως η τέχνη του χορού, και κατά κύριο λόγο ο δημιουργικός χορός, μπορεί να υποστηρίξει την απόκτηση και διατήρηση της γνώσης πάνω σε μια ποικιλία μαθημάτων του σχολικού προγράμματος, να επηρεάσει θετικά τη στάση των μαθητών και μαθητριών απέναντι στα σχολικά μαθήματα, αλλά και τον χορό, καλλιεργώντας παράλληλα τη δημιουργικότητα, τη συνεργατικότητα και ποικίλες άλλες δεξιότητες (κινητικές, νοητικές, κοινωνικές, συναισθηματικές) μέσα σε ένα πλαίσιο εν δυνάμει συμπεριληπτικό, πολυπολιτισμικό και διασκεδαστικό, που μπορεί να συναντηθεί και με τις νέες τεχνολογίες.

1.4 Ο χορός στη διδακτική των φυσικών επιστημών

Με δεδομένο ότι η μεταβλητότητα του κινούμενου σώματος μπορεί να ερμηνευτεί από τους “μη μεταβλητούς” νόμους της φύσης, ανταποκρινόμενο φυσικά, πολιτισμικά, χρονικά και συναισθηματικά σε αυτούς (Coates & Diemers, 2019), μπορεί κανείς να υποστηρίξει πως το κινούμενο σώμα στο πλαίσιο του χορού θα μπορούσε να προσφέρει ενδιαφέρουσες καλλιτεχνικές και εκπαιδευτικές δυνατότητες και εφαρμογές στη διδασκαλία και μάθηση εννοιών από τις φυσικές επιστήμες. Πιο συγκεκριμένα, η δημιουργικότητα που χαρακτηρίζει τον χορό ως μορφή τέχνης, η αισθητική του αξία, αλλά και το κοινωνικό πλαίσιο μέσα στο οποίο διαμορφώνεται, μπορούν να αναδείξουν τον δημιουργικό, κοινωνικό και συχνά αισθητικό χαρακτήρα του επιστημονικού τρόπου σκέψης και διερεύνησης (Hadzigeorgiou, 2006, Hadzigeorgiou et al., 2012). Επιπλέον, μέσω της ενσώματης μάθησης που μπορεί να προσφέρει ο χορός, ο μαθητής ή η μαθήτρια μετέχει σε μια πειραματική διαδικασία με

επίκεντρο τον ίδιο του/της τον εαυτό (Valls et al., 2019), μεταβαίνοντας από μια αποστασιοποιημένη παρατήρηση εννοιών, όπως αυτές περιγράφονται υπό μια παραδοσιακή προσέγγιση από τον/την εκπαιδευτικό ή το βιβλίο της φυσικής, σε μια βιωματική σχέση με αυτές. Άλλωστε, αυτό που ερευνά και αποτυπώνει η τέχνη του χορού βρίσκεται στο σημείο συνάντησης των αρχών που διέπουν την ανθρώπινη κίνηση, με τις πολιτικές, πολιτισμικές και κοινωνικές δυνάμεις οι οποίες διαμορφώνουν την ανθρώπινη εμπειρία (Coates & Demers, 2019).

Φαίνεται ότι ο αριθμός των δημοσιευμένων ερευνών πάνω στη διεπιστημονική διδασκαλία επιστημονικών εννοιών μέσω του χορού στο πλαίσιο της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης είναι περιορισμένος, και η πλειονότητα αυτών έρχεται από τις ΗΠΑ. Σε ορισμένες περιπτώσεις συναντάμε εργαστήρια εκτός σχολείου (Solomon et al., 2022, Buono & Burnidge, 2022, Nikolopoulos & Pardalaki, 2022) και σε άλλες εκπαιδευτικές παρεμβάσεις στο πλαίσιο του σχολικού προγράμματος σπουδών (Steele et al., 2016; Young Mi & Hye Jeon, 2016, Keifert et al., 2020, Valls et al., 2019). Να σημειώσουμε εδώ, πως μόνο μία έρευνα ακολούθησε πειραματική μεθοδολογία (Young Mi & Hye Jeon, 2016), με την ομάδα ελέγχου να παρακολουθεί ένα εργαστήριο παραδοσιακής διδασκαλίας της Φυσικής μετά τη λήξη του ωρολογίου προγράμματος του σχολείου και την πειραματική να συμμετέχει στο πρόγραμμα “Physics Let’s Dance” κάθε Σάββατο στο σχολείο. Και οι δύο ομάδες πραγματεύτηκαν τις ίδιες επιστημονικές έννοιες. Οι υπόλοιπες έρευνες ακολούθησαν ποιοτικές μεθοδολογίες με ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν μέσα από τις συζητήσεις, τις συνεντεύξεις, τα ημερολόγια και τα βίντεο. Η έρευνα των Valls et al. (2019) αφορούσε αποκλειστικά εκπαιδευτικούς οι οποίοι ενσωμάτωσαν τον χορό στη διδασκαλία της φυσικής σε ένα βάθος πενταετίας.

Στην περίπτωση των Buono & Burnidge (2022) η εκπαιδευτική δραστηριότητα υλοποιήθηκε στο πλαίσιο ενός ημερήσιου εργαστηρίου, ενώ οι υπόλοιπες έρευνες αφορούν διδακτικές παρεμβάσεις ή εργαστήρια των οποίων οι συναντήσεις με τα παιδιά είχαν κυμαινόμενη διάρκεια από συνολικά επτά φορές έως και ένα τρίμηνο ή στην περίπτωση των Valls et al. (2019) καθόλη τη διάρκεια του σχολικού έτους. Γενικά συναντάμε ένα ευρύ ηλικιακό φάσμα, με τη συμμετοχή μαθητών και μαθητριών από το νηπιαγωγείο μέχρι και το λύκειο, ενώ οι επιστημονικές έννοιες που πραγματεύονται ποικίλουν. Από το *μικροβίωμα* (Buono & Burnidge, 2022), τη *μετατροπή της ενέργειας και τις ιδιότητες του αέρα* (Steele et al., 2016, Young Mi & Hye Jeon, 2016), τα *θεμελιώδη σωματίδια της ύλης, το μποζόνιο Higgs, την αντιύλη, την εξαφάνιση και γέννηση των σωματιδίων* (Nikolopoulos & Pardalaki, 2022) μέχρι τη *βαρύτητα, τους τρεις νόμους του Newton* (Solomon et al., 2022, Young Mi & Hye Jeon, 2016), την *άπωση και την έλξη ηλεκτρισμένων αντικειμένων, τις ηλεκτρικές δυνάμεις που δίνουν συνοχή στα άτομα και στα στοιχεία, τον περιοδικό πίνακα στοιχείων* (Solomon et al., 2022), τη *δύναμη τριβής και την επιτάχυνση, τον νόμο του μοχλού, την*

ταχύτητα και την κατεύθυνσή της, την κεντρομόλο και τη (φαινόμενη) φυγόκεντρο δύναμη, τη σύνθεση των δυνάμεων και την ισορροπία, το μετρίκασμα, το φως, τις αρχές του κυρτού φακού, τον ήχο, την άνωση και τη μηχανική του στερεού σώματος (Young Mi & Hye Jeon, 2016) και τις καταστάσεις της ύλης (Keifert et al., 2020). Σε δύο από τις παρεμβάσεις (Young Mi & Hye Jeon, 2016, Buono & Burnidge, 2022) προηγήθηκε μια παράσταση επαγγελματιών χορευτών μέσω της οποίας τα παιδιά ήρθαν πρώτα σε επαφή με τις έννοιες της φυσικής που θα πραγματευόντουσαν στη συνέχεια. Παρατηρούμε πάντως πως σε όλες τις παρεμβάσεις ή εκπαιδευτικά εργαστήρια, πριν τα παιδιά προσεγγίσουν μέσω του δημιουργικού χορού και του αυτοσχεδιασμού τις εκάστοτε επιστημονικές έννοιες, προηγείται μια συζήτηση που τα εισάγει στις έννοιες αυτές.

Τα εκπαιδευτικά εργαλεία που αξιοποιήθηκαν στο σύνολο των παρεμβάσεων ή των εργαστηρίων ήταν ο δημιουργικός χορός και ο αυτοσχεδιασμός, η σύνθεση χορογραφίας και η παρουσίαση αυτής, η συζήτηση, η παρατήρηση και η ανατροφοδότηση. Στις παρεμβάσεις των Buono & Burnidge (2022) και Nikolopoulos & Pardalaki (2022) χρησιμοποιήθηκαν υλικά αντικείμενα βοηθητικά ως προς τις έννοιες που πραγματευόντουσαν, ενώ σε αυτή των Steele et al. (2016) έγινε επιπλέον επιτόπια έρευνα από τα παιδιά στο φυσικό περιβάλλον, αλλά και κατασκεύασαν τεχνήματα σχετικά με τη θεματική τους. Στην εκπαιδευτική παρέμβαση των Keifert et al. (2020), βασικό εργαλείο αποτέλεσε το ψηφιακό πρόγραμμα iSTEP (interactive Science through Technology Enhanced Play) στο πλαίσιο δημιουργίας ενός μικτού περιβάλλοντος (Mixed Reality/MR) εντός του οποίου τα παιδιά εξερευνούσαν χορεύοντας. Το iSTEP μέσω αισθητήρων κατέγραφε την κίνηση των παιδιών τα οποία σωματοποιούσαν την κίνηση των μορίων του νερού στις διαφορετικές καταστάσεις του, και την μετέτρεπε σε avatars, τα οποία στη συνέχεια προβαλλόντουσαν σε μία οθόνη με σκοπό να απεικονιστεί μέσω προσομοίωσης η στερεά, η υγρή και η αέρια κατάσταση του νερού.

Η διεπιστημονική προσέγγιση που ακολουθήθηκε στην πλειονότητα των εκπαιδευτικών προγραμμάτων είχε ως στόχο να αναδείξει τον χορό και τη φυσική ως δύο ισάξιους συνομιλητές, καθιστώντας τα όρια μεταξύ τους δυσδιάκριτα. Παράλληλα, φιλοδοξούσε να καλλιεργήσει τη θετική στάση των παιδιών απέναντι και στα δύο πεδία (Buono & Burnidge, 2022, Steele et al., 2016, Solomon et al., 2022, Nikolopoulos & Pardalaki, 2022), αλλά και να αναδείξει τους τρόπους αξιοποίησης της δημιουργικότητας και πολιτισμικής ταυτότητας του κινούμενου σώματος (Solomon et al., 2022). Στην παρέμβαση των Young Mi & Hye Jeon (2016) τέθηκε σαν στόχος η διερεύνηση του αντίκτυπου του προγράμματος στη δημιουργική σκέψη των παιδιών, ενώ στην έρευνα των Valls et al., (2019) στόχος ήταν η καταγραφή του τρόπου με τον οποίο αξιολογούν οι εκπαιδευτικοί τη συνέργεια του χορού με τις επιστήμες στο πλαίσιο της κονστρουκτιβιστικής διδακτικής προσέγγισης.

Ως προς τα μαθησιακά αποτελέσματα προκύπτει πως *καλλιιεργήθηκε η δημιουργικότητα των παιδιών* (Young Mi & Hye Jeon, 2016), *ενισχύθηκε η εμπλοκή τους*, αλλά και η *θετική τους στάση απέναντι στο μάθημα της φυσικής* (Solomon et al., 2022, Nikolopoulos & Pardalaki, 2022, Valls et al., 2019, Steele et al., 2016), πως *μέσω του σώματος διερεύνησαν έννοιες των φυσικών επιστημών* (Steele et al., 2016, Keifert et al., 2020, Valls et al., 2019, Solomon et al., 2022, Nikolopoulos & Pardalaki, 2022, Buono & Burnidge, 2022), *εξοικειώθηκαν με τη χορευτική γλώσσα* (Steele et al., 2016, Buono & Burnidge, 2022, Valls et al., 2019), *διασκέδασαν και απόλαυσαν τη διαδικασία της χορογραφικής δημιουργίας και εξερεύνησης* (Steele et al., 2016, Buono & Burnidge 2022, Solomon et al., 2022, Valls et al., 2019). Ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ευρήματα της έρευνας των Valls et al. (2019), με τους εκπαιδευτικούς να παρατηρούν πως η διαδικασία δημιουργίας χορογραφιών από τα παιδιά, τα οδηγούσε σε *μεγαλύτερη αφοσίωση* συνολικά στη διδακτική διαδικασία και πως η λειτουργία σε ένα κοινωνικό και συνεργατικό πλαίσιο *ενίσχυσε τους πιο αδύναμους/ες μαθητές και μαθήτριες*, οι οποίοι/ες μπορούσαν να επαναπροσδιορίσουν τις έννοιες που τους/τις δυσκόλευαν. Επιπλέον, οι ερευνήτριες αναφέρουν ότι *καλλιιεργήθηκε ο σεβασμός* μεταξύ των παιδιών, αλλά και η *ικανότητα της διαπραγμάτευσης*, και πως ο *χορός λειτούργησε ως ένα μέσο άτυπης αξιολόγησης*, που ο ένας βοηθούσε τον άλλον. Επίσης, η διαφορετική χορογραφική προσέγγιση οδήγησε και σε *πολύπλευρη ερμηνεία των φαινομένων*. Αξίζει να αναφερθεί η παρατήρηση ενός εκπαιδευτικού σε σχέση με την άνεση που ένιωθαν τα αγόρια να χορέψουν, λόγω του ότι ο χορός αφορούσε επιστημονικές έννοιες, κάτι που μας φέρνει στο νου την ελληνική πραγματικότητα και την έμφυλη προκατάληψη που συχνά υπάρχει σε ό,τι αφορά την ενασχόληση με τον χορό. Τέλος, τα εμπόδια ή οι περιορισμοί που αναφέρονται στις παραπάνω έρευνες έχουν να κάνουν με την *ανεπάρκεια του χρόνου* (Valls et al., 2019) και την *απουσία ενός εκπαιδευτικού ειδικού στον χορό* την ώρα της διδασκαλίας (Valls et al., 2019, Steele et al., 2016). Στην περίπτωση των Buono & Burnidge (2022) υπήρξε *δυσκολία στη συνεννόηση* μεταξύ καλλιτεχνικής και επιστημονικής ομάδας ως προς την αναγκαιότητα αλλά και την απαιτητική φύση της ενσώματης προσέγγισης των εννοιών μέσω του χορού και της ανάλυσης της κίνησης. Τέλος, οι Young Mi & Hye Jeon (2016) αναφέρονται σε έναν *περιορισμό μεθοδολογικό*, καθώς η δημιουργικότητα μετρήθηκε στην κλίμακα μιας ομάδας και όχι βάσει ατομικών χαρακτηριστικών, κάτι που κατά πάσα πιθανότητα θα έδινε διαφορετικά αποτελέσματα.

Κλείνοντας, να σημειώσουμε ότι πέρα από την έρευνα των Keifert et al. (2020), στην οποία χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα iSTEP στο πλαίσιο μιας μικτής πραγματικότητας (Mixed Reality/MR), το βασικό εργαλείο από τις ΤΠΕ το οποίο χρησιμοποιήθηκε ήταν το βίντεο. Στις έρευνες των Solomon et al. (2022), Valls et al. (2019) και Lindberg et al., (2019) αποτέλεσε το μέσο συλλογής και ανάλυσης δεδομένων και στην έρευνα των Buono &

Burnidge (2022) το μέσο εξοικείωσης των παιδιών με τις προς διερεύνηση έννοιες. Στην έρευνα των Steele et al. (2016) χρησιμοποιήθηκε και για τους δύο προαναφερθέντες σκοπούς, καθώς επίσης και για την εξοικείωση των παιδιών με τις εκφραστικές δυνατότητες της τέχνης του χορού.

1.5 Πρόταση για μία χορευτική διερεύνηση των καταστάσεων της ύλης

Η βιβλιογραφική επισκόπηση γύρω από την τέχνη του χορού στη διδακτική των φυσικών επιστημών αποτυπώνει μία σημαντική ερευνητική και εκπαιδευτική προσπάθεια ανάδειξης του χορού ως αντικείμενου που μπορεί να σταθεί εντός εκπαιδευτικής διαδικασίας. Να συνομιλήσει δηλαδή με τις φυσικές επιστήμες παρουσιάζοντας ευρήματα τόσο ως προς τη συμβολή του στην προσέγγιση επιστημονικών εννοιών, όσο και ως προς τη δημιουργικότητα, αλλά και τη στάση των μαθητών απέναντι στις φυσικές επιστήμες, καλλιεργώντας παράλληλα κοινωνικές δεξιότητες. Τα παραπάνω δεδομένα μαζί με τη διαφαινόμενη δυναμική, δημιουργική και ενδιαφέρουσα αλληλεπίδραση των δύο πεδίων στο πλαίσιο της ενσώματης προσέγγισης για τη μάθηση, άρχισαν να ανοίγουν έναν δρόμο διερεύνησης ως προς το ποιες έννοιες των φυσικών επιστημών θα μπορούσαν να μετασχηματιστούν σε αντικείμενο διδασκαλίας μέσω της τέχνης του χορού, προκειμένου να διδαχθούν σε μαθητές και μαθήτριες του ελληνικού εκπαιδευτικού συστήματος.

Διαβάζοντας αναλυτικά το ισχύον ελληνικό πρόγραμμα σπουδών για το μάθημα της Φυσικής (ΙΕΠ, 2022) και γνωρίζοντας ότι η εφαρμογή μιας ενσώματης διεπιστημονικής προσέγγισης θα ήταν πιο εύκολο να εφαρμοστεί στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση λόγω μεγαλύτερης εκπαιδευτικής ευελιξίας της συγκεκριμένης βαθμίδας, στράφηκε η προσοχή μας στα βιβλία Φυσικής της Ε' και Στ' δημοτικού. Καθώς στην Στ' δημοτικού η διδακτική ύλη αφορά σε σημαντικό βαθμό τη Βιολογία, προσανατολιστήκαμε τελικά στο βιβλίο της Ε' δημοτικού (Αποστολάκης κ.ά., 2014). Εδώ, η πρώτη ενότητα αφορά τα Υλικά Σώματα (στερεά, υγρά, αέρια) τα οποία προσεγγίζονται με συνοπτικό τρόπο, τόσο μακροσκοπικά όσο και μικροσκοπικά. Η ενότητα όμως για τα Υλικά Σώματα και πιο συγκεκριμένα για τις τρεις καταστάσεις της ύλης μέσα από μια μικροσκοπική προσέγγιση, αποτελεί προαπαιτούμενο, για τα Μίγματα και τη Θερμότητα, ενότητες που έπονται στο σχολικό βιβλίο, καθώς και για άλλα φαινόμενα και έννοιες των φυσικών επιστημών που θα συναντήσουν οι μαθήτριες/μαθητές στα επόμενα σχολικά χρόνια (Singer et al., 2010, Özmen, 2013).

Γενικότερα, η σωματιδιακή φύση της ύλης αποτελεί κεντρικό στοιχείο των σχολικών προγραμμάτων σπουδών των φυσικών επιστημών παγκοσμίως, καθώς αποτελεί το κατώφλι (*threshold concept*) (Meyer & Land 2006) για την κατανόηση σημαντικών θεμάτων όπως είναι τα υλικά σώματα, η αλλαγή φάσεων, αλλά και οι ιδιότητες των διαφορετικών χημικών

ουσιών, ενώ ταυτόχρονα συνιστά τη βάση ενός σημαντικού μέρους της τεχνολογικής καινοτομίας (Özmen, 2010, Tsaparlis & Sevian, 2013).

Οι de Vos and Verdonk (1996) κατόπιν εγκυροποίησης από πέντε ανεξάρτητους ερευνητές (δεν τους κατονομάζουν) οι οποίοι είχαν εκείνη την περίοδο πρόσφατες δημοσιεύσεις στο *Journal of Research in Science Teaching*, συνέταξαν μια λίστα με ιδέες/εννοιολογήσεις για τη σωματιδιακή φύση της ύλης, οι οποίες είναι επιστημονικά συμβατές και κατάλληλες για διδασκαλία σε παιδιά δημοτικού, μεταξύ των οποίων είναι οι εξής:

1. Όλη η ύλη αποτελείται από πολύ μικρές *αόρατες οντότητες* που ονομάζονται σωματίδια.
2. Η *κίνηση* είναι ένα μόνιμο χαρακτηριστικό όλων των σωματιδίων. Υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας της ύλης και της μέσης *κινητικής* ενέργειας των σωματιδίων.
3. Σε ένα αέριο, ο κενός χώρος μεταξύ των σωματιδίων είναι πολύ μεγαλύτερος από εκείνον που καταλαμβάνεται από τα ίδια τα σωματίδια. Τα σωματίδια ενός αερίου σε έναν κλειστό χώρο είναι τυχαία κατανομημένα.
4. Υπάρχει αμοιβαία έλξη μεταξύ δύο οποιονδήποτε σωματιδίων, αλλά το μέγεθός της μειώνεται γρήγορα με την απόσταση. Σε ένα αέριο, η έλξη είναι αμελητέα, εκτός υπό συνθήκες υψηλής πίεσης ή σε χαμηλές θερμοκρασίες.
5. Στα υγρά και στα στερεά, τα σωματίδια είναι πολύ πιο κοντά μεταξύ τους και υπόκεινται σε αμοιβαία έλξη. Στα στερεά, τα σωματίδια μπορεί να είναι διατεταγμένα σε κανονικά μοτίβα (κρύσταλλοι), με κάθε σωματίδιο να μπορεί να *δονείται* μόνο γύρω από μια σταθερή θέση. Στα υγρά, τα σωματίδια είναι ακανόνιστα διατεταγμένα και *μετακινούνται* από θέση σε θέση μέσα σε έναν σταθερό όγκο.

Διατρέχοντας τις παραπάνω ιδέες, μπορεί κανείς να εντοπίσει ένα κομβικό χαρακτηριστικό των *αόρατων οντοτήτων* από τις οποίες αποτελείται η ύλη: την *κίνηση*. Ο Richard Feynman αναφέρει χαρακτηριστικά στο βιβλίο του “Six easy pieces” (2001):

“Αν, σε κάποιον κατακλυσμό, όλη η επιστημονική γνώση καταστρεφόταν και μόνο μια πρόταση περνούσε στις επόμενες γενιές πλασμάτων, ποια δήλωση θα περιείχε τις περισσότερες πληροφορίες με τις λιγότερες λέξεις; Πιστεύω ότι είναι η ατομική υπόθεση (ή το ατομικό γεγονός, ή όπως αλλιώς θέλετε να το πείτε) ότι όλα τα πράγματα είναι φτιαγμένα από άτομα - μικρά σωματίδια που μετακινούνται όντας σε μία αέναη κίνηση, έλκονται μεταξύ τους όταν βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, αλλά απωθούνται όταν συμπιέζονται μεταξύ τους. Σε αυτή τη μία πρόταση, θα δείτε, υπάρχει ένας τεράστιος όγκος πληροφοριών για τον κόσμο, αρκεί να εφαρμοστεί λίγη φαντασία και σκέψη.”

Ο χορός, ως μία ενσώματη τέχνη της οποίας βασικό εργαλείο αποτελεί το κινούμενο σώμα το οποίο δεν αναπαριστά αλλά αρθρώνει νοήματα, μπορεί να αποτελέσει έναν τρόπο εξερεύνησης αφαιρετικών ιδεών όπως είναι η σωματιδιακή φύσης της ύλης και η κίνηση των μορίων της, μέσω της φαντασίας και της δημιουργίας ενσώματων μεταφορών, οι οποίες

επιτρέπουν στον άνθρωπο/χορευτή να εκφράσει τις αφαιρετικές έννοιες χωρίς τον περιορισμό της λεκτικής επικοινωνίας (Gallagher & Rucińska, 2021, Welch, 2022). Η φαντασία που χαρακτηρίζει τη γλώσσα του χορού αποτελεί παράλληλα συστατικό - αν και παραγκωνισμένο στοιχείο - του επιστημονικού τρόπου σκέψης (Egan, 1999, Esbin 2007, 2008, Einstein, 2009, Egan, Cant, & Judson, 2014, Hadzigeorgiou, 2016), λόγω του ότι οι επιστήμονες ασχολούνται με αόρατες οντότητες (σωματίδια), μη άμεσα παρατηρούμενα φαινόμενα (π.χ. αλλαγή μεταξύ των αποστάσεων των μορίων) και ταυτόχρονα καλούνται να επιλύσουν προβλήματα, να σχεδιάσουν πειράματα, να ερμηνεύσουν, να προτείνουν. Και σε όλα αυτά, υπάρχει μια ομορφιά και ρομαντική διάσταση (Hadzigeorgiou, 2016), την οποία μπορεί να αναδείξει η αισθητική αξία της τέχνης του χορού.

Κατά συνέπεια, υποστηρίζουμε πως ο χορός ως μία δημιουργική, αναστοχαστική και κοινωνική μορφή τέχνης (Giurchescu, 2001, Midgelow, 2015), η οποία τροφοδοτείται από την ενσώματη φαντασία και εκφράζεται μέσα από το απτό του ανθρώπινου σώματος, μπορεί να οδηγήσει σε μια αλλαγή του καθιερωμένου διδακτικού πλαισίου, προσκαλώντας τα παιδιά σε μία συνεργατική χορευτική διερεύνηση της σωματιδιακής φύσης της ύλης.

Διδακτικές δραστηριότητες για τις καταστάσεις της ύλης

Στη βιβλιογραφία συναντά κανείς μια ποικιλία ερευνών για τις καταστάσεις της ύλης σε επίπεδο σχολικής διδασκαλίας, όμως ο αριθμός των δημοσιευμένων διδακτικών δραστηριοτήτων είναι σχετικά περιορισμένος. Ο μεγαλύτερος όγκος των ερευνών αφορά την ποιοτική ή ποσοτική αξιολόγηση παρεμβάσεων, δίχως όμως αυτές να περιγράφονται λεπτομερώς. Κάποιες από τις παρεμβάσεις που παρουσιάζονται με συνοπτικό τρόπο παρακάτω, προσεγγίζουν την ύλη μόνο μικροσκοπικά και άλλες τόσο μικροσκοπικά όσο και μακροσκοπικά. Σε κάποιες το σώμα έχει κεντρικό ρόλο μέσω της αξιοποίησης κιναισθητικών δραστηριοτήτων, της δραματοποίησης και σε μία περίπτωση μέσω της τέχνης του χορού σε ένα περιβάλλον μικτής πραγματικότητας (MR), και σε άλλες οι ερευνητές/εκπαιδευτικοί έδωσαν έμφαση στην κατασκευή μοντέλων, σε πειράματα και στη χρήση animations.

Αναλυτικότερα, οι Meheut και Chomat (1990) εφάρμοσαν μια διδακτική παρέμβαση σε παιδιά 13-14 ετών. Σκοπός ήταν να δημιουργήσουν οι εκπαιδευόμενοι/ες ένα μοντέλο σωματιδίων της ύλης μέσα από μια σειρά πειραμάτων, εκκινώντας από τις ιδιότητες των αερίων (συμπύεση, διάχυση) προχωρώντας στη συνέχεια στις ιδιότητες της ύλης στη στερεή και κατόπιν στην υγρή κατάσταση. Από την άλλη, ο Millar (1990) έδωσε έμφαση στην καθημερινότητα των παιδιών μέσα από την εφαρμογή ενός εκτενούς εκπαιδευτικού προγράμματος για τις επιστήμες βασισμένο σε διαφορετικές ενότητες όπως *ρούχα, ποτά, υλικά κατασκευής*, κτλ.. Στην ενότητα για παράδειγμα των *ρούχων*, παιδιά ηλικίας 14-16 ετών μετέβησαν από τον μακρόκοσμο στον μικρόκοσμο, δημιουργώντας μια αναλογία με τα υλικά

ενός ρούχου, δηλαδή τα υφάσματα από τα οποία είναι κατασκευασμένο, τα οποία αποτελούνται με τη σειρά τους από νήματα και τα νήματα από ίνες.

Οι Yezierski & Birk (2006) σχεδίασαν ένα ερευνητικό πρόγραμμα για εκπαιδευόμενους/ες γυμνασίου, λυκείου, καθώς και πανεπιστημίου, δημιουργώντας και αξιοποιώντας τέσσερα βίντεο animations σχετικά με τις καταστάσεις της ύλης υπό μία μικροσκοπική προσέγγιση. Τα πρώτα τρία παρουσίαζαν τις τρεις καταστάσεις του νερού (στερεό, υγρό, αέριο), και το τέταρτο τη μετάβαση από το στερεό στο υγρό νερό, όλα αναπαριστώντας την κίνηση και τη διάταξη των μορίων του νερού. Μετά από την παρακολούθηση του κάθε βίντεο γινόντουσαν ερωτήσεις στους συμμετέχοντες και στις συμμετέχουσες, προκειμένου να ενισχυθεί η μάθησή τους σχετικά με τις μικροσκοπικές ιδιότητες της ύλης.

Στην έρευνα των Acher et al. (2007), μαθητές και μαθήτριες 7 - 8 ετών έφτιαξαν μοντέλα διαφορετικών σχημάτων μέσω της χρήσης διαφορετικών υλικών της επιλογής τους τα οποία ήταν διαθέσιμα στην τάξη (πηλός, σφουγγάρι, νερό, πέτρες, ξύλο), πειραματίστηκαν με τις μεταμορφώσεις αυτών μέσω μηχανικών δράσεων και την αναπαράσταση της δομής τους μέσω των δεσμών μικρών κουκίδων ή διαφορετικών σχημάτων και σχεδίων. Εκπαιδευτικά εργαλεία και τρόποι αναπαράστασης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η ζωγραφική, το παιχνίδι ρόλων, οι λεκτικές περιγραφές και οι χειρονομίες. Η αλλαγή φάσεων της ύλης αναπαραστάθηκε με αλλαγές στη δύναμη των παραπάνω δεσμών μέσω της ζωγραφικής, του προφορικού λόγου, αλλά των χειρονομιών των παιδιών, αναπαριστώντας με τα χέρια τους άλλοτε ισχυρούς (π.χ. δύο χέρια κολλητά το ένα με το άλλο) και άλλοτε λιγότερο ισχυρούς δεσμούς.

Οι Varelas et al. (2008) επικεντρώθηκαν στην έννοια της ύλης και στους τρόπους με τους οποίους παιδιά γυμνασίου συνδέουν τις καθημερινές τους εμπειρίες, με τις τρεις καταστάσεις της, όπως αυτές παρουσιάζονται μέσω του σχολικού βιβλίου και όπως τις έχουν διδαχθεί στο μάθημα. Τα υλικά αντικείμενα που χρησιμοποιήθηκαν (για παράδειγμα ένα σακουλάκι με αέρα, αφρός ξυρίσματος και ένα σακουλάκι με αλάτι), επιλέχθηκαν λόγω των διαφορετικών μεταξύ τους χαρακτηριστικών, με σκοπό να προωθήσουν την εμπλοκή των παιδιών και να διαμορφώσουν τον διάλογο και τη σκέψη τους, γύρω από τις μικροσκοπικές και τις μικροσκοπικές ιδιότητες της ύλης.

Οι Givry & Tiberghien (2010) εφάρμοσαν μια διδακτική παρέμβαση με τη συμμετοχή μαθητών και μαθητριών 15 χρονών. Μέσω της χρήσης μοντέλων και διαφορετικών μορφών αναπαραστάσεων (τύποι, πίνακες, σχέδια, προφορικός λόγος) οι εκπαιδευόμενοι/ες εισήχθησαν στο μικροσκοπικό μοντέλο μέσω της προσπάθειάς τους να περιγράψουν μικροσκοπικά τον αέρα που υπήρχε σε μία σύριγγα. Έπειτα επιχείρησαν να περιγράψουν με μικροσκοπικούς όρους την ένωση δύο αερίων, καθώς και τη συμπεριφορά της αέριας μορφής της ύλης μακροσκοπικά και μικροσκοπικά σε διαφορετικές καταστάσεις (όπως η

συμπιέσή του αέρα σε μία σύριγγα, και η θέρμανσή του σε ένα μπουκάλι που συνδέεται με ένα πλαστικό μπαλόνι) και τέλος, να εντοπίσουν συνδέσεις μεταξύ των μακροσκοπικών τους ιδιοτήτων.

Η έρευνα των Treagust et al. (2013) αφορά μία παρέμβαση για μαθητές και μαθήτριες 14-16 ετών, κατά την οποία εκτελούσαν διάφορα πειράματα που αφορούσαν κάθε πτυχή του PTDI (Particle Theory Diagnostic Instrument), ένα εργαλείο μέτρησης το οποίο σχεδιάστηκε με σκοπό να αξιολογήσει την κατανόηση των μαθητών και μαθητριών σχετικά με τη διαμοριακή απόσταση των σωματιδίων της ύλης, την επιρροή των διαμοριακών δυνάμεων στην αλλαγή των καταστάσεων και τη διάχυση των υγρών και των αερίων, δηλαδή τη διαδικασία κατά την οποία τα σωματίδια μετακινούνται από περιοχές υψηλής συγκέντρωσης σωματιδίων σε περιοχές χαμηλής συγκέντρωσης.

Στην έρευνα των Türkoguz & Ergen (2022), μαθητές και μαθήτριες 12-13 ετών συμμετείχαν σε μία πειραματική ομάδα στο πλαίσιο ενός οιονεί πειραματικού σχεδιασμού μιας διδακτικής παρέμβασης για την ενότητα του βιβλίου των φυσικών επιστημών 'καθαρές ουσίες και μείγματα', στην οποία χρησιμοποιήθηκαν ανθρωπομορφικά animations και εικόνες, δηλαδή οπτικοακουστικό υλικό με ζώα, αντικείμενα και άλλες μη ανθρώπινες μορφές στις οποίες αποδίδονταν ανθρώπινα χαρακτηριστικά (συζητούν, έχουν επιθυμίες, κίνητρα, συναισθήματα κτλ.). Η ομάδα ελέγχου συμμετείχε στην παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας σύμφωνα με το πρόγραμμα σπουδών. Οι ανθρωπομορφικοί χαρακτήρες χρησιμοποιήθηκαν είτε σε ένα πλαίσιο υποστήριξης των παιδιών στη διενέργεια ασκήσεων εξοικείωσης με τις σχετικές έννοιες είτε ως ένας τρόπος εξήγησης των πραγματευόμενων εννοιών. Για παράδειγμα μπορεί να εμφανίζονταν να συνομιλούν και να επιχειρηματολογούν πάνω στις πραγματευόμενες εννοιολογικές διαστάσεις, όπως στην περίπτωση τριών ζώων που το καθένα λέει τη γνώμη του (εκ των οποίων η μία είναι σωστή) ως προς το αν η μάζα ενός κύβου ζάχαρης θα αλλάξει όταν αυτός λιώσει σε ένα ποτήρι με νερό. Γενικότερα μέσα στις συζητήσεις τους εμφανιζόντουσαν διατυπώσεις που άλλοτε ήταν επιστημονικά σωστές και άλλοτε όχι. Σκοπός ήταν να διερευνηθεί κατά πόσο η χρήση ανθρωπομορφικών εικόνων και animations, μπορεί να συμβάλει στην κατανόηση της σωματιδιακής φύσης της ύλης, αλλά και να βελτιώσει την ικανότητα των παιδιών να διενεργούν συζητήσεις γύρω από τη σωματιδιακή φύση της ύλης. Μέσω της διενέργειας pre και post test προέκυψε πως η χρήση ανθρωπομορφικών οπτικοποιήσεων είχε θετική επίδραση και στην κατανόηση των παιδιών και στην ικανότητα διενέργειας συζητήσεων.

Σε μία άλλη έρευνα των Varelas et al. (2010) για παιδιά των πρώτων τριών τάξεων του δημοτικού, διερευνήθηκαν οι τρόποι με τους οποίους η δραματοποίηση επιστημονικών εννοιών και φαινομένων, μπορεί να υποστηρίξει τη μάθηση. Τα σώματά τους λειτουργούσαν ως υλικά αντικείμενα που κινούνταν στον χώρο, ως κοινωνικά αντικείμενα που διαπραγματεύονταν σχέσεις και κανόνες στην τάξη, και ως μεταφορικές οντότητες που

αντιπροσώπευαν είτε τα μόρια του νερού στις διαφορετικές καταστάσεις της ύλης είτε τα φυτά, τα ζώα ή μη ζωντανές οντότητες σε έναν δασικό τροφικό ιστό.

Ο Hadzigeorgiou (2002) διεξήγαγε μια έρευνα με παιδιά 9 - 10 ετών σε τρία δημοτικά σχολεία. Τα παιδιά χωρίστηκαν σε ομάδες ελέγχου και πειραματικές προκειμένου να διερευνηθεί κατά πόσο μια διδακτική παρέμβαση που τα παιδιά θα εμπλέκονταν σε κιναισθητικές δραστηριότητες υποδυόμενα τα μόρια, θα είχε θετική επίδραση στη μάθηση ως προς τις καταστάσεις της ύλης έναντι της παραδοσιακής διδασκαλίας η οποία θα χρησιμοποιούσε φωτογραφίες και βίντεο animation. Οι καταστάσεις της ύλης προσεγγίστηκαν με αναφορά αφενός στη θερμότητα ως παράγοντα που αυξάνει την κίνηση των μορίων και αφετέρου στη διαφορετική κίνηση των μορίων ανά κατάσταση. Εφαρμόστηκαν πέντε διαφορετικές δραστηριότητες και για τις δύο ομάδες κάθε σχολείου με πέντε διαφορετικά θέματα: τις αλλαγές κατάστασης του νερού, την ανάμειξη δύο ποτηριών νερού διαφορετικής θερμοκρασίας, τη διαστολή μιας μπάρας σιδήρου, το λιώσιμο ενός κομματιού σιδήρου και τις διαφορές που βλέπει κανείς αν κοιτάξει μέσα σε ένα στερεό, σε ένα υγρό και σε ένα αέριο. Οι κιναισθητικές δραστηριότητες βασίστηκαν στο περπάτημα και στο τρέξιμο, αλλά και στην αξιοποίηση αντικειμένων όπως τα ρούχα και διαμορφώνονταν μέσα από την καθοδήγηση του/της εκπαιδευτικού, υποδεικνύοντας διαφορετικούς τρόπους να υποδυθούν τα μόρια στις τρεις καταστάσεις. Για παράδειγμα, αφού χωρίστηκαν τα παιδιά σε τρεις ομάδες και τοποθετήθηκαν στους κύκλους που είχε διαμορφώσει ο/η εκπαιδευτικός ανά κατάσταση της ύλης, η ομάδα που ήταν τα μόρια του πάγου φορούσε παλτό, έκανε πως κρύωνε και δεν μπορούσε να φύγει από τον κύκλο. Η ομάδα που ήταν τα μόρια του υγρού νερού μπορούσε να βγάλει το παλτό και να μετακινείται, πάλι όμως εντός κύκλου, ενώ η ομάδα που ήταν τα μόρια του αερίου μπορούσε να βγάλει τα ζεστά της ρούχα και να μετακινηθεί ελεύθερα πλέον στον χώρο. Τελικά, μέσω της διενέργειας pre και post test, προέκυψε πως οι κιναισθητικές δραστηριότητες οδήγησαν την πειραματική ομάδα σε μια βαθύτερη κατανόηση των πραγματευόμενων εννοιών.

Στην έρευνα των Keifert et al. (2020), 50 μαθητές και μαθήτριες 6 - 8 ετών συμμετείχαν σε μια παρέμβαση διάρκειας επτά ημερών, μέσω της οποίας διερεύνησαν συνεργατικά τις τρεις καταστάσεις της ύλης σε ένα περιβάλλον μικτής πραγματικότητας (Mixed Reality/MR), με βασικό εργαλείο διερεύνησης τον χορό. Το περιβάλλον μικτής πραγματικότητας δημιουργήθηκε μέσω της χρήσης του ψηφιακού προγράμματος iSTEP (interactive Science through Technology Enhanced Play). Όσο τα παιδιά σωματοποιούσαν την κίνηση των μορίων του νερού στις διαφορετικές καταστάσεις του, το iSTEP κατέγραφε μέσω αισθητήρων την κίνηση των παιδιών μετατρέποντάς την σε avatars, τα οποία στη συνέχεια προβαλλόντουσαν σε μία οθόνη με σκοπό να απεικονιστεί μέσω προσομοίωσης η στερεά, η υγρή και η αέρια κατάσταση του νερού. Μέσω της ανάλυσης αλληλεπίδρασης (interaction analysis) του βίντεο από τη διεξαγωγή της παρέμβασης, προέκυψε πως τα

παιδιά εμφάνισαν στοιχεία κατανόησης του μακρόκοσμου και του μικρόκοσμου. Για παράδειγμα μέσα από ομαδικές χορογραφίες απεικόνισαν μακροσκοπικά το νερό μέσω καμπύλων κινήσεων των σωμάτων τους και μικροσκοπικά μέσω της κοντινής τους απόστασης και της αργής κίνησης των μορίων του υγρού νερού. Έχοντας διερευνήσει τις καταστάσεις της ύλης τις πρώτες έξι μέρες, την έβδομη μέρα τα παιδιά παρουσίασαν μέσω των χορογραφιών τους μια αλλαγή κατάστασης της ύλης λαμβάνοντας ανατροφοδότηση από τα υπόλοιπα. Τα παιδιά εκφράστηκαν ενσώματα στις συζητήσεις που γινόντουσαν κατόπιν παρουσίασης των χορογραφιών της κάθε ομάδας, χρησιμοποιώντας χειρονομίες και κινήσεις του σώματος προκειμένου να συμπληρώσουν τον λόγο τους, όπως π.χ. ένα κύμα του χεριού για να περιγράψουν την υγρή κατάσταση του νερού την οποία είχε αποδώσει μέσω της χορογραφίας της η άλλη ομάδα. Σύμφωνα με τους ερευνητές, το περιβάλλον μικτής πραγματικότητας μαζί με την πρόσκληση να χορογραφήσουν τους έδωσε την ελευθερία να κινηθούν και να εκφραστούν ελεύθερα σε σχέση με τις καταστάσεις της ύλης και τελικά να νοηματοδοτήσουν συλλογικά μέσω του σώματος τις πραγματευόμενες εννοιολογικές διαστάσεις της ύλης.

Εναλλακτικές ιδέες των παιδιών για τις καταστάσεις της ύλης

Ένα μεγάλο μέρος των δημοσιεύσεων γύρω από τη διδασκαλία και την εκπαιδευτική προσέγγιση των καταστάσεων της ύλης, δεν επικεντρώνεται στην ανάλυση και παρουσίαση συγκεκριμένων διδακτικών παρεμβάσεων, αλλά στις εναλλακτικές ιδέες των εκπαιδευόμενων διαφορετικών βαθμίδων για τις καταστάσεις της ύλης, οι οποίες κατά κύριο λόγο αποτυπώνουν τη δυσκολία διάκρισης αλλά και συσχέτισης του μικρόκοσμου με τον μακρόκοσμο, λόγω της προσκόλλησης των εκπαιδευόμενων σε μία οπτική και απτική αντίληψη της ύλης. Οι εναλλακτικές ιδέες αποτελούν το θεμέλιο πάνω στο οποίο θα χτιστεί η νέα γνώση (Maskiewicz και Lineback, 2013), γι' αυτό και είναι ιδιαίτερα σημαντική η ανάδυση και αξιοποίησή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία. Μια πραγμάτευση της ύλης μέσω του χορού μπορεί να προσφέρει τη δυνατότητα να προσεγγιστεί ο μικρόκοσμος μέσω του μακροσκοπικού ανθρωπίνου σώματος και έτσι το σώμα των εκπαιδευόμενων να αποτελέσει εργαλείο διερεύνησης καθώς λειτουργεί ως μόριο το οποίο διατηρεί κατά περίπτωση και τις μακροσκοπικές του ιδιότητες. Αυτός ο δυϊσμός σε συνδυασμό με τη δημιουργικότητα και τη φαντασία που προσφέρει ο χορός μπορεί να αποτελέσει ικανό πλαίσιο για την κατάλληλη διαχείριση των εναλλακτικών ιδεών των εκπαιδευόμενων για τις καταστάσεις της ύλης.

Σύνδεση της ύλης με τις αισθήσεις

Συνήθως, τα παιδιά στην προσχολική ηλικία έως και το τέλος του δημοτικού, αντιλαμβάνονται ως ύλη ό,τι μπορούν να αγγίξουν και να δουν. Αφενός θεωρούν ότι ένα αντικείμενο αποτελείται από πολύ μικρά κομμάτια του ίδιου του υλικού, το οποίο αν το

διαίρεις συνέχεια, κάποια στιγμή θα εξαφανιστεί, μη αντιλαμβανόμενα την αρχή διατήρησης της ύλης. Αφετέρου, φαίνεται να αποδέχονται το γεγονός ότι υπάρχουν κομμάτια της ύλης που είναι πολύ μικρά για το γυμνό μάτι, όμως μπορούν να γίνουν ορατά με το μικροσκόπιο. Επομένως, η αντίληψή τους για την ύλη παραμένει συνδεδεμένη με τις αισθήσεις τους, κάτι που αφήνει ένα νοηματικό κενό σε ό,τι αφορά την αέρια κατάσταση της ύλης, την οποία συχνά κατατάσσουν στην ίδια κατηγορία με τις διαφορετικές μορφές ενέργειας (Lee et al., 1992, Tsaparlis et al. 2013).

Η ύλη είναι συνεχής

Ένας σημαντικός αριθμός μαθητών σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης θεωρεί είτε ότι η ύλη είναι συνεχής, χωρίς να αναφέρονται δηλαδή στα σωματίδια, κάτι που συνδέεται ουσιαστικά με την προηγούμενη ιδέα της *σύνδεσης της ύλης με τις αισθήσεις* είτε ότι τα σωματίδιά της είναι σε επαφή το ένα με το άλλο, χωρίς καθόλου κενό ανάμεσά τους (Novick and Nussbaum, 1981, Nakhleh, 1992, Griffiths & Preston, 1992, Hwang, 1995, Johnson, 1998, Harrison & Treagust, 2002, Nakhleh et al., 2005, Boz, 2006, Adadan & Ataman, 2021). Αυτή η εγγύτητα των σωματιδίων, κατά πάσα πιθανότητα οδηγεί ορισμένα παιδιά στην πεποίθηση ότι η συστολή και η διαστολή της ύλης συνεπάγεται και τη συστολή ή διαστολή των σωματιδίων (Harrison & Treagust, 2002).

Τα σωματίδια βρίσκονται μέσα στην ύλη

Ο τρόπος που παρουσιάζεται το ατομικό μοριακό μοντέλο στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών δεν είναι αρκετά πλούσιος ή ποικιλόμορφος, και συχνά τα κείμενα και οι εικόνες στα βιβλία είναι παραπλανητικά. Για παράδειγμα εμφανίζονται διατυπώσεις όπως “Τα άτομα είναι λιγότερο ελεύθερα να κινηθούν μέσα στον πάγο απ’ ό,τι στο υγρό νερό”, “Τα μόρια διαφεύγουν από το νερό στον αέρα, καθώς το νερό βράζει”. Ή απεικονίσεις όπως για παράδειγμα ενός κύβου με μαύρο περίγραμμα και τα μόρια ως μαύρες σφαίρες μέσα ή ενός δοχείου με νερό όπου τα μόρια βρίσκονται μέσα σε αυτό. Κατά συνέπεια, πολλοί μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης δεν αντιλαμβάνονται τα μόρια ως τα συστατικά της ύλης, αλλά ως κάτι που είναι μέσα σε αυτήν (Andersson, 1990, Renström et al. 1990, Lee κ.ά. 1993, Harrison, 2001, Liu and Lesniak 2006, Johnson and Papageorgiou 2010, Goldston & Downey, 2012).

Τα σωματίδια έχουν τις ιδιότητες της ύλης

Μια ισχυρά εδραιωμένη πεποίθηση εκπαιδευόμενων όλων των βαθμίδων είναι ότι τα μόρια ή τα άτομα έχουν τις μακροσκοπικές ιδιότητες της ύλης (παγωμένα, υγρά, ζεστά...). Επομένως συχνά δεν αντιλαμβάνονται τις μακροσκοπικές ιδιότητες ή τα μακροσκοπικά γεγονότα ως κάτι που αναδύεται μέσα από την αλληλεπίδραση και τη συμπεριφορά των μορίων ή των

ατόμων που την απαρτίζουν. Για παράδειγμα θεωρούν πως η ρευστότητα έχει να κάνει με το ρευστό των μορίων και όχι με τους δεσμούς των μορίων και τη δομή των ατόμων (Ben-Zvi et al., 1982, Anderson, 1990, Johnson 1998, 2000, Othman, 2008, Kahveci and Özalp, 2009, Özalp & Kahveci, 2015)

Η ύλη δεν διατηρείται στις αλλαγές φάσης

Μεγάλος αριθμός παιδιών της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης θεωρεί ότι μέρος της ύλης χάνεται μεταξύ των μεταβάσεων από τη στερεά στην υγρή και από την υγρή στη στερεή κατάσταση, όντας επηρεασμένα από αυτό που συμβαίνει μακροσκοπικά. Για παράδειγμα μπορεί να θεωρούν ότι τα παγωμένα μόρια λιώνουν όταν το στερεό νερό γίνεται υγρό ή ότι το βράσιμο αλλάζει τη χημική σύσταση του νερού και οι φουσκάλες είναι ζέστη, οξυγόνο, υδρογόνο ή καπνός (Osborne & Freyberg, 1985, Lee et al., 1993, Selley, 2000, Harrison & Treagust, 2002, Özmen & Ayas, 2003, Othman, 2008).

Σύμφωνα με τις παραπάνω εναλλακτικές ιδέες μπορεί κανείς να συμπεράνει πως μια σωματιδιακή προσέγγιση της ύλης είναι δυνατό να οδηγήσει σε μια βαθύτερη κατανόηση των εννοιολογικών διαστάσεων αυτής, λόγω του ότι αποδίδει στις τρεις καταστάσεις μια κοινή οντολογία: Όλα αποτελούνται από άτομα. Τα άτομα ή τα μόρια, όντας μη ορατά από το ανθρώπινο μάτι σχηματίζουν την ορατή ύλη, η οποία έχει φυσικές και αισθητηριακά αντιληπτές ιδιότητες που τα ίδια τα σωματίδια δεν έχουν. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να γίνουν αντιληπτές οι αλλαγές φάσης και κατ' αντιστοιχία ο βρασμός, η τήξη, η εξάτμιση και η αέρια κατάσταση. Οι αλλαγές στη διάταξη και στην κίνηση των ατόμων οδηγούν την ύλη σε φυσικές αλλαγές, οι οποίες με τη σειρά τους οδηγούν στην αλλαγή της κατάστασης της ύλης, με τα άτομα να παραμένουν άθικτα. Επομένως, η μακροσκοπική προσέγγιση για την ύλη και η ατομική - μοριακή θεωρία είναι αμφίδρομες, γι' αυτό και είναι σημαντικό σε ένα διδακτικό πλαίσιο να γίνεται η καθεμία αντιληπτή ξεχωριστά και σε συνδυασμό η μία με την άλλη (Tsapalis & Sevian, 2012).

2. Σκοπός - Ερευνητικό ερώτημα

Μέσα από την προηγηθείσα βιβλιογραφική επισκόπηση γύρω από τον χορό στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, αναδύεται ένα δυναμικό διεπιστημονικό πεδίο το οποίο αν και δεν έχει χαρτογραφηθεί ακόμα εκτενώς, φαίνεται πως μπορεί να προσφέρει πολλαπλά εντός εκπαιδευτικής διαδικασίας, καλλιεργώντας διαφορετικές ατομικές και κοινωνικές δεξιότητες και ενισχύοντας τη θετική στάση των παιδιών απέναντι στο μάθημα της φυσικής. Το κινούμενο σώμα μπορεί να αποτελέσει ένα μέσο προσέγγισης μιας ποικιλίας εννοιών των φυσικών επιστημών μέσω των ενσώματων μεταφορών του, μεταμορφώνοντας αφαιρετικές

και αόρατες έννοιες σε απτές και ορατές κινήσεις του σώματος, ανοίγοντας έτσι έναν ενσώματο και βιωματικό δρόμο προς την κατανόηση επιστημονικών εννοιών όπως ο μικρόκοσμος, έχοντας ως βάση τη δημιουργικότητα και τη φαντασία.

Επιλέγουμε να σταθούμε στον μικρόκοσμο, αφενός λόγω της δυσκολίας του να γίνει κατανοητός αλλά και να διακριθεί από τον μακρόκοσμο από ένα μεγάλο μέρος μαθητών και μαθητριών όλων των βαθμίδων, όπως υπέδειξε και η βιβλιογραφική επισκόπηση για τις εναλλακτικές ιδέες των παιδιών για τις καταστάσεις της ύλης, και αφετέρου επειδή αποτελεί μία κομβική διάσταση των φυσικών επιστημών. Μέσω διαφορετικών εκπαιδευτικών προσεγγίσεων ερευνητές και εκπαιδευτικοί προσπαθούν να οδηγήσουν τα παιδιά σε μια κατανόηση αυτού. Μεταξύ αυτών και οι Keifert et al. (2020), στην παρέμβαση των οποίων ο χορός συνομίλησε με ένα περιβάλλον *μικτής πραγματικότητας (MR)* με σκοπό να υποστηρίξει τα παιδιά στην ενσώματη συλλογική νοηματοδότηση των μακροσκοπικών και μικροσκοπικών χαρακτηριστικών της ύλης. Πέρα από τη συγκεκριμένη παρέμβαση και από ορισμένα διαδικτυακά βίντεο τα οποία προτείνουν μια ενσώματη προσέγγιση των τριών καταστάσεων της ύλης μέσω του χορού¹, απουσιάζουν δομημένες και εφαρμοσμένες διδακτικές παρεμβάσεις σε σχολικό επίπεδο οι οποίες προτείνουν τη διδασκαλία της ύλης μέσω της ενσώματης τέχνης του χορού, σε ένα πλαίσιο διερεύνησης της μάθησης.

Μέσα σε αυτό το ερευνητικό και εκπαιδευτικό τοπίο αναδύεται η δική μας προσέγγιση, φιλοδοξώντας να μετασχηματίσει τη γνώση αναφοράς τόσο από τη φυσική όσο και από τον χορό προκειμένου να διαμορφωθεί μια διδακτική πρόταση γύρω από τις καταστάσεις της ύλης για παιδιά δημοτικού. Σκοπός είναι να διερευνηθεί εάν είναι δυνατόν να σχεδιαστεί ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά το οποίο θα έχει θετική επίδραση στη μάθηση. Κατά συνέπεια, το ερευνητικό ερώτημα το οποίο διαμορφώθηκε και μας καθοδήγησε στην πορεία της έρευνάς μας, διατυπώνεται ως εξής:

Ποια είναι τα χαρακτηριστικά ενός εκπαιδευτικού προγράμματος το οποίο μετασχηματίζει τις καταστάσεις της ύλης σε αντικείμενα διδασκαλίας μέσω της τέχνης του χορού για μαθητές/μαθήτριες Ε' δημοτικού;

3. Μεθοδολογία

Η βασική ιδέα λοιπόν ήταν να σχεδιαστεί ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα με βάση τον χορό και να ελεγχθεί με όρους μάθησης η επίδρασή του στις εννοιολογήσεις των μαθητών/τριών για τις καταστάσεις της ύλης. Κομβικό σημείο για το συγκεκριμένο εγχείρημα αποτέλεσε η συνεργασία της βασικής ερευνήτριας (χορογράφος - εκπαιδευτικός χορού), εφεξής

¹ [States of Matter Activity: The Water Dance](https://www.pbslearningmedia.org/resource/dancing-scientist-take-the-stage/the-dancing-scientist-take-the-stage/)
[States of Matter Dance - ATL Style](https://www.pbslearningmedia.org/resource/dancing-scientist-take-the-stage/the-dancing-scientist-take-the-stage/)

<https://www.pbslearningmedia.org/resource/dancing-scientist-take-the-stage/the-dancing-scientist-take-the-stage/>

Ερευνήτρια Α, με έναν ερευνητή (ειδικό στη διδακτική των φυσικών επιστημών), εφεξής Ερευνήτης Β. Επιπλέον, δομικό χαρακτηριστικό του εκπαιδευτικού προγράμματος αποτέλεσε η διαδικασία του *διδακτικού μετασχηματισμού*. Μέσω του διδακτικού μετασχηματισμού, ένα γνωστικό αντικείμενο μετασχηματίζεται αρχικά με σκοπό να αποτελέσει διδακτικό αντικείμενο, όπως για παράδειγμα να ενταχθεί στο πρόγραμμα σπουδών (εξωτερικός μετασχηματισμός), και μετέπειτα μετασχηματίζεται ξανά προκειμένου να αποτελέσει ένα αντικείμενο που πρόκειται να διδαχθεί σε μια συγκεκριμένη τάξη (εσωτερικός μετασχηματισμός) (Chevallard, 1991, Joshua and Dupin, 1993). Οι δύο ερευνητές στο πλαίσιο ενός *εσωτερικού* μετασχηματισμού, έκαναν μια συνεχή προσπάθεια αναπλαισίωσης της γνώσης αναφοράς τόσο από τη φυσική όσο και από τον χορό, προκειμένου να δημιουργήσουν ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα για τις καταστάσεις της ύλης για μία συγκεκριμένη τάξη.

3.1 Συμμετέχοντες/ουσες - Πλαίσιο εφαρμογής

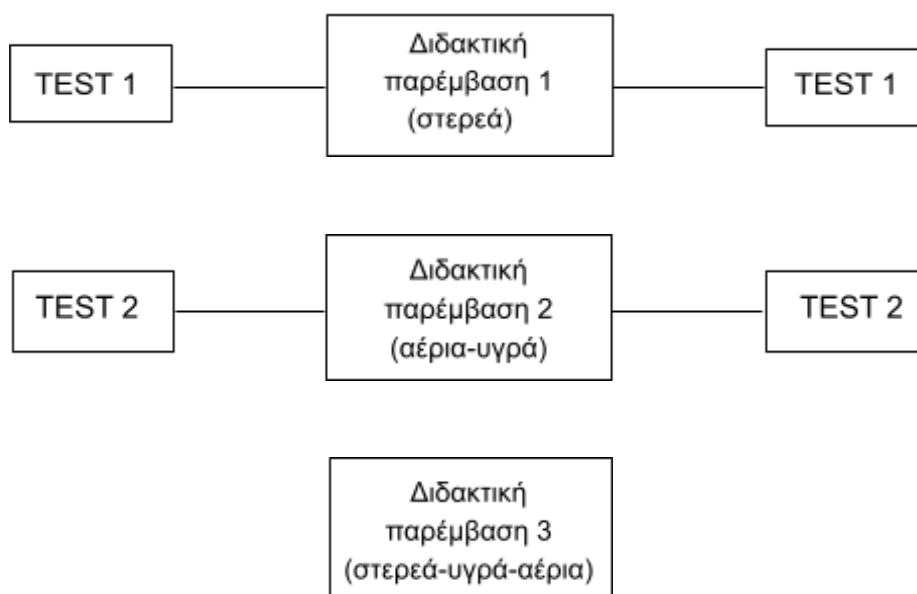
Το παρόν εκπαιδευτικό πρόγραμμα υλοποιήθηκε σε ένα δημόσιο δημοτικό σχολείο του κέντρου της Αθήνας με τη συμμετοχή ενός τμήματος της Ε' δημοτικού με συνολικό αριθμό 12 παιδιά. Αρχικά πραγματοποιήθηκε μία συνάντηση των δύο ερευνητών με την υπεύθυνη εκπαιδευτικό της τάξης και τον διευθυντή του σχολείου, με σκοπό να γίνει μια συζήτηση για το υπό διαμόρφωση πρόγραμμα και να υπάρξει ενημέρωση σχετικά με το εκπαιδευτικό, κοινωνικό και πολιτισμικό προφίλ των παιδιών που θα συμμετέχουν, τον τρόπο εργασίας στο μάθημα της φυσικής, καθώς και τις έννοιες που έχουν διδαχθεί.

Οι δύο ερευνητές ενημερώθηκαν πως 10 από τα 12 παιδιά του συγκεκριμένου τμήματος δε μιλούν την ελληνική γλώσσα ως μητρική και πως εκείνη τη χρονική περίοδο δεν είχαν λάβει συστηματική διδασκαλία για την ενότητα των καταστάσεων της ύλης. Συμφωνήθηκε οι συναντήσεις με τα παιδιά να υλοποιηθούν εντός ωρολογίου προγράμματος την ώρα διδασκαλίας της Φυσικής, παρουσία της βασικής εκπαιδευτικού και της δασκάλας παράλληλης στήριξης και με μέγιστη διάρκεια δύο διδακτικές ώρες κάθε φορά. Επιπλέον, σε αυτήν την πρώτη συνάντηση έγινε ένας έλεγχος των υποδομών και του εξοπλισμού του σχολείου, προκειμένου να αποφασιστεί σε ποια αίθουσα θα υλοποιηθούν οι παρεμβάσεις. Κατάλληλη κρίθηκε η αίθουσα πολλαπλών χρήσεων λόγω του ότι ήταν ευρύχωρη και σαν εναλλακτικός χώρος η αίθουσα διδασκαλίας του τμήματος, η οποία διέθετε επαρκή χώρο. Επίσης και οι δύο αίθουσες παρείχαν τη δυνατότητα χρήσης προτζέκτορα. Πριν από την έναρξη της υλοποίησης εξασφαλίστηκε η έγγραφη άδεια των γονέων και κηδεμόνων των παιδιών για τη βιντεοσκόπηση των διδακτικών παρεμβάσεων για ερευνητικούς σκοπούς. Τέλος, η εκπαιδευτικός της τάξης συζήτησε με τα παιδιά εξηγώντας τους βασικούς στόχους του προγράμματος, ενώ τους γνωστοποίησε την πρόθεση των ερευνητών να

βιντεοσκοπήσουν τις συναντήσεις μαζί τους και τους ζήτησε να διατυπώσουν την διαφωνία τους εάν κάποιο παιδί δεν επιθυμεί να βιντεοσκοπηθεί. Κανένα παιδί δεν εξαιρέθηκε τελικά από την διαδικασία της βιντεοσκόπησης.

3.2 Ερευνητικός σχεδιασμός

Προκειμένου να απαντηθεί το ερευνητικό ερώτημα υιοθετήθηκε ο ερευνητικός σχεδιασμός που περιγράφεται στο Σχήμα 1. Η πρώτη διδακτική παρέμβαση αφορούσε τη στερεή κατάσταση της ύλης, η οποία αξιολογήθηκε πριν και μετά την εφαρμογή της από το Test 1. Στη συνέχεια εφαρμόστηκε μια δεύτερη διδακτική παρέμβαση για την αέρια και την υγρή κατάσταση της ύλης, η οποία επίσης αξιολογήθηκε πριν και μετά την εφαρμογή της από το Test 2. Στο τέλος εφαρμόστηκε μια τρίτη διδακτική παρέμβαση, η οποία αφορούσε και τις τρεις καταστάσεις (στερεή, υγρή, αέρια).



Σχήμα 1. Ερευνητικός σχεδιασμός

Ο παραπάνω σχεδιασμός αντλεί στοιχεία από τη μεθοδολογία της διακοπτόμενης χρονοσειράς (interrupted time series), μιας εκδοχής του οιονεί πειράματος (quasi experiment) και από το διδακτικό πείραμα (teaching experiment). Όπως στη μεθοδολογία της διακοπτόμενης χρονοσειράς, έτσι και στην παρούσα έρευνα, οι ερευνητές συνέλεξαν δεδομένα σε διαφορετικές χρονικές στιγμές και σε βάθος χρόνου (time series), ξεκινώντας από το pre test 1, προχωρώντας στην πρώτη διδακτική παρέμβαση, το post Test 1 και στη συνέχεια με την ίδια λογική στο pre Test 2, τη δεύτερη διδακτική παρέμβαση, το post Test 2 και τέλος στην τρίτη διδακτική παρέμβαση. Αυτή η συλλογή διακόπτεται (interrupted) από την υλοποίηση μιας παρέμβασης που αποτελεί όμως ταυτόχρονα πηγή συλλογής δεδομένων και

η επίδραση της οποίας μετρήθηκε συγκρίνοντας τα δεδομένα πριν και μετά την υλοποίησή της με τη χρήση του ίδιου εργαλείου μέτρησης (Penfold & Zhang, 2013, Ewusie et al., 2017, McDowall et al., 2019). Στην προκειμένη περίπτωση το Test 1 (pre και post) και το Test 2 (pre και post). Τα δεδομένα από τις διδακτικές παρεμβάσεις 1 και 2 συλλέχθηκαν μέσω βίντεο. Στην παρούσα έρευνα, η συλλογή δεδομένων είτε προέρχεται από τα Tests είτε από τη βιντεοσκόπηση της διδακτικής παρέμβασης χρησιμοποιείται προκειμένου να σχεδιαστεί το επόμενο διδακτικό επεισόδιο (teaching episode) (Steffe et al., 2012) ή αλλιώς η επόμενη διδακτική παρέμβαση, φέρνοντάς μας στη μεθοδολογία του διδακτικού πειράματος, στην οποία συναντάμε μια σειρά από διδακτικά επεισόδια, μέσω των οποίων ο ερευνητής συνήθως εφαρμόζουν καινοτόμες μεθόδους διδασκαλίας ή παρεμβάσεων σε ελεγχόμενο περιβάλλον, όπως είναι μία τάξη (Steffe & Thompson, 2000). Η διδακτική παρέμβαση 3 λειτούργησε περισσότερο ως μία επιπλέον πηγή δεδομένων για τη μάθηση των παιδιών σε ένα διδακτικό πλαίσιο που εμφανίζονται και οι 3 καταστάσεις της ύλης.

3.3 Εγκυρότητα και αξιοπιστία

Στην παρούσα έρευνα συλλέχθηκαν δεδομένα γύρω από τη μάθηση των παιδιών, τόσο μέσω της διενέργειας pre και post tests, όσο και μέσα από τη βιντεοσκόπηση των διδακτικών παρεμβάσεων, εξασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο την εγκυρότητα των ερευνητικών δεδομένων και κατ'επέκταση την τριγωνοποίηση της έρευνας (Catanzaro, 1988, Pandit, 1996, Patton, 2002, Rolfe, 2002). Πιο συγκεκριμένα, οι ενδεχόμενες βελτιώσεις στη μάθηση των παιδιών όπως αυτές θα αποτυπώνονται στα post Tests, θα ελέγχεται αν επιβεβαιώνονται από τα δεδομένα της αντίστοιχης διδακτικής παρέμβασης, οδηγώντας τους ερευνητές στην αποδοχή μόνο όσων βελτιώσεων εμφανίζονται και στα δύο μέσα συλλογής δεδομένων. Επιπλέον, η τρίτη διδακτική παρέμβαση, η οποία είχε ως περιεχόμενο και τις τρεις καταστάσεις της ύλης, χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να παράσχει τυχόν στοιχεία εγκυροποίησης των ερωτηματολογίων, επικουρικά των στοιχείων που θα λαμβάναμε από την πρώτη διδακτική παρέμβαση για τα στερεά και τη δεύτερη για τα υγρά και τα αέρια. Τέλος, αποφασίστηκε πως ένα τέταρτο στοιχείο εγκυροποίησης των ερωτηματολογίων θα αποτελούσαν τυχόν ενσώματα λεκτικά στοιχεία των ερωτηματολογίων, λόγω του ενσώματος χαρακτήρα διερεύνησης των παιδιών στο πλαίσιο των παρεμβάσεων. Δηλαδή, η ερευνητρια Α θεώρησε ότι, εάν ένα παιδί στον γραπτό του λόγο σε μια ερώτηση στο ερωτηματολόγιο του post Test συμπεριλάβει κάποια λέξη ή φράση που παραπέμπει ρητά στον ενσώματο χαρακτήρα της εκάστοτε διδακτικής παρέμβασης, και αυτή η λέξη ή φράση δεν είχε εμφανιστεί στο pre Test, τότε αυτό αποτελεί στοιχείο επιβεβαίωσης ότι η ιδέα που εκφράζει το παιδί αποτελεί απευθείας επίδραση από τη διδακτική παρέμβαση και δεν χρειάζεται να επιβεβαιωθεί και από το βιντεοσκοπημένο περιεχόμενο της διδακτικής παρέμβασης.

Τα δύο ερωτηματολόγια εφαρμόστηκαν πιλοτικά σε τρία παιδιά δέκα ετών. Η πιλοτική εφαρμογή ενός ερωτηματολογίου βοηθά τους ερευνητές να εντοπίσουν σημεία του που ενδεχομένως είναι ασαφή ή δημιουργούν σύγχυση, να ελέγξουν κατά πόσο οδηγεί τους ερωτώμενους να δώσουν απαντήσεις που ανταποκρίνονται στο ζητούμενο, αλλά και αν ο χρόνος συμπλήρωσής του αφενός είναι εντός ενός χρονικού πλαισίου που μπορεί να υποστηριχθεί από τον σχεδιασμό της έρευνας και αφετέρου δεν κουράζει τους ερωτώμενους (Converse & Presser, 1989, Bell, 2007, Wolf et al., 2016).

3.4 Συλλογή δεδομένων

Τα ερευνητικά δεδομένα προέκυψαν από: α) Δύο ερωτηματολόγια ανοιχτού τύπου, τα οποία συμπλήρωναν τα παιδιά πριν και μετά από κάθε διδακτική παρέμβαση. Το Test 1 (pre και post) για τη στερεά κατάσταση της ύλης και το Test 2 (pre και post) για την υγρή και την αέρια, β) Από τη βιντεοσκόπηση των τριών διδακτικών παρεμβάσεων.

3.4.1 Ερωτηματολόγια

Τα ερωτηματολόγια διαμορφώθηκαν λαμβάνοντας υπόψη: α) το ελληνικό πρόγραμμα σπουδών για την Ε΄ δημοτικού, β) το σχολικό βιβλίο για το μάθημα *Φυσικά της Ε΄ δημοτικού*, γ) τα δεδομένα που προέκυψαν από τη σχετική βιβλιογραφική επισκόπηση γύρω από τις εναλλακτικές ιδέες των παιδιών, δ) τις προαναφερθείσες προτάσεις των de Vos and Verdonk (1996) για τη διδασκαλία των καταστάσεων της ύλης σε παιδιά δημοτικού και ε) τα συνηθέστερα εργαλεία μέτρησης των εναλλακτικών ιδεών και των γνώσεων των παιδιών γύρω από τις καταστάσεις της ύλης, έχοντας παράλληλα κατά νου τον ενσώματο και διερευνητικό χαρακτήρα της παρέμβασης, καθώς και τον περιορισμένο σχολικό χρόνο που μας παρέχεται.

Κομβικά θεωρήθηκαν τρία σημεία. Πρώτον, η ανάγκη τα παιδιά να διακρίνουν αλλά και να συνδέουν τον μακρόκοσμο με τον άορατο μικρόκοσμο (Αποστολάκης κ.ά., 2014, Πρόγραμμα σπουδών για το μάθημα Φυσικά, 2022), καθώς η αδυναμία τους να το κάνουν τα οδηγεί συχνά σε μία από τις επικρατέστερες εναλλακτικές ιδέες τους για την ύλη βάσει της οποίας αποδίδουν στα σωματίδια της τις μακροσκοπικές της ιδιότητες (Ben-Zvi et al., 1982, Anderson, 1990, Johnson 1998, 2000, Othman, 2008, Kahveci and Özalp, 2009, Özalp & Kahveci, 2015). Δεύτερον, η αναφορά στη σχετική κίνηση των μορίων και στη μεταξύ τους απόσταση στις διαφορετικές καταστάσεις της ύλης (de Vos & Verdonk, 1996, Πρόγραμμα σπουδών για το μάθημα Φυσικά, 2022) και τρίτον, η επιλογή πολλών ερευνών να ζητάνε από τα παιδιά όχι μόνο να απαντήσουν λεκτικά σε ένα ερωτηματολόγιο ή σε μια συνέντευξη, αλλά και να ζωγραφίσουν αυτό που φαντάζονται ότι θα έβλεπαν μικροσκοπικά στις διαφορετικές καταστάσεις της ύλης και σε διαφορετικά φαινόμενα (Griffiths & Preston, 1992,

Lee et al., 1993, Gomez et al., 2006, Adbo and Taber 2009, Margel et al. 2008, Merritt et al. 2012).

Γενικότερα, παρατηρείται μια ποικιλομορφία ως προς τα εργαλεία μέτρησης των ιδεών και των γνώσεων των παιδιών, με την πλειονότητα των ερευνών να χρησιμοποιούν ποιοτικές μεθόδους συλλογής δεδομένων, είτε με τη μορφή ερωτηματολογίων ανοικτού τύπου (Gabel et al., 1987, Margel et al., 2008, Adbo and Taber 2009, Ayas et al. 2010) είτε με τη μορφή ημιδομημένων συνεντεύξεων (Novick and Nussbaum, 1981, Griffiths and Preston, 1992, Lee, 1993, Gomez et al., 2006, Taber και Garcia-Franco, 2010, Merritt et al. 2012) είτε με τη μορφή τεστ δύο επιπέδων στα οποία υπήρχε μία ερώτηση κλειστού και μία ανοικτού τύπου (Kahveci and Özalp 2009, Bayadere, 2021). Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι συνεντεύξεις λειτούργησαν ως μέσο τριγωνοποίησης των δεδομένων από τα ερωτηματολόγια (Novick and Nussbaum, 1981, Lee, 1993, Bayadere, 2021).

Η διεξαγωγή ημιδομημένων συνεντεύξεων είναι συνηθισμένη πρακτική στις ποιοτικές έρευνες, λόγω της εμβάθυνσης και ευελιξίας που προσφέρουν. Απαιτούν όμως χρόνο. Λόγω του ανελαστικού προγράμματος των σχολείων αποφασίστηκε για την παρούσα έρευνα να δημιουργηθούν δύο ερωτηματολόγια ανοικτού τύπου τα οποία θα οδηγούσαν τα παιδιά από τον μακρόκοσμο στον μικρόκοσμο, ακολουθώντας τη λογική του αναλυτικού προγράμματος σπουδών και του βιβλίου της φυσικής της Ε' δημοτικού. Ένα πρώτο ερωτηματολόγιο για την ενότητα των στερεών και ένα δεύτερο για τα υγρά και τα αέρια. Τα ερωτηματολόγια θα δίνονταν στα παιδιά λίγες μέρες πριν από την κάθε διδακτική παρέμβαση (pre test), παρουσία της ερευνήτριας, ώστε να παρέχει διευκρινίσεις και υποστήριξη όποτε κρίνονταν απαραίτητο. Με αυτόν τον τρόπο η συμπλήρωσή του ερωτηματολογίου απέκτησε χαρακτηριστικά συνέντευξης. Λόγω δυσκολίας χρήσης της ελληνικής γλώσσας τόσο σε ό,τι αφορά τον προφορικό όσο και τον γραπτό λόγο από τα οκτώ στα δέκα παιδιά, η ερευνήτρια λειτούργησε ενίοτε υποστηρικτικά ως προς αυτά, είτε εξηγώντας μια ερώτηση είτε βοηθώντας τα να λεκτικοποιήσουν τη σκέψη τους.

Στον Πίνακα 5 και στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται τα δύο ερωτηματολόγια με τις ερωτήσεις έτσι όπως δόθηκαν στους συμμετέχοντες και στις συμμετέχουσες στην έρευνα, μαζί με μία τροποποίηση που επέφερε η πιλοτική εφαρμογή στο περιεχόμενο του Test 1.

Το Test 1 (Πίνακας 5) αφορούσε τα στερεά. Συγκεκριμένα τα παιδιά κλήθηκαν αρχικά να περιγράψουν *τι σημαίνει στερεό* και να *αναφέρουν παραδείγματα*, ακολουθώντας το υπόδειγμα ερευνών οι οποίες ζητούν από τα παιδιά να περιγράψουν απευθείας έννοιες και φαινόμενα (Griffiths & Preston, 1992, Lee et al., 1993, Gomez et al., 2006). Στη συνέχεια, τα προσκαλέσαμε να σκεφτούν *μικροσκοπικά* ως προς κάποια ξύλινα εργαλεία επεξεργασίας πηλού που είχαν στα χέρια τους και να απαντήσουν τόσο λεκτικά όσο και με ένα σχέδιο (Griffiths & Preston, 1992, Lee et al., 1993, Gomez et al., 2006, Adbo and Taber 2009, Margel et al. 2008, Merritt et al. 2012).

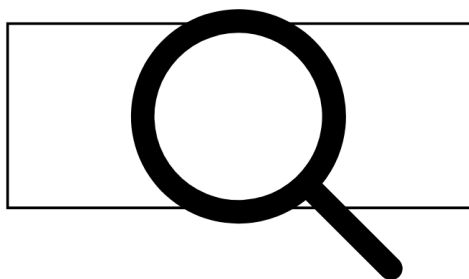
Test 1

A Ενότητα

- 1.α Έχεις ακούσεις τη λέξη στερεό ή στερεό σώμα; Τι είναι;
β. Γράψε μερικά παραδείγματα στερεών.
2. Μπορείς να σκεφτείς ένα στερεό που μπορείς να αλλάξεις το σχήμα του;
Αν απαντήσεις Ναι, πώς μπορεί να γίνει αυτό; Αν απαντήσεις Όχι, εξήγησε την απάντησή σου.

B Ενότητα

1. Αν μπορούσες να δεις με ένα μικροσκόπιο μέσα στο κομμάτι ξύλο που σου δείχνουμε, πώς θα περιέγραφες με δικά σου λόγια αυτό που θα έβλεπες;
2. Αυτό είναι ένα μέρος ξύλου όπως το βλέπουμε με το μικροσκόπιο. Μπορείς να ζωγραφίσεις αυτό που θα έβλεπες;



Πίνακας 5. Test 1

Σε ό,τι αφορά την ερώτηση 1 της ενότητας B, να διευκρινιστεί ότι δείξαμε και μοιράσαμε στα παιδιά ξύλινα εργαλεία επεξεργασίας πηλού, προκειμένου να βοηθήσουμε τη σκέψη τους. Επίσης, προς αποφυγή διαμόρφωσης ή ενίσχυσης της εναλλακτικής ιδέας ότι τα μόρια είναι ορατά με ένα απλό μικροσκόπιο (Lee et al., 1992, Tsapralis et al. 2013), έγινε επισήμανση ότι το μικροσκόπιο στο οποίο αναφερόμαστε είναι ένα σούπερ δυνατό μικροσκόπιο, ακολουθώντας το πρότυπο ερευνών όπως των Lee et al., (1993) και των Gomez et al. (2006).

Στο *πυλοτικό Test 1* είχαμε συμπεριλάβει μια ερώτηση ανοιχτού τύπου σχετικά με τη μάζα, η οποία εμφανίζεται με παρόμοιο τρόπο στη βιβλιογραφία (Lee et al., 1993):

1. Μπορείς να γράψεις μερικά παραδείγματα από τον κόσμο μας που:
 - α) έχουν ύλη (μάζα)
 - β) δεν έχουν ύλη (μάζα);

Είδαμε όμως ότι η συγκεκριμένη ερώτηση δημιούργησε σύγχυση στα παιδιά της πιλοτικής εφαρμογής, όπως επίσης ότι ίσως είναι προτιμότερο να αφήσουμε έξω την ευρύτερη έννοια της ύλης (μάζας), καθώς στη σχεδιαζόμενη ενσώματη προσέγγιση της ύλης η έμφαση θα δινόταν στη σωματιδιακή αναπαράστασή της.

Το Test 2 (Πίνακας 6) αφορούσε τα υγρά και τα αέρια. Αποφασίστηκε, αυτή τη φορά να μη ζητηθεί από τα παιδιά να ορίσουν τι σημαίνει υγρό ή αέριο, αλλά να γίνει απευθείας αναφορά σε συγκεκριμένα παραδείγματα υγρών και αερίων, καθώς όπως φάνηκε από τη συμπλήρωση του post Test 1 για το στερεό, η χρήση παραδειγμάτων βοήθησε τα παιδιά να ορίσουν την ύλη (στερεό). Οι επόμενες ερωτήσεις αφορούσαν το *φαινόμενο της εξαέρωσης* και της *σωματιδιακής κίνησης* των υγρών και των αερίων, ζητώντας και πάλι από τα παιδιά όχι μόνο περιγραφή, αλλά και σχεδιασμό, ακολουθώντας τόσο τις επισημάνσεις του προγράμματος σπουδών σχετικά με την ανάγκη αναγνώριση της σχετικής κίνησης των μορίων στις διαφορετικές καταστάσεις της ύλης, όσο και το πρότυπο ερωτήσεων άλλων ερευνών (Gabel et al., 1987, de Vos & Verdonk, 1996, σελ.19, Adbo and Taber, 2009, Kahveci and Özalp, 2009 Πρόγραμμα σπουδών για το μάθημα Φυσικά, 2022).

Επιπλέον, έχοντας κατά νου μια εναλλακτική ιδέα των εκπαιδευόμενων η οποία εμφανίζεται συχνά στη βιβλιογραφία και η οποία αφορά την αντιμετώπιση των μορίων ως ξεχωριστών οντοτήτων που βρίσκονται εντός της ύλης και όχι πως αποτελούν συστατικά αυτής (Andersson, 1990, Renström et al. 1990, Lee κ.ά. 1993, Harrison, 2001, Liu and Lesniak 2006, Johnson and Papageorgiou 2010, Goldston & Downey, 2012), φροντίσαμε στην ερώτηση 2 τα μόρια να σχηματίζουν το νερό και όχι να βρίσκονται εντός αυτού, όπως θα συνέβαινε αν για παράδειγμα σχεδιάζαμε τη στάθμη αυτού.

Test 2

1. α) Μπορείς να σκεφτείς μερικά παραδείγματα υγρών και μερικά παραδείγματα αερίων;

Υγρά:

Αέρια:

β) Μπορεί να μετατραπεί το νερό από υγρό σε αέριο; Αν ναι, πώς μπορεί να γίνει αυτό;

2. Στο Σχήμα Α έχουμε ένα δοχείο με νερό σε υγρή κατάσταση και οι κουκίδες που βλέπεις είναι τα μόριά του. Κινούνται τα μόριά του; Αν ναι, πώς φαντάζεσαι ότι κινούνται;



Σχήμα Α: Νερό σε υγρή κατάσταση

3. Σχεδιάσε στο Σχήμα Β τα μόρια του Σχήματος Α, όταν το νερό είναι σε αέρια κατάσταση.



Σχήμα Β: Νερό σε αέρια κατάσταση

Κινούνται τα μόρια του νερού όταν είναι αέριο; Αν ναι, πώς φαντάζεσαι ότι κινούνται;

4. Μπορεί να μετατραπεί το νερό από αέριο σε υγρό; Αν ναι, πώς μπορεί να γίνει αυτό;

Πίνακας 6. Test 2

3.4.2 Βίντεο

Το οπτικοακουστικό υλικό από τις τρεις διδακτικές παρεμβάσεις συλλέχθηκε βιντεοσκοπώντας κάθε συνάντηση με δύο κάμερες, οι οποίες ήταν τοποθετημένες με τέτοιο τρόπο ώστε να συλλέγονται δεδομένα από δύο διαφορετικές γωνίες λήψης. Σκοπός ήταν να καλύπτεται οπτικά ολόκληρη η αίθουσα και να μπορούν να καταγραφούν όλες οι ερευνόμενες πηγές ήχου (ομιλία παιδιών).

3.5 Σχεδιασμός διδακτικών παρεμβάσεων

Τα δεδομένα που καθόρισαν τη διαμόρφωση του εργαλείου μέτρησης έπαιξαν καταλυτικό ρόλο και στον σχεδιασμό της διδακτικής παρέμβασης. Μεθοδολογικά κρίθηκε απαραίτητη η παρουσία του Ερευνητή Β στις συναντήσεις με τα παιδιά. Πρώτον, προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι οι πραγματευόμενες επιστημονικές έννοιες θα διατηρούν τη σημασιολογική τους ποιότητα και συνοχή. Δεύτερον, λόγω του ότι ο σχεδιασμός της διδακτικής παρέμβασης θα γινόταν σε μια συνεργατική βάση ενσωματώνοντας τα χαρακτηριστικά του στοχασμού, αναστοχασμού και της δυναμικής αξιολόγησης της κάθε διδακτικής παρέμβασης, διαδικασίες οι οποίες με τη σειρά τους θα οδηγούσαν στον σχεδιασμό της επόμενης. Η παρουσία ενός δεύτερου ερευνητή, μπορεί να δώσει μια άλλη οπτική, διαφορετικές παρατηρήσεις, αλλά και να συμβάλλει στη μετέπειτα ανάλυση των δεδομένων, εξασφαλίζοντας επιπλέον την ερευνητική τριγωνοποίηση (Carter, 2014, Archibald, 2016). Τα παραπάνω χαρακτηριστικά συναντά κανείς στη μεθοδολογία της έρευνας δράσης (McNiff, 2013, Κατσαρού & Τσάφος, 2020), μια ποιοτική μεθοδολογία με σπειροειδή ανάπτυξη στην οποία συναντώνται δύο

διαδικασίες, η ερευνητική και η πρακτική, καθώς ο εκπαιδευτικός είναι ταυτόχρονα και ο ερευνητής.

Σε ό,τι αφορά την παιδαγωγική παράμετρο, αποφασίστηκε πως ένα συνεργατικό και αναστοχαστικό πλαίσιο θα ενσωματωνόταν και στην ίδια τη διδακτική παρέμβαση, με σκοπό τα παιδιά να αλληλεπιδράσουν και να συνεργαστούν μεταξύ τους, αλλά και να οδηγηθούν σε διαδικασίες αναστοχασμού, χαρακτηριστικά καίρια των σύγχρονων παιδαγωγικών προσεγγίσεων για τη μάθηση (Vosniadou, 2001). Επιπλέον, ορίστηκαν εξ αρχής δύο βασικοί στόχοι. Πρώτον, να τοποθετηθούν τα παιδιά στο επίκεντρο της εκπαιδευτικής διαδικασίας, με την ερευνήτρια να λειτουργεί υποστηρικτικά σε μια διαδικασία διερεύνησης των πραγματευόμενων εννοιών μέσω της τέχνης του χορού. Στο σημείο αυτό να αναφέρουμε ότι το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών για το μάθημα της Φυσικής προτείνει την υιοθέτηση μιας *διερευνητικής* προσέγγισης του μαθήματος, με τον/την εκπαιδευτικό να λειτουργεί όχι ως φορέας γνώσης, αλλά υποστηρικτικά, ώστε οι μαθητές και οι μαθήτριες να αναπτύξουν δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και συνεργασίας (Πρόγραμμα σπουδών για το μάθημα Φυσικά, 2022). Δίνοντάς στα παιδιά τη δυνατότητα να παράξουν κάτι αυθεντικά δικό τους, καλλιεργείται η δεξιότητα της αυτορρύθμισης εντός σχολικής τάξης, αλλά και του εσωτερικού κινήτρου (Vosniadou, 2001, Illeris, 2018). Δεύτερον και σε ευθυγράμμιση με τον πρώτο στόχο, αποφασίστηκε η υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης να λαμβάνει υπόψη της και να έχει σαν σημείο εκκίνησης τις εναλλακτικές ιδέες τους για την ύλη, οι οποίες θα αναδύονται μέσα από ερωτήσεις ανοιχτού τύπου κατά τη διάρκεια της παρέμβασης, ενθαρρύνοντας με αυτόν τον τρόπο τη διερεύνηση των παιδιών.

Σε ό,τι αφορά τη γνώση αναφοράς από το πεδίο του χορού, αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί η τεχνική του *δημιουργικού χορού* ή αλλιώς του *χορευτικού αυτοσχεδιασμού*, ο οποίος δεν απαιτεί προηγούμενες γνώσεις και μέσα από τον οποίο ο καθένας και η καθεμία μπορεί να εκφραστεί ελεύθερα (MacDonald, 1991).

Οι συναντήσεις των δύο ερευνητών βιντεοσκοπούσαν προκειμένου να αποτελέσουν ένα υλικό στο οποίο θα μπορούσαν να ανατρέξουν στο πλαίσιο της ανάλυσης των δεδομένων, αλλά και το οποίο θα μπορούσαν να ερευνήσουν περαιτέρω στο πλαίσιο του εσωτερικού διδακτικού μετασχηματισμού ο οποίος έλαβε τόπο. Επιπλέον, ο σχεδιασμός των διδακτικών παρεμβάσεων υποστηρίχθηκε από την ονομαζόμενη Συνεργατική Εργασία Υποστηριζόμενη από Υπολογιστή (CSCW, Computer-Supported Cooperative Work) (Schmidt, 2016, Bullinger-Hoffmann et al., 2021), καθώς καταγράφονταν σε κοινόχρηστα έγγραφα, τα οποία προσέφεραν μεταξύ άλλων τη δυνατότητα μιας συνεργατικής επεξεργασίας, τόσο σύγχρονα όσο και ασύγχρονα, ενώ όποτε κρινόταν απαραίτητο, πραγματοποιούνταν τηλεδιασκέψεις.

Ακολουθεί ένα σχεδιάγραμμα των συναντήσεων των δύο ερευνητών χωρισμένο σε φάσεις, το οποίο αποτυπώνει με λόγια και εικόνες τη μεταξύ τους διαπραγμάτευση καθώς και

τα αποτελέσματα αυτών των συναντήσεων, τα οποία οδήγησαν σταδιακά στη διαμόρφωση της κάθε διδακτικής παρέμβασης. Πραγματοποιήθηκαν *οκτώ συναντήσεις*, συνολικής διάρκειας περίπου *40 ωρών*.

Φάση 1 - Θέτοντας το πλαίσιο (Μία συνάντηση, 4 ώρες)

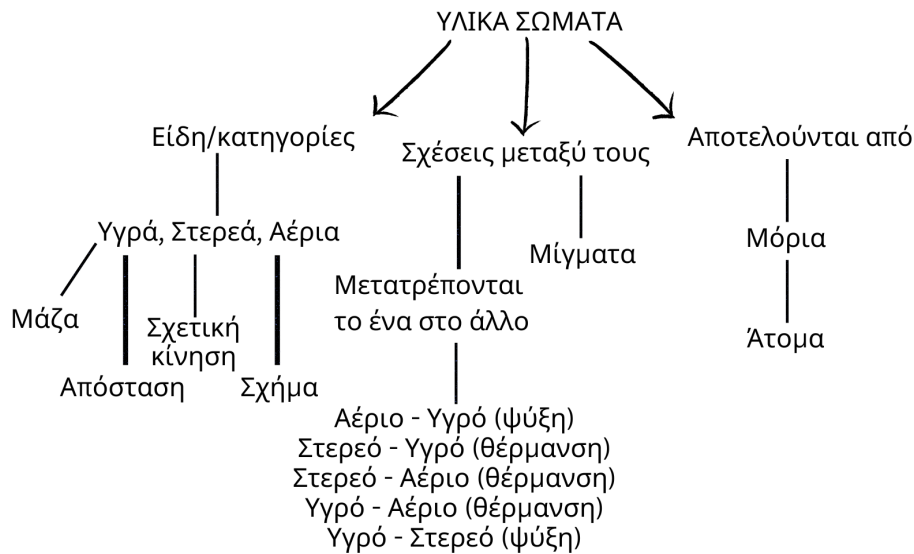
1. Αρχικά, οι δύο ερευνητές συζήτησαν για τα στάδια πάνω στα οποία θα δομηθεί ο σχεδιασμός της διδακτικής παρέμβασης. Συγκεκριμένα, αποφασίστηκε ότι σε κάθε συνάντηση με τα παιδιά: α) θα γίνεται πρώτα μια κινητική ενεργοποίηση αυτών με οδηγίες που θα τα υποστηρίζουν στη μετέπειτα χορογραφική τους δουλειά, β) θα ακολουθεί η ανάδυση των εναλλακτικών τους ιδεών πάνω σε συγκεκριμένες εννοιολογικές διαστάσεις της ύλης με αφετηρία τις οποίες θα καλούνται να δημιουργήσουν μια μικρή ομαδική χορογραφία, και γ) θα εισέρχεται με κάποιο τρόπο η γνώση αναφοράς από τη φυσική πάνω στην οποία τα παιδιά θα καλούνται να τροποποιήσουν όπου χρειάζεται τη χορογραφία τους. Με όρους διδασκαλίας, ο τρόπος εισαγωγής της γνώσης αναφοράς από την φυσική δεν προσδιορίστηκε σε αυτή τη φάση από τους ερευνητές, και μάλιστα τέθηκε ως κομβικό ερώτημα ώστε να ενταχθεί σε ένα πλαίσιο διερευνητικής προσέγγισης με προσανατολισμό στην σωματοποίηση των σχετικών εννοιών αναγνωρίσιμων από τα παιδιά σε ένα καθημερινό πλαίσιο κοινωνικών πρακτικών.

2. Υπήρξε συμφωνία των δύο ερευνητών για τους ρόλους τους στις διδακτικές παρεμβάσεις με τα παιδιά. Η Ερευνήτρια Α θα έχει τον ρόλο της εκπαιδευτικού και ο Ερευνητής Β θα έχει έναν ρόλο επικουρικό ως προς την Ερευνήτρια Α και τα παιδιά, παρεμβαίνοντας όταν κρίνει ότι χρειάζεται να διευκρινιστεί κάτι που αφορά τις πραγματευόμενες επιστημονικές έννοιες.

Φάση 2 - Ένας πρώτος σχεδιασμός - Το ανθρώπινο σώμα ως μόριο (Δύο συναντήσεις, διάρκεια 10 ώρες)

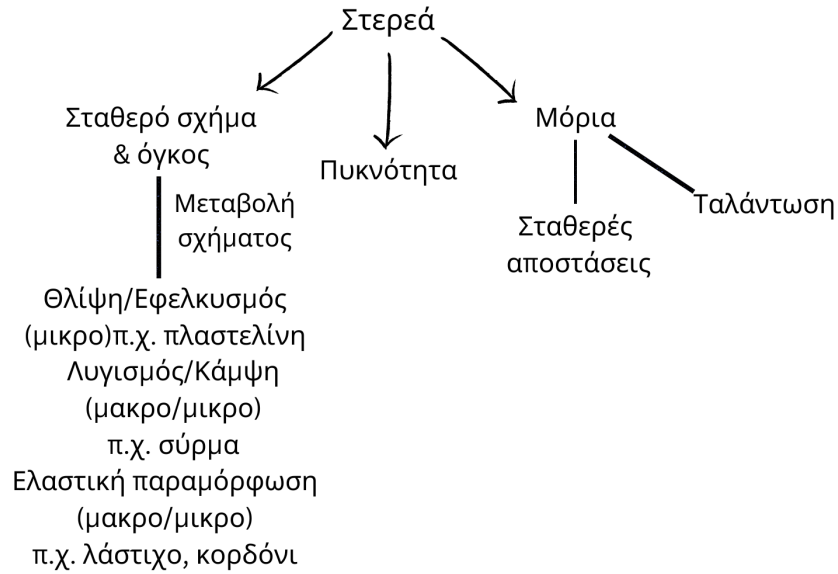
1. Οι δύο ερευνητές συζήτησαν πάνω στο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών, το βιβλίο Φυσικής της Ε΄ δημοτικού και την επισκόπηση της βιβλιογραφίας που είχε προηγηθεί (τις εναλλακτικές ιδέες των παιδιών, τις σχετικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες, εργαλεία αξιολόγησης των ιδεών και των γνώσεων των παιδιών) σε σχέση με την ενότητα της ύλης.

2. Συντάχθηκε ένας νοητικός χάρτης με τις εννοιολογικές διαστάσεις της ύλης. Στο Σχήμα 2, παρουσιάζεται μία συνοπτική απεικόνιση αυτού.



Σχήμα 2 . Υλικά σώματα (εννοιολογικές διαστάσεις)

3. Συζήτηση των δύο ερευνητών πάνω στον νοητικό χάρτη της ύλης αναζητώντας τις έννοιες που θα μπορούσαν να αποδοθούν κινητικά. Σαν σημείο εκκίνησης επιλέχθηκαν τα στερεά, πάνω στις εννοιολογικές διαστάσεις των οποίων έγινε μία δεύτερη συζήτηση ανατρέχοντας ξανά στη βιβλιογραφία και στη γνώση αναφοράς. Στο επίκεντρο της συζήτησης βρέθηκε η σωματιδιακή δομή των στερεών και ο τρόπος που αυτή αναφέρεται βιβλιογραφικά, αλλά και πιο συγκεκριμένα στο σχολικό βιβλίο: “Στα στερεά σώματα τα μόρια κινούνται πολύ κοντά το ένα στο άλλο και κοντά σε μόνιμες θέσεις τις οποίες δεν αλλάζουν, έτσι ώστε ούτε να πλησιάζουν μεταξύ τους ούτε να απομακρύνονται.” (Αποστολάκης κ.ά., 2014). Ακόμη, οι δύο ερευνητές στάθηκαν στη συχνή αναφορά διαφορετικών πηγών στη μη αλλαγή του σχήματος των στερεών και στις προϋποθέσεις που αυτό συμβαίνει. Αυτό αποτυπώνεται και στο βιβλίο μαθητή της Φυσικής: “Το σχήμα των στερεών είναι επίσης σταθερό, ενώ το σχήμα των υγρών και των αερίων μεταβάλλεται ανάλογα με το σχήμα του δοχείου που τα περιέχει.” (Αποστολάκης κ.ά., 2014). Γεγονός όμως είναι ότι τα στερεά μπορούν να αλλάξουν το σχήμα τους, εφόσον τους ασκηθεί μία εξωτερική δύναμη (Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, n.d.), μια διάσταση που πραγματεύτηκε και η προαναφερθείσα διδακτική παρέμβαση των Varelas et al.(2007). Κατόπιν, συντάχθηκε ένας δεύτερος νοητικός χάρτης για τα Στερεά, ο οποίος αποτυπώνεται στο Σχήμα 3.



Σχήμα 3. Στερεά

Με σημείο αναφοράς τον παραπάνω νοητικό χάρτη, οι δύο ερευνητές συζήτησαν το ενδεχόμενο η πρώτη συνάντηση με τα παιδιά να αφορά την ενότητα των στερεών. Είναι βοηθητικό να ξεκινήσει κανείς να χτίζει ένα μοντέλο πρώτα για τα στερεά ή για τα στερεά και τα υγρά ως καταστάσεις της ύλης και στη συνέχεια να χρησιμοποιήσει το μοντέλο αυτό προκειμένου να μιλήσει για τα φαινόμενα του βρασμού και της εξάτμισης, άρα και για την αέρια μορφή της ύλης (Millar, 1990, Vosniadou, 2008). Σύμφωνα με τον Millar (1990) τα παιδιά χρειάζονται χρόνο προκειμένου να αντιληφθούν ότι τα αέρια είναι ύλη.

4. Κατόπιν πρότασης της Ερευνήτριας Α, οι δύο ερευνητές πειραματίστηκαν κινητικά πάνω στους τρόπους που θα μπορούσε να αποδοθεί αφενός η σωματιδιακή κίνηση των μορίων του στερεού και αφετέρου η αλλαγή του σχήματος ενός στερεού, μέσω της *μεταμόρφωσης των ίδιων των παιδιών σε μόρια*. Η ερευνήτρια σε μια απόπειρα ενός πρώτου μετασχηματισμού της κίνησης των μορίων του στερεού, πρότεινε μια απόδοσή της με μικροκινήσεις των μελών και ολόκληρου του σώματος, θεωρώντας ότι η δημιουργία μιας μικρής χορογραφίας με μια σχετική κινητική ποικιλομορφία θα κινήσει περισσότερο το ενδιαφέρον των παιδιών και θα είναι πιο δημιουργική, αντί του περιορισμού τους σε μια ταλάντωση του σώματος στο σημείο. Όμως, προκειμένου να υπάρχει επιστημονική συμβατότητα της χορογραφίας με την κίνηση των μορίων των στερεών, τέθηκε η εξής παράμετρος: Η *μη μετακίνηση των παιδιών ή αλλιώς των μορίων*. Επομένως κινούμαστε, χωρίς να μετακινούμαστε, ώστε να διατηρούνται σταθερές οι θέσεις των μορίων και εν τέλει να προκύπτει η μακροσκοπική ιδιότητα του σταθερού σχήματος του στερεού (εφόσον δεν του ασκηθεί κάποια εξωτερική δύναμη). Σε αυτή τη φάση τέθηκε ένα σημαντικό ερώτημα:

Πώς θα υποστηρίξουμε τα παιδιά να φτάσουν *μόνα τους* στην απόδοση της ‘σωστής’ κίνησης των μορίων του στερεού; Ποια οδηγία θα χρειαστεί να τους δοθεί ώστε τα παιδιά να αναζητήσουν με κάποιον τρόπο τι πραγματικά συμβαίνει σε μικροσκοπικό επίπεδο; Η ερευνήτρια πρότεινε να δοθεί στα παιδιά αρχικά η οδηγία να φτιάξουν μια ομαδική χορογραφία στην οποία θα ενσωματώσουν κινήσεις των χεριών, των ποδιών και μετακίνηση, δίχως να γίνει κάποια αναφορά στο στερεό. Η λέξη κλειδί εδώ είναι η *μετακίνηση*. Γιατί στη συνέχεια, αφού επιλέξουν τα παιδιά ένα στερεό της επιλογής τους, θα προσπαθήσουν να μετασχηματίσουν συνεργατικά τη χορογραφία τους ώστε να γίνουν ένα κομμάτι αυτού του στερεού, στη λογική του περιορισμού της αρχικής τους μετακίνησης, αφού μακροσκοπικά θα αντιλαμβάνονται κάτι που δεν κουνιέται. Να φανταστούν δηλαδή πώς είναι μέσα στο στερεό και να το περιγράψουν με τη χορογραφία τους. Ουσιαστικά πρόκειται για μία άρρητη πρόσκληση των παιδιών να σκεφτούν με μικροσκοπικούς όρους, που στην περίπτωση των στερεών είναι ισοδύναμο με αυτό που παρατηρούν μακροσκοπικά. Άρα αυτό που αναμένεται χορογραφικά από εκείνα είναι να σκεφτούν να περιορίσουν τη μετακίνηση.

5. Σε ό, τι αφορά την αλλαγή του σχήματος, οι δύο ερευνητές πειραματίστηκαν *μακροσκοπικά* και έπειτα *“μικροσκοπικά”*, ακολουθώντας το παράδειγμα της ελαστικής παραμόρφωσης του λάστιχου. Μακροσκοπικά, εξερευνώντας τις δυνατότητες των σωμάτων τους για το συγκεκριμένο ζητούμενο, δοκίμασαν ο ένας να αποδώσει με το σώμα του την εξωτερική δύναμη, τραβώντας πλάγιως το χέρι του άλλου, και ο άλλος όντας κρατημένος με το άλλο χέρι από ένα σταθερό σημείο, να επιτρέψει στο σώμα του να τεντωθεί από την άσκηση της εξωτερικής δύναμης. Μικροσκοπικά, ‘μεταμορφώθηκαν’ και πάλι σε μόρια, εξερευνώντας την επίδραση της εξωτερικής δύναμης στα μόρια του λάστιχου, ενσωματώνοντας σε όρθια θέση μια μικρή μετακίνησή ώστε να αυξηθεί η μεταξύ τους απόσταση και να επιμηκυνθεί το συνολικό τους σχήμα.

6. Στη συνέχεια, συζητήθηκαν και οι άλλες δύο καταστάσεις της ύλης, τα χαρακτηριστικά αυτών και το πώς θα μπορούσαν να αποδοθούν μικροσκοπικά μέσω μιας συλλογικής χορογραφίας. Μια πρώτη ιδέα ήταν τα παιδιά να μετασχηματίζουν τις αρχικές τους χορογραφίες, προκειμένου να μεταβαίνουν στις διαφορετικές καταστάσεις της ύλης. Πρώτα στα υγρά και έπειτα στα αέρια, με την επίδραση της θερμότητας. Παραμένει ως σκοπός τα παιδιά μέσω της δικής τους διερεύνησης και των χορογραφιών τους να προσεγγίσουν σωματιδιακά τις άλλες δύο καταστάσεις. Η ερευνήτρια Α με τον ερευνητή Β συμφώνησαν τα παιδιά κατά την μετάβαση στην υγρή κατάσταση να προσθέσουν τη μετακίνηση στη χορογραφία τους και την αλλαγή θέσεων μέσα σε έναν συγκεκριμένο χώρο και έπειτα με τη νέα παροχή θερμότητας να αρχίσουν να ταξιδεύουν ελεύθερα στο χώρο. Η Ερευνήτρια Α περιέγραψε στον Ερευνητή Β τη δυνατότητα να δημιουργηθεί τελικά μια ολοκληρωμένη χορογραφία με αρχή, μέση και τέλος, στην οποία θα αποτυπώνονται σωματιδιακά οι τρεις

καταστάσεις της ύλης, με κάποιο ή κάποια παιδιά να αποτυπώνουν κινητικά την επίδραση της θερμότητας στις αλλαγές φάσης.

Φάση 3 - Τρόποι ανάδυσης και αξιοποίησης των εναλλακτικών ιδεών των παιδιών (Μία συνάντηση, 4 ώρες)

Επόμενο κομβικό σημείο του διδακτικού σχεδιασμού αποτέλεσε η συζήτηση για τους τρόπους *ανάδυσης και αξιοποίησης των εναλλακτικών ιδεών* των παιδιών για την ύλη. Για λόγους που αναλύονται στην ενότητα 3.3.1 επιλέχθηκε η αρχική ανάδυση των ιδεών να γίνει μέσω των ερωτηματολογίων ανοιχτού τύπου του pre test 1. Τα ερωτηματολόγια θα αποτελούσαν το σημείο εκκίνησης του σχεδιασμού των διδακτικών παρεμβάσεων. Το δεύτερο στάδιο ανάδυσης των ιδεών πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, καθώς είχε εξαρχής οριστεί ότι με αφετηρία τις δικές τους ιδέες θα καλούνταν να συνεργαστούν και να χορογραφήσουν. Η ερευνήτρια Α κατά τη διδακτική παρέμβαση 1 θα ζητούσε από τα παιδιά να διατυπώσουν τις σκέψεις τους σε σχέση με ό,τι έγραψαν στα ερωτηματολόγια αλλά αλλά και θα διατύπωνε προς τα παιδιά σχετικές ερωτήσεις.

Φάση 4 - Δόμηση της 1ης διδακτικής παρέμβασης (Μία συνάντηση, 5 ώρες)

Τα δεδομένα από το Test 1 (pre), η γνώση αναφοράς από το πεδίο του χορού και της φυσικής, ο νοητικός χάρτης για τα στερεά του Πίνακα 2, καθώς και ο συνολικός αναστοχασμός και η ανατροφοδότηση μεταξύ των ερευνητών της προηγούμενης φάσης, οδήγησαν στον σχεδιασμό της πρώτης διδακτικής παρέμβασης η οποία πραγματευόταν επιλεγμένες εννοιολογικές διαστάσεις του στερεού, τόσο μακροσκοπικά όσο και μικροσκοπικά.

Διδακτική παρέμβαση 1 : Εννοιολόγηση στερεού (συνολική διάρκεια: δύο διδακτικές ώρες)

1. *Κινητική ενεργοποίηση παιδιών* (διάρκεια: 20 λεπτά).

2. *Δημιουργία πρώτης χορογραφίας*. (διάρκεια: 10 λεπτά)

Κάθε παιδί δημιουργεί ένα σόλο (πρώτη χορογραφία) με την εξής οδηγία: “Χρησιμοποιείστε όλο το σώμα σας χέρια, πόδια, κεφάλι, κορμό και βάλτε στη χορογραφία σας και μια μικρή μετακίνηση.”

3. Συζήτηση και επιλογή στερεού (διάρκεια: 15 λεπτά)

Συζητάμε με τα παιδιά σχετικά με το *τι είναι στερεό*. Ερώτηση ερευνήτριας: “Σας ρωτήσαμε στο χαρτί που σας δώσαμε τι είναι στερεό. Μπορείτε να βρείτε κάποια στερεά στον χώρο που βρισκόμαστε;” Αν χρειαστεί θα αναφερθούμε στα παραδείγματα που έγραψαν στα ερωτηματολόγια.

Στη συνέχεια τα προσκαλούμε να επιλέξουν όλα μαζί ένα στερεό. Σχεδιάζουμε το αντικείμενο της επιλογής τους στον πίνακα της αίθουσας. Παράδειγμα:



Ερώτηση ερευνήτριας: “Φανταστείτε ότι με ένα σούπερ μικροσκόπιο μπορούμε να δούμε μέσα σε ένα κομμάτι του αντικειμένου αυτού (κυκλώνουμε το κομμάτι αυτό, σχεδιάζουμε και έναν μεγεθυντικό φακό). Θέλουμε αυτό που βλέπετε να το δείξετε με τα σόλι που έχετε φτιάξει (πρώτη χορογραφία), φέρνοντας όλα τα σόλι μαζί, δημιουργώντας μία ομαδική χορογραφία.” Τονίζουμε ότι θα πρέπει να συνεργαστούν και πως είναι ελεύθερα να κάνουν τις αλλαγές που χρειάζεται στο σόλο τους, ώστε να γίνουν όλα μαζί το κομμάτι του στερεού. Βοηθητική φράση, η οποία προσκαλεί τα παιδιά στον μικρόκοσμο: “Θα πρέπει να γίνετε, να χορέψετε αυτό που βλέπετε.”

4. Δημιουργία ομαδικών χορογραφιών (διάρκεια: 15 λεπτά)

Τα παιδιά χωρίζονται σε δύο ομάδες. Η κάθε ομάδα εργάζεται σε μία μεριά της αίθουσας.

5. Παρουσίαση χορογραφιών και συζήτηση (διάρκεια 10 λεπτά)

Η κάθε ομάδα παρουσιάζει τη χορογραφία της στον χώρο εργασίας της. Η ομάδα-θεατής παραμένει στον χώρο της ενεργή. Μετά από την πρώτη παρουσίαση ρωτάμε: “Πώς σας φάνηκε αυτό που είδατε;” Παρουσιάζει η άλλη ομάδα.

Οι ομάδες παραμένουν στις θέσεις τους. Επαναλαμβάνουν τις χορογραφίες τους.

Ερωτήσεις της ερευνήτριας Α προς τα παιδιά:

α) Αν δε μετακινούνται στη χορογραφία τους: “Γιατί επιλέξατε να σταθείτε έτσι; ή “Γιατί έχετε τις τάδε θέσεις;”

β) Αν μετακινούνται: “Θεωρείτε ότι το τάδε αντικείμενο θα ήταν έτσι/στερεό αν τα μόριά του μετακινούνταν;”

γ) Αν ακινητοποιηθούν πλήρως: “Αφαιρέσατε τη μετακίνηση. Γιατί; Πώς μπορούμε να έχουμε αυτό το σχήμα του αντικειμένου;” Τώρα φτιάξτε το ξανά, αλλάζοντας τη χορογραφία σας.

5. Ένωση των δύο χορογραφιών (διάρκεια 5 λεπτά)

Στο τέλος θα ενώσουμε τις δύο χορογραφίες των δύο ομάδων στον χώρο, δημιουργώντας ένα μεγαλύτερο κομμάτι του στερεού.

6. Αλλαγή σχήματος (διάρκεια: δέκα λεπτά)

Θα χρησιμοποιήσουμε ένα μακρύ λεπτό σύρμα, το οποίο τα παιδιά θα κληθούν να αναπαραστήσουν στο αρχικό του σχήμα και μετά σε αυτό που προέκυψε ως αποτέλεσμα μιας εξωτερικής δύναμης, π.χ. του λυγισμού, διατηρώντας παράλληλα τον ρόλο τους ως μόρια.

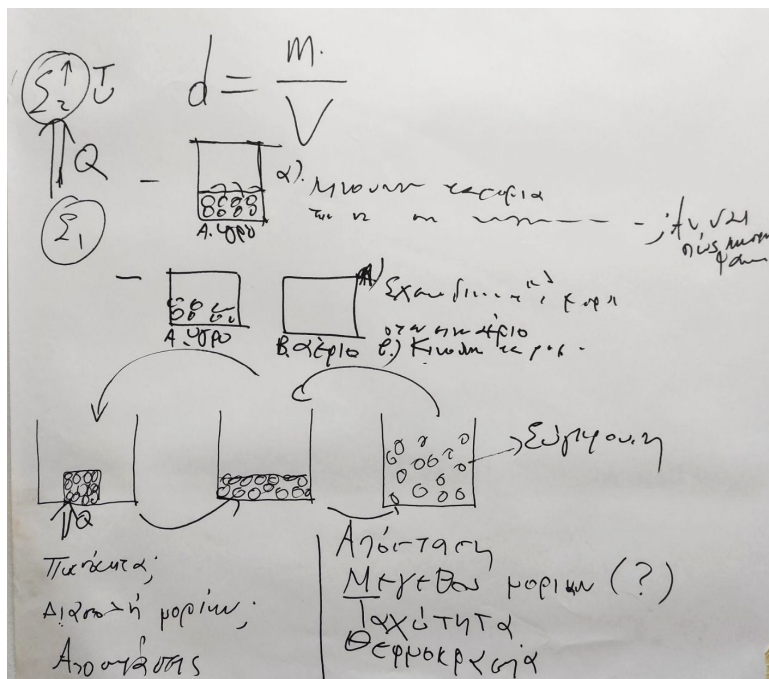
Ερώτηση προς όλα τα παιδιά αφού δημιουργήσουν με το σώμα τους το σχήμα: “Μπορούμε να αλλάξουμε το σχήμα του κομματιού του στερεού που είστε τώρα;”

7. Συζήτηση (διάρκεια: πέντε λεπτά)

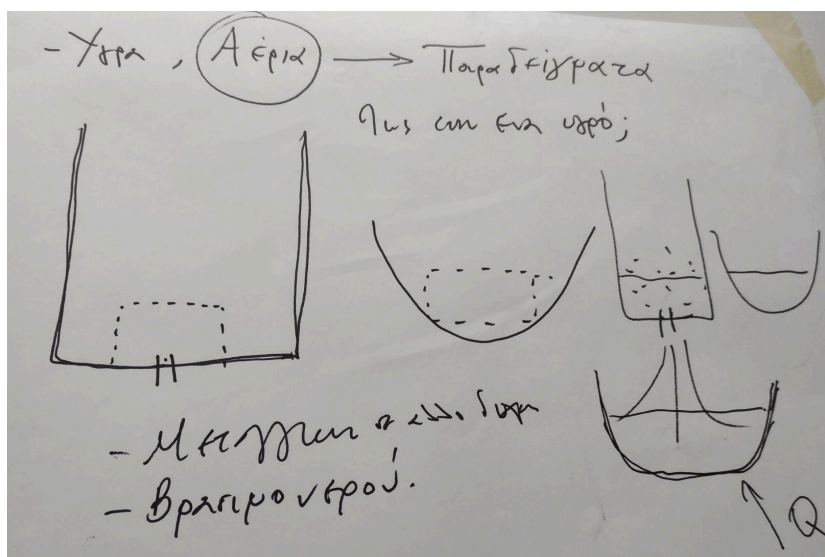
Συζήτηση αναστοχασμού και ανατροφοδότησης πάνω στις προηγούμενες δραστηριότητες. Ενδεικτικές ερωτήσεις: “Τι κάναμε”, “Τι ήσασταν;”, “Τι μας δυσκόλεψε;”, “Τι μας άρεσε;”

Φάση 5 - Δόμηση της δεύτερης διδακτικής παρέμβασης (Δύο συναντήσεις των ερευνητών, 10 ώρες)

Στο πλαίσιο υποστήριξης του σχεδιασμού της δεύτερης διδακτικής παρέμβασης για τα υγρά και τα αέρια, πέρα από την αξιολόγηση και χρήση των δεδομένων από το pre test 2 και της εμπειρίας από την πρώτη διδακτική παρέμβαση, δημιουργήθηκαν κατά την αλληλεπίδραση των δύο ερευνητών και αξιοποιήθηκαν τα διαγράμματα που απεικονίζονται στο Σχήμα 4 και στο Σχήμα 5.



Σχήμα 4. Σχέδια με τη σωματιδιακή προσέγγιση της ύλης



Σχήμα 5. Σχέδια για τις τρεις καταστάσεις της ύλης και τη μετάγγιση

Αρχικά, συμφωνήθηκε η διδακτική παρέμβαση να έχει πιο σύντομη διάρκεια (μία διδακτική ώρα), καθώς παρατηρήθηκε ότι στην πρώτη παρέμβαση τα παιδιά είχαν αρχίσει να χάνουν τη συγκέντρωσή τους προς το τέλος της δεύτερης διδακτικής ώρας. Επιπλέον, αποφασίστηκε πως το νερό το οποίο είναι οικείο στα παιδιά και εύκολο να χρησιμοποιηθεί πειραματικά στην τάξη, μέσω για παράδειγμα της χρήσης ενός μπουκαλιού νερού ως βοηθητικού αντικειμένου, θα αποτελέσει το παράδειγμα μέσω του οποίου θα μπορούσαν τα παιδιά να διερευνήσουν τη μετάβαση από τη στερεή στην υγρή και κατόπιν στην αέρια

κατάσταση. Όπως αποτυπώνεται και στο Σχήμα 4, υπήρξε ένας προβληματισμός σε σχέση με την έννοια της πυκνότητας. Συζητήθηκε η πιθανότητα να εισαχθεί στη δεύτερη παρέμβαση ως μία μακροσκοπική ιδιότητα της ύλης η οποία όμως καθορίζεται από τον μικρόκοσμο και της οποίας η τιμή αλλάζει από τη μετάβαση στη μία κατάσταση στην άλλη. Όμως, το νερό έχει μια ιδιαιτερότητα ως προς την πυκνότητά του. Ο πάγος, το στερεό νερό, έχει μικρότερη πυκνότητα απ' ό τι το υγρό νερό (ως τη θερμοκρασία περίπου των 4 βαθμών C), κάτι που δεν μπορεί να γενικευθεί για την ύλη, οπότε αποφασίστηκε να αποκλειστεί η διερεύνηση της πυκνότητας στην παρούσα φάση.

Στη επόμενη συνάντηση των δύο ερευνητών αποφασίστηκε να εισαχθεί η έννοια της *μετάγγισης* (Σχήμα 5) με αυθόρμητη ροή ως ιδιαίτερο γνώρισμα των υγρών, το οποίο θα μπορούσε να οδηγήσει τα παιδιά στην κιναισθητική συνειδητοποίηση πως τα μόρια του νερού μπορούν να μετακινηθούν, αλλά και να πλησιάσουν το ένα το άλλο. Προτάθηκε η μετάγγιση να αποδοθεί ως εξής: Αφού θα έχουμε φτιάξει στο πάτωμα της αίθουσας δύο δοχεία με χαρτοταινία σε κατακόρυφη διάταξη (βλ. Σχήμα 5), θα προσκαλέσουμε τα παιδιά να εισέλθουν στο πάνω δοχείο ώστε να αποδώσουν κινητικά τα μόρια του υγρού νερού, κάνοντας τις αλλαγές που χρειάζεται στην ομαδική χορογραφία του στερεού από την 1η διδακτική παρέμβαση. Στη συνέχεια θα αφαιρέσουμε ένα μικρό μέρος της χαρτοταινίας από τον πάτο του δοχείου, ώστε να υποστηρίξουμε τα παιδιά να σκεφτούν πως μάλλον θα πρέπει να πέσουν στο κάτω δοχείο. Προκειμένου να συμβεί αυτό, αλλά και για να χωρέσουν από το άνοιγμα που θα έχουμε δημιουργήσει, θα πρέπει να έρθουν αναγκαστικά κοντά το ένα με το άλλο. Η ιδέα είναι να προσεγγίσουν με το σώμα τους τη δυναμική που έχουν τα υγρά (νερό), παρόλο που είναι ακίνητα μακροσκοπικά σε ένα δοχείο, να μετέχουν σε μία κατάσταση αυθόρμητης ροής μέσω της βαρύτητας. Αυτή η δυνατότητα ίσως επιτρέπει στα παιδιά να σκεφτούν ότι κάτι διαφορετικό μπορεί να συμβαίνει στα μόρια του υγρού σε σχέση με τα μόρια του στερεού νερού ως προς την κινητική τους ελευθερία, το οποίο βιωματικά με όρους μετάγγισης θα κληθούν να το διερευνήσουν. Στο νέο πλέον δοχείο, θα παρέχουμε θερμότητα προκειμένου να οδηγήσουμε τα παιδιά να σκεφτούν τι θα συμβεί στα μόρια του υγρού νερού με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Διδακτική παρέμβαση 2 : Εννοιολόγηση υγρού και αερίου (συνολική διάρκεια: μία διδακτική ώρα)

1. Ολιγόλεπτη *κινητική ενεργοποίηση* των παιδιών σε κύκλο (διάρκεια: 5 λεπτά)

2. *Αναφορά σε παραδείγματα υγρών και υπενθύμιση της προηγούμενης διερεύνησής τους γύρω από την κίνηση των μορίων του στερεού* (διάρκεια: 5 λεπτά)

Η Ερευνήτρια Α ζητά από τα παιδιά να αναφέρουν παραδείγματα υγρών: “Μπορείτε να μας αναφέρετε μερικά παραδείγματα υγρών;” (Παραπομπή αν χρειαστεί σε αυτά που είχαν γράψει στο ερωτηματολόγιο.)

Έπειτα τους θυμίζει: “Ήσασταν τα μόρια της σκηνής και είχατε φτιάξει μια χορογραφία (στην 1η διδακτική παρέμβαση τα παιδιά επέλεξαν να αναπαραστήσουν τα μόρια της θεατρικής σκηνής που υπήρχε εντός της αίθουσας). Πώς κινούσασταν?” “Θυμάστε ότι δεν μπορούσατε να μετακινηθείτε γιατί ήσασταν μόρια στερεού σώματος?” Δίνει έμφαση στον περιορισμό της μετακίνησης.

3. Διερεύνηση κίνησης μορίων υγρού νερού και μετάγγιση (διάρκεια: 15 λεπτά)

Η Ερευνήτρια Α προσκαλεί όλα τα παιδιά να μπουν στο πάνω δοχείο. “Τώρα είστε μόρια του τάδε υγρού” (νερού). “Πώς πρέπει να αλλάξετε την ομαδική χορογραφία σας, ώστε να γίνετε μόρια υγρού;” “Σκεφτείτε, φανταστείτε με ποιο τρόπο κινούνται.” “Θυμηθείτε πώς ήσασταν ως μόρια στερεού, ως μόρια της σκηνής. Τι θα αλλάξει τώρα;”

Για να υποστηριχθεί η διερεύνησή τους, τους δείχνουμε και τους δίνουμε ένα πλαστικό μπουκάλι με παγωμένο νερό και ένα με υγρό νερό. Αυτό ίσως λειτουργήσει βοηθητικά ώστε η χορογραφία τους να αποκτήσει μετακίνηση και πάλι.

“Ανοίγουμε μια μικρή τρύπα στη βάση του δοχείου. Τι θα γίνει;” Εδώ περιμένουμε να δούμε τι θα αποφασίσουν και πώς θα κινηθούν.

4. Σύνομη συζήτηση αναστοχασμού και ανατροφοδότησης (διάρκεια: 5 λεπτά)

Βοηθητικές ερωτήσεις ενώ τα παιδιά είναι μέσα στο δεύτερο δοχείο: “Τι κάναμε;” “Τι άλλαξε σε σχέση με όταν ήσασταν μόρια στερεού;” “Τι συνέβη όταν τρυπήσαμε το δοχείο;” “Τι συνέβη όταν περάσατε μέσα από το άνοιγμα;”, “Πώς κινούσασταν;”

5. Αέρια κατάσταση της ύλης (διάρκεια: 10 λεπτά)

Ενώ τα παιδιά είναι στο δεύτερο δοχείο η Ερευνήτρια Α ρωτάει: “Μπορείτε να αναφέρετε μερικά παραδείγματα αερίων;” Πάλι αν χρειαστεί θα γίνει παραπομπή στα ερωτηματολόγια.

“Πώς μπορούμε να μετατρέψουμε το υγρό νερό που είμαστε τώρα σε αέριο;” Κάποια παιδιά μπορούν να βγουν εκτός δοχείου και να αναπαραστήσουν τη θερμότητα σωματικά (π.χ. κύμα με χέρια). “Πώς θα πρέπει να αλλάξει η χορογραφία ώστε να γίνετε αέριο;”

Εδώ θα πρέπει να αρχίσουν να κινούνται πιο γρήγορα, ακόμα και να αποδομήσουν τη χορογραφία τους, ώστε να αρχίσουν να φεύγουν από το δοχείο και να απλωθούν σε όλη την αίθουσα. “Σκεφτείτε τι συμβαίνει όταν το νερό βράζει”

6. *Σύντομη συζήτηση αναστοχασμού και ανατροφοδότησης* (διάρκεια: 5 λεπτά)

Βοηθητικές ερωτήσεις: “Τι άλλαξε τώρα που ήσασταν μόρια αερίου;” ή “Τι άλλαξε στην κίνησή σας, στην κίνηση των μορίων του νερού όταν άρχισε να ζεσταίνεται;”

Φάση 7 - Δόμηση της 3ης παρέμβασης (Δύο συναντήσεις, 8 ώρες)

Κατόπιν συζήτησης, οι δύο ερευνητές συμφώνησαν πως η τρίτη παρέμβαση θα αποτελούσε μια εκ νέου πραγμάτευση και διερεύνηση των όσων είχαμε πει και κάνει στις προηγούμενες δύο συναντήσεις, λειτουργώντας σαν ένα είδος επαναπροσδιορισμού, ενσώματης αξιολόγησης, αλλά και ενσώματου αναστοχασμού των παιδιών. Αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί ξανά το νερό, όπως και στη δεύτερη παρέμβαση, ξεκινώντας αυτή τη φορά από τη στερεά του μορφή, περνώντας στην υγρή και έπειτα στην αέρια, με σημείο εκκίνησης ένα μακροσκοπικό ερέθισμα, το οποίο τα παιδιά θα προσπαθούσαν να αποδώσουν μικροσκοπικά μέσω των κινούμενων σωμάτων τους, όντας για άλλη μία φορά τα μόρια της ύλης. Συμφωνήθηκε το μακροσκοπικό ερέθισμα να δοθεί μέσω της προβολής ενός σύντομου βίντεο, το οποίο θα δημιουργούσε η Ερευνήτρια Α και το οποίο θα συνοδεύταν από τις “*Τέσσερις εποχές*” του Vivaldi. Στο βίντεο θα φαινόταν ένα δοχείο ζέσεως το οποίο περιέχει ένα μεγάλο κομμάτι πάγου. Με την παροχή θερμότητας από την εστία, ο πάγος σταδιακά θα λιώνει μέχρι να γίνει υγρό νερό, έπειτα θα μεταγγίζεται σε ένα άλλο δοχείο και ερχόμενο στο στάδιο του βρασμού, θα γίνεται αέριο νερό. (Το βίντεο βρίσκεται εδώ: <https://vimeo.com/917830807>, password: matter).

Η επιλογή της συγκεκριμένης μουσικής εξυπηρέτησε έναν διπλό σκοπό. Αφενός το άκουσμά της να παρασύρει κινητικά τα παιδιά και αφετέρου λόγω του ίδιου του χαρακτήρα και της θεματολογίας των συγκεκριμένων συνθέσεων του Vivaldi, οι οποίες ανήκουν στην κατηγορία της λεγόμενης μουσικής προγράμματος, δηλαδή μουσικής που γράφτηκε για να αποτυπώσει συγκεκριμένα γεγονότα, συναισθήματα ή κείμενα (Herokoski, 2014), στην προκειμένη περίπτωση σονέτα τα οποία μιλούσαν γλαφυρά για τις τέσσερις εποχές. Αυτόν το συγκεκριμένο και περιγραφικό χαρακτήρα των συνθέσεων θελήσαμε να δανειστούμε, οι οποίες προσπαθούν μέσω του ήχου να μας μεταφέρουν σε κάτι μη ορατό, προκειμένου να υποστηριχθούν τα παιδιά στην προσέγγιση του αόρατου μικρόκοσμου μέσω των σωμάτων τους. Κάθε κατάσταση της ύλης αποφασίστηκε να ‘παντρευτεί’ με μία *εποχή* που θα μπορούσε ενδεχομένως να ωθήσει τα παιδιά στην επιστημονικά συμβατή κινητική απόδοση του μικρόκοσμου. Το στερεό νερό με την έναρξη του *Allegro non molto* του *Χειμώνα*, η οποία αποτυπώνει το τρέμουλο του σώματος από το κρύο, κάτι που ταιριάζει με τον κινητικό περιορισμό στον οποίο είχαν καταλήξει τα παιδιά στις προηγούμενες δύο συναντήσεις, το υγρό νερό με το *Largo* της *Άνοιξης*, το οποίο αποπνέει μια ηρεμία και έχει μια επαναλαμβανόμενη ροή όπως αυτή των μορίων του νερού εντός του δοχείου που το περιέχει, και τέλος το αέριο νερό με το *Allegro non molto* του *Καλοκαιριού*, το οποίο μιλά

μεταξύ άλλων για την αντιπαράθεση των δύο ανέμων, του Ζέφουρου και του Βορέα (Vivaldi, 2013).

Προκειμένου να αποδοθεί κινητικά η μετάγγιση, αποφασίστηκε ότι και στην τρίτη παρέμβαση θα δημιουργούσαμε στο πάτωμα της τάξης δύο μεγάλα δοχεία φτιαγμένα με χαρτοταινία, αυτή τη φορά σε οριζόντια διάταξη, το ένα δίπλα στο άλλο.

Διδακτική παρέμβαση 3 : Από τον μακρόκοσμο στον μικρόκοσμο (συνολική διάρκεια: μία διδακτική ώρα)

1. Προβολή βίντεο (διάρκεια 2 λεπτά)

Πριν δουν τα παιδιά το βίντεο τους επισημαίνουμε: “Φανταστείτε όσο βλέπετε το βίντεο πως είστε τα μόρια νερού”. Τα αφήνουμε να το παρακολουθήσουν χωρίς να σχολιάσουμε.

2. Πρόσκληση των παιδιών να εργαστούν πάνω στο βίντεο όντας μόρια νερού (διάρκεια: 5 λεπτά).

Χωρίς να αναλύσουμε το βίντεο προσκαλούμε τα παιδιά να μπουν στο δοχείο. “Είστε τα μόρια του νερού που βλέπουμε στο βίντεο και θέλουμε να μας δείξετε με το σώμα σας πώς κινείστε εσείς τα μόρια”. Βάζουμε το βίντεο ξανά από την αρχή και επισημαίνουμε: “Πρώτα είστε πάγος, μετά είστε υγρό νερό και στο τέλος γίνεστε ατμός.” Αφήνουμε τα παιδιά ελεύθερα καθώς παρακολουθούν το βίντεο να αποδώσουν με τα σώματά τους τον μικρόκοσμο των τριών καταστάσεων.

3. Ανατροφοδότηση και αναστοχασμός (διάρκεια: 5 λεπτά)

Συζήτηση με τα παιδιά πάνω στο πώς απέδωσαν μικροσκοπικά το βίντεο. Βοηθητικές ερωτήσεις: “Τι προσπαθήσατε να κάνετε;” “Τι αλλάζει όταν το στερεό νερό γίνεται υγρό και έπειτα αέριο;”

4. Βίντεο με παύσεις και επιμέρους επεξεργασία (διάρκεια: 15 λεπτά). Αυτό το στάδιο θα ακολουθηθεί αν τα παιδιά δυσκολευτούν στο προηγούμενο.

Μπαίνουν στο ένα δοχείο και η Ερευνήτρια Α τους λέει: “Είστε τα μόρια του νερού που βλέπουμε στο βίντεο και θέλουμε να μας δείξετε με το σώμα σας πώς κινείστε εσείς τα μόρια”. Βάζουμε το βίντεο ξανά από την αρχή και κάνουμε pause στην εικόνα του πάγου. Εκεί τους λέει η Ερευνήτρια Α: “Είστε μόρια πάγου, κινηθείτε όπως αυτά”. “Κινούνται πολύ ή λίγο;”

Όταν έχει αρχίσει να λιώνει ο πάγος, pause στο βίντεο. Ερώτηση: “Τι σας συμβαίνει τώρα;” “Αλλάζει η κίνησή σας;”

Συνεχίζει το βίντεο και δείχνουμε τον πάγο που έχει αρχίσει να λιώνει. Επισήμανση: “Κάποιοι από εσάς είστε μόρια υγρού νερού.” “Μπορείτε να μετακινηθείτε; “Θυμηθείτε.” “Σκεφτείτε, παρατηρήστε ότι το νερό πιάνει όλο το δοχείο.” Άλλη μία παύση στο τέλος του λιωσίματος. “Τώρα είστε όλοι μόρια υγρού νερού. Για να σας δούμε”. “Πώς κινείστε;”

Συνεχίζει το βίντεο και φτάνουμε στη μετάγγιση. Επισήμανση: “Είστε μόρια υγρού νερού που πέφτετε σε ένα άλλο δοχείο”. Κινεί η ερευνήτρια Α τα χέρια της σαν να πιάνει το δοχείο και να το γέρνει. Αν χρειαστεί βάζουμε να παίξει ξανά η ‘σκηνή’ της μετάγγισης. “Γιατί μπορείτε εύκολα να πάτε από το ένα δοχείο στο άλλο;”

Συνεχίζει το βίντεο με το νερό που βράζει και κινούνται οι φυσαλίδες. Ρωτάμε: “Πώς κινείστε τώρα;” “Παρατηρήστε τον ατμό.” Αναμένουμε τα παιδιά να απλωθούν σε όλο τον χώρο όντας μόρια νερού.

5. Συζήτηση ανατροφοδότησης (διάρκεια 10 λεπτά)

Συζητάμε με τα παιδιά πάνω σε όλα όσα κάναμε στην τρίτη παρέμβαση, αλλά και στις άλλες δύο, κάνοντας ερωτήσεις σχετικές με τις έννοιες που πραγματευθήκαμε. Παράδειγμα: “Τι ήσασταν όλο αυτόν το καιρό;” “Τι άλλαζε όταν γινόσασταν από μόρια στερεού, μόρια υγρού και μετά μόρια αερίου”;

3.6 Ανάλυση δεδομένων

Η Ερευνήτρια Α και ο Ερευνητής Β ακολούθησαν τη μεθοδολογία της *συνεργατικής ανάλυσης ποιοτικών δεδομένων* (collaborative analysis of qualitative data). Πρώτον, λόγω του διεπιστημονικού χαρακτήρα της έρευνας, ο οποίος καθόρισε τη φιλοσοφία, τον στόχο, αλλά και τον τρόπο συλλογής των δεδομένων, καθιστώντας κρίσιμη τη συνεργασία των δύο, και στην ποιοτική ανάλυση αυτών (Flick, 2014, Patton, 2015, Woods & Graber 2016). Δεύτερον, προκειμένου να υποστηριχθεί η εγκυρότητα και αξιοπιστία της ανάλυσης των δεδομένων. Αναλυτικότερα, ο συνδυασμός διαφορετικών προσεγγίσεων ή προοπτικών λειτούργησαν υποστηρικτικά ως προς την κριτική, αποστασιοποιημένη και πολύπλευρη προσέγγιση την οποία καλείται να τηρήσει εν γένει ένας ερευνητής όταν “διαβάζει” τα ερευνητικά δεδομένα, προσπαθώντας να μην αφήσει προηγούμενες γνώσεις και εμπειρίες να επηρεάσουν την ανάλυση των δεδομένων, αλλά να τις χρησιμοποιήσει ως ένα εργαλείο βαθύτερης κατανόησης αυτών. Σκοπός ήταν τα αποτελέσματα της ανάλυσης να αντανakλούν τα πραγματικά δεδομένα, ώστε σε μια ενδεχόμενη επανάληψη της ανάλυσής τους από κάποιον άλλον ερευνητή να οδηγηθεί στα ίδια αποτελέσματα (Bengtsson, 2016, Erlingsson & Brysiewicz, 2017).

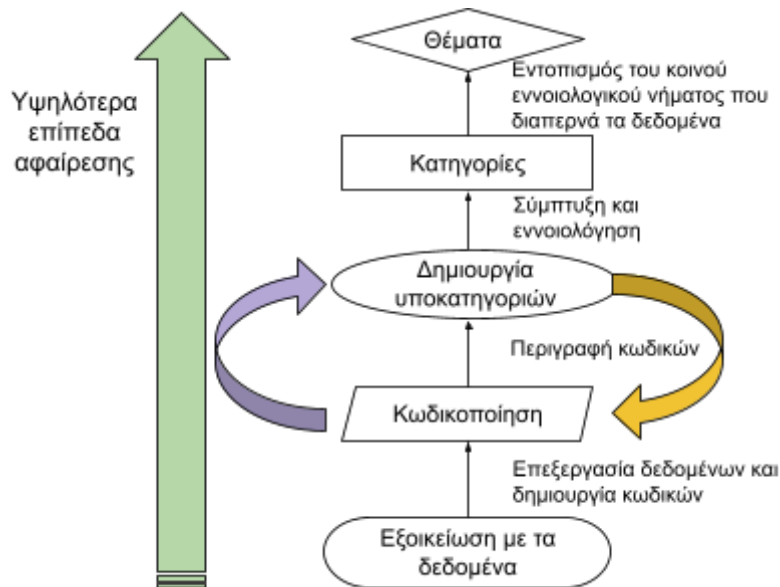
Καθώς λοιπόν οι δύο ερευνητές εργάστηκαν μαζί, φέρνοντας ο καθένας τη δική του οπτική και τις δικές του γνώσεις από το πεδίο του, οδηγούνταν μέσω της συζήτησης, της

αμφισβήτησης και της διαπραγμάτευσης σε μια συμφωνία σε πραγματικό χρόνο, συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στη θεμελίωση μιας ισχυρής ανάλυσης δεδομένων (Naganathan et al., 2022), η οποία χαρακτηρίζεται από αξιοπιστία και μειωμένη επίδραση των προκαταλήψεων των ερευνητών λόγω της τριγωνοποίησης που προσφέρει η συνεργατική ανάλυση (McCartan et al., 2023). Επιπλέον, η συνεργασία τους στη διαδικασία της κωδικοποίησης, οδήγησε σε μεγαλύτερη συστηματικότητα, σαφήνεια και διαφάνεια στον τρόπο που αυτή διεξάγεται, συμβάλλοντας στην αξιοπιστία μεταξύ των ερευνητών (inter-coder reliability) (Hall et al., 2005).

Τέλος, η ανάλυση και κωδικοποίηση των δεδομένων στηρίχθηκε στην ονομαζόμενη Συνεργατικής Εργασίας Υποστηριζόμενη από Υπολογιστή (CSCW, Computer-Supported Cooperative Work) (Schmidt & Bansler, 2016, Hoffmann et al., 2021), καθώς όλα τα δεδομένα καταγράφονταν σε κοινόχρηστα έγγραφα, τα οποία προσέφεραν μεταξύ άλλων τη δυνατότητα μιας συνεργατικής επεξεργασίας, τόσο σύγχρονα όσο και ασύγχρονα, ενώ όποτε κρινόταν απαραίτητο πραγματοποιούνταν τηλεδιασκέψεις .

3.6.1 Ανάλυση ερωτηματολογίων

Για την ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν από τα ερωτηματολόγια ακολουθήθηκε η μέθοδος της ανάλυσης περιεχομένου. Η ανάλυση περιεχομένου είναι μια αναστοχαστική και μη γραμμική διαδικασία (Elo & Kyngäs, 2007, Erlingsson & Brysiewicz, 2017), η οποία μπορεί να υλοποιηθεί με μεθοδολογικές διαφοροποιήσεις ανάλογα με το ερευνητικό ερώτημα, τα δεδομένα, αλλά και την προσέγγιση των ερευνητών. Παρά τις όποιες διαφορές, βιβλιογραφικά εμφανίζονται κάποια στάδια τα οποία είναι χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης μεθοδολογίας: Η *εξοικείωση του ερευνητή με τα δεδομένα*, η *κωδικοποίηση*, η *δημιουργία κατηγοριών* ή και *υποκατηγοριών* και η *δημιουργία ενός θέματος*. Με σημείο εκκίνησης τα ερευνητικά δεδομένα, η διαδρομή μέσα από τα διάφορα στάδια έως τη δημιουργία θεμάτων, οδηγεί τον ερευνητή σταδιακά σε υψηλότερα επίπεδα αφαιρετικότητας, υποστηρίζοντας τη μετάβαση από το σημαίνον στο σημαινόμενο των δεδομένων ή διαφορετικά των αρχικών *ενοτήτων ανάλυσης* (Graneheim & Lundman, 2004, Bengtsson, 2016, Clarke & Braun, 2012, Erlingsson & Brysiewicz, 2017, Kleinheksel et al., 2020, Humble & Mozelius, 2022). Ο ερευνητής μπορεί ανά πάσα στιγμή να επιστρέψει σε κάποιο προηγούμενο στάδιο ή και να κινηθεί σπειροειδώς μεταξύ αυτών (Erlingsson & Brysiewicz, 2017). Το πέραςμα όμως από αυτά συμβάλλει στην ποιότητα και στην αξιοπιστία της ανάλυσης δεδομένων (Bengtsson, 2016). Στο Σχήμα 6 αποτυπώνονται τα στάδια που ακολουθήθηκαν προκειμένου να διεξαχθεί η ανάλυση περιεχομένου των ερωτηματολογίων της παρούσας έρευνας.



Σχήμα 6. Διάγραμμα ροής της ανάλυσης δεδομένων των ερωτηματολογίων

Εξοικείωση με τα δεδομένα

Στο πρώτο στάδιο της ανάλυσης υπήρξε εξοικείωση των ερευνητών με τα δεδομένα, διαδικασία απαραίτητη για τη διεξαγωγή της ανάλυσης περιεχομένου. Αφού έγινε προσεκτική ανάγνωση του κάθε pre και post test, κωδικοποιήθηκε ο κάθε μαθητής και η κάθε μαθήτρια με έναν μοναδικό κωδικό (Π1-Π12). Έπειτα, δημιουργήθηκε ένας πίνακας εξαγωγής δεδομένων στον οποίο καταχωρήθηκε κάθε παιδί σε μία γραμμή και όλες οι απαντήσεις του σε κάθετες στήλες ανά τεστ και ανά ερώτηση. Στη φάση αυτή αποφασίστηκε ο αποκλεισμός του παιδιού Π5 από την ανάλυση δεδομένων συνολικά λόγω της ελλιπούς συμμετοχής του και στις τρεις διδακτικές παρεμβάσεις, του Π4 από την ανάλυση της ενότητας των στερεών λόγω της μη συμμετοχής του στην πρώτη διδακτική παρέμβαση που αφορούσε τα στερεά σώματα και των Π2 και Π12 από την ενότητα των υγρών και των αερίων λόγω της μη συμμετοχής τους στη δεύτερη και στην τρίτη διδακτική παρέμβαση.

Κωδικοποίηση

Το στάδιο αυτό υλοποιήθηκε ξεχωριστά για κάθε τεστ. Διαβάζοντας εκ νέου τις απαντήσεις του κάθε παιδιού για κάθε ερώτηση και κάθε ερωτηματολόγιο ξεχωριστά, ακολούθησε η *κωδικοποίηση* των απαντήσεων που είχε δώσει. Εδώ, οι δύο ερευνητές εντόπισαν λέξεις ως έννοιες κλειδιά στις απαντήσεις των παιδιών οι οποίες μπορούσαν να συνδεθούν με τις μακροσκοπικές και μικροσκοπικές εννοιολογικές διαστάσεις των ερωτήσεων του κάθε τεστ και τις οποίες καταχώρησαν στη φόρμα εξαγωγής δεδομένων. Οι κώδικες περιγράφουν με

συνοπτικό και περιεκτικό τρόπο το περιεχόμενο των απαντήσεων των συμμετεχόντων στην έρευνα και ουσιαστικά υποστηρίζουν τον ερευνητή στον εντοπισμό κοινών σημείων μεταξύ των απαντήσεων (Erlingsson & Brysiewicz, 2017). Επιπλέον, σε αυτό το στάδιο οι δύο ερευνητές εντόπισαν και σημείωσαν στον πίνακα εξαγωγής δεδομένων τις ενότητες νοήματος που αποτυπώνουν μια ενσώματη προσέγγιση των παιδιών. Λόγω του ενσώματου χαρακτήρα της διδακτικής παρέμβασης θεωρήθηκε σημαντικό να επισημανθούν οι απαντήσεις των παιδιών οι οποίες εμφανίζουν ένα ενσώματο λεξιλόγιο, όπως για παράδειγμα η χρήση των λέξεων ή φράσεων “στέκομαι”, “κουνιέμαι”, “μένω στάσιμος”, “πετάω”, κάτι που μοιάζει να αποτυπώνει την επίδραση της ενσώματης διδασκαλίας στον τρόπο σκέψης και έκφρασης και δύναται να αποτελέσει έναν ακόμα παράγοντα εγκυρότητας της έρευνας. Στον Πίνακα 7, αποτυπώνεται η διαδικασία της κωδικοποίησης μαζί με την απόδοση ενσώματων στοιχείων.

Test 1 (post)		
Ερώτηση 1: Τι είναι στερεό;		
	Απάντηση	Κωδικοποίηση
Π7	Είναι κάτι που στέκεται.	Στέκομαι (Ενσώματη)
Π11	Αυτό το σχήμα που δεν κουνιέται.	Ακινήσια (Ενσώματη)

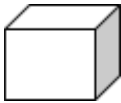
Πίνακας 7. Κωδικοποίηση και ενσώματα στοιχεία

Υποκατηγορίες

Παράλληλα με την κωδικοποίηση των απαντήσεων των παιδιών, οι δύο ερευνητές προχώρησαν με βάση την κωδικοποίηση του προηγούμενου σταδίου στη δημιουργία *υποκατηγοριών* τις οποίες ονόμασαν ΙΔΕΕΣ, δίνοντάς τους έναν μοναδικό αριθμό αρίθμησης. Οι υποκατηγορίες βοηθούν τον ερευνητή να αποφύγει νοητικά άλματα πριν φτάσει σε υψηλότερα επίπεδα ανάλυσης (Erlingsson & Brysiewicz, 2017), καθώς παραμένει κοντά στο πρωτότυπο περιεχόμενο των δεδομένων (O’ Connor & Joffe, 2020). Στους Πίνακες 8 και 9 αποτυπώνεται παραδειγματικά η διαδικασία *κωδικοποίησης* και δημιουργίας *υποκατηγοριών* (ΙΔΕΕΣ) για τις απαντήσεις τεσσάρων παιδιών σε δύο ερωτήσεις του Test 1 (pre) και σε δύο ερωτήσεις του Test 2 (post) για τα στερεά και τα υγρά-αέρια αντίστοιχα.

Test 1 (pre)

Ερώτηση 1: Τι είναι στερεό;

Απάντηση	Κωδικοποίηση	ΙΔΕΕΣ
Π1 Όταν το σώμα μας δεν κουνιέται.	Ανθρώπινο σώμα - Ακινησία	Αναφέρεται στο ανθρώπινο σώμα & την ακινησία.
Π6 Τα στερεά σώματα είναι τα σώματα που είναι 3D. Παράδειγμα:	3D περιγραφή - Σχέδιο	Αναφέρεται σε γεωμετρικά σχήματα (3D σχέδιο).
		

Ερώτηση 2: Μπορείς να σκεφτείς ένα στερεό που μπορείς να αλλάξεις το σχήμα του; Αν απαντήσεις Ναι, πώς μπορεί να γίνει αυτό; Αν απαντήσεις Όχι, εξήγησε την απάντησή.

Απάντηση	Κωδικοποίηση	ΙΔΕΕΣ
Π7 Η πλαστελίνη, το χαρτί, πλαστικός χάρακας, τα ρούχα	Αλλαγή σχήματος(αντικείμενα)	Αναφέρει αντικείμενα των οποίων μπορεί κανείς να αλλάξει το σχήμα.
Π2 Πόδια, χέρια	Αλλαγή σχήματος (πόδια χέρια)	Αναφέρεται στην αλλαγή του σχήματος του ανθρώπινου σώματος.

Πίνακας 8. Παραδείγματα κωδικοποίησης και δημιουργίας υποκατηγοριών στο Test 1

Test 2 (post)

Ερώτηση 1β: Μπορεί να μετατραπεί το νερό από υγρό σε αέριο; Αν ναι, πως μπορεί να γίνει αυτό;

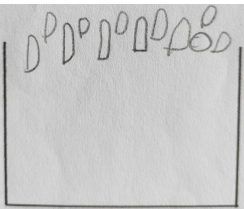
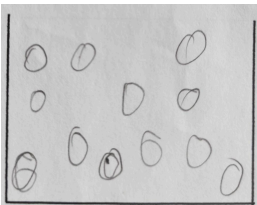
Απάντηση	Κωδικοποίηση	ΙΔΕΕΣ
Π4 Ναι, το βράζουμε	Εξαέρωση - Βρασμός	Θεωρεί εφικτή την εξαέρωση, συνδέοντάς την εξαέρωση με τον βρασμό.
Π11 Το νερό αν είναι σε κάτι πολύ ζεστό θα γίνει αέρας	Εξαέρωση - Θερμότητα	Θεωρεί εφικτή την εξαέρωση συνδέοντάς την εξαέρωση με την παροχή θερμότητας.

Ερώτηση 3: Σχεδιάσε στο Σχήμα Β τα μόρια του Σχήματος Α, όταν το νερό είναι σε αέρια κατάσταση.



Σχήμα Β: Νερό σε αέρια κατάσταση

Κινούνται τα μόρια του νερού όταν είναι αέριο; Αν ναι, πώς φαντάζεσαι ότι κινούνται;

Απάντηση	Κωδικοποίηση	ΙΔΕΕΣ
<p>Π3</p> 	<p>Αν ανεβαίνει κάνω κύκλους.</p> <p>Διάταξη αερίου - Κυκλική κίνηση (ενσώματο)</p>	<p>Διατάσσει τα μόρια ως μόρια αερίου, προσδίδοντάς τους κυκλική κίνηση (κατά πάσα πιθανότητα επηρεασμένος από τη χορογραφία)</p>
<p>Π8</p> 	<p>Ναι με τον ατμό.</p> <p>Διάταξη αερίου - Ατμός</p>	<p>Διατάσσει τα μόρια ως μόρια αερίου, και τους προσδίδει την κίνηση του ατμού.</p>

Πίνακας 9. Παραδείγματα κωδικοποίησης και δημιουργίας υποκατηγοριών στο Test 2

Κατηγορίες

Βασικό συστατικό της ποιοτικής ανάλυσης δεδομένων είναι η δημιουργία *κατηγοριών*, δηλαδή μιας ομάδας επεξεργασμένων δεδομένων με κοινά χαρακτηριστικά (Krippendorff, 1980). Οι κατηγορίες οφείλουν να είναι ομοιογενείς ως προς εσωτερική τους συνοχή και ανομοιογενείς εξωτερικά, ώστε κανένα δεδομένο να μην μπορεί να ενταχθεί σε περισσότερες από μία κατηγορίες, αλλά και κανένα δεδομένο να μη μένει αταξινόμητο (Krippendorff, 1980, Patton, 1987). Στη φάση της αυτή, ο ερευνητής ανατρέχει στους κώδικες που έχει δημιουργήσει προκειμένου να εντοπίσει ποιοι έχουν το ίδιο νόημα και να τους εντάξει σε μία κοινή ομάδα. Επομένως πρόκειται για μία πρώτη νοηματοδότηση, η οποία εισάγει τους

ερευνητές σταδιακά σε υψηλότερα επίπεδα αφαίρεσης, καθώς απομακρύνεται από τα πρωτότυπα δεδομένα και οδεύει προς την απάντηση του ερευνητικού ερωτήματος.

Στην παρούσα έρευνα, πριν προχωρήσουν οι ερευνητές στη δημιουργία κατηγοριών προηγήθηκε μία σύμπτυξη των υποκατηγοριών ή ΙΔΕΩΝ των παιδιών, οι οποίες απέδιδαν το ίδιο νόημα, οδηγώντας σε μια μικρή μείωση του συνολικού αριθμού των ΙΔΕΩΝ. Σε ό,τι αφορά τις ΙΔΕΕΣ που προέκυψαν από το Test 1 (pre και post) που αφορά στο στερεό, οι ερευνητές κατέληξαν σε 16 ΙΔΕΕΣ από τις αρχικές που ήταν 18. Σε ό,τι αφορά τις ΙΔΕΕΣ που προέκυψαν από το Test 2 (pre και post) που αφορά στο υγρό και αέριο, οι ερευνητές κατέληξαν σε 26 από τις αρχικές που ήταν 30. Στον Πίνακα 10 εμφανίζονται οι ΙΔΕΕΣ που συμπύχθηκαν.

ΣΤΕΡΕΑ

ΙΔΕΑ 5: Αναφέρεται σε γεωμετρικά σχήματα.

ΙΔΕΑ 8: Ορίζει τα στερεά ως τρισδιάστατα σχήματα αναφερόμενο στον όγκο, τη μάζα και την ύλη.

ΙΔΕΑ 5: Αναφέρεται σε γεωμετρικά ή τρισδιάστατα σχήματα.

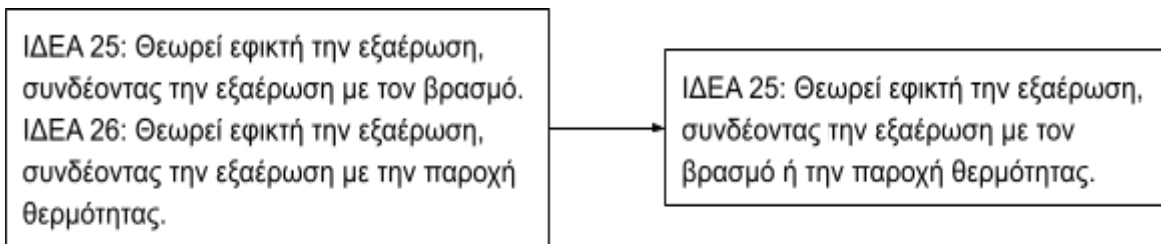
ΙΔΕΑ 3: Αναφέρεται και σχεδιάζει έμψυχες οντότητες σε απόσταση μεταξύ τους.
ΙΔΕΑ 4: Αναφέρεται και σχεδιάζει μη έμψυχες οντότητες (κουκίδες ή πέτρες) σε απόσταση μεταξύ τους (πιθανή σωματιδιακή αναπαράσταση).

ΙΔΕΑ 3: Αναφέρεται και σχεδιάζει έμψυχες ή μη οντότητες (ζώψια, κουκίδες) σε απόσταση μεταξύ τους (πιθανή σωματιδιακή αναπαράσταση)

ΥΓΡΑ & ΑΕΡΙΑ

ΙΔΕΑ 21: Διατάσσει τα μόρια του αερίου όπως είναι τα μόρια του υγρού και δεν αποδίδει κίνηση.
ΙΔΕΑ 22: Διατάσσει τα μόρια με μη ταξινομήσιμο τρόπο και δεν τους προσδίδει κάποια κίνηση.
ΙΔΕΑ 24: Δε διατάσσει τα μόρια του αερίου.

ΙΔΕΑ 21: Δε διατάσσει τα μόρια του αερίου ή τα διατάσσει ως μόρια υγρού και δεν τους αποδίδει κάποια κίνηση.



Πίνακας 10. Ενοποίηση ΙΔΕΩΝ

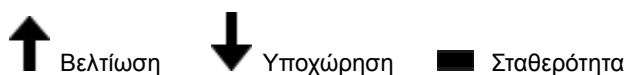
Έχοντας ως βάση τις τελικές ΙΔΕΕΣ των παιδιών για τις εννοιολογικές διαστάσεις που διερευνήθηκαν μέσω του Test 1 (pre και post) και του Test 2 (pre και post), οι ερευνητές προχώρησαν στην ομαδοποίηση αυτών σε κατηγορίες.

Οι ΙΔΕΕΣ από το Test 1 ομαδοποιήθηκαν σε δύο κατηγορίες:

- *Μακροσκοπική εννοιολόγηση στερεού*, στην οποία κατηγοριοποιήθηκαν οι ΙΔΕΕΣ που προέκυψαν από τις απαντήσεις στις ερωτήσεις 1 και 2 της ενότητας Α του Test 1.
- *Μικροσκοπική εννοιολόγηση στερεού*, στην οποία κατηγοριοποιήθηκαν οι ΙΔΕΕΣ που προέκυψαν από τις απαντήσεις στις ερωτήσεις 1 και 2 της ενότητας Β του Test 1.

Η παραπάνω κατηγοριοποίηση αποτυπώνει πλέον με σαφήνεια το *θέμα* ή αλλιώς το 'νήμα' (Graneheim & Lundman, 2003) που διαπερνά όλα τα δεδομένα του πρώτου ερωτηματολογίου, το οποίο είναι η *εννοιολόγηση του στερεού*.

Ο Πίνακας 11 αποτυπώνει την κατηγοριοποίηση των τελικών ΙΔΕΩΝ που αφορούν τη *μακροσκοπική εννοιολόγηση του στερεού* και ο Πίνακας 12 την *εξέλιξη* με βάση το επιστημονικά συμβατό του κάθε παιδιού στην κατηγορία αυτή, μέσω των απαντήσεων που έδωσε στο Test 1 (pre και post) σημειώνοντας δίπλα την αντίστοιχη μεταβολή που παρατηρήθηκε, ως εξής:



Ο παραπάνω συμβολισμός περιέχεται σε όλους τους πίνακες που ακολουθούν. Να σημειωθεί ότι η *βελτίωση* αφορά τη μετάβαση ενός παιδιού από μια ΙΔΕΑ που δεν είναι σύμφωνη με το επιστημονικά συμβατό σε μια ΙΔΕΑ η οποία είναι σύμφωνη ή από μια ιδέα που ήταν σύμφωνη σε μια άλλη πληρέστερη, ενώ η *σταθερότητα* άλλοτε αφορά μια ΙΔΕΑ σύμφωνη με το επιστημονικά συμβατό και άλλοτε όχι. *Υποχώρηση* εννοούμε τη μετάβαση ενός παιδιού από μια ΙΔΕΑ σύμφωνη με το επιστημονικά συμβατό σε μια ΙΔΕΑ που δεν είναι σύμφωνη. Επίσης, όταν αναφερόμαστε σε ΙΔΕΕΣ των παιδιών που είναι *σύμφωνες με το επιστημονικά συμβατό* εννοούμε ότι περιέχουν στοιχεία συμβατά με αυτά των επιστημονικών μοντέλων που χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία των συγκεκριμένων εννοιών των φυσικών επιστημών (Kambouri-Danos, 2019).

Να σημειωθεί σε αυτό το σημείο, πως σε όλους τους Πίνακες που ακολουθούν από εδώ και πέρα οι επιστημονικά συμβατές ΙΔΕΕΣ εμφανίζονται υπογραμμισμένες.

Επιστρέφοντας στον Πίνακα 12, να διευκρινίσουμε ότι το παιδί Π3 το οποίο είναι η μοναδική περίπτωση που εμφάνισε σταθερότητα, δηλαδή την ΙΔΕΑ 5, πως αυτή είναι σύμφωνη με το επιστημονικά συμβατό.

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ

ΙΔΕΑ 1	Αναφέρεται στο ανθρώπινο σώμα.	ΙΔΕΑ 8	Δε θεωρεί δυνατή την αλλαγή του σχήματος του στερεού.
ΙΔΕΑ 2	Αναφέρεται στο ανθρώπινο σώμα & την ακινησία.	ΙΔΕΑ 9	Αναφέρεται στην αλλαγή του σχήματος του ανθρώπινου σώματος.
<u>ΙΔΕΑ 3</u>	Αναφέρει παραδείγματα αντικειμένων.	<u>ΙΔΕΑ 10</u>	Αναφέρει αντικείμενα των οποίων μπορεί κανείς να αλλάξει το σχήμα.
<u>ΙΔΕΑ 4</u>	Αναφέρει παραδείγματα αντικειμένων & αναφέρεται σε ακινησία ή στάση.		
<u>ΙΔΕΑ 5</u>	Αναφέρεται σε γεωμετρικά ή τρισδιάστατα σχήματα.		
ΙΔΕΑ 6	Δεν ξέρω, δεν απαντώ.		
ΙΔΕΑ 7	Αναφέρεται στο νερό ως στερεό.		

Πίνακας 10. Τελικές ΙΔΕΕΣ TEST 1 (pre, post) για την μακροσκοπική εννοιολόγηση στερεού

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ

Παιδιά (10)	Pre	Post	Μεταβολή
Π1	<u>ΙΔΕΑ 2</u> , ΙΔΕΑ 8	<u>ΙΔΕΑ 4</u> (Ενσώματη), <u>ΙΔΕΑ 10</u>	↑
Π2	ΙΔΕΑ 1, ΙΔΕΑ 9	<u>ΙΔΕΑ 10</u>	↑
Π3	ΙΔΕΑ 1, <u>ΙΔΕΑ 5</u> , ΙΔΕΑ 9	<u>ΙΔΕΑ 5</u>	■
Π6	<u>ΙΔΕΑ 5</u>	<u>ΙΔΕΑ 3</u> , <u>ΙΔΕΑ 10</u>	↑
Π7	ΙΔΕΑ 2, ΙΔΕΑ 6, <u>ΙΔΕΑ 10</u>	<u>ΙΔΕΑ 4</u> (Ενσώματη), <u>ΙΔΕΑ 10</u>	↑
Π8	ΙΔΕΑ 1, ΙΔΕΑ 6, <u>ΙΔΕΑ 10</u>	<u>ΙΔΕΑ 4</u> (Ενσώματη), <u>ΙΔΕΑ 10</u>	↑
Π9	ΙΔΕΑ 7	<u>ΙΔΕΑ 10</u>	↑
Π10	ΙΔΕΑ 7	<u>ΙΔΕΑ 3</u> , <u>ΙΔΕΑ 10</u>	↑

Π11	ΙΔΕΑ 1, ΙΔΕΑ 9	<u>ΙΔΕΑ 4</u> (Ενσώματη), <u>ΙΔΕΑ 10</u>	↑
Π12	ΙΔΕΑ 8	<u>ΙΔΕΑ 3</u> , <u>ΙΔΕΑ 10</u>	↑

Πίνακας 12. Εξελίξεις για την μακροσκοπική εννοιολόγηση στερεού

Ο Πίνακας 13 αποτυπώνει την κατηγοριοποίηση των τελικών ΙΔΕΩΝ που αφορούν τη *μικροσκοπική εννοιολόγηση του στερεού* και ο Πίνακας 14 την αντίστοιχη *εξέλιξη* του κάθε παιδιού στην κατηγορία αυτή, μέσω των απαντήσεων που έδωσε στο Test 1 (pre και post) σημειώνοντας δίπλα την αντίστοιχη μεταβολή που παρατηρήθηκε. Η ΙΔΕΑ 13 που εμφανίζεται στον Πίνακα 14 ως σταθερή, είναι σύμφωνη με το επιστημονικά συμβατό, σε αντίθεση με την ΙΔΕΑ 11, η οποία δεν είναι σύμφωνη με το επιστημονικά συμβατό.

ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ

ΙΔΕΑ 11 Δεν ξέρω, δεν απαντώ.

ΙΔΕΑ 12 Αναφέρεται σε τρύπες και σχεδιάζει γραμμές ή τρισδιάστατο αντικείμενο.

ΙΔΕΑ 13 Αναφέρεται και σχεδιάζει έμψυχες ή μη οντότητες (ζωύφια, κουκίδες) σε απόσταση μεταξύ τους (πιθανή σωματιδιακή αναπαράσταση).

ΙΔΕΑ 14 Περιγράφει μια σταδιακή οπτική εστίαση και μεγέθυνση, αναφερόμενο στα μόρια και σχεδιάζοντας κουκίδες.

ΙΔΕΑ 15 Περιγράφει μια σταδιακή οπτική εστίαση, αναφέρεται και σχεδιάζει πολλές μικρές μη έμψυχες οντότητες του ίδιου υλικού.

ΙΔΕΑ 16 Αναφέρεται στη στασιμότητα των μορίων.

Πίνακας 13. ΙΔΕΕΣ TEST 1 (pre, post) για την μικροσκοπική εννοιολόγηση στερεού

ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ

Παιδιά (10)	Pre	Post	Μεταβολή
Π1	ΙΔΕΑ 11	ΙΔΕΑ 11	■
Π2	ΙΔΕΑ 11	<u>ΙΔΕΑ 13</u> (Ενσώματη)	↑
Π3	ΙΔΕΑ 11	ΙΔΕΑ 11	■
Π6	<u>ΙΔΕΑ 13</u>	<u>ΙΔΕΑ 14</u>	↑
Π7	<u>ΙΔΕΑ 13</u>	<u>ΙΔΕΑ 13</u>	■
Π8	<u>ΙΔΕΑ 13</u>	<u>ΙΔΕΑ 13</u>	■

Π9	ΙΔΕΑ 11	<u>ΙΔΕΑ 13</u>	↑
Π10	ΙΔΕΑ 11	<u>ΙΔΕΑ 15</u>	↑
Π11	ΙΔΕΑ 11	<u>ΙΔΕΑ 13</u>	↑
Π12	ΙΔΕΑ 12	<u>ΙΔΕΑ 14, ΙΔΕΑ 16</u>	↑

Πίνακας 14. Εξελίξεις για την μικροσκοπική εννοιολόγηση του στερεού

Οι ΙΔΕΕΣ από το Test 2 σχετικά με τα υγρά και τα αέρια, ομαδοποιήθηκαν σε τρεις κατηγορίες:

-*Μακροσκοπική προσέγγιση υγρών και αερίων*, στην οποία κατηγοριοποιήθηκαν οι ΙΔΕΕΣ που προέκυψαν από τις απαντήσεις στην ερώτηση 1α και 1β του Test 2.

-*Μικροσκοπική εννοιολόγηση υγρού νερού*, στην οποία κατηγοριοποιήθηκαν οι ΙΔΕΕΣ που προέκυψαν από τις απαντήσεις στην ερώτηση 2 του Test 2.

-*Μικροσκοπική εννοιολόγηση αερίου νερού*, στην οποία κατηγοριοποιήθηκαν οι ΙΔΕΕΣ που προέκυψαν από τις απαντήσεις στην ερώτηση 3 του Test 2.

Το θέμα κάτω από το οποίο ενοποιοούνται όλα τα δεδομένα του δεύτερου ερωτηματολογίου, είναι η *εννοιολόγηση υγρού και αερίου νερού*.

Ο Πίνακας 15 αποτυπώνει την κατηγοριοποίηση των τελικών ΙΔΕΩΝ που αφορούν τη *μακροσκοπική εννοιολόγηση των υγρών και των αερίων*, ξεκινώντας την αρίθμηση των ΙΔΕΩΝ ξανά από την αρχή (ΙΔΕΑ 1, ΙΔΕΑ 2 κτλ.), και ο Πίνακας 16, την *εξέλιξη* του κάθε παιδιού στην κατηγορία αυτή, μέσω των απαντήσεων που έδωσε στο Test 2 (pre και post), σημειώνοντας δίπλα την αντίστοιχη μεταβολή που παρατηρήθηκε. Να σημειωθεί και εδώ, πως η ΙΔΕΑ 2 και η ΙΔΕΑ 8 που εμφανίζονται στον Πίνακα 16 ως σταθερές, είναι σύμφωνες με το επιστημονικά συμβατό.

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΓΡΩΝ ΚΑΙ ΑΕΡΙΩΝ

ΙΔΕΑ 1 Δεν ξέρω, δεν απαντώ.

ΙΔΕΑ 2 Δίνει παραδείγματα υγρών και αερίων.

ΙΔΕΑ 3 Δίνει παράδειγμα υγρών.

ΙΔΕΑ 4 Περιγράφει τι είναι αέριο αναφερόμενη στην ακινησία, χωρίς να δίνει παραδείγματα.

ΙΔΕΑ 5 Συνδέει τα υγρά με το νερό και την κίνηση αυτού και τα αέρια με τη διαδικασία της εξάτμισης.

ΙΔΕΑ 6 Δεν απαντά για την εξαέρωση.

ΙΔΕΑ 7 Θεωρεί εφικτή την εξαέρωση χωρίς να δίνει εξήγηση.

ΙΔΕΑ 8 Θεωρεί εφικτή την εξαέρωση συνδέοντας την εξαέρωση με τον βρασμό ή την παροχή θερμότητας.

ΙΔΕΑ 9 Θεωρεί εφικτή την εξαέρωση αναφερόμενη στην κίνηση των μορίων των αερίων ή των φυσαλίδων του νερού.

Πίνακας 15. ΙΔΕΕΣ TEST 2 (pre, post) για την μακροσκοπική εννοιολόγηση υγρών και αερίων

ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΓΡΟΥ ΚΑΙ ΑΕΡΙΟΥ ΝΕΡΟΥ			
Παιδιά (9)	Pre	Post	Μεταβολή
Π1	ΙΔΕΑ 1, ΙΔΕΑ 6	<u>ΙΔΕΑ 3</u> , ΙΔΕΑ 4 (Ενσώματη), ΙΔΕΑ 6	↑
Π3	<u>ΙΔΕΑ 2</u> , <u>ΙΔΕΑ 7</u>	<u>ΙΔΕΑ 2</u> , <u>ΙΔΕΑ 8</u>	↑
Π4	<u>ΙΔΕΑ 2</u> , ΙΔΕΑ 6	<u>ΙΔΕΑ 2</u> , <u>ΙΔΕΑ 8</u>	↑
Π6	<u>ΙΔΕΑ 2</u> , <u>ΙΔΕΑ 8</u>	<u>ΙΔΕΑ 2</u> , <u>ΙΔΕΑ 8</u>	■
Π7	<u>ΙΔΕΑ 2</u> , <u>ΙΔΕΑ 7</u>	<u>ΙΔΕΑ 2</u> , <u>ΙΔΕΑ 9</u> (Ενσώματη)	↑
Π8	<u>ΙΔΕΑ 2</u> , <u>ΙΔΕΑ 7</u>	<u>ΙΔΕΑ 2</u> , <u>ΙΔΕΑ 8</u>	↑
Π9	<u>ΙΔΕΑ 2</u> , <u>ΙΔΕΑ 7</u>	<u>ΙΔΕΑ 2</u> , <u>ΙΔΕΑ 9</u> (Ενσώματη)	↑
Π10	<u>ΙΔΕΑ 2</u> , ΙΔΕΑ 6	<u>ΙΔΕΑ 5</u> , <u>ΙΔΕΑ 8</u>	↑
Π11	<u>ΙΔΕΑ 2</u> , <u>ΙΔΕΑ 8</u>	<u>ΙΔΕΑ 2</u> , <u>ΙΔΕΑ 8</u>	■

Πίνακας 16. Εξελίξεις για την μακροσκοπική εννοιολόγηση υγρού νερού

Ο Πίνακας 17 αποτυπώνει την κατηγοριοποίηση των ΙΔΕΩΝ που αφορούν τη *μικροσκοπική εννοιολόγηση των υγρών*. Να σημειώσουμε πως η ΙΔΕΑ 14 (*Εξηγεί την ακινησία του στερεού αιτιολογώντας με βάση τη μη ευκολία μετακίνησης των μορίων του*) αναφέρεται στη σχετική κίνηση των μορίων του στερεού, πιθανώς από κάποια παρανόηση του παιδιού σε σχέση με το ζητούμενο της ερώτησης. Παρ' όλα αυτά είναι μια ΙΔΕΑ επιστημονικά συμβατή σε ό,τι αφορά τα στερεά λειτουργώντας σαν μια επιβεβαίωση της βελτίωσης του Π6 σε ό,τι αφορά τη στερεή ύλη και την κατανόηση του μικρόκοσμου. Επιπλέον, η ΙΔΕΑ 15, αν και αποτελεί μια συχνά εμφανιζόμενη εναλλακτική ιδέα των παιδιών γύρω από τον μικρόκοσμο (Andersson, 1990, Renström et al. 1990, Lee κ.ά. 1993, Harrison, 2001, Liu and Lesniak 2006, Johnson and Papageorgiou 2010, Goldston & Downey, 2012), σημειώνεται ως επιστημονικά συμβατή λόγω του ότι εμφανίζει στοιχεία της σχετικής κίνησης των μορίων των υγρών.

Στον Πίνακα 18 αποτυπώνεται η εξέλιξη του κάθε παιδιού στην κατηγορία της μικροσκοπικής εννοιολόγησης των υγρών, μέσω των απαντήσεων που έδωσε στο Test 2 (pre και post), σημειώνοντας δίπλα την αντίστοιχη μεταβολή που παρατηρήθηκε. Εδώ όλες οι ΙΔΕΕΣ που εμφανίζονται ως σταθερές στο post test είναι σύμφωνες με το επιστημονικά συμβατό.

ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΓΡΟΥ ΝΕΡΟΥ

ΙΔΕΑ 10 Σύνδεση κίνησης των μορίων του νερού με την κίνηση του δοχείου που το περιέχει.

ΙΔΕΑ 11 Δεν ξέρω, δεν απαντώ.

ΙΔΕΑ 12 Απαντά θετικά χωρίς εξήγηση.

ΙΔΕΑ 13 Τα μόρια δεν κινούνται.

ΙΔΕΑ 14 Εξηγεί την ακινησία του στερεού αιτιολογώντας με βάση τη μη ευκολία μετακίνησης των μορίων του.

ΙΔΕΑ 15 Θεωρεί ότι τα μόρια είναι ανεξάρτητες οντότητες οι οποίες βρίσκονται μέσα στο νερό και κινούνται μέσα σε αυτό επειδή είναι ελαφριά.

ΙΔΕΑ 16 Απαντά ότι τα μόρια κινούνται αναφερόμενο στη μεταξύ τους απόσταση.

ΙΔΕΑ 17 Σύνδεση της κίνησης των μορίων του υγρού νερού με αυτή των μορίων του αερίου νερού.

ΙΔΕΑ 18 Αντιλαμβάνεται την κίνηση των μορίων του νερού αναφερόμενο στην αλλαγή θέσης αυτών, λόγω προσφοράς θερμότητας.

Πίνακας 17. Τελικές ΙΔΕΕΣ TEST 2 (pre, post) για την μικροσκοπική εννοιολόγηση του υγρού νερού

ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΓΡΟΥ ΝΕΡΟΥ

Παιδιά (9)	Pre	Post	Μεταβολή
Π1	<u>ΙΔΕΑ 10</u>	<u>ΙΔΕΑ 10</u>	■
Π3	<u>ΙΔΕΑ 12</u>	<u>ΙΔΕΑ 12</u> (Ενσώματη)	■
Π4	ΙΔΕΑ 11	<u>ΙΔΕΑ 12</u> (Ενσώματη)	↑
Π6	ΙΔΕΑ 13, ΙΔΕΑ 14	<u>ΙΔΕΑ 12</u>	↑
Π7	ΙΔΕΑ 11	<u>ΙΔΕΑ 16</u>	↑
Π8	<u>ΙΔΕΑ 15</u>	<u>ΙΔΕΑ 17</u>	↑
Π9	ΙΔΕΑ 12	<u>ΙΔΕΑ 15</u> (Ενσώματη)	↑

Π10	<u>ΙΔΕΑ 15</u>	<u>ΙΔΕΑ 15</u>	■
Π11	<u>ΙΔΕΑ 12</u>	<u>ΙΔΕΑ 18</u>	↑

Πίνακας 18. Εξελίξεις για την μικροσκοπική εννοιολόγηση υγρού νερού

Ο Πίνακας 19 αποτυπώνει την κατηγοριοποίηση των ΙΔΕΩΝ που αφορούν τη *μικροσκοπική εννοιολόγηση του αερίου νερού* και ο Πίνακας 20, την *εξέλιξη* του κάθε παιδιού στην κατηγορία αυτή, μέσω των απαντήσεων που έδωσε στο Test2 (pre και post), σημειώνοντας δίπλα την αντίστοιχη μεταβολή που παρατηρήθηκε. Εδώ η ΙΔΕΑ 20 που εμφανίζεται ως σταθερή, είναι σύμφωνη με το επιστημονικά συμβατό, ενώ οι ΙΔΕΕΣ 19 και 21, οι οποίες εμφανίζονται επίσης ως σταθερές, δεν είναι.

ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΕΡΙΟΥ ΝΕΡΟΥ

ΙΔΕΑ 19 Διατάσσει τα μόρια του αερίου όπως είναι τα μόρια του υγρού και συνδέει την κίνηση των του αερίου με την κίνηση του δοχείου.

ΙΔΕΑ 20 Διατάσσει τα μόρια ως μόρια αερίου δίχως να τους προσδίδει κάποια κίνηση.

ΙΔΕΑ 21 Δε διατάσσει τα μόρια του αερίου ή τα διατάσσει ως μόρια υγρού και δεν τους προσδίδει κάποια κίνηση.

ΙΔΕΑ 22 Δε διατάσσει τα μόρια του αερίου, αλλά τους προσδίδει την κίνηση του πετάγματος.

ΙΔΕΑ 23 Διατάσσει τα μόρια ως μόρια αερίου, προσδίδοντάς τους κυκλική κίνηση (κατά πάσα πιθανότητα επηρεασμένος από τη χορογραφία).

ΙΔΕΑ 24 Διατάσσει τα μόρια ως μόρια αερίου και τους προσδίδει την κίνηση του πετάγματος ή της ανύψωσης ή του ατμού.

ΙΔΕΑ 25 Διατάσσει τα μόρια ως μόρια αερίου και τους προσδίδει κίνηση χωρίς να την περιγράψει.

ΙΔΕΑ 26 Διατάσσει τα μόρια ως μόρια αερίου και αποδίδει την κίνησή τους στο κούνημα αυτών.

Πίνακας 19. Τελικές ΙΔΕΕΣ TEST 2 (pre, post) για την μικροσκοπική εννοιολόγηση του αερίου νερού

ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΗ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΕΡΙΟΥ ΝΕΡΟΥ

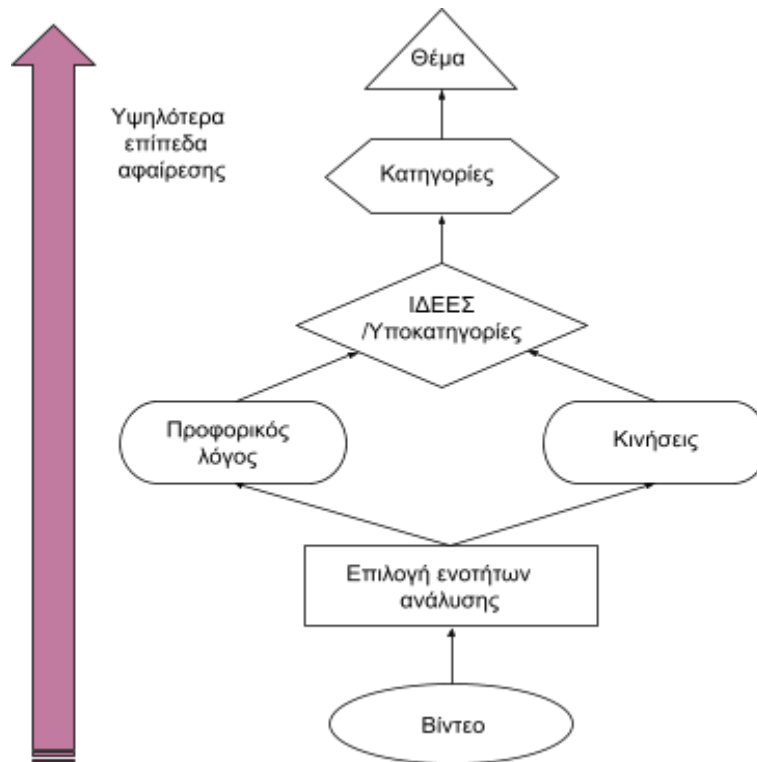
Παιδιά	Pre	Post	Μεταβολή
Π1	ΙΔΕΑ 19	ΙΔΕΑ 19	■
Π3	ΙΔΕΑ 21	<u>ΙΔΕΑ 23</u> (Ενσώματη)	↑
Π4	ΙΔΕΑ 21	<u>ΙΔΕΑ 24</u> (Ενσώματη)	↑

Παιδιά	Pre	Post	Μεταβολή
Π1	ΙΔΕΑ 19	ΙΔΕΑ 19	■
Π3	ΙΔΕΑ 21	<u>ΙΔΕΑ 23</u> (Ενσώματη)	↑
Π6	<u>ΙΔΕΑ 22</u>	<u>ΙΔΕΑ 25</u>	↑
Π7	<u>ΙΔΕΑ 20</u>	<u>ΙΔΕΑ 20</u>	■
Π8	ΙΔΕΑ 21	<u>ΙΔΕΑ 24</u>	↑
Π9	<u>ΙΔΕΑ 20</u>	<u>ΙΔΕΑ 26</u> (Ενσώματη)	↑
Π10	ΙΔΕΑ 21	ΙΔΕΑ 21	■
Π11	ΙΔΕΑ 21	<u>ΙΔΕΑ 24</u>	↑

Πίνακας 20. Εξελίξεις για την μικροσκοπική εννοιολόγηση του υγρού νερού

3.6.2 Ανάλυση ψηφιακών δεδομένων (Βίντεο)

Η ανάλυση του βίντεο βασίστηκε στις ΙΔΕΕΣ που αναδύθηκαν από το post Test 1 (στερεά) και το post Test 2 (υγρά και αέρια) και οι οποίες σηματοδότησαν μια βελτίωση ή και σταθερότητα των παιδιών, εφόσον η σταθερότητα σημαίνει παραμονή του παιδιού σε μια ΙΔΕΑ που συμβαδίζει ή είναι κοντά στη γνώση αναφοράς από τη φυσική. Για την ανάλυση των δεδομένων του βίντεο εφαρμόστηκε μία πολυτροπική ανάλυση περιεχομένου (Jewitt & Price, 2012, Jewitt, 2016, Chachlioutaki et al., 2016, Pantidos et al., 2017), αντλώντας παράλληλα στοιχεία από τη φαινομενολογική μεθοδολογία (Rödel and Brinkman, 2018), τη μεθοδολογία της ανάλυσης περιεχομένου βίντεο (Huber, 2020) και από την πρόταση των Fazeli et al. (2023), για μία οπτική και λεκτική ανάλυση του βίντεο (Visual - Verbal Video Analysis/VVVA). Τα στάδια της ανάλυσης οδήγησαν τους ερευνητές σε υψηλότερα επίπεδα αφαιρετικότητας, όπως συνέβη και στη ανάλυση των ερωτηματολογίων, επιτρέποντάς τους να εντοπίσουν τις αναδυόμενες εννοιολογικές διαστάσεις των τριών καταστάσεων της ύλης όπως αυτές αποτυπώνονται οπτικοακουστικά. Οι ερευνητές επικεντρώθηκαν στα λόγια (s=speech) και τις κινήσεις του σώματος (b=body) των παιδιών που συμμετείχαν στις διδακτικές παρεμβάσεις. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε αναλύεται στα παρακάτω στάδια, όπως αυτά αποτυπώνονται στο Σχήμα 7:



Σχήμα 7. Διάγραμμα ροής της ανάλυσης δεδομένων του βίντεο

Συλλογή και οργάνωση των δεδομένων

Στο πρώτο στάδιο έγινε συλλογή των οπτικοακουστικών δεδομένων από τις τρεις συναντήσεις με τα παιδιά, οργανώνοντας τις λήψεις από τις δύο κάμερες της κάθε συνάντησης σε ένα ξεχωριστό αρχείο.

Θέση του βίντεο

Οι δύο ερευνητές παρακολούθησαν το αρχειοθετημένο υλικό για κάθε διδακτική παρέμβαση, εστιάζοντας στις κινήσεις και τον προφορικό λόγο των παιδιών. Σκοπός στην παρούσα φάση ήταν οι ερευνητές να εξοικειωθούν με το οπτικοακουστικό υλικό.

Επιλογή ενοτήτων ανάλυσης

Το υλικό της κάθε διδακτικής παρέμβασης εισήχθη σε ένα πρόγραμμα επεξεργασίας βίντεο (Filmora). Καθώς οι δύο ερευνητές παρακολουθούσαν άλλη μία φορά τις καταγεγραμμένες συναντήσεις, επέλεξαν ταυτόχρονα ποια μέρη του βίντεο θα αποτελέσουν τις ενότητες ανάλυσης. Το ερευνητικό ερώτημα της παρούσας έρευνας, οι ΙΔΕΕΣ των παιδιών από το post Test 1 και post Test 2 και οι πραγματευόμενες εννοιολογικές διαστάσεις των διδακτικών παρεμβάσεων, καθόρισαν την επιλογή των ενοτήτων ανάλυσης του βίντεο. Κατόπιν

συμφωνίας των δύο ερευνητών έγινε ένα μοντάζ των επιλεγμένων ενοτήτων ανάλυσης σε ένα τελικό βίντεο, διαφορετικό για την κάθε διδακτική παρέμβαση με τα παιδιά.

Μεταγραφή βίντεο και κωδικοποίηση

Στη φάση αυτή ξεκίνησε η διαδικασία μεταγραφής του κάθε βίντεο σε ένα ξεχωριστό έγγραφο, ξεκινώντας από τα μορφολογικά κριτήρια, δηλαδή τις κινήσεις των παιδιών (b). Με τον ήχο σε σιγή, οι ερευνητές παρέμεναν στα εξωτερικά χαρακτηριστικά των κινήσεων δίχως την αναζήτηση του νοήματος που αυτές ενέχουν (Rödel and Brinkman, 2018) τις οποίες και κατέγραψαν σε ένα έγγραφο. Απέδωσαν έτσι στην κάθε σωματική κίνηση έναν μοναδικά αριθμημένο κωδικό b, (για παράδειγμα b1, b2, κτλ.), αντιστοιχίζοντάς την με το παιδί το οποίο την εισάγει και καταγράφοντας τη χρονική στιγμή που αυτή εμφανίζεται. Για παράδειγμα *b1: μάζεμα*, *b2: κλείσιμο χεριών προς τα μέσα*.

Έχοντας ολοκληρώσει την καταγραφή των σωματικών εκφράσεων (b), οι δύο ερευνητές επέλεξαν και κατέγραψαν ξεχωριστά τον προφορικό λόγο (s) των παιδιών που ήταν συναφής με τις πραγματευόμενες εννοιολογικές διαστάσεις των διδακτικών παρεμβάσεων, δημιουργώντας μία γραπτή μεταγραφή του ηχητικού κειμένου. Για παράδειγμα, για τα στερεά καταγράφηκαν λέξεις ή φράσεις οι οποίες αναφέρονται σημασιολογικά σε χαρακτηριστικά του στερεού, όπως είναι οι *“τελίτσες”*, *“να κλείσουμε, να μαζευτούμε”*. Στη συνέχεια, και με βάση τις εννοιολογικές διαστάσεις των διαφορετικών καταστάσεων της ύλης αλλά και με βάση τα νοήματα που αποδόθηκαν στον προφορικό λόγο, αποδόθηκε νόημα στις κινήσεις των παιδιών. Για παράδειγμα, στην ανάλυση του βίντεο της πρώτης διδακτικής παρέμβασης, η λέξη *“τελίτσες”* νοηματοδοτεί την κίνηση *b1: μάζεμα* του Π6 (αναλυτικότερα στον Πίνακα 21), σε σχέση με τη μη μετακίνηση των μορίων του στερεού. Αν και αρχικά αξιολογήθηκε το σύνολο των καταγεγραμμένων σωματικών εκφράσεων και του προφορικού λόγου, τελικά επιλέχθηκαν, κωδικοποιήθηκαν και αναλύθηκαν μόνο εκείνα τα νοήματα προφορικού λόγου ή/και σωματικής έκφρασης τα οποία επιβεβαιώνουν τις ΙΔΕΕΣ των παιδιών που είχαν προκύψει από την ανάλυση των ερωτηματολογίων (Test 1 και 2), οι οποίες αποτύπωναν βελτιώσεις των παιδιών στα post test και ήταν σύμφωνες με το επιστημονικά συμβατό, με σκοπό τα δεδομένα από το βίντεο να αποτελέσουν τεκμήρια εγκυρότητας των ΙΔΕΩΝ των ερωτηματολογίων.

Στη συνέχεια, από αυτά τα νοήματα επιλέχθηκαν μόνο εκείνα τα οποία αναδύονταν μέσα από την εκπαιδευτική διαδικασία ως αποτέλεσμα ερωτήσεων ανοιχτού τύπου της Ερευνήτριας Α και μπορούσαν να αποδοθούν σε ένα και μόνο παιδί κάθε φορά, είναι δηλαδή αυθεντικά και όχι προϊόντα καθοδήγησης της Ερευνήτριας Α ή μίμησης κάποιου συμμαθητή, κάποιας συμμαθήτριας. Εξαίρεση αποτελεί ένας περιορισμένος αριθμός κινήσεων (π.χ. το ταυτόχρονο άνοιγμα όλων των παιδιών στον χώρο και η διάταξή τους ως μόρια αερίου, *b34: άνοιγμα στον χώρο*), οι οποίες αποδώθηκαν σε όλα τα παιδιά ή σε μια ομάδα παιδιών ως

αυθόρμητες εκφράσεις, λόγω του ότι ο αυτοσχεδιαστικός χορός σε ομάδες ενσωματώνει τέτοια στοιχεία αλληλεπίδρασης και ταυτόχρονης σωματικής νοηματοδότησης, τα οποία θεωρούνται ότι αποτελούν αυτόνομη σκέψη των παιδιών.

Στους Πίνακες 21 και 22 παρουσιάζεται ο προφορικός λόγος (s) και οι κωδικοποιημένες κινήσεις των παιδιών (b) από την πρώτη και δεύτερη διδακτική παρέμβαση αντίστοιχα, δίχως να γίνεται προς το παρόν κάποια ερμηνεία αυτών. Η τρίτη διδακτική παρέμβαση αποτέλεσε έναν επαναπροσδιορισμό και μια ενσώματη αξιολόγηση πάνω και στις τρεις καταστάσεις της ύλης, επομένως ενώ εμφανίζονται στοιχεία αυθεντικότητας σε λόγια και κινήσεις των παιδιών, αυτά είναι περιορισμένα, δεν εμφανίζονται σε όλα τα παιδιά και παρουσιάζονται στον Πίνακα 23.

ΠΑΙΔΙΑ (10)	S (speech)	B (body)
Π1	“πίνακας” “πέτρα μέσα” “να πέσουμε σαν πέτρα” “να πέσουμε με βαρύτητα” “ήμασταν σαν πέτρες” “να κάνουμε κινήσεις χωρίς να φεύγουμε”, “κάντε μια σειρά”	b5: πτώση στον κάθετο άξονα b7: κατακόρυφο/ρόδα με πτώση b8: καθοδική κίνηση χεριών b15: κύκλος χέρια (σύρμα) b14: αλλαγή θέσης (σύρμα)
Π2	“τοίχος”	b7: κατακόρυφο/ρόδα με πτώση
Π3	“κάμερα”, “τελίτσες”	b7: κατακόρυφο/ρόδα με πτώση
Π6	“καρέκλα”, “τελίτσες” “να κλείσουμε, να μαζευτούμε” “κάναμε περισσότερες τελίτσες”	b1: μάζεμα b2: κλείσιμο χεριών προς τα μέσα b3: πλησίασμα b4: κράτημα χεριών
Π7		b5: πτώση στον κάθετο άξονα b7: κατακόρυφο/ρόδα με πτώση b14: αλλαγή θέσης
Π8	“κατακόρυφο”	b5: πτώση στον κάθετο άξονα b7: κατακόρυφο/ρόδα με πτώση b9: κάθοδος και περιστροφή πάνω στη λεκάνη b14: αλλαγή θέσης (σύρμα)
Π9	“καλοριφέρ”, “τραπέζι” “θα βλέπαμε πέτρες”	b6: άλμα με πτώση(ελάχιστη μετατόπιση) b7: κατακόρυφο/ρόδα με πτώση b13: χέρια τεντωμένα στο πλάι
Π10	“κουρτίνα” “τελίτσες”	b1: μάζεμα b3: πλησίασμα b4: κράτημα χεριών

b14: αλλαγή θέσης (σύρμα)

Π11	“όταν κάναμε ρόδα είχαμε πέσει κάτω”	b5: πτώση στον κάθετο άξονα b6: άλμα με πτώση(ελάχιστη μετατόπιση b7: κατακόρυφο/ρόδα με πτώση b12: κίνηση ποδιών στο πάτωμα b15: ξαπλώνει στο πάτωμα (σύρμα)
Π12	“ηχείο” “τελίτσες”	b1: μάζεμα b2: να κλείσουμε, να μαζευτούμε b3: πλησίασμα b4: κράτημα χεριών

Πίνακας 21. Κωδικοποίηση προφορικού λόγου και σωματικής έκφρασης της 1ης διδακτικής παρέμβασης (Στερεά)

ΠΑΙΔΙΑ (9)	S (speech)	B (body)
Π1	“να το ζεστάνουμε”	b15: πέρα - δώθε κορμού με σταθερά πόδια b16: έντονο κούνημα χεριών b27: μετακίνηση προς τη μία μεριά b30: λίκνισμα με μικρή μετατόπιση b34: άνοιγμα στον χώρο
Π3	“θα φύγουμε”	b15: πέρα - δώθε κορμού με σταθερά πόδια b25: χαμήλωμα b26: τάση προς μετακίνηση b27: μετακίνηση προς τη μία μεριά b30: λίκνισμα με μικρή μετατόπιση b34: άνοιγμα στον χώρο
Π4	“θα φύγει το νερό”	b15: πέρα - δώθε κορμού με σταθερά πόδια b18: επιτόπια κίνηση ποδιών b22: χέρια πάνω b25: χαμήλωμα b26: τάση προς μετακίνηση b27: μετακίνηση προς τη μία μεριά b30: λίκνισμα με μικρή μετατόπιση b32: κυκλική κίνηση με μετατόπιση b34: άνοιγμα στον χώρο
Π6	“άμα γέρνει το μπουκάλι όμως θα πρέπει να πάμε όλοι προς τη μία μεριά” “αέριο” “θα ανέβαινε” “για να εξατμιστεί”	b15: πέρα - δώθε κορμού με σταθερά πόδια b27: μετακίνηση προς τη μία μεριά b30: λίκνισμα με μικρή μετατόπιση b31: κίνηση χεριών προς τα πάνω b34: άνοιγμα στον χώρο
Π7		b15: πέρα - δώθε κορμού με σταθερά πόδια b27: μετακίνηση προς τη μία μεριά b30: λίκνισμα με μικρή μετατόπιση b34: άνοιγμα στον χώρο
Π8	“θα πέσουμε κάτω” “ήμασταν πάγοι” “μετακινήθηκαμε”	b15: πέρα - δώθε κορμού με σταθερά πόδια b20: κινήσεις χεριών (ii) b25: χαμήλωμα

		b27: μετακίνηση προς τη μία μεριά b29: αέρινη κίνηση χεριών και κορμού b30: λίκνισμα με μικρή μετατόπιση b33: μεγάλη μετακίνηση με κυματισμό στα χέρια b34: άνοιγμα στον χώρο
Π9	“αντιστέκεται όμως” “κουνηθήκαμε λίγο”	b15: πέρα - δώθε κορμού με σταθερά πόδια b17: έντονο κούνημα μπουκαλιού b23: κινήσεις χεριών (iii) b24: κύμα χεριών b27: μετακίνηση προς τη μία μεριά b30: λίκνισμα με μικρή μετατόπιση b32: κυκλική κίνηση με μετατόπιση b33: μεγάλη μετακίνηση με κυματισμό στα χέρια b34: άνοιγμα στον χώρο
Π10	“φύγαμε “ “γυρίσαμε και πήγαμε στο άλλο δωμάτιο” “να το ζεστάνουμε”	b15: πέρα - δώθε κορμού με σταθερά πόδια b27: μετακίνηση προς τη μία μεριά b28: κάμψη στο πλάι b34: άνοιγμα στον χώρο
Π11	“όχι, να αλλάζουμε” “θα πνιγούμε” “ήμασταν μέσα στο μπουκάλι”	b15: πέρα - δώθε κορμού με σταθερά πόδια b19: κίνηση χεριών (i) b21: στρατιωτικός χαιρετισμός b25: χαμήλωμα b26: τάση προς μετακίνηση b27: μετακίνηση προς τη μία μεριά b29: αέρινη κίνηση χεριών και κορμού b30: λίκνισμα με μικρή μετατόπιση b32: κυκλική κίνηση με μετατόπιση b34: άνοιγμα στον χώρο

Πίνακας 22. Κωδικοποίηση προφορικού λόγου και σωματικής έκφρασης της 2ης διδακτικής παρέμβασης (Υγρά, αέρια)

ΠΑΙΔΙΑ (7)	S (speech)	B (body)
Π1	“ήμασταν ακίνητοι”	
Π3		b36: επιτόπια ταλάντωση b41: έντονη επιτόπια ταλάντωση
Π6	“ήμουν το παγάκι” “μετακινούνται”	b35: στέκεται ακίνητη b39: μετακίνηση δεξιά και αριστερά
Π8		b36: κίνηση με μετατόπιση στον χώρο και χέρια ανοιχτά b40: ομαδική χορογραφία χεριών με μετακίνηση
Π9	“ελευθερωνόμασταν και φεύγαμε”	b42: αλλαγή θέσης
Π10	“να πάμε στο μπουκάλι”	
Π11	“θα πάμε προς τα πάνω”	b37: επιτόπια ταλάντωση

Πίνακας 23. Κωδικοποίηση προφορικού λόγου και σωματικής έκφρασης της 3ης διδακτικής παρέμβασης (Στερεά, Υγρά, Αέρια)

Δημιουργία υποκατηγοριών

Όλες οι κωδικοποιημένες κινήσεις και οι λέξεις ή φράσεις των παιδιών οργανώθηκαν βάσει του νοήματος που απέδιδαν και δημιούργησαν *υποκατηγορίες ή αλλιώς ΙΔΕΕΣ*, οδηγώντας τους ερευνητές σε μία μεγαλύτερη αφαίρεση του περιεχομένου. Οι υποκατηγορίες ή ΙΔΕΕΣ που δημιουργήθηκαν ήταν σύμφωνες με το επιστημονικά συμβατό και αντιστοιχούσαν στις εννοιολογικές διαστάσεις τις οποίες πραγματευτήκαμε στις διδακτικές παρεμβάσεις. Οι υποκατηγορίες που αφορούν την πρώτη διδακτική παρέμβαση, αλλά και την τρίτη διδακτική παρέμβαση όσον αφορά την εννοιολόγηση του στερεού, αποτυπώνονται στον Πίνακα 24 και οι υποκατηγορίες που αφορούν τη δεύτερη διδακτική παρέμβαση, αλλά και την τρίτη διδακτική παρέμβαση όταν αφορά την εννοιολόγηση του υγρού και του αερίου, αποτυπώνονται στον Πίνακα 25. Από την τρίτη διδακτική παρέμβαση δεν προέκυψαν νέες υποκατηγορίες/ΙΔΕΕΣ, αλλά τα στοιχεία του προφορικού λόγου και οι κινήσεις των παιδιών ενισχύουν τις ΙΔΕΕΣ των παιδιών που προέκυψαν από τις πρώτες δύο παρεμβάσεις. Υπενθυμίζεται ότι η τρίτη διδακτική παρέμβαση πραγματεύεται και τις τρεις καταστάσεις της ύλης και μεθοδολογικά χρησιμοποιήθηκε ώστε να δοθεί η δυνατότητα στα παιδιά να εκφράσουν τις ιδέες τους σε ένα διδακτικό πλαίσιο που εμφανίζονται μαζί το στερεό, το υγρό και το αέριο νερό.

ΙΔΕΑ 1B: Αναφορά σε παραδείγματα 3D αντικειμένων.

ΙΔΕΑ 2B: Εφαρμογές των παιδιών για την αλλαγή σχήματος σε σύρμα χρησιμοποιώντας τα σώματά τους ως μόρια.

ΙΔΕΑ 3B: Ενσωμάτωση στη χορογραφία χαρακτηριστικών/δηλωτικών κινήσεων μη μετατόπισης.

Πίνακας 24. ΙΔΕΕΣ πρώτης και τρίτης διδακτικής παρέμβασης για τα στερεά

ΙΔΕΑ 4B : Αύξηση της κινητικότητας των μορίων του υγρού συγκριτικά με αυτήν του στερεού.

ΙΔΕΑ 5B : Αύξηση της κινητικότητας των μορίων του αερίου συγκριτικά με αυτήν του υγρού.

ΙΔΕΑ 6B : Σύνδεση της εξαέρωσης με την παροχή θερμότητας.

ΙΔΕΑ 7B : Σύνδεση της εξαέρωσης με την κίνηση των μορίων.

ΙΔΕΑ 8B: Διάταξη μορίων αερίου.

Πίνακας 25. ΙΔΕΕΣ πρώτης και δεύτερης διδακτικής παρέμβασης για τα υγρά και τα αέρια

Κατόπιν, καταχωρήσαμε τις παραπάνω υποκατηγορίες/ΙΔΕΕΣ που προήλθαν από το βίντεο στο παιδί στο οποίο αντιστοιχούσαν, μαζί με τον προφορικό του λόγο και τις κινήσεις του, δημιουργώντας τον Πίνακα 26 για την πρώτη διδακτική παρέμβαση και το μέρος της τρίτης διδακτικής παρέμβασης που αφορούσε στην εννοιολόγηση του στερεού και τον Πίνακα 27 για τη δεύτερη διδακτική παρέμβαση και το μέρος της τρίτης διδακτικής παρέμβασης που αφορούσε στην εννοιολόγηση του υγρού και του αερίου. Ουσιαστικά οι Πίνακες 26 και 27 περιέχουν πληροφορίες που προήλθαν αποκλειστικά από το Βίντεο και αφορούν: α) τι είπαν τα παιδιά, β) τι εξέφρασαν σωματικά και γ) τι νοήματα φέρουν οι δύο προαναφερθείσες κατηγορίες σημαινόντων είτε μόνες τους είτε σε συνέργεια δημιουργώντας τις αντίστοιχες εννοιολογήσεις (ΙΔΕΕΣ).

Όπως έχει αναφερθεί, οι λέξεις/φράσεις και κινήσεις που προέκυψαν από την τρίτη διδακτική παρέμβαση δεν οδήγησαν σε νέες ΙΔΕΕΣ ή υποκατηγορίες, αλλά λειτούργησαν επιβεβαιωτικά για τις ήδη υπάρχουσες. Γι' αυτόν τον λόγο προστέθηκαν στους δύο νέους πίνακες 26 και 27 με πλάγια γραφή ώστε να είναι ευδιάκριτες, καθώς αφορούν και τις τρεις καταστάσεις της ύλης.

ΠΑΙΔΙΑ(10)	S (speech)	B (body)	ΙΔΕΕΣ ΒΙΝΤΕΟ
Π1	“πίνακας” “πέτρα μέσα” “να πέσουμε σαν πέτρα” “να πέσουμε με βαρύτητα” “ήμασταν σαν πέτρες” “να κάνουμε κινήσεις χωρίς να φεύγουμε”, “κάντε μια σειρά” (σύρμα) “ήμασταν ακίνητοι”	b5: πτώση στον κάθετο άξονα b7: κατακόρυφο/ρόδα με πτώση b8: καθοδική κίνηση χεριών b14: αλλαγή θέσης (σύρμα) b15: κύκλος χέρια (σύρμα)	ΙΔΕΑ 1B,2B,3B
Π2	“τοίχος” “θα λυγίσει” (σύρμα)	b7: κατακόρυφο/ρόδα με πτώση	ΙΔΕΑ 1B, 2B, 3B
Π3	“κάμερα”, “τελίτσες”	b7: κατακόρυφο/ρόδα με πτώση b16: σήκωμα λεκάνης (σύρμα) b36: επιτόπια ταλάντωση	ΙΔΕΑ 1B, 2B, 3B
Π6	“καρέκλα”, “τελίτσες” “να κλείσουμε, να μαζευτούμε” “κάναμε περισσότερες τελίτσες” “ήμουν το παγάκι”	b1: μάζεμα b2: κλείσιμο χεριών προς τα μέσα b3: πλησίασμα b4: κράτημα χεριών b34: στέκεται ακίνητη	ΙΔΕΑ 1B, 3B
Π7		b5: πτώση στον κάθετο άξονα b7: κατακόρυφο/ρόδα με πτώση b14: αλλαγή θέσης (σύρμα)	ΙΔΕΑ 2B, 3B
Π8	“κατακόρυφο”	b5: πτώση στον κάθετο άξονα	

		b7: κατακόρυφο/ρόδα με πτώση b9: κάθοδος και περιστροφή πάνω στη λεκάνη b14: αλλαγή θέσης (σύρμα)	ΙΔΕΑ 1B, 2B, 3B
Π9	“καλοριφέρ”, “τραπέζι” “θα βλέπαμε πέτρες”	b6: άλμα με πτώση(ελάχιστη μετατόπιση) b7: κατακόρυφο/ρόδα με πτώση b13: χέρια τεντωμένα στο πλάι (σύρμα)	ΙΔΕΑ 1B, 2B, 3B
Π10	“κουρτίνα” “τελίτσες”	b1: μάζεμα b3: πλησίασμα b4: κράτημα χεριών b14: αλλαγή θέσης (σύρμα)	ΙΔΕΑ 1B, 2B, 3B
Π11	“όταν κάναμε ρόδα είχαμε πέσει κάτω”	b5: πτώση στον κάθετο άξονα b6: άλμα με πτώση(ελάχιστη μετατόπιση) b7: κατακόρυφο/ρόδα με πτώση b12: κίνηση ποδιών στο πάτωμα b15: ξαπλώνει στο πάτωμα (σύρμα)	ΙΔΕΑ 1B, 2B, 3B
Π12	“ηχείο” “τελίτσες”	b1: μάζεμα b2: να κλείσουμε, να μαζευτούμε b3: πλησίασμα b4: κράτημα χεριών	ΙΔΕΑ 1B,3B

Πίνακας 26. Κωδικοποίηση προφορικού λόγου και σωματικής έκφρασης και ΙΔΕΕΣ από τις διδακτικές παρεμβάσεις 1 & 3

ΠΑΙΔΙΑ (9)	S (speech)	B (body)	ΙΔΕΕΣ ΒΙΝΤΕΟ
Π1	“να το ζεστάνουμε”	b17: πέρα - δώθε κορμού με σταθερά πόδια b18: έντονο κούνημα χεριών b29: μετακίνηση προς τη μία μεριά b32: λίκνισμα με μικρή μετατόπιση b36: άνοιγμα στον χώρο	ΙΔΕΑ 4B, 5B, 6B, 7B, 8B
Π3	“θα φύγουμε”	b17: πέρα - δώθε κορμού με σταθερά πόδια b27: χαμήλωμα b28: τάση προς μετακίνηση b29: μετακίνηση προς τη μία μεριά b32: λίκνισμα με μικρή μετατόπιση b36: άνοιγμα στον χώρο b38: επιτόπια ταλάντωση b42: έντονη επιτόπια ταλάντωση	ΙΔΕΑ 4B, 5B, 6B, 7B, 8B
Π4	“θα φύγει το νερό”	b17: πέρα - δώθε κορμού με σταθερά πόδια b20: επιτόπια κίνηση ποδιών b24: χέρια πάνω b27: χαμήλωμα b26: τάση προς μετακίνηση b29: μετακίνηση προς τη μία μεριά	ΙΔΕΑ 4B, 5B, 6B, 7B, 8B

		b32: λίκνισμα με μικρή μετατόπιση b34: κυκλική κίνηση με μετατόπιση b36: άνοιγμα στον χώρο	
Π6	“Άμα γέρνει το μπουκάλι όμως θα πρέπει να πάμε όλοι προς τη μία μεριά” “για να εξατμιστεί” “θα ανέβαινε” “αέριο” “μετακινούνται”	b17: πέρα - δώθε κορμού με σταθερά πόδια b29: μετακίνηση προς τη μία μεριά b32: λίκνισμα με μικρή μετατόπιση b33: κίνηση χεριών προς τα πάνω b40: μετακίνηση δεξιά και αριστερά b36: άνοιγμα στον χώρο	ΙΔΕΑ 4B, 5B, 6B, 7B, 8B
Π7		b17: πέρα - δώθε κορμού με σταθερά πόδια b29: μετακίνηση προς τη μία μεριά b32: λίκνισμα με μικρή μετατόπιση b36: άνοιγμα στον χώρο	ΙΔΕΑ 4B, 5B, 7B, 8B
Π8	“θα πέσουμε κάτω” “ήμασταν πάγοι” “μετακινήθηκαν”	b17: πέρα - δώθε κορμού με σταθερά πόδια b22: κινήσεις χεριών (ii) b27: χαμήλωμα b29: μετακίνηση προς τη μία μεριά b31: αέρινη κίνηση χεριών και κορμού b32: λίκνισμα με μικρή μετατόπιση b35: μεγάλη μετακίνηση με κυματισμό στα χέρια b36: άνοιγμα στον χώρο <i>b37: κινήσεις με μετατόπιση στον χώρο και χέρια ανοιχτά</i> <i>b41: ομαδική χορογραφία χεριών με μετακίνηση</i>	ΙΔΕΑ 4B, 5B, 6B, 7B, 8B
Π9	“αντιστέκεται όμως” “κουνηθήκαμε λίγο” “ελευθερωνόμασταν και φεύγαμε”	b17: πέρα - δώθε κορμού με σταθερά πόδια b19: έντονο κούνημα μπουκαλιού b25: κινήσεις χεριών (iii) b26: κύμα χεριών b29: μετακίνηση προς τη μία μεριά b32: λίκνισμα με μικρή μετατόπιση b34: κυκλική κίνηση με μετατόπιση b35: μεγάλη μετακίνηση με κυματισμό στα χέρια b36: άνοιγμα στον χώρο <i>b43: αλλαγή θέσης</i>	ΙΔΕΑ 4B, 5B, 6B, 7B, 8B
Π10	“φύγαμε “ “γυρίσαμε και πήγαμε στο άλλο δωμάτιο” “να το ζεστάνουμε” “να πάμε στο μπουκάλι”	b17: πέρα - δώθε κορμού με σταθερά πόδια b29: μετακίνηση προς τη μία μεριά b30: γέρνει στο πλάι για να δείξει τη φυγή b32: λίκνισμα με μικρή μετατόπιση	ΙΔΕΑ 4B, 5B, 6B, 7B, 8B
Π11	“όχι, να αλλάζουμε” “θα πνιγούμε” “ήμασταν μέσα στο μπουκάλι” “θα πάμε προς τα πάνω”	b17: πέρα - δώθε κορμού με σταθερά πόδια b21: κίνηση χεριών (i) b23: στρατιωτικός χαιρετισμός b27: χαμήλωμα b28: τάση προς μετακίνηση b29: μετακίνηση προς τη μία μεριά	ΙΔΕΑ 4B, 5B, 6B, 7B, 8B

b31: αέρινη κίνηση χεριών και κορμού
b33: λίκνισμα με μικρή μετατόπιση
b34: κυκλική κίνηση με μετατόπιση
b36: άνοιγμα στον χώρο
b38: επιτόπια ταλάντωση
b39: βουτιά στο πάτωμα
b42: έντονη επιτόπια ταλάντωση

Πίνακας 27. Κωδικοποίηση προφορικού λόγου και σωματικής έκφρασης και ΙΔΕΕΣ από τις διδακτικές παρεμβάσεις 2 & 3

Κατηγορίες

Με τη σειρά τους οι υποκατηγορίες οδήγησαν στη δημιουργία δύο βασικών εννοιολογικών κατηγοριών, ίδιες με αυτές που προέκυψαν από την ανάλυση των ερωτηματολογίων, συμβάλλοντας έτσι στην εγκυρότητα της ανάλυσης. Από την ανάλυση του βίντεο της πρώτης και τρίτης διδακτικής παρέμβασης προέκυψαν οι εξής κατηγορίες:

- *Μακροσκοπική εννοιολόγηση στερεού (ΙΔΕΑ 1B)*
- *Μικροσκοπική προσέγγιση στερεού (ΙΔΕΑ 2B, ΙΔΕΑ 3B)*

Κατ' αντιστοιχία, η ανάλυση του βίντεο οδήγησε στο ίδιο θέμα που είχε οδηγήσει η ανάλυση των ερωτηματολογίων: την *Εννοιολόγηση του Στερεού*.

Από τη δεύτερη διδακτική παρέμβαση προέκυψαν οι εξής κατηγορίες:

- *Μακροσκοπική εννοιολόγηση υγρού και αερίου (ΙΔΕΑ 6B)*
- *Μικροσκοπική εννοιολόγηση υγρού και αερίου (ΙΔΕΑ 4B, ΙΔΕΑ 5B, ΙΔΕΑ 7B, ΙΔΕΑ 8B)*

Κατ' αντιστοιχία, η ανάλυση του βίντεο οδήγησε στο θέμα που διαπερνούσε και την ανάλυση των ερωτηματολογίων: την *Εννοιολόγηση του Υγρού και του Αερίου*.

3.6.3 Έλεγχος ταύτισης των ΙΔΕΩΝ από το ερωτηματολόγιο και από το βίντεο

Στο παρόν στάδιο επιχειρήσαμε να δούμε κατά πόσο οι εννοιολογικές βελτιώσεις από τα ερωτηματολόγια επιβεβαιώνονται από τις εννοιολογήσεις των παιδιών στις διδακτικές παρεμβάσεις οι οποίες καταγράφηκαν μέσω των βίντεο. Στον Πίνακα 28 παρουσιάζεται κάθε παιδί με τις ΙΔΕΕΣ του για την εννοιολόγηση του στερεού σώματος από το post Test 1, οι οποίες είτε αποτελούν βελτιώσεις σε μια προϋπάρχουσα ΙΔΕΑ, είτε είναι ΙΔΕΕΣ που είναι ίδιες με τις προϋπάρχουσες που είχαν καταγραφεί στο pre Test 1 του ερωτηματολογίου (βλ. Πίνακες 12 & 14). Και στις δύο περιπτώσεις οι ΙΔΕΕΣ στο post Test 1 είναι σύμφωνες με το επιστημονικά συμβατό. Επιπλέον, στη δεύτερη στήλη του Πίνακα 28 εμφανίζονται οι ΙΔΕΕΣ του κάθε παιδιού που προέκυψαν από την ανάλυση του βίντεο της πρώτης διδακτικής παρέμβασης και ένα μέρος της τρίτης διδακτικής παρέμβασης που αφορούσε το στερεό, οι οποίες είναι σύμφωνες με το επιστημονικά συμβατό και *επιβεβαιώνουν* τις ΙΔΕΕΣ του post

Test 1 έχοντας το ίδιο εννοιολογικό περιεχόμενο. Η εμφάνιση της ίδιας, επιστημονικά συμβατής, ΙΔΕΑΣ και στο post Test 1 και στο pre Test 1 (σταθερότητα) αποτυπώνεται με πλάγια γραφή στα παιδιά Π3, Π7 και Π8, στη στήλη των ΙΔΕΩΝ του post 1 και στη στήλη με τις ΙΔΕΕΣ του ΒΙΝΤΕΟ. Επιπλέον, οι ΙΔΕΕΣ οι οποίες έφεραν λεκτικά στοιχεία με ενσώματα χαρακτηριστικά φέρουν τη σχετική επισήμανση.

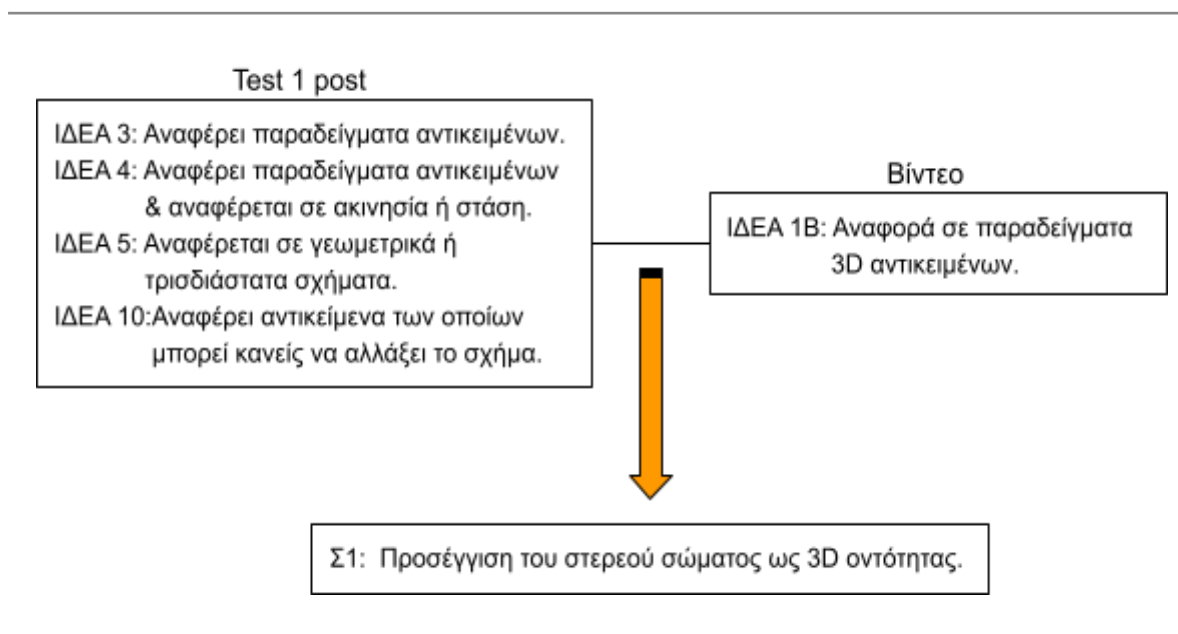
Παιδιά (10)	ΙΔΕΕΣ POST TEST 1	ΙΔΕΕΣ ΒΙΝΤΕΟ
Π1	ΙΔΕΑ 4 (Ενσώματη), ΙΔΕΑ 10	ΙΔΕΑ 3B, ΙΔΕΑ 1B
Π2	ΙΔΕΑ 10, ΙΔΕΑ 13 (Ενσώματη)	ΙΔΕΑ 1B, ΙΔΕΑ 2B
Π3	<i>ΙΔΕΑ 5</i>	<i>ΙΔΕΑ 1B</i>
Π6	ΙΔΕΑ 3, ΙΔΕΑ 10, ΙΔΕΑ 14 (Ενσώματη)	ΙΔΕΑ 1B, ΙΔΕΑ 2B
Π7	ΙΔΕΑ 4 (Ενσώματη), <i>ΙΔΕΑ 13</i>	ΙΔΕΑ 1B, ΙΔΕΑ 3B, <i>ΙΔΕΑ 2B</i>
Π8	ΙΔΕΑ 4 (Ενσώματη), <i>ΙΔΕΑ 13</i>	ΙΔΕΑ 1B, ΙΔΕΑ 3B, <i>ΙΔΕΑ 2B</i>
Π9	ΙΔΕΑ 10, ΙΔΕΑ 13	ΙΔΕΑ 1B, ΙΔΕΑ 2B
Π10	ΙΔΕΑ 3, ΙΔΕΑ 10, ΙΔΕΑ 15	ΙΔΕΑ 1B, ΙΔΕΑ 2B
Π11	ΙΔΕΑ 4 (Ενσώματη), ΙΔΕΑ 10, ΙΔΕΑ 13	ΙΔΕΑ 3B, ΙΔΕΑ 1B, ΙΔΕΑ 2B
Π12	ΙΔΕΑ 3, ΙΔΕΑ 10, ΙΔΕΑ 14, ΙΔΕΑ 16 (Ενσώματη)	ΙΔΕΑ 1B, ΙΔΕΑ 2B, ΙΔΕΑ 3B

Πίνακας 28. ΙΔΕΕΣ post Test 1 και ΙΔΕΕΣ βίντεο πρώτης και τρίτης διδακτικής παρέμβασης

Το κάθε στοιχείο νοήματος που έφεραν οι ΙΔΕΕΣ του post Test 1, οι οποίες είτε εμφανίστηκαν για πρώτη φορά είτε διατηρήθηκαν, ελέγχθηκε εάν περιέχεται και στις ΙΔΕΕΣ από τα Βίντεο της διδακτικής παρέμβασης για το στερεό σώμα. Στην περίπτωση που αυτό συνέβαινε, οι ερευνητές καταχωρούσαν την ΙΔΕΑ αυτή του post Test ή κάποιο νοηματικό της στοιχείο ως στοιχείο μάθησης και το θεωρούσαν στοιχείο του νοητικού μοντέλου που κατάφερε το παιδί να συγκροτήσει μέσω της πρώτης και συμπληρωματικά της τρίτης διδακτικής παρέμβασης. Αποτέλεσμα της συγκεκριμένης διαδικασίας ήταν να εμφανιστούν τρία συνολικά συστατικά του νοητικού μοντέλου των παιδιών ή αλλιώς των εσωτερικών τους αναπαραστάσεων (Jones et al, 2011) για την εννοιολόγηση του στερεού σώματος. Στα Σχήματα 7, 8 και 9 εμφανίζονται οι ΙΔΕΕΣ από το Post test 1, οι οποίες αποτελούν βελτιώσεις για την εννοιολόγηση του στερεού και οι οποίες έχουν κοινά νοηματικά στοιχεία με τις ΙΔΕΕΣ που εμφανίστηκαν στην 1η ή/και στην 3η διδακτική παρέμβαση.

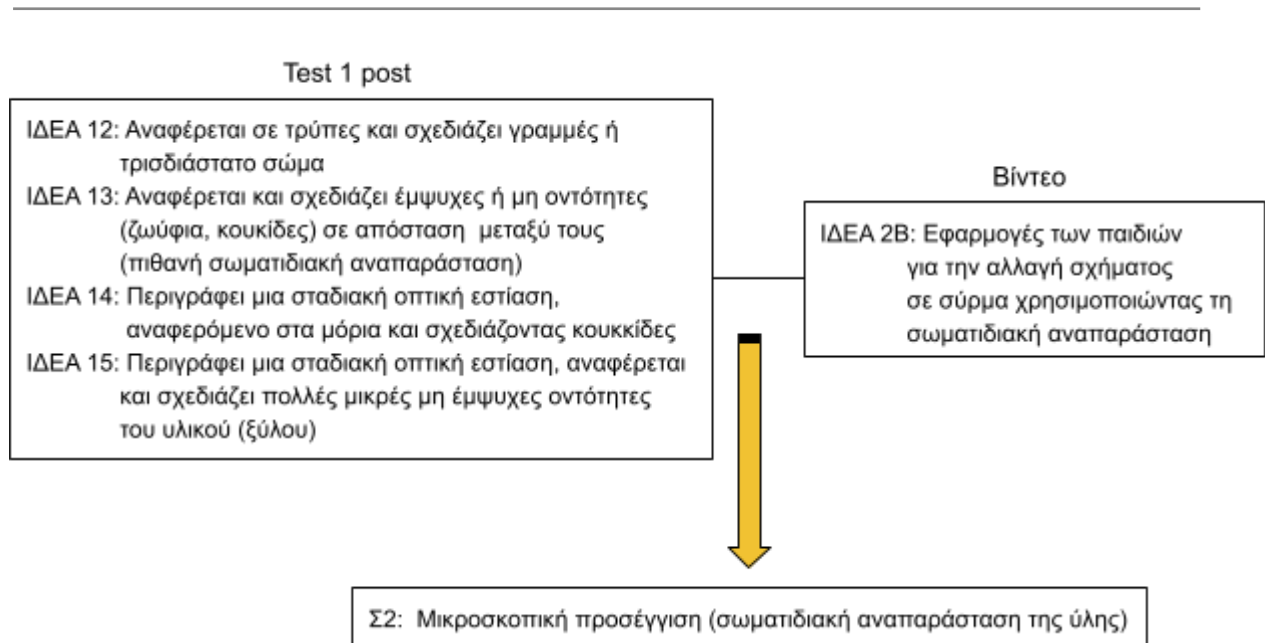
Αναλυτικά, στο Σχήμα 7 εμφανίζονται οι ΙΔΕΕΣ 3, 4, 5,10 οι οποίες καταγράφηκαν ως βελτιώσεις μέσω του post Test 1 και οι οποίες φέρουν το ίδιο στοιχείο νοήματος που φέρει και η ΙΔΕΑ 1B, η οποία εκφράστηκε κατά τη διδασκαλία και καταγράφηκε μέσω του βίντεο.

Αποτέλεσμα αυτής της ταύτισης είναι ο ισχυρισμός ότι τα συγκεκριμένα παιδιά έχουν συγκροτήσει νοητικά το συστατικό Σ1 το οποίο αναφέρεται στην *Προσέγγιση του στερεού σώματος ως 3D οντότητας*.



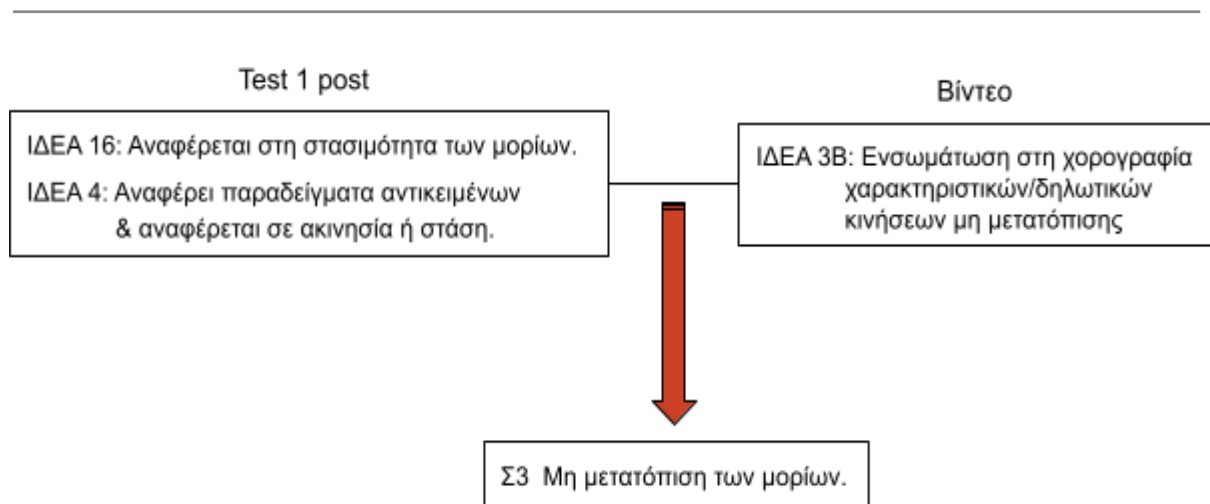
Σχήμα 7. Συστατικό Σ1 του νοητικού μοντέλου για την εννοιολόγηση στερεού: Προσέγγιση του στερεού σώματος ως 3D οντότητας

Αντίστοιχα, το συστατικό Σ2: *Μικροσκοπική προσέγγιση (σωματιδιακή αναπαράσταση της ύλης)*, διαμορφώνεται μέσα από τη συνάντηση των ΙΔΕΩΝ 12, 13, 14, 15 με την ΙΔΕΑ 2B από το βίντεο, η οποία εμπεριέχει δύο νοηματικά στοιχεία. Οι ΙΔΕΕΣ από το post Test 1 εκφράζουν με κάποιον τρόπο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 8, τη σωματιδιακή αναπαράσταση της ύλης, κάτι που εξέφρασαν τα παιδιά και κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης για τα στερεά, όταν ως μόρια μετέβαλαν αυθόρμητα το σχήμα ενός σύρματος που κάποια στιγμή αναπαριστούσαν. Κατά συνέπεια αυτή η ιδέα (ΙΔΕΑ 2B) από τη διδασκαλία επιβεβαίωσε τις ιδέες που είχαν καταγραφεί ήδη ως βελτιώσεις στο ερωτηματολόγιο (post Test 1).



Σχήμα 8. Συστατικό Σ2 του νοητικού μοντέλου για την εννοιολόγηση στερεού: Σωματιδιακή αναπαράσταση της ύλης

Το τρίτο συστατικό του νοητικού μοντέλου των παιδιών Σ3, το οποίο αφορά τη *Μη μετατόπιση των μορίων του στερεού*, προέκυψε από την επιβεβαίωση των ΙΔΕΩΝ 4 και 16 που είχαν καταγραφεί ως βελτιώσεις στο post Test 1, από την ΙΔΕΑ 3B η οποία εμφανίστηκε κατά τη διδασκαλία για το στερεό. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 9 πρόκειται για ιδέες που εκφράστηκαν γραπτώς μέσω του ερωτηματολογίου και οι οποίες επιβεβαιώθηκαν μέσω χορογραφικών κινήσεων κατά την διδασκαλία.



Σχήμα 9. Συστατικό Σ3 του νοητικού μοντέλου για την εννοιολόγηση στερεού: Μη μετατόπιση των μορίων

Στον Πίνακα 29 παρουσιάζεται κάθε παιδί με τις ΙΔΕΕΣ του για την εννοιολόγηση της υγρής και της αέριας κατάστασης από το post Test 2, οι οποίες όπως και στην περίπτωση της στερεής κατάστασης, είτε αποτελούν βελτιώσεις σε μια προϋπάρχουσα ΙΔΕΑ, είτε είναι ΙΔΕΕΣ που είναι ίδιες με τις προϋπάρχουσες που είχαν καταγραφεί στο pre Test 2 του ερωτηματολογίου (βλ. Πίνακες 16, 18 & 20). Και στις δύο περιπτώσεις οι ΙΔΕΕΣ στο post Test 2 είναι σύμφωνες με το επιστημονικά συμβατό. Επιπλέον, στη δεύτερη στήλη του Πίνακα 29 εμφανίζονται οι ΙΔΕΕΣ του κάθε παιδιού που προέκυψαν από την ανάλυση του βίντεο της δεύτερης διδακτικής παρέμβασης και ένα μέρος της τρίτης διδακτικής παρέμβασης που αφορούσαν τα υγρά και τα αέρια, οι οποίες είναι σύμφωνες με το επιστημονικά συμβατό και *επιβεβαιώνουν* τις ΙΔΕΕΣ του post Test 2, δηλαδή επιβεβαιώνουν τις ιδέες που είχαν εμφανιστεί ως βελτιώσεις ή είχαν διατηρηθεί σταθερές. Η σταθερότητα του post Test 2 σε σχέση με το pre Test 2 σε μια επιστημονικά συμβατή ΙΔΕΑ αποτυπώνεται με πλάγια γραφή στα παιδιά Π1, Π4, Π6, Π8 και Π10 στη στήλη με τις ΙΔΕΕΣ του post test 2 και αντίστοιχα στη στήλη με τις ΙΔΕΕΣ του βίντεο.

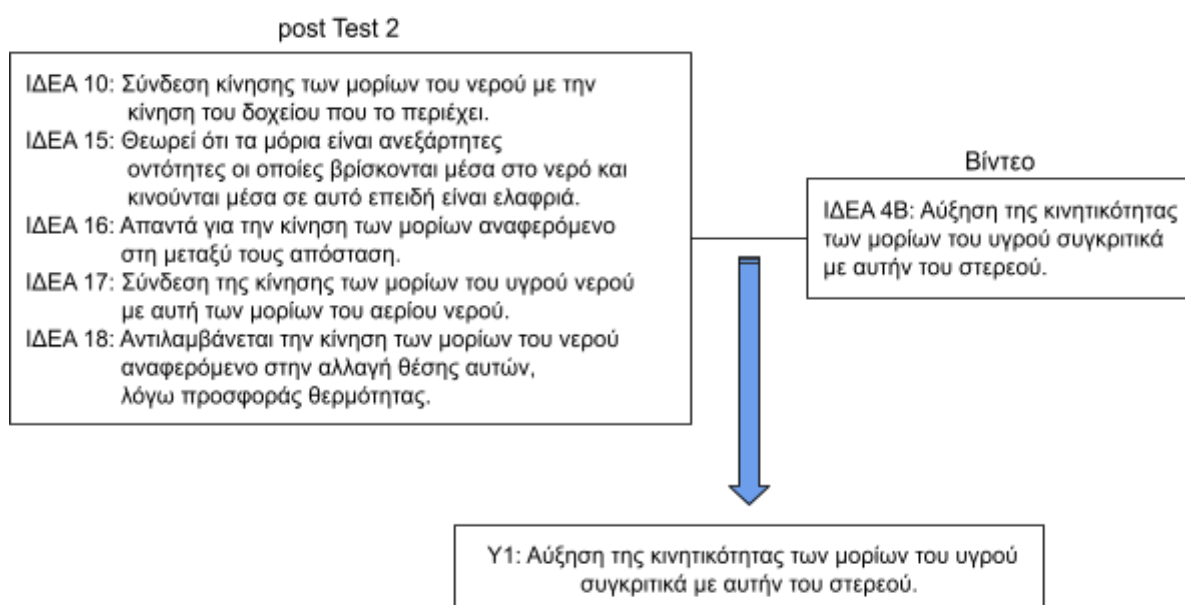
ΠΑΙΔΙΑ(9)	ΙΔΕΕΣ POST TEST 2	ΙΔΕΕΣ ΒΙΝΤΕΟ
Π1	<i>ΙΔΕΑ 10</i>	<i>ΙΔΕΑ 4B</i>
Π3	ΙΔΕΑ 8, ΙΔΕΑ 23 (ΕΝΣΩΜΑΤΟ)	ΙΔΕΑ 6B, ΙΔΕΑ 5B, ΙΔΕΑ 8B
Π4	ΙΔΕΑ 8, <i>ΙΔΕΑ 12</i> (ΕΝΣΩΜΑΤΟ), ΙΔΕΑ 24 (ΕΝΣΩΜΑΤΟ)	ΙΔΕΑ 6B, <i>ΙΔΕΑ 4B</i> , ΙΔΕΑ 5B, ΙΔΕΑ 7B, ΙΔΕΑ 8B
Π6	<i>ΙΔΕΑ 8</i> , ΙΔΕΑ 12, ΙΔΕΑ 25,	<i>ΙΔΕΑ 6B</i> , , ΙΔΕΑ 5B,ΙΔΕΑ 8B
Π7	ΙΔΕΑ 9 (ΕΝΣΩΜΑΤΟ), ΙΔΕΑ 16, ΙΔΕΑ 24	ΙΔΕΑ 4B, ΙΔΕΑ 5B, ΙΔΕΑ 6B, ΙΔΕΑ 7B, ΙΔΕΑ 8B
Π8	ΙΔΕΑ 8, ΙΔΕΑ 17, ΙΔΕΑ 26 (ΕΝΣΩΜΑΤΟ)	ΙΔΕΑ 6B, ΙΔΕΑ 4B, ΙΔΕΑ 5B, ΙΔΕΑ 8B
Π9	ΙΔΕΑ 9 (ΕΝΣΩΜΑΤΟ), ΙΔΕΑ 15(ΕΝΣΩΜΑΤΟ), ΙΔΕΑ 26 (ΕΝΣΩΜΑΤΟ)	ΙΔΕΑ 6B, ΙΔΕΑ 4B, ΙΔΕΑ 5B, ΙΔΕΑ 7B, ΙΔΕΑ 8B
Π10	<i>ΙΔΕΑ 8</i> , <i>ΙΔΕΑ 15</i>	<i>ΙΔΕΑ 6B</i> , <i>ΙΔΕΑ 4B</i>
Π11	<i>ΙΔΕΑ 8</i> , ΙΔΕΑ 18 (ΕΝΣΩΜΑΤΟ), ΙΔΕΑ 24	<i>ΙΔΕΑ 6B</i> , ΙΔΕΑ 4B, ΙΔΕΑ 5B, ΙΔΕΑ 8B

Πίνακας 29. ΙΔΕΕΣ post Test 2 και ΙΔΕΕΣ βίντεο δεύτερης διδακτικής παρέμβασης

Κατόπιν, ακολουθώντας την ίδια μεθοδολογία όπως και για τα στερεά, κάθε στοιχείο νοήματος που έφεραν οι ΙΔΕΕΣ του post Test 2 ελέγχθηκε εάν περιέχεται και στις ΙΔΕΕΣ από τα Βίντεο. Στην περίπτωση που αυτό συνέβαινε, οι ερευνητές καταχωρούσαν την ΙΔΕΑ αυτή ή κάποιο νοηματικό της στοιχείο ως στοιχείο μάθησης και το θεωρούσαν στοιχείο του νοητικού μοντέλου που κατάφερε το παιδί να συγκροτήσει μέσω της δεύτερης, αλλά και της

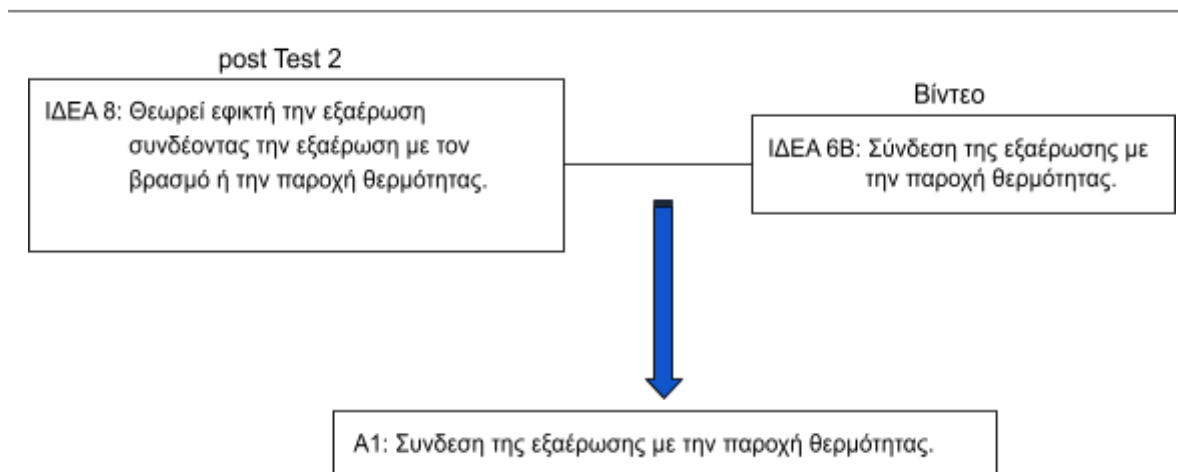
τρίτης διδακτικής παρέμβασης. Αποτέλεσμα της συγκεκριμένης διαδικασίας ήταν να εμφανιστούν συνολικά ένα συστατικό του νοητικού μοντέλου των παιδιών για την εννοιολόγηση των υγρών και τέσσερα για την εννοιολόγηση των αερίων. Στα Σχήματα 9, 10 και 11 εμφανίζονται οι ΙΔΕΕΣ από το Post test 2, οι οποίες αποτελούν βελτιώσεις για την εννοιολόγηση των υγρών και των αερίων και οι οποίες έχουν κοινά νοηματικά στοιχεία με τις ΙΔΕΕΣ που εμφανίστηκαν στην 2η ή/και στην 3η διδακτική παρέμβαση. Κατά συνέπεια μπορούμε να ισχυριστούμε ότι συντελέστηκε μάθηση και τα συστατικά του νοητικού μοντέλου που αναδύονται αφενός για τα υγρά είναι το *Υ1: Αύξηση της κινητικότητας των μορίων του υγρού συγκριτικά με αυτήν του στερεού* και για τα αέρια το *A1: Συνδεση της εξαέρωσης με την παροχή θερμότητας*, *A2: Σύνδεση της εξαέρωσης με την κίνηση των μορίων*, *A3: Αύξηση της κινητικότητας των μορίων του αερίου συγκριτικά με αυτήν του υγρού* και *A4: Διάταξη μορίων αερίου*.

Το συστατικό του νοητικού μοντέλου για τα υγρά (*Υ1: Αύξηση της κινητικότητας των μορίων του υγρού συγκριτικά με αυτήν του στερεού*), το οποίο απεικονίζεται στο Σχήμα 9, προκύπτει από τις ΙΔΕΕΣ 10, 15, 16, 17 και 18 οι οποίες καταγράφηκαν στο ερωτηματολόγιο μετά την διδακτική παρέμβαση και επιβεβαιώνονται από την ΙΔΕΑ 4B η οποία εκφράστηκε κατά τη διάρκεια των διδακτικών παρεμβάσεων για τα υγρά. Στο Σχήμα 10 συμπεριλαμβάνονται και οι ΙΔΕΕΣ 10 και 15, καθώς αν και ως προς τη διατύπωσή τους απέχουν από το επιστημονικά συμβατό, η αναφορά τους στην κίνηση των μορίων τις καθιστά ΙΔΕΕΣ που σηματοδοτούν ένα βήμα προς την σχετική κίνηση των μορίων των υγρών.



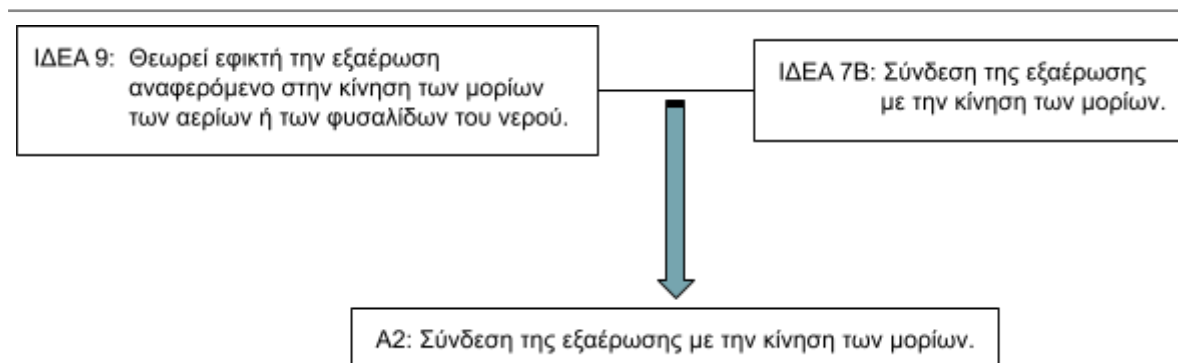
Σχήμα 10. Συστατικό Υ1 του νοητικού μοντέλου για την εννοιολόγηση υγρού: Αύξηση της κινητικότητας των μορίων του υγρού συγκριτικά με αυτή του στερεού

Στο Σχήμα 11 με αντίστοιχο τρόπο επιβεβαιώνεται η ΙΔΕΑ 8 από το ερωτηματολόγιο από την ΙΔΕΑ 6B που εμφανίστηκε κατά τη διδασκαλία δημιουργώντας το συστατικό A1: *Σύνδεση της εξαέρωσης με την παροχή θερμότητας.*



Σχήμα 11. Συστατικό A1 του νοητικού μοντέλου για την εννοιολόγηση αερίου: Σύνδεση της εξαέρωσης με την παροχή θερμότητας

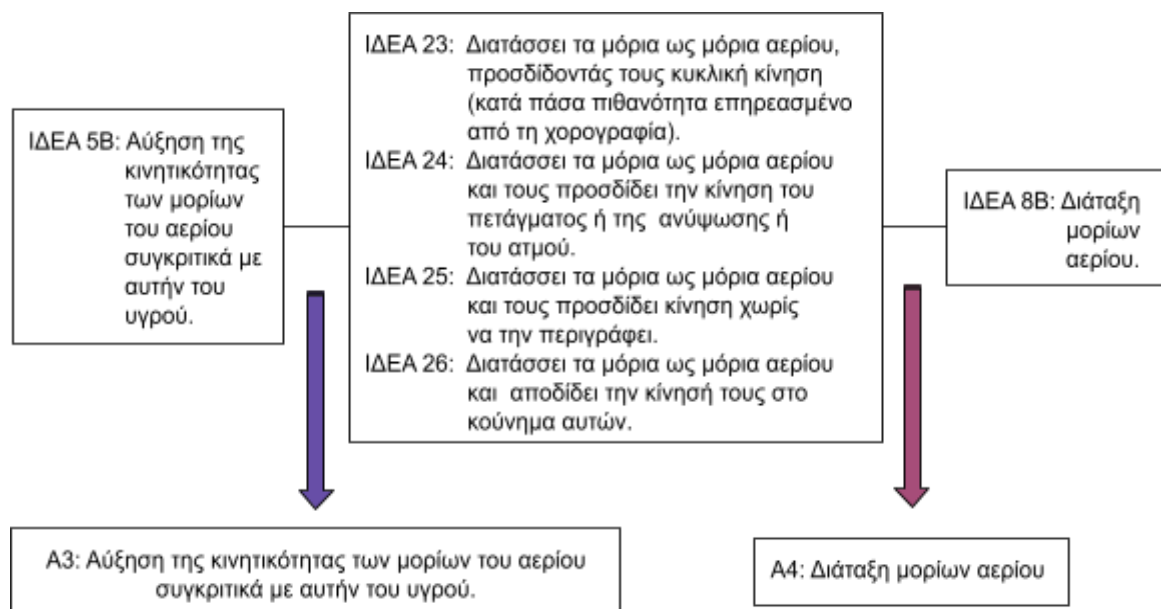
Στο Σχήμα 12 επιβεβαιώνεται η ΙΔΕΑ 9 από το ερωτηματολόγιο από την ΙΔΕΑ 7B που εμφανίστηκε κατά τη διδασκαλία δημιουργώντας το συστατικό A2: *Σύνδεση της εξαέρωσης με την κίνηση των μορίων.*



Σχήμα 12. Συστατικό A2 του νοητικού μοντέλου για την εννοιολόγηση αερίου: Σύνδεση της εξαέρωσης με την κίνηση των μορίων

Στο Σχήμα 13 με αντίστοιχο τρόπο επιβεβαιώνονται οι ΙΔΕΕΣ 23, 24, 25 και 26 από το ερωτηματολόγιο από τις ΙΔΕΕΣ 5B και 8B που εμφανίστηκαν κατά τη διδασκαλία

δημιουργώντας δύο ανεξάρτητα συστατικά, το A3: *Αύξηση της κινητικότητας των μορίων του αερίου συγκριτικά με αυτήν του υγρού* και το A4: *Διάταξη μορίων αερίου*.



Σχήμα 13. Συστατικά A3 και A4 του νοητικού μοντέλου για την εννοιολόγηση αερίου: *Αύξηση της κινητικότητας των μορίων του αερίου συγκριτικά με αυτήν του υγρού* και *Διάταξη μορίων αερίου*

4. Αποτελέσματα

Βάσει των συστατικών του νοητικού μοντέλου για τα στερεά, τα υγρά και τα αέρια, όπως αυτά διαμορφώθηκαν μέσα από την ανάλυση του βίντεο και των ερωτηματολογίων, παρουσιάζεται στους Πίνακες 30, 31 και 32 η επίδραση της διδακτικής παρέμβασης στη μάθηση των παιδιών ανά κατάσταση της ύλης. Να υπενθυμίσουμε ότι από την ανάλυση έχει αποκλειστεί το Π5. Η παύλα (-) στους πίνακες σημαίνει ότι το παιδί στο οποίο αντιστοιχεί δεν συγκρότησε κάποιο συστατικό του νοητικού μοντέλου.

ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ

Σ1: Προσέγγιση του στερεού σώματος ως 3D οντότητας

Σ2: Μικροσκοπική προσέγγιση (σωματιδιακή αναπαράσταση της ύλης)

Σ3: Μη μετατόπιση των μορίων

ΠΑΙΔΙΑ (10)	Συστατικά νοητικού μοντέλου
Π1	Σ1, Σ3
Π2	Σ1, Σ2
Π3	Σ1
Π6	Σ1, Σ2
Π7	Σ1, Σ2, Σ3
Π8	Σ1, Σ2, Σ3
Π9	Σ1, Σ2
Π10	Σ1, Σ2
Π11	Σ1, Σ2, Σ3
Π12	Σ1, Σ2, Σ3

Πίνακας 30. Συστατικά νοητικού μοντέλου για τα στερεά (Σ1, Σ2, Σ3) ανά μαθητή

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 30:

α) Δέκα από τα δέκα παιδιά (10/10) (Π1, Π2, Π3, Π6, Π7, Π8, Π9, Π10, Π11, Π12) συγκρότησαν το πρώτο συστατικό Σ1 του νοητικού μοντέλου για την εννοιολόγηση του στερεού, το οποίο αφορά τη μακροσκοπική προσέγγιση του στερεού και συγκεκριμένα προσεγγίζουν το στερεό ως 3D οντότητα.

β) Οκτώ από τα δέκα παιδιά (8/10) (Π2, Π6, Π7, Π8, Π9, Π10, Π11, Π12) συγκρότησαν το δεύτερο συστατικό Σ2 του νοητικού μοντέλου για την εννοιολόγηση του στερεού, το οποίο αναφέρεται στη σωματιδιακή αναπαράσταση της ύλης.

γ) Πέντε από τα δέκα παιδιά (5/10) (Π1, Π7, Π8, Π11, Π12) συγκρότησαν το τρίτο συστατικό Σ3 για την εννοιολόγηση του στερεού, το οποίο αφορά τη μη μετατόπιση των μορίων του στερεού.

Συγκεντρωτικά, εννέα από τα δέκα παιδιά (9/10) συγκρότησαν εκτός από το Σ1 που αναφέρεται μακροσκοπικά στο στερεό και ένα από τα Σ2 ή Σ3 τα οποία αναφέρονται στην μικροσκοπική υπόσταση του στερεού. Επιπλέον, τέσσερα στα δέκα παιδιά (4/10) συγκρότησαν και τα τρία συστατικά του νοητικού μοντέλου για το στερεό.

ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΓΡΟΥ

Υ1: Αύξηση της κινητικότητας των μορίων του υγρού συγκριτικά με αυτή του στερεού

ΠΑΙΔΙΑ (9)	Συστατικά νοητικού μοντέλου
Π1	Υ1
Π3	-
Π4	Υ1
Π6	Υ1
Π7	Υ1
Π8	Υ1
Π9	Υ1
Π10	Υ1
Π11	Υ1

Πίνακας 31. Συστατικό νοητικού μοντέλου (Υ1) ανά μαθητή

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 31, οκτώ από τα εννέα παιδιά (8/9) (Π1, Π4, Π6, Π7, Π8, Π9, Π10, Π11) συγκρότησαν το συστατικό του νοητικού μοντέλου Υ1 για την εννοιολόγηση του υγρού, το οποίο αφορά την αύξηση της κίνησης των μορίων του υγρού νερού σε σχέση με αυτή του στερεού, μέσα από τη συμμετοχή τους στη δεύτερη και τρίτη διδακτική παρέμβαση. Το παιδί Π3, αν και εμφάνισε βάσει της ανάλυσης του βίντεο την ΙΔΕΑ 4B, η οποία αφορά τη σχετική κίνηση των μορίων του νερού, στο post Test 2 δεν έδωσε κάποια απάντηση.

ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΕΡΙΟΥ

A1: Σύνδεση της εξαέρωσης με την παροχή θερμότητας.

A2: Σύνδεση της εξαέρωσης με την κίνηση των μορίων.

A3: Αύξηση της κινητικότητας των μορίων του αερίου συγκριτικά με αυτή του υγρού.

A4: Διάταξη μορίων αερίου

ΠΑΙΔΙΑ (9)	Συστατικά νοητικού μοντέλου
Π1	–
Π3	A1, A3, A4
Π4	A1, A3, A4
Π6	A1, A3, A4
Π7	A1, A2, A3, A4
Π8	A1, A3, A4
Π9	A1, A2, A3, A4
Π10	A1
Π11	A1, A3, A4

Πίνακας 32. Συστατικά νοητικού μοντέλου (A1, A2, A3, A4) ανά μαθητή/τρια

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 32:

α) Οκτώ από τα εννέα παιδιά (8/9) (Π3, Π4, Π6, Π7, Π8, Π9, Π10, Π11) συγκρότησαν το πρώτο συστατικό A1 του νοητικού μοντέλου για την εννοιολόγηση του αερίου, το οποίο αφορά τη μακροσκοπική προσέγγιση του αερίου και συγκεκριμένα τη σύνδεση της εξαέρωσης με την παροχή θερμότητας.

β) Δύο από τα εννέα παιδιά (2/9) (Π7 και Π9) σχημάτισαν το δεύτερο συστατικό A2 του νοητικού μοντέλου που αφορά τη μικροσκοπική προσέγγιση της αέριας κατάστασης της ύλης και συγκεκριμένα τη σύνδεση της εξαέρωσης με την κίνηση των μορίων.

γ) Εφτά από τα εννέα παιδιά (7/9) (Π3, Π4, Π6, Π7, Π8, Π9, Π11) σχημάτισαν το τρίτο συστατικό του νοητικού μοντέλου A3 που αφορά τη μικροσκοπική προσέγγιση της αέριας κατάστασης της ύλης και συγκεκριμένα την αύξηση της κινητικότητας των μορίων του αερίου συγκριτικά με αυτή του υγρού.

δ) Εφτά από τα εννέα παιδιά (7/9) (Π3, Π4, Π6, Π7, Π8, Π9, Π11) σχημάτισαν το τέταρτο συστατικό του νοητικού μοντέλου A4 που αφορά τη μικροσκοπική προσέγγιση της αέριας κατάστασης της ύλης και συγκεκριμένα τη διάταξη των μορίων του αερίου.

Συγκεντρωτικά, μέσα από τη συμμετοχή τους στη δεύτερη και τρίτη διδακτική παρέμβαση, οκτώ από τα εννέα (8/9) παιδιά εμφάνισαν βελτίωση ως προς τη μακροσκοπική εννοιολόγηση του αερίου, και επτά στα εννέα (7/9) τόσο ως προς τη μακροσκοπική όσο και ως προς τη μικροσκοπική εννοιολόγηση του αερίου. Τέλος, δύο από τα εννέα παιδιά (2/9), κατάφεραν να συνδέσουν το μακροσκοπικό φαινόμενο της εξαέρωσης με τη μικροσκοπική του ερμηνεία, με την κίνηση των μορίων δηλαδή. Το Π1, αν και εμφάνισε στοιχεία προφορικού λόγου και σωματικές κινήσεις που εξέφρασαν όλες τις ΙΔΕΕΣ (4B, 5B, 6B, 7B, 8B) του βίντεο, αυτές δεν είχαν καταγραφεί στο post Test 2.

Στον Πίνακα 33 αποτυπώνονται συγκεντρωτικά για το κάθε παιδί τα συστατικά του νοητικού μοντέλου για τις τρεις καταστάσεις της ύλης τα οποία συγκρότησε μέσα από τη συμμετοχή του στις τρεις διδακτικές παρεμβάσεις. Πρέπει όμως να λάβουμε υπόψη ότι από τα δώδεκα παιδιά της τάξης, τα τρία (Π2, Π4, Π12) δε συμμετείχαν τουλάχιστον σε μία διδακτική παρέμβαση, ενώ το Π5 δε συμμετείχε καθόλου, οπότε και αποκλείστηκε εξαρχής από την ανάλυση.

ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΤΕΡΕΟΥ, ΥΓΡΟΥ, ΑΕΡΙΟΥ

ΠΑΙΔΙΑ (11)	Συστατικά νοητικού μοντέλου στερεού	Συστατικά νοητικού μοντέλου υγρού	Συστατικά νοητικού μοντέλου αερίου
Π1	Σ1, Σ3	Υ1	-
Π2	Σ1, Σ2	δε συμμετείχε	δε συμμετείχε
Π3	Σ1	-	A1, A3, A4
Π4	δε συμμετείχε	Υ1	A1, A3, A4
Π6	Σ1, Σ2	Υ1	A1, A3, A4
Π7	Σ1, Σ2, Σ3	Υ1	A1, A2, A3, A4
Π8	Σ1, Σ2, Σ3	Υ1	A1, A3, A4
Π9	Σ1, Σ2	Υ1	A1, A2, A3, A4
Π10	Σ1, Σ2	Υ1	A1
Π11	Σ1, Σ2, Σ3	Υ1	A1, A3, A4
Π12	Σ1, Σ2, Σ3	δε συμμετείχε	δε συμμετείχε

Πίνακας 33. Συστατικά νοητικού μοντέλου (Σ1, Σ2, Σ3, Υ1, A1, A2, A3, A4) ανά μαθητή/τρια

Συνοψίζοντας, από τον Πίνακα 33 προκύπτει ότι:

α) Δέκα από τα έντεκα παιδιά (10/11) βελτίωσαν ή διατήρησαν τις εννοιολογήσεις τους σε σχέση με τα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά της ύλης, κάτι το οποίο απεικονίζεται μέσα από τη διαμόρφωση του συστατικού Σ1, που αφορά την προσέγγιση του στερεού σώματος ως 3D οντότητας ή/και του συστατικού Α1, που αφορά τη σύνδεση της εξαέρωσης με την παροχή θερμότητας. Συγκεκριμένα, ένα από τα δέκα παιδιά (1/10) διατήρησε την εννοιολόγησή του για το συστατικό Σ1, ενώ τα υπόλοιπα εννιά από τα δέκα (9/10) παρουσίασαν βελτιώσεις. Επίσης, δύο από τα εννιά (2/9) παιδιά διατήρησαν τις εννοιολογήσεις τους για το συστατικό Α1, ενώ τα υπόλοιπα παιδιά (6/9) παρουσίασαν βελτιώσεις.

β) Δέκα από τα έντεκα (10/11) παιδιά (Π1, Π3, Π4, Π6, Π7, Π8, Π9, Π10, Π11, Π12), βελτίωσαν ή διατήρησαν τις εννοιολογήσεις τους για τη σχετική κίνηση των μορίων στις διαφορετικές καταστάσεις της ύλης, καθώς συγκρότησαν ή το συστατικό Σ3 ή/και το Υ1 ή/και το Α3, τα οποία όλα αφορούν την κίνηση των μορίων. Συγκεκριμένα, πέντε από τα δέκα παιδιά (5/10) βελτίωσαν την εννοιολόγησή τους για τη σχετική κίνηση των μορίων του στερεού υιοθετώντας την ιδέα της μη μετατόπισης (Σ3). Για τη μεγαλύτερη κινητικότητα των μορίων του υγρού σε σχέση με αυτήν των μορίων του στερεού (Υ1), ένα από τα εννέα (1/9) παιδιά διατήρησε την εννοιολόγησή του ενώ τα υπόλοιπα επτά από τα εννέα (7/9) παιδιά παρουσίασαν βελτιώσεις. Επίσης, ως προς την μεγαλύτερη κινητικότητα των μορίων του αερίου σε σχέση με τα μόρια του υγρού (Α3) επτά από τα οκτώ (7/9) παιδιά εμφάνισαν βελτιώσεις στις εννοιολογήσεις τους.

γ) Δέκα από τα έντεκα (10/11) παιδιά (Π2, Π3, Π4, Π6, Π7, Π8, Π9, Π10, Π11, Π12), διαμόρφωσαν μία πρώτη αναπαράσταση της σωματιδιακής φύσης της ύλης, μέσω του σχηματισμού των συστατικών Σ2 ή/και Α4. Συγκεκριμένα, έξι από τα δέκα παιδιά (6/10) βελτίωσαν την εννοιολόγησή τους για τη σωματιδιακή αναπαράσταση των μορίων του στερεού (Σ2), ενώ δύο από τα δέκα (2/10) παιδιά διατήρησαν την εννοιολόγησή τους. Επίσης, ως προς τη διάταξη των μορίων του αερίου (Α4), επτά από τα εννέα (7/9) παιδιά εμφάνισαν βελτιώσεις στις εννοιολογήσεις τους.

5. Συμπεράσματα - Συζήτηση

Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα το οποίο σχεδιάστηκε και αξιολογήθηκε με όρους μάθησης, αποτελεί πρόταση για μία ενσώματη διδασκαλία για τις καταστάσεις της ύλης μέσω της τέχνης του Χορού, εντός του σχολικού ωρολογίου προγράμματος στο πλαίσιο του μαθήματος της Φυσικής για παιδιά δημοτικού. Το πρόγραμμα διαμορφώθηκε μέσα από μια διαδικασία εσωτερικού διδακτικού μετασχηματισμού (Chevallard, 1991, Joshua and Dupin, 1993), με τους δύο ερευνητές να αναπλαισιώνουν συνεχώς τη γνώση αναφοράς τόσο από

τη φυσική όσο και από τον χορό, σχεδιάζοντας και υλοποιώντας ένα διδακτικό πλαίσιο με δυναμικό χαρακτήρα, το οποίο οδηγούσε τα παιδιά, αλλά και τους ίδιους σε μια διαδικασία διερεύνησης, αναστοχασμού και συνεχών αναπροσαρμογών. Διαρθρώνεται σε τρεις διδακτικές δραστηριότητες οι οποίες αποτέλεσαν τις παρεμβάσεις κατά την εφαρμογή και την αξιολόγησή του. Η πρώτη αφορούσε τα στερεά σώματα, η δεύτερη τα υγρά και τα αέρια και η τρίτη και τις τρεις καταστάσεις της ύλης μαζί, ενσωματώνοντας στη διδασκαλία ένα βίντεο το οποίο διαμορφώθηκε αποκλειστικά για τους σκοπούς της διδακτικής παρέμβασης (Βλ. Παράρτημα).

Το πρόγραμμα ως προς τις περισσότερες πτυχές του, οι οποίες βασίστηκαν στο αναλυτικό πρόγραμμα για τη φυσική της Ε΄ δημοτικού, το σχολικό βιβλίο αλλά και τις εναλλακτικές ιδέες που εμφανίζουν οι μαθητές/τριες, είχε θετική επίδραση στη μάθηση των παιδιών. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον Πίνακα 33, δέκα στα έντεκα παιδιά (10/11) βελτίωσαν και ένα στα έντεκα (1/11) παιδιά διατήρησε τις εννοιολογήσεις τους/του σε σχέση με κάποια μακροσκοπικά χαρακτηριστικά της ύλης. Επιπλέον, εννέα από τα έντεκα παιδιά (9/11) βελτίωσαν και ένα από τα έντεκα (1/11) διατήρησε τις εννοιολογήσεις τους/του για τη σχετική κίνηση των μορίων σε μία ή και σε περισσότερες από τις τρεις καταστάσεις της ύλης. Οκτώ από τα έντεκα παιδιά (8/11) που συμμετείχαν στις αντίστοιχες δραστηριότητες εμφάνισαν βελτίωση μετά την παρέμβαση και δύο από τα έντεκα παιδιά (2/11) διατήρησαν μία προϋπάρχουσα ιδέα για την αναπαράσταση της σωματιδιακής φύσης της ύλης για τα στερεά ή/και για τα αέρια.

Σε επίπεδο διδασκαλίας, η εννοιολόγηση των μικροκινήσεων του στερεού σε ένα πλαίσιο διερεύνησης και απομάκρυνσης από τη δηλωτική προσέγγιση των εννοιών έθεσε προβληματισμούς για το ποιες θα ήταν οι συνθήκες, ώστε οι μαθήτριες/μαθητές να φανταστούν ότι τα σωματίδια από τα οποία αποτελείται η ύλη κινούνται και κατά συνέπεια ότι και αυτές/αυτοί κινούνται με αντίστοιχο τρόπο ή/και το αντίστροφο. Προς αυτήν την κατεύθυνση ο χορός αποτέλεσε εργαλείο διερεύνησης και γνωστικής σύγκρουσης, καθώς ξεκινώντας τα παιδιά από μια χορογραφική σύνθεση με μετακίνηση της επιλογής τους και δίχως κάποια αρχική συνθήκη από τη γνώση αναφοράς για τις καταστάσεις της ύλης, τους ζητήθηκε να σκεφτούν τι θα πρέπει να αλλάξουν στη σύνθεσή τους προκειμένου “να γίνουν το κομμάτι της σκηνής” της αίθουσας. Παρ’ όλα αυτά, μετά τον πρώτο μετασχηματισμό της χορογραφίας τους, και οι δύο ομάδες είχαν αποφασίσει να κρατήσουν το στοιχείο της μετακίνησης, έτσι όπως αυτό εμφανιζόταν στην πρώτη τους χορογραφία. Όταν λοιπόν η Ερευνήτρια Α τους απηύθυνε την ερώτηση: “Άρα η σκηνή μετακινείται; Περπατά;” προκλήθηκε εμφανής αναστάτωση και αμηχανία μεταξύ των παιδιών, καθώς αντιλήφθηκαν το μη συμβατό της επιλογής τους βάσει της μακροσκοπικής τους παρατήρησης. Αυτό λειτούργησε ως παράγοντας γνωστικής σύγκρουσης των παιδιών, μια διαδικασία σημαντική προκειμένου να επέλθει μια γνωστική μετατόπισή τους (Limon, 2001). Τα παιδιά μέχρι εκείνη

τη στιγμή ήταν μόρια που κινούνταν βάσει των χορογραφικών τους επιλογών. Χορεύοντας όμως στη συνέχεια και παρατηρώντας πλέον σε μακρο-επίπεδο ένα “ακίνητο” υλικό αντικείμενο, συνειδητοποιήσαν ότι έπρεπε να περιορίσουν την ελευθερία των κινήσεων τους, κάτι που τελικά τα οδήγησε στη μη μετατόπιση τους, αλλά στη διατήρηση των μικροκινήσεων του κορμού και των χεριών.

Σχετικά με τη διδακτική προσέγγιση της σχετικής κίνησης των μορίων του υγρού τα παιδιά κλήθηκαν να σκεφτούν κατά τη δεύτερη διδακτική παρέμβαση, υιοθετώντας την ιδέα της αυθόρμητης *μετάγγισης*, πώς θα μπορούσαν να κινούνται ως μόρια υγρού νερού εντός του δοχείου που είχαμε δημιουργήσει με χαρτοταινία στο πάτωμα της αίθουσας. Δημιουργώντας η εκπαιδευτικός - ερευνήτρια Α ένα μικρό άνοιγμα στον πάτο του δοχείου που βρίσκονταν τα παιδιά, τους έδωσε την δυνατότητα να σκεφτούν με το σώμα τους και να οδηγηθούν αυθόρμητα στην επιλογή ότι δεν μπορούν παρά να πέσουν προς τα κάτω, ενδίδοντας στη βαρύτητα, και να περάσουν στο άλλο δοχείο το οποίο είχαμε φτιάξει ακριβώς από κάτω. Η ιδέα ήταν να προσεγγίσουν με το σώμα τους τη δυναμική κίνησης που έχουν τα υγρά (νερό), παρόλο που είναι “ακίνητα” μακροσκοπικά σε ένα δοχείο, μετέχοντας σε μία κατάσταση αυθόρμητης ροής μέσω της βαρύτητας. Τελικά η ιδέα της μετάγγισης επέτρεψε στα παιδιά να σκεφτούν ότι κάτι διαφορετικό μπορεί να συμβαίνει εσωτερικά, στα μόρια του υγρού σε σχέση με τα μόρια του στερεού νερού ως προς την κινητική τους ελευθερία. Αυτό ίσως να αποτελεί και ένα είδος ευρετικού στοιχείου για την αισθητοποίηση της δυνατότητας που έχουν τα μόρια των υγρών να κινούνται σχετικά πιο ελεύθερα σε σχέση με τα στερεά, διατηρώντας ωστόσο μία συνοχή μακροσκοπικά, καθώς σε μια αντίστοιχη περίπτωση που τα παιδιά αναπαριστούν ένα παγάκι νερού, εκείνο δεν θα μεταβεί αυθόρμητα στο κάτω δοχείο.

Ένα άλλο στοιχείο που ενισχύει την αποτελεσματικότητα του εκπαιδευτικού προγράμματος είναι ότι δέκα από τα έντεκα (10/11) παιδιά διαμόρφωσαν μία ιδέα για την αναπαράσταση της σωματιδιακής φύσης της ύλης για τα στερεά ή/και για τα αέρια (Βλ. Πίνακα 33). Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι τα συγκεκριμένα παιδιά έχουν συγκροτήσει ένα νοητικό μοντέλο για τη σωματιδιακή φύση της ύλης. Περαιτέρω έρευνα απαιτείται ώστε να καταδειχθεί κατά πόσο το συγκεκριμένο εκπαιδευτικό πρόγραμμα μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές/τις μαθήτριες στο να εφαρμόζουν τη σωματιδιακή αναπαράσταση της ύλης σε άλλα πλαίσια, όπως για παράδειγμα διερευνώντας “τι συμβαίνει σωματιδιακά με τον όγκο εάν πιέσω το έμβολο μίας σύριγγας με κλειστό/ανοιχτό το στόμιο” ή “πώς περιγράψω με σωματιδιακούς όρους το φαινόμενο της εξάτμισης” κ.ά.

Κομβική για το εκπαιδευτικό πρόγραμμα θεωρήθηκε η ανάδυση και αξιοποίηση των εναλλακτικών ιδεών (*alternative conceptions*) ή αλλιώς των προϋπάρχουσων εννοιολογικών πλαισίων και μοντέλων των παιδιών (Klamer, 1998) για τις πραγματευόμενες εννοιολογικές διαστάσεις, τόσο σε ό,τι αφορά τον σχεδιασμό, αλλά και την εφαρμογή των διδακτικών

παρεμβάσεων. Το να βασίζεται κανείς στις εναλλακτικές ιδέες των παιδιών στη διδακτική των φυσικών επιστημών ανοίγει μια προοπτική ριζικών γνωστικών μετατοπίσεων τους προς το επιστημονικά συμβατό. Όπως προέκυψε μέσα από την τριγωνοποίηση των δεδομένων των ερωτηματολογίων με τα δεδομένα του βίντεο, τα παιδιά έκαναν μία πρώτη μετάβαση από τις πρωταρχικές τους ιδέες σε άλλες, που μπορούν να χαρακτηριστούν ως τα συστατικά ενός νοητικού μοντέλου των παιδιών για τις τρεις καταστάσεις της ύλης και τα οποία αποτυπώνουν την επίδραση του προγράμματος στη μάθηση των παιδιών. Για τη στερεή κατάσταση της ύλης, διαμόρφωσαν τα συστατικά Σ1: Προσέγγιση του στερεού σώματος ως 3D οντότητας, Σ2: Μικροσκοπική προσέγγιση (σωματιδιακή αναπαράσταση της ύλης) και Σ3: Μη μετατόπιση των μορίων. Για την υγρή κατάσταση της ύλης διαμόρφωσαν το συστατικό Υ1: Αύξηση της κινητικότητας των μορίων του υγρού συγκριτικά με αυτήν του στερεού και για την αέρια κατάσταση της ύλης τα Α1: Συνδεση της εξαέρωσης με την παροχή θερμότητας, Α2: Σύνδεση της εξαέρωσης με την κίνηση των μορίων, Α3: Αύξηση της κινητικότητας των μορίων του αερίου συγκριτικά με αυτήν του υγρού, Α4: Διάταξη μορίων αερίου.

Το παραπάνω νοητικό μοντέλο συνδέεται με την έννοια του πρόδρομου μοντέλου (precursor model), όπως αυτό διατυπώθηκε αρχικά από τους Lemeignan & Weil-Barais (1994), και με το οποίο έχουν ασχοληθεί διάφοροι ερευνητές (Ravanis et al., 2013, Ergazaki et al., 2015, Ravanis & Boilevin 2022, Pantidos & Kaliampos, 2023). Ουσιαστικά πρόκειται για ένα ενδιάμεσο στάδιο μεταξύ των πρώτων αναπαραστάσεων του φυσικού κόσμου ενός παιδιού και των επιστημονικών μοντέλων (Delserieys et al., 2018). Με σημείο εκκίνησης τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και μαθητριών που συμμετείχαν στο πρόγραμμα και μέσα από την εφαρμογή των τριών διδακτικών παρεμβάσεων, μπορούμε να πούμε πως στοιχειοθετήθηκε ένα πρόδρομο μοντέλο γύρω από τις τρεις καταστάσεις της ύλης, το οποίο σχετίζεται με τις εννοιολογήσεις οι οποίες αποτελούν στόχους μάθησης βάσει του σχετικού αναλυτικού προγράμματος (de Vos and Verdonk, 1996, Αποστολάκης κ.ά., 2014, ΙΕΠ, 2022).

Σε ό,τι αφορά την αλληλεπίδραση και συνεργασία των δύο ερευνητών προκειμένου να διαμορφωθεί το παρόν διεπιστημονικό πρόγραμμα ως αποτέλεσμα ενός συνεχούς εσωτερικού διδακτικού μετασχηματισμού, αυτή ήταν σε σημαντικό βαθμό ψηφιακά διαμεσολαβημένη και ενσώματη. Η ψηφιακή διαμεσολάβηση αποτυπώνεται με δύο τρόπους. Αφενός στο πλαίσιο μιας Συνεργατικής Εργασίας Υποστηριζόμενης από Υπολογιστή (CSCW, Computer-Supported Cooperative Work) (Schmidt, 2016, Hoffmann et al., 2021), η οποία διαπερνούσε ολόκληρο τον σχεδιασμό και τη διαδικασία της ανάλυσης των δεδομένων. Ο σχεδιασμός των διδακτικών παρεμβάσεων, των ερωτηματολογίων, αλλά και η ανάλυση και κωδικοποίηση των δεδομένων, καταγράφονταν σε κοινόχρηστα έγγραφα, τα οποία ανά πάσα στιγμή ενημέρωναν ή άλλαζαν, συνιστώντας έτσι ένα σημαντικό εργαλείο του σχεδιασμού, της υλοποίησης και της αποτίμησης του εκπαιδευτικού προγράμματος.

Αφετέρου, ο διδακτικός μετασχηματισμός που λάμβανε τόπο στις συναντήσεις των δύο και εμφανιζόταν μέσα από τις συζητήσεις, τους κινητικούς πειραματισμούς και τα σχεδιαγράμματα που προσπαθούσαν να κωδικοποιήσουν και να αποτυπώσουν οπτικά σκέψεις και ιδέες, όλα καταγράφονταν σε βίντεο. Σκοπός ήταν να αποτελέσουν ένα ψηφιακό υλικό στο οποίο θα μπορούσαν να ανατρέξουν οι ερευνητές στο πλαίσιο του σχεδιασμού, αλλά και της ανάλυσης των δεδομένων, προκειμένου να θυμηθούν και να αναστοχαστούν, και το οποίο δύναται να αποτελέσει μελλοντικά υλικό περαιτέρω διερεύνησης στο πλαίσιο του εσωτερικού διδακτικού μετασχηματισμού ο οποίος έλαβε τόπο και διαμόρφωσε το παρόν εκπαιδευτικό πρόγραμμα. Επιπλέον, κρίσιμη ήταν η ψηφιακή καταγραφή των διδακτικών παρεμβάσεων μέσω βίντεο, καθώς προκειμένου να αξιολογήσουμε την επίδραση του προγράμματος στη μάθηση, ήταν απαραίτητη η λήψη δεδομένων από την ενσώματη διερεύνηση και αλληλεπίδραση των μαθητών/τριών, λόγω του ότι η απόκτηση γνώσης σύμφωνα με την ενσώματη θεωρία για τη νόηση είναι μια δυναμική διαδικασία η οποία εκδηλώνεται πολυτροπικά και απαιτεί μεθόδους αξιολόγησης οι οποίες αποτυπώνουν τη δημιουργία νοήματος μέσω των σωμάτων (Κολονου, 2022).

Ο ενσώματος χαρακτήρας της συνεργασίας μεταξύ των δύο ερευνητών έγκειται στο πλαίσιο των κινητικών πειραματισμών τους στη φάση του εσωτερικού διδακτικού μετασχηματισμού, καθώς οι ερευνητές δοκίμαζαν οι ίδιοι με το σώμα και τις κινήσεις τους, τους τρόπους με τους οποίους μπορούν να αποδοθούν και να διερευνηθούν τα μακροσκοπικά και μικροσκοπικά χαρακτηριστικά της ύλης. Ταυτόχρονα, η ανάλυση του βίντεο μιας διδακτικής παρέμβασης στην οποία η σωματική αλληλεπίδραση των συμμετεχόντων αποτελεί βασικό και κύριο χαρακτηριστικό, δεν μπορεί παρά να οδηγήσει τους ερευνητές σε μία ενσώματη εμπειρία ενσυναίσθησης (Katila & Raudaskoski, 2020), καθώς καλούνται να ερμηνεύσουν και να κατανοήσουν τις σκέψεις, τα συναισθήματα και τις ιδέες που αναδύονται.

Στο παρόν εκπαιδευτικό πρόγραμμα, το κινούμενο σώμα των παιδιών αποτέλεσε το κατώφλι μέσω του οποίου κλήθηκαν να προσεγγίσουν την ύλη, μεταβαίνοντας συνεχώς μέσα από τη μακροσκοπική διάσταση των σωμάτων τους στον μικρόκοσμο και πίσω ξανά. Άλλοτε ως μόρια ενός στερεού σώματος που αναρωτιόντουσαν πώς πρέπει να κινηθούν ώστε να γίνουν το αντικείμενο το οποίο αναπαριστούν, και άλλοτε ως μόρια νερού τα οποία προσπαθούσαν να μεταβαίνουν στις διαφορετικές καταστάσεις αυτού. Αξίζει όμως να σημειωθεί ότι οι δημιουργικές δυνατότητες του χορού αξιοποιήθηκαν ως ένα βαθμό. Μετά την ολοκλήρωση της πρώτης διδακτικής παρέμβασης άλλαξε ένα μέρος του σκεπτικού του προγράμματος, σύμφωνα με το οποίο στην έναρξη κάθε παρέμβασης, θα λάμβανε τόπο μία σχετικά εκτενής κινητική ενεργοποίηση των παιδιών. Αρχικά, σκοπός ήταν μέσω του καθοδηγούμενου κινητικού αυτοσχεδιασμού και στοχευμένων ασκήσεων στην έναρξη κάθε παρέμβασης να υποστηριχθούν τα παιδιά στη μετέπειτα χορευτική διερεύνηση των

καταστάσεων της ύλης, αλλά και να έρθουν σε επαφή με τη συνεργατική χορογραφική σύνθεση. Είδαμε όμως ότι η συγκεκριμένη ομάδα παιδιών χρειαζόταν έναν γρήγορο, σύντομο και όσο το δυνατόν πιο πλαισιωμένο τρόπο εργασίας, επομένως προχωρήσαμε στις αντίστοιχες αναπροσαρμογές. Γενικότερα, το ανοιχτό και δημιουργικό πλαίσιο μέσα στο οποίο κλήθηκαν τα παιδιά να συνεργαστούν και να διερευνήσουν μέσα από τη χρήση του αυτοσχεδιασμού και του δημιουργικού χορού, οδηγούσε ενίοτε σε εντάσεις και ασυμφωνίες. Άλλωστε είναι ένα πλαίσιο που συνήθως απουσιάζει από την εκπαιδευτική διαδικασία. Τολμούμε να πούμε, πως είναι αυτή η απουσία, αλλά και τα ενθαρρυντικά αποτελέσματα του παρόντος προγράμματος - καθώς και αντίστοιχων που αναφέραμε στην ενότητα 1.4 *Ο χορός στη διδακτική των φυσικών επιστημών* - καταδεικνύουν την ανάγκη για την ενσωμάτωση αντίστοιχων διδακτικών παρεμβάσεων εντός του σχολικού προγράμματος, σε ένα εκπαιδευτικό σύστημα που κατά κύριο λόγο αποκλείει το σώμα από τη διαδικασία της μάθησης. Επιπλέον, ο χορός, όντας μία τέχνη της οποίας βασικό εργαλείο αποτελεί η οικουμενική γλώσσα του κινούμενου ανθρώπινου σώματος, μπορεί να προσδώσει έναν χαρακτήρα κοινωνικοπαιδαγωγικό και συμπεριληπτικό (Anttila et. al, 2019, BurrIDGE & Nielsen, 2017) στην εκπαιδευτική διαδικασία, οδηγώντας τους μαθητές και τις μαθήτριες σε συνεργατικές πρακτικές και εννοιολογήσεις, οι οποίες καλλιεργούν τις κοινωνικές δεξιότητες της αποδοχής και της ενσυναίσθησης. Ακόμη, μέσα από την παρούσα έρευνα στην οποία συμμετείχαν παιδιά που στην πλειονότητά τους δεν μιλούν την ελληνική γλώσσα ως μητρική, είδαμε έμπρακτα ότι *εκεί που δεν μπορούν να φτάσουν οι λέξεις, φτάνει το σώμα*.

6. Περιορισμοί - Προεκτάσεις

Ένας περιορισμός της παρούσας έρευνας έγκειται στην επιλογή του ερωτηματολογίου ως εργαλείου μέτρησης. Υποστηρίχθηκε μεν μεθοδολογικά και μέσω αυτού προέκυψαν ευρήματα ως προς τη μάθηση των παιδιών, δεν παύει όμως να αποτελεί έναν στατικό τρόπο απεικόνισης των ιδεών των παιδιών, οι οποίες κατόπιν εφαρμογής των παρεμβάσεων, διαμορφώθηκαν ως αποτέλεσμα της ενσώματης και κινητικής διερεύνησής τους. Επομένως μπορούμε να πούμε πως το ερωτηματολόγιο δεν υποστήριζε με άμεσο τρόπο τη μεταγραφή σε λέξεις ή και εικόνες αυτού που λάμβανε τόπο στις παρεμβάσεις. Ένας δεύτερος περιορισμός αφορά την αδυναμία γενίκευσης των αποτελεσμάτων της έρευνας από το συγκεκριμένο δείγμα στον πληθυσμό (probabilistic generalization, Ercikan & Roth, 2014), λόγω του μικρού μεγέθους αυτού και της περιορισμένης χρονικά εφαρμογής του προγράμματος.

Σε κάθε περίπτωση, μέσα από την εφαρμογή του προγράμματος και στο πλαίσιο ενός απαραίτητου ερευνητικού αναστοχασμού (Mortari, 2015), αναδύθηκαν ιδέες από τους ερευνητές για πιθανές προεκτάσεις αυτού. Μία ιδέα όπως προαναφέρθηκε είναι να ξεκινήσει

κανείς τη διερεύνηση των τριών καταστάσεων της ύλης, αντίστροφα, δηλαδή από την αέρια, στην υγρή και επείτα στη στερεή. Ο λόγος γι' αυτή τη σκέψη είναι ότι στο πλαίσιο της διερεύνησης από τα παιδιά στην πρώτη διδακτική παρέμβαση υπήρχε πάντα η πιθανότητα οι μαθητές/μαθήτριες να ελαττώσουν σε τέτοιο βαθμό την κινητικότητά τους θέλοντας να γίνουν ο μικρόκοσμος του στερεού αντικειμένου της επιλογής τους (η ακίνητη θεατρική σκηνή), ώστε να φτάσουν ακόμα και στην απόλυτη ακινησία. Αυτό βέβαια δε συνέβη με τη συγκεκριμένη ομάδα παιδιών. Για αυτό λοιπόν η έναρξη της διδακτικής πραγμάτευσης από την αέρια κατάσταση, δηλαδή από μια κατάσταση αυξημένης κινητικότητας σε μια κατάσταση μειωμένης κινητικότητας, ίσως λειτουργήσει βοηθητικά για την εννοιολόγηση των κινήσεων των μορίων στη στερεά κατάσταση. Ναι μεν το αέριο δεν είναι πάντα εύκολα αντιληπτό από τα παιδιά ως κατάσταση της ύλης (Lee et al., 1992, Tsapralis et al. 2013), αλλά το γεγονός ότι το νερό στο φαινόμενο του βρασμού είναι ορατό μακροσκοπικά ως αέριο, πιθανόν να βοηθά τη σκέψη των παιδιών να φανταστούν ότι αυτό που υπάρχει 'εκεί μέσα' κινείται. Αυτή η ελεύθερη κίνηση μπορεί να οδηγήσει σε μετέπειτα γεφυρώσεις με τα υγρά, θέτοντας έναν πρώτο περιορισμό στη μετακίνηση, και σε δεύτερο χρόνο με τα στερεά περιορίζοντάς την ακόμα περισσότερο, μέχρι τα παιδιά να γίνουν μόρια που χορεύουν όντας 'εγκλωβισμένα', και κοντά το ένα με το άλλο.

Ακόμη, η συνεργατική φύση του χορού, ιδιαίτερα όπως αυτή αναδύεται μέσα από τον ομαδικό αυτοσχεδιασμό και την ομαδική χορογραφική σύνθεση, μπορεί να οδηγήσει ερευνητικά στην αξιολόγηση των ενδιαφέρουσων αλληλεπιδράσεων και συλλογικών νοηματοδοτήσεων που αναδύονται μέσα από τη ενσώματη διερεύνηση των μαθητών και μαθητριών, οι οποίες μπορούν να λειτουργήσουν και ως ένας τρόπος ενδυνάμωσης της ομάδας. Επομένως, μπορούμε να φανταστούμε μια μελλοντική έρευνα, κατά την οποία οι παρεμβάσεις θα σχεδιάζονται έχοντας ως βάση τα ομαδικά έργα των παιδιών. Για παράδειγμα, σε ορισμένους σταθμούς εργασίας τα παιδιά θα προτρέπονται να συσκεφτούν με την ομάδα τους, συντάσσοντας νοητικούς χάρτες και διερευνώντας κινητικά τις πραγματευόμενες εννοιολογικές διαστάσεις.

Τέλος, αν αναλογιστεί κανείς ότι η πλειονότητα των παιδιών κατάφερε να διαμορφώσει μία πρώτη απεικόνιση του μικρόκοσμου και της σχετικής κίνησης των μορίων της ύλης, φαντάζει σαν ρεαλιστικός στόχος η πρόταση διερεύνησης και άλλων φαινομένων και εννοιών των φυσικών επιστημών στα οποία ο μικρόκοσμος έχει τον κεντρικό ρόλο, όπως είναι τα μίγματα, η επίδραση της θερμότητας στην ύλη, η έννοια της πίεσης στα αέρια κλπ.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Acher, A., Arcà, M., & Sanmartí, N. (2007). Modeling as a teaching learning process for understanding materials: A case study in primary education. *Science education*, 91(3), 398-418.
- Adams, F., & Aizawa, K. (2001). The bounds of cognition. *Philosophical psychology*, 14(1), 43-64.
- Adams, F., & Aizawa, K. (2008). *The Bounds of Cognition*. Wiley.
- Adams, Fred & Aizawa, Kenneth (2009). Why the mind is still in the head. In Murat Aydede & P. Robbins (eds.), *The Cambridge Handbook of Situated Cognition*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 78-95
- Adams, Fred, and Ken Aizawa, 'Defending the Bounds of Cognition', in Richard Menary (ed.), *The Extended Mind* (Cambridge, MA, 2010; online edn, MIT Press Scholarship Online, 22 Aug. 2013), <https://doi.org/10.7551/mitpress/9780262014038.003.0004>
- Adbo, K., & Taber, K. S. (2009). Learners' mental models of the particle nature of matter: A study of 16-year-old Swedish science students. *International Journal of Science Education*, 31(6), 757-786.
- Anderson, J. L., & Wall, S. D. (2016). Kinecting physics: Conceptualization of motion through visualization and embodiment. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 161-173.
- Anttila, E. (2018). The potential of dance as embodied learning. *Proceedings of A Body of Knowledge - Embodied Cognition and the Arts conference*. eScholarship.
- Archibald, M. M. (2016). Investigator triangulation: A collaborative strategy with potential for mixed methods research. *Journal of mixed methods research*, 10(3), 228-250.
- Ayas, A., Özmen, H., & Çalik, M. (2010). Students' conceptions of the particulate nature of matter at secondary and tertiary level. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8, 165-184.
- Balato, M. E., Perez, M. L., Morales, G. S., & Tabuena, A. C. (2022). Advantages Children May Gain from Participating in Creative Dance Lessons While Attending a Public Elementary School. *Journal of Humanities, Music and Dance*, 3(1). <https://doi.org/10.55529/jhmd.31.1.12>
- Barnstaple, R., Protzak, J., DeSouza, J. F., & Gramann, K. (2021). Mobile brain/body Imaging in dance: A dynamic transdisciplinary field for applied research. *European Journal of Neuroscience*, 54(12), 8355-8363.
- Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. *Behavioral and brain sciences*, 22(4), 577-660.
- Barsalou, L. W., & Wiemer-Hastings, K. (2005). Situating abstract concepts. *Grounding cognition: The role of perception and action in memory, language, and thought*, 129-163.

- Barsalou, Lawrence W., W. Kyle Simmons, Aron K. Barbey, and Christine D. Wilson, 2003, "Grounding Conceptual Knowledge in Modality-Specific Systems," *Trends in Cognitive Sciences*, 7(2): 84–91. doi:10.1016/S1364-6613(02)00029-3
- Baydere, F. K. (2021). Effects of a context-based approach with prediction–observation–explanation on conceptual understanding of the states of matter, heat and temperature. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(3), 640-652.
- Bell, A. (2007). Designing and testing questionnaires for children. *Journal of Research in Nursing*, 12(5), 461-469.
- Bengtsson, M. (2016). How to plan and perform a qualitative study using content analysis. *NursingPlus open*, 2, 8-14.
- Bennett, S., Agostinho, S., & Lockyer, L. (2015). Technology tools to support learning design: Implications derived from an investigation of university teachers' design practices. *Computers & Education*, 81, 211-220.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B. S., & Silberstein, J. (1982). Student conception of gas and solid-difficulties to function in a multi-atomic context (part II). In *56th annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Lake Geneva, WI*.
- Bolens, G. (2022). Embodied Cognition, Kinaesthetic Knowledge, and Kinesic Imagination in Literature and Visual Arts. *Frontiers in Communication*, 7, 926232.
- Brazauskas, J., Lechelt, W. S., Evans, E., R. Adams, McFarland, S., Marquardt, E., & Rogers, Y. (2021). DataMoves: Entangling data and movement to support computer science education. *DIS 2021 - Proceedings of the 2021 ACM Designing Interactive Systems Conference*.
- Bresler, L. (Ed.). (2013). *Knowing bodies, moving minds: Towards embodied teaching and learning* (Vol. 3). Springer Science & Business Media.
- Brooks, R. A. (1991). Intelligence without representation. *Artificial intelligence*, 47(1-3), 139-159.
- Brucker, B., Ehlis, A. C., Häußinger, F. B., Fallgatter, A. J., & Gerjets, P. (2015). Watching corresponding gestures facilitates learning with animations by activating human mirror-neurons: An fNIRS study. *Learning and Instruction*, 36, 27-37.
- Bullinger-Hoffmann, A., Koch, M., Möslin, K., & Richter, A. (2021). Computer-Supported Cooperative Work–Revisited. *i-com*, 20(3), 215-228.
- Buttingsrud, C. (2021). Bodies in skilled performance: how dancers reflect through the living body. *Synthese*, 199(3), 7535-7554.
- Carter N. (2014, September). The use of triangulation in qualitative research. In *Oncol nurs forum* (Vol. 41, No. 5, pp. 545-7).

- Castro-Alonso, J. C., Ayres, P., & Paas, F. (2015). Animations showing Lego manipulative tasks: Three potential moderators of effectiveness. *Computers & Education*, 85, 1-13.
- Catanzaro, M. (1988) Using Qualitative Analytical Techniques. In: Woods, N. and Catanzaro, M., Eds., *Nursing Research: Theory and Practice*, Mosby Incorporated, St Louis, 437-456.
- Chachlioutaki, M. E., Pantidos, P., & Kampeza, M. (2016). Changing semiotic modes indicates the introduction of new elements in children's reasoning: the case of earthquakes. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*.
- Chemero, A. (2001). Dynamical explanation and mental representations. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(4), 141-142.
- Chemero, A. (2013). Radical embodied cognitive science. *Review of General Psychology*, 17(2), 145-150.
- Chevallard, Y. (1991) Basic Concepts of Didactics: Perspectives Provided by an Anthropological Approach. In: Douady, R. and Mercier, A., Eds., *Research in Didactique of Mathematics*, Mathematical and Computer Publications, Rennes, 160-163.
- Clark, A. (2008). Pressing the flesh: a tension in the study of the embodied, embedded mind?. *Philosophy and phenomenological research*, 76(1), 37-59.
- Clark, A. (2010). Memento's revenge: The extended mind extended. In R. Menary (Ed.), *The extended mind* (pp. 43–66). Cambridge, MA: MIT Press.
- Clark, A., & Toribio, J. (1994). Doing without representing?. *Synthese*, 101, 401-431.
- Clark, Andy, and David J. Chalmers, 1998, "The Extended Mind," *Analysis*, 58(1): 7–19.
- Braun, V., & Clarke, V. (2012). *Thematic analysis*. American Psychological Association.
- Coates, E., & Demers, S. (2019). *Physics and dance*. Yale University Press.
- Converse, J. M., & Presser, S. (1986). *Survey questions: Handcrafting the standardized questionnaire* (No. 63). Sage.
- Curriculum-Integrated Dance Programme Across Four New Zealand Primary Zealand *Journal of Educational Studies*, 55(29), 29-47.
- Delserieys, A., Jégou, C., Boilevin, J. M., & Ravanis, K. (2018). Precursor model and preschool science learning about shadows formation. *Research in Science & Technological Education*, 36(2), 147-164.
- De Vos, W., & Verdonk, A. H. (1996). The particulate nature of matter in science education and in science. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 33(6), 657-664.
- Dewey, J. (1910). Science as subject-matter and as method. *Science*, 31(787), 121-127.
- Dewey, J. (1986, September). Experience and education. In *The educational forum* (Vol. 50, No. 3, pp. 241-252). Taylor & Francis Group.

Dietrich, E., & Markman, A. B. (2001). Dynamical description versus dynamical modeling. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(8), 332.

Dils, A. (2007). Why dance literacy?. *Journal of the Canadian Association for Curriculum Studies*, 5(2).

Duncan, M., Cunningham, A., & Eyre, E. (2019). A combined movement and story-telling intervention enhances motor competence and language ability in pre-schoolers to a greater extent than movement or story-telling alone. *European Physical Education Review*, 25(1), 221-235.

Egan, K. (1999). *Children's minds, talking rabbits and clockwork oranges*. New York: Teachers College Press

Egan, K., Cant, A. I., & Judson, G. (Eds.). (2013). *Wonder-full education: The centrality of wonder in teaching and learning across the curriculum*. Routledge.

Einstein, A., & Shaw, G. B. (2009). *Einstein on Cosmic Religion and Other Opinions and Aphorisms*. Dover Publications.

Elo, S., & Kyngäs, H. (2008). The qualitative content analysis process. *Journal of advanced nursing*, 62(1), 107-115.

Ercikan, K., & Roth, W. M. (2014). Limits of generalizing in education research: Why criteria for research generalization should include population heterogeneity and uses of knowledge claims. *Teachers College Record*, 116(4), 1-28.

Ergazaki, M., Valanidou, E., Kasimati, M. C., & Kalantzi, M. (2015). Introducing a precursor model of inheritance to young children. *International Journal of Science Education*, 37(18), 3118-3142.

Erlingsson, C., & Brysiewicz, P. (2017). A hands-on guide to doing content analysis. *African journal of emergency medicine*, 7(3), 93-99.

Esbin, H. (2007/2008). Imagination goes to school. *Education Canada*, 48, 24–26, 28.

Euler, E., Rådahl, E., & Gregorcic, B. (2019). Embodiment in physics learning: A social-semiotic look. *Physical Review Physics Education Research*, 15(1), 010134.

Ewusie, J. E., Blondal, E., Soobiah, C., Beyene, J., Thabane, L., Straus, S. E., & Hamid, J. S. (2017). Methods, applications, interpretations and challenges of interrupted time series (ITS) data: protocol for a scoping review. *BMJ open*, 7(6), e016018.

Fazeli, S., Sabetti, J., & Ferrari, M. (2023). Performing Qualitative Content Analysis of Video Data in Social Sciences and Medicine: The Visual-Verbal Video Analysis Method. *International Journal of Qualitative Methods*, 22, 16094069231185452.

Feynman, R. (1967). The character of physical law (1965). *Cox and Wyman Ltd., London*.

Feynman, R. P. (2001). *Six Easy Pieces & Six Not-so-easy Pieces: Essentials Of Physics Explained By Its Most Brilliant Teacher*. Basic Books.

Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2016). Effects of observing the instructor draw diagrams on learning from multimedia messages. *Journal of Educational Psychology*, 108(4), 528.

Flick, U. (2014). *The SAGE handbook of qualitative data analysis*. SAGE Publications Ltd, <https://doi.org/10.4135/9781446282243>

Gabel, D. L., Samuel, K. V., & Hunn, D. (1987). Understanding the particulate nature of matter. *Journal of chemical Education*, 64(8), 695.

Georgiou, Y., Ioannou, A., & Ioannou, M. (2019). Investigating immersion and learning in a low-embodied versus high-embodied digital educational game: Lessons learned from an implementation in an authentic school classroom. *Multimodal Technologies and Interaction*, 3(4), 68.

Gibbs Jr, R. W. (2003). Embodied experience and linguistic meaning. *Brain and language*, 84(1), 1-15.

Gibson, J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston, MA: Houghton Mifflin.

Giurchescu, A. (2001). The power of dance and its social and political uses. *Yearbook for traditional music*, 33, 109-122.

Givry, D., & Tiberghien, A. (2012). Studying Students' Learning Processes Used during Physics Teaching Sequence about Gas with Networks of Ideas and Their Domain of Applicability. *International Journal of Science Education*, 34(2), 223-249.

Goldin-Meadow, S. (2011). Learning through gesture. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 2(6), 595-607.

Goldin-Meadow, S. (2015). From action to abstraction: Gesture as a mechanism of change. *Developmental review*, 38, 167-184.

Goldin-Meadow, S., Cook, S. W., & Mitchell, Z. A. (2009). Gesturing gives children new ideas about math. *Psychological science*, 20(3), 267-272.

Goldston, M. J., & Downey, L. (2012). *Your science classroom: Becoming an elementary/middle school science teacher*. SAGE Publications.

Gómez, E. J., Benarroch, A., & Marín, N. (2006). Evaluation of the degree of coherence found in students' conceptions concerning the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 43(6), 577-598.

Graneheim, U. H., & Lundman, B. (2004). Qualitative content analysis in nursing research: concepts, procedures and measures to achieve trustworthiness. *Nurse education today*, 24(2), 105-112.

Griffiths, A. K., & Preston, K. R. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of research in Science Teaching*, 29(6), 611-628.

Hadzigeorgiou, Y. (2002). The utilization of sensori-motor experiences for introducing young pupils to molecular motion: A report of a pilot study. *Physics Education*, 37(3), 239.

Hadzigeorgiou, Y. (2016). *Imaginative Science Education: The Central Role of Imagination in Science Education*. Springer International Publishing.

Hadzigeorgiou, Y., & Savage, M. (2001). A study of the effect of sensorimotor experiences on the retention and application of two fundamental physics ideas. *Journal of Elementary Science Education*, 13(2), 9-21.

Hadzigeorgiou, Y., Anastasiou, L., Konsolas, M., & Prevezanou, B. (2009). A study of the effect of preschool children's participation in sensorimotor activities on their understanding of the mechanical equilibrium of a balance beam. *Research in Science Education*, 39, 39-55.

Hadzigeorgiou, Y., Fokialis, P., & Kabouropoulou, M. (2012). Thinking about creativity in science education. *Creative Education*, 3(05), 603.

Haken, H., Kelso, J. S., & Bunz, H. (1985). A theoretical model of phase transitions in human hand movements. *Biological cybernetics*, 51(5), 347-356.

Hall, C.M. & Valentin, A. 2005, Content analysis, pp.191-209 in *Tourism Research Methods: Integrating Theory with Practice*, ed. P. Burns, C. Palmer, & B. Ritchie, CABI, Wallingford

Han, I., & Black, J. B. (2011). Incorporating haptic feedback in simulation for learning physics. *Computers & Education*, 57(4), 2281-2290.

Hannaford, C. (1995). *Smart Moves: Why Learning is Not All in Your Head*. Great Ocean Publishers. Lakoff, G., & Johnson, M. (1999). *Philosophy In The Flesh*. Basic Books.

Harrison, A. G. (2001). How do teachers and textbook writers model scientific ideas for students?. *Research in science education*, 31, 401-435.

Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2002). The particulate nature of matter: Challenges in understanding the submicroscopic world. In *Chemical education: Towards research-based practice* (pp. 189-212). Dordrecht: Springer Netherlands.

Hepokoski, J. (2014). Program music. In *Aesthetics of Music* (pp. 62-83). Routledge.

Herakleioti, E., & Pantidos, P. (2016). The contribution of the human body in young children's explanations about shadow formation. *Research in Science Education*, 46, 21-42.

- Heriza, C. (1991). Motor development: traditional and contemporary theories. In *Contemporary management of motor control problems: proceedings of II STEP Conference. Alexandria: Foundation for Physical Therapy* (pp. 99-126).
- Bullinger-Hoffmann, A., Koch, M., Möslin, K., & Richter, A. (2021). Computer-Supported Cooperative Work–Revisited. *i-com*, 20(3), 215-228.
- Huber, M. (2020). Video-based content analysis. In *Analyzing Group Interactions* (pp. 37-48). Routledge.
- Humble, N., & Mozelius, P. (2022). Content analysis or thematic analysis: Doctoral students' perceptions of similarities and differences. *Electronic Journal of Business Research Methods*, 20(3), 89-98.
- Janzen Ulbricht, N. (2020, July). The embodied teaching of spatial terms: Gestures mapped to morphemes improve learning. In *Frontiers in Education* (Vol. 5, p. 109). Frontiers Media SA.
- Jewitt, C., & Price, S. (2012, September). Multimodal approaches to video analysis of digital learning environments. In *The 26th BCS Conference on Human Computer Interaction*. BCS Learning & Development.
- Jewitt, C., Bezemer, J. J., Bezemer, J., & O'Halloran, K. L. (2016). *Introducing Multimodality* (C. Jewitt & K. L. O'Halloran, Eds.). Routledge.
- Johnson, P. (1998). Progression in children's understanding of a 'basic' particle theory: A longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20(4), 393-412.
- Johnson, P., & Papageorgiou, G. (2010). Rethinking the introduction of particle theory: A substance-based framework. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 47(2), 130-150.
- Johnson-Glenberg, M. C., & Megowan-Romanowicz, C. (2017). Embodied science and mixed reality: How gesture and motion capture affect physics education. *Cognitive research: principles and implications*, 2, 1-28.
- Johnson-Glenberg, M. C., Birchfield, D. A., Tolentino, L., & Koziupa, T. (2014). Collaborative embodied learning in mixed reality motion-capture environments: Two science studies. *Journal of educational psychology*, 106(1), 86.
- Johnson-Glenberg, M. C., Megowan-Romanowicz, C., Birchfield, D. A., & Savio-Ramos, C. (2016). Effects of embodied learning and digital platform on the retention of physics content: Centripetal force. *Frontiers in psychology*, 7, 213387.
- Johsua, S., & Dupin, J. J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Presses universitaires de France
- Jones, M. G., Minogue, J., Tretter, T. R., Negishi, A., & Taylor, R. (2006). Haptic augmentation of science instruction: Does touch matter?. *Science Education*, 90(1), 111-123.

Jones, N. A., Ross, H., Lynam, T., Perez, P., & Leitch, A. (2011). Mental models: an interdisciplinary synthesis of theory and methods. *Ecology and society*, 16(1).

Jusslin, S. (2019). Creative dance in the literature classroom:(Re) making meaning and stretching boundaries. *Genom texter och världar. Svenska och litteratur med didaktisk inriktning—festschrift till Ria Heilä-Ylikallio [Through Texts and Worlds. Swedish and Literature Education—Festschrift to Ria Heilä-Ylikallio.]*, 273-288.

Jusslin, S., & Höglund, H. (2020). Entanglements of dance/poetry: Creative dance in students' poetry reading and writing. *Research in Dance Education*, 22(3), 250-268. 10.1080/14647893.2020.1789088

Kahveci, A. & Özalp, D., & (2009). Ontology-informed diagnostic assessment of middle and secondary students' understanding of the particulate nature of matter. In *82nd NARST annual international conference, Garden Grove, CA* (Vol. 21).

Katila, J., & Raudaskoski, S. (2020). Interaction analysis as an embodied and interactive process: Multimodal, co-operative, and intercorporeal ways of seeing video data as complementary professional visions. *Human Studies*, 43(3), 445-470.

Keifert, D., Lee, C., Enyedy, N., Dahn, M., Lindberg, L., & Danish, J. (2020). Tracing bodies through liminal blends in a mixed reality learning environment. *International Journal of Science Education*, 42(18), 3093-3115.

Keifert, D., Xiao, C., Enyedy, N., & Danish, J. (2021). Learners as phenomena: Expansive inquiry as students embody water particles. *Learning, Culture and Social Interaction*, 31, 100572.

Klammer, J. (1998). An Overview of Techniques for Identifying, Acknowledging and Overcoming Alternate Conceptions in Physics Education.

Kleinheksel, A. J., Rockich-Winston, N., Tawfik, H., & Wyatt, T. R. (2020). Demystifying content analysis. *American journal of pharmaceutical education*, 84(1), 7113.

Kolovou, M. (2022). In search of assessment shifts in embodied learning science research: A review. *Journal of Science Education and Technology*, 31(2), 246-257.

Kontra, C., Goldin-Meadow, S., & Beilock, S. L. (2012). Embodied learning across the life span. *Topics in cognitive science*, 4(4), 731-739.

Kontra, C., Lyons, D. J., Fischer, S. M., & Beilock, S. L. (2015). Physical experience enhances science learning. *Psychological science*, 26(6), 737-749.

Kosmas, P., Ioannou, A., & Zaphiris, P. (2019). Implementing embodied learning in the classroom: Effects on children's memory and language skills. *Educational Media International*, 56(1), 59-74.

Krippendorff, K. (1980). Validity in content analysis. In *Computer Strategien für die Kommunikationsanalyse* (Vol. 69).

- Lakoff, G., & Johnson, M. (1981). *Metaphors we live by*. University of Chicago Press.
- Leandro, C. R., Monteiro, E., & Melo, F. (2018). Interdisciplinary working practices: can creative dance improve math? *Research in Dance Education*, 19(1), 74-90. Taylor and Francis Online. <https://doi.org/10.1080/14647893.2017.1354838>
- Lee, O., Eichinger, D. C., Anderson, C. W., Berkheimer, G. D., & Blakeslee, T. D. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of research in science teaching*, 30(3), 249-270.
- Lemeignan, G., & Weil-Barais, A. (1994). A developmental approach to cognitive change in mechanics. *International journal of science education*, 16(1), 99-120.
- Leonard, A. E., Daily, S. B., Joerg, S., & Babu, S. V. (2020). Coding moves: Design and research of teaching computational thinking through dance choreography and virtual interactions. *JOURNAL OF RESEARCH ON TECHNOLOGY IN EDUCATION*, 53(2), 159-177. Taylor & Francis Online <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1760754>
- Leonard, A. E., Hall, A. H., & Herro, D. (2016). Dancing literacy: Expanding children's and teachers' literacy repertoires through embodied knowing. *Journal of Early Childhood Literacy*, 16(3), 338-360.
- Limón, M. (2001). On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: A critical appraisal. *Learning and instruction*, 11(4-5), 357-380.
- Lindgren, R., & Tscholl, M. (2014). Enacted misconceptions: Using embodied interactive simulations to examine emerging understandings of science concepts. Boulder, CO: International Society of the Learning Sciences.
- Lindgren, R., Tscholl, M., Wang, S., & Johnson, E. (2016). Enhancing learning and engagement through embodied interaction within a mixed reality simulation. *Computers & education*, 95, 174-187.
- Liu, X., & Lesniak, K. (2006). Progression in children's understanding of the matter concept from elementary to high school. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 43(3), 320-347.
- Mac Donald, C. J. (1991). Creative dance in elementary schools: A theoretical and practical justification. *Canadian Journal of Education/Revue canadienne de l'éducation*, 434-441.
- Macedonia, M. (2019). Embodied learning: Why at school the mind needs the body. *Frontiers in psychology*, 10, 467787.
- Macrine, S. L., & Fugate, J. M. (2022). Embodied cognition and its educational significance. *Movement matters: How embodied cognition informs teaching and learning*. MIT Press, Cambridge MA, 13-24.
- Madan, C. R., & Singhal, A. (2012). Using actions to enhance memory: effects of enactment, gestures, and exercise on human memory. *Frontiers in Psychology*, 3, 34525.

- Magana, A. J., & Balachandran, S. (2017). Students' development of representational competence through the sense of touch. *Journal of Science Education and Technology*, 26, 332-346.
- Margel, H., Eylon, B. S., & Scherz, Z. (2008). A longitudinal study of junior high school students' conceptions of the structure of materials. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 45(1), 132-152.
- Mavilidi, M. F., Okely, A. D., Chandler, P., & Paas, F. (2017). Effects of integrating physical activities into a science lesson on preschool children's learning and enjoyment. *Applied Cognitive Psychology*, 31(3), 281-290.
- Mavilidi, M. F., Pesce, C., Benzing, V., Schmidt, M., Paas, F., Okely, A. D., & Vazou, S. (2022). Meta-analysis of movement-based interventions to aid academic and behavioral outcomes: A taxonomy of relevance and integration. *Educational Research Review*, 37, 100478.
- May Gain from Participating in Creative Dance Lessons While Attending a Public Elementary School. *Journal of Humanities, Music and Dance*, 3(1). <https://doi.org/10.55529/jhmd.31.1.12>
- McCartan, C., King, S., & Roberts, M. R. (2023). Collaborative Analysis of Observational Data in Healthcare. *New Trends in Qualitative Research*, 16, e786-e786.
- McDermott, K. B. & Roediger, H. L. (2024). Memory (encoding, storage, retrieval). In R. Biswas-Diener & E. Diener (Eds), *Noba textbook series: Psychology*. Champaign, IL: DEF publishers.
- McDowall, D., McCleary, R., & Bartos, B. J. (2019). *Interrupted time series analysis*. Oxford University Press.
- McNiff, J. (2013). *Action research: Principles and practice*. Routledge.
- Meheut, M., & Chomat, A. (1990). The bounds of children's atomism: An attempt to make children build up a particulate model of matter. *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles*, 266-282.
- Méheut, M., & Chomat, A. (1990). The limits of children's atomism: an attempt to help children build up a particulate model of matter. *European Journal of Psychology of Education*, 5, 417-437.
- Merritt, J., & Krajcik, J. (2013). Learning progression developed to support students in building a particle model of matter. In *Concepts of matter in science education* (pp. 11-45). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Merkouris, A., Chorianopoulou, B., Chorianopoulos, K., & Chrissikopoulos, V. (2019). Understanding the notion of friction through gestural interaction with a remotely controlled robot. *Journal of Science Education and Technology*, 28, 209-221.

- Merleau-Ponty, M. (2002). *Phenomenology of Perception*. Taylor & Francis.
- Meyer, J. H., & Land, R. (2006). Threshold concepts and troublesome knowledge: Issues of liminality. In *Overcoming barriers to student understanding* (pp. 19-32). Routledge.
- Midgelow, V. 2015. Some fleshy thinking: improvisation, experience, perception. in: George-Graves, N. (ed.) *The Oxford Handbook of Dance and Theater* Oxford University Press (OUP). pp. 109-122
- Mortari, L. (2015). Reflectivity in research practice: An overview of different perspectives. *International journal of qualitative methods*, 14(5), 1609406915618045.
- Naganathan, G., Srikanthan, S., Balachandran, A., Gladdy, A., & Shanmuganathan, V. (2022). Collaborative Zoom Coding—A Novel Approach to Qualitative Analysis. *International Journal of Qualitative Methods*, 21. <https://doi.org/10.1177/16094069221075862>
- Nakhleh, M. B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of chemical education*, 69(3), 191.
- Niebert, K., & Gropengießer, H. (2014). Understanding the greenhouse effect by embodiment—Analysing and using students' and scientists' conceptual resources. *International Journal of Science Education*, 36(2), 277-303.
- Nikolopoulos, K., & Pardalaki, M. (2020). Particle dance: particle physics in the dance studio. *Physics Education*, 55(2), 025018.
- Novick, S., & Nussbaum, J. (1981). Pupils' Understanding of the Particulate Nature of Matter: A Cross-Age Study. *Science education*, 65(2), 187-96.
- O'Connor, C., & Joffe, H. (2020). Intercoder Reliability in Qualitative Research: Debates and Practical Guidelines. *International Journal of Qualitative Methods*, 19. <https://doi.org/10.1177/1609406919899220>
- Osborne, R., & Freyberg, P. (1985). *Learning in Science. The Implications of Children's Science*. Heinemann Educational Books, Inc., 70 Court Street, Portsmouth, NH 03801.
- Othman, E., & Ahmed, A. (2013). Challenges of mega construction projects in developing countries. *Organization, technology & management in construction: an international journal*, 5(1), 730-746.
- Othman, J., Treagust, D. F., & Chandrasegaran, A. L. (2008). An investigation into the relationship between students' conceptions of the particulate nature of matter and their understanding of chemical bonding. *International Journal of Science Education*, 30(11), 1531-1550.

Özalp, D., & Kahveci, A. (2015). Diagnostic assessment of student misconceptions about the particulate nature of matter from ontological perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(3), 619-639.

Özmen, H. (2010). Determination of science student teachers' conceptions about ionization energy. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 9, 1025-1029.

Pandit, N. R. (1996). The creation of theory: A recent application of the grounded theory method. *The qualitative report*, 2(4), 1-15.

Pantidos, P., Herakleioti, E., & Chachlioutaki, M. E. (2017). Reanalysing children's responses on shadow formation: A comparative approach to bodily expressions and verbal discourse. *International Journal of Science Education*, 39(18), 2508-2527.

Pantidos, P., & Kaliampou, G. (2023). Designing teaching activities based on the precursor model for electricity in early childhood education. *Mediterranean Journal of Education*, 3(2), 97-106.

Patton, Q. M. (1987). *How to use qualitative methods in evaluation*. Newsbury Park, London, New Dehli: Sage Publications.

Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications

Payne, H., & Costas, B. (2021). Creative Dance as Experiential Learning in State Primary Education: The Potential Benefits for Children. *Journal of Experiential Education*, 44(2), 272-292. Sage. org/10.1177/1053825920968587

Penfold, R. B., & Zhang, F. (2013). Use of interrupted time series analysis in evaluating health care quality improvements. *Academic pediatrics*, 13(6), S38-S44.
Physics Education, 55(2), 025018.

Piaget, J. (1964). Cognitive Development in Children: Development and Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 2, 176-186.

Piaget, J., & Garcia, R. (1989). *Psychogenesis and the history of science*. (H. Feider, Trans.). Columbia University Press.

Pouw, W. T., De Nooijer, J. A., Van Gog, T., Zwaan, R. A., & Paas, F. (2014). Toward a more embedded/extended perspective on the cognitive function of gestures. *Frontiers in psychology*, 5, 83114.

Ratey, J. J. (2008). *Spark: The revolutionary new science of exercise and the brain*. Hachette UK.

Ravanis, K., Christidou, V., & Hatzinikita, V. (2013). Enhancing conceptual change in preschool children's representations of light: A sociocognitive approach. *Research in Science Education*, 43, 2257-2276.

- Ravanis, K., & Boilevin, J. M. (2022). What use is a precursor model in early science teaching and learning? Didactic perspectives. In *Precursor Models for teaching and learning Science during early childhood* (pp. 33-49). Cham: Springer International Publishing.
- Renström, L., Andersson, B., & Marton, F. (1990). Students' conceptions of matter. *Journal of Educational Psychology, 82*(3), 555.
- Rey, G. (1983). Concepts and stereotypes. *Cognition, 15*(1-3), 237–262. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(83\)90044-6](https://doi.org/10.1016/0010-0277(83)90044-6)
- Rödel, S. S., & Brinkmann, M. (2018). Theory and methodology of pedagogicalphenomenological video analysis. *Video journal of education and pedagogy, 3*(1), 1-25.
- Rolfe, G. (2006). Validity, trustworthiness and rigour: quality and the idea of qualitative research. *Journal of advanced nursing, 53*(3), 304-310.
- Roth, W. M. (2001). Gestures: Their role in teaching and learning. *Review of educational research, 71*(3), 365-392.
- Roth, W.-M., & Lawless, D. (2002). Signs, deixis, and the emergence of scientific explanation. *Semiotica, 138*(1/4), 95–130.
- Rucińska, Z., & Gallagher, S. (2021). Making imagination even more embodied: imagination, constraint and epistemic relevance. *Synthese, 199*(3), 8143-8170.
- Rueckert, L., Church, R. B., Avila, A., & Trejo, T. (2017). Gesture enhances learning of a complex statistical concept. *Cognitive Research: Principles and Implications, 2*, 1-6.
- Sharma, G., Nikolai, J., Duncan, S., & Carter, J. (2020). Observing the delivery of a curriculum-integrated dance programme across four New Zealand primary schools. *New Zealand Journal of Educational Studies, 55*(1), 29-47.
- Scherr, R. E., Close, H. G., Close, E. W., Flood, V. J., McKagan, S. B., Robertson, A. D., ... & Vokos, S. (2013). Negotiating energy dynamics through embodied action in a materially structured environment. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research, 9*(2), 020105.
- Schmidt, K., & Bansler, J. (2016). Computational artifacts: interactive and collaborative computing as an integral feature of work practice. In *COOP 2016: Proceedings of the 12th International Conference on the Design of Cooperative Systems, 23-27 May 2016, Trento, Italy* (pp. 21-38). Springer International Publishing.
- Schmidt, M., Benzing, V., Wallman-Jones, A., Mavilidi, M. F., Lubans, D. R., & Paas, F. (2019). Embodied learning in the classroom: Effects on primary school children's attention and foreign language vocabulary learning. *Psychology of sport and exercise, 43*, 45-54.

Schöner, G. (2009). Development as change of system dynamics: Stability, instability, and emergence. *Toward a unified theory of development: Connectionism and dynamic systems theory re-considered*, 25-47.

Segundo-Ortin, M. (2020). Agency from a radical embodied standpoint: An ecological-enactive proposal. *Frontiers in psychology*, 11, 531294.

Shapiro, L. (2007). The embodied cognition research programme. *Philosophy compass*, 2(2), 338-346.

Shapiro, L. A. (2004). *The Mind Incarnate*. MIT Press.

Shapiro, L. A. (2019). Flesh matters: The body in cognition. *Mind & Language*, 34(1), 3-20.

Shapiro, L., & Stolz, S. A. (2019). Embodied cognition and its significance for education. *Theory and Research in Education*, 17(1), 19-39. <https://doi.org/10.1177/1477878518822149>

Shapiro, Lawrence and Shannon Spaulding, "Embodied Cognition", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2021 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <https://plato.stanford.edu/archives/win2021/entries/embodied-cognition/>

Simpson Steele, J., Fulton, L., & Fanning, L. (2016). Dancing with STEAM: Creative movement generates electricity for young learners. *Journal of Dance Education*, 16(3), 112-117.

Skulmowski, A., & Rey, G. D. (2018). Embodied learning: introducing a taxonomy based on bodily engagement and task integration. *Cognitive research: principles and implications*, 3, 1-10.

Smyrniou, Z., Sotiriou, M., Georgakopoulou, E., & Papadopoulou, O. (2016). Connecting Embodied Learning in educational practice to the realisation of science educational scenarios through performing arts. *Inspiring Science Education*, 31, 31-38.

Solomon, F., Champion, D., Steele, M., & Wright, T. (2022). Embodied physics: Utilizing dance resources for learning and engagement in STEM. *Journal of the Learning Sciences*, 31(1), 73-106. <https://doi.org/10.1080/10508406.2021.2023543>

Spivey, M. (2008). *The continuity of mind*. Oxford University Press.

Steffe, L. P., & Thompson, P. W. (2000). Interaction or intersubjectivity? A reply to Lerman. *Journal for Research in Mathematics Education*, 31(2), 191-209.

Steffe, L. P., Thompson, P. W., & von Glasersfeld, E. (2012). Teaching experiment methodology underlying principles and essential elements. In *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 267-306). Routledge.

Stolz, S. A. (2015). Embodied learning. *Educational philosophy and theory*, 47(5), 474-487.

Taber, K. S., & García-Franco, A. (2010). Learning processes in chemistry: Drawing upon cognitive resources to learn about the particulate structure of matter. *The Journal of the Learning Sciences*, 19(1), 99-142.

Thelen, E., Fisher, D. M., & Ridley-Johnson, R. (1984). The relationship between physical growth and a newborn reflex. *Infant behavior and development*, 7(4), 479-493.

Thelen, E., Kelso, J. S., & Fogel, A. (1987). Self-organizing systems and infant motor development. *Developmental review*, 7(1), 39-65.

Treagust, D. F., Chandrasegaran, A. L., Halim, L., Ong, E. T., Zain, A. N. M., & Karpudewan, M. (2013). Understanding of basic particle nature of matter concepts by secondary school students following an intervention programme. *Concepts of matter in science education*, 125-141.

Treagust, D. F., Chandrasegaran, A. L., Zain, A. N., Ong, E. T., Karpudewan, M., & Halim, L. (2011). Evaluation of an intervention instructional program to facilitate understanding of basic particle concepts among students enrolled in several levels of study. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(2), 251-261.

Tsaparlis, G., & Sevian, H. (Eds.). (2013). *Concepts of matter in science education* (Vol. 19). Springer Science & Business Media.

Türkoguz, S., & Ercan, I. (2022). Effect of visual anthropomorphic stories on students' understanding of the particulate nature of matter and anthropomorphic discourse. *Chemistry Education Research and Practice*, 23(1), 206-225.

Valls, R., Black, C., & Lee, M. M. (2019). Five years of integrating science and dance: A qualitative inquiry of constructivist elementary school teachers. *Research in Dance Education*, 20(2), 113-129.

Varela, Francisco J., Thompson, Evan & Rosch, Eleanor (1991). *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*. MIT Press

Varelas, M., Pappas, C. C., Kane, J. M., Arsenault, A., Hankes, J., & Cowan, B. M. (2008). Urban primary-grade children think and talk science: Curricular and instructional practices that nurture participation and argumentation. *Science Education*, 92(1), 65-95.

Varelas, M., Pappas, C. C., Tucker-Raymond, E., Kane, J., Hankes, J., Ortiz, I., & Keblawe-Shamah, N. (2010). Drama activities as ideational resources for primary-grade children in urban science classrooms. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 47(3), 302-325.

Vosniadou, S. (Ed.). (2008). *International Handbook of Research on Conceptual Change* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203874813>

Weisberg, S. M., & Newcombe, N. S. (2017). Embodied cognition and STEM learning: Overview of a topical collection in CR: PI. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 2, 1-6.

Welch, S. (2022). Dancing: Phenomenology and Embodied Cognition. In *Choreography as Embodied Critical Inquiry: Embodied Cognition and Creative Movement* (pp. 1-33). Cham: Springer International Publishing.

Wilson, A. D., & Golonka, S. (2013). Embodied cognition is not what you think it is. *Frontiers in psychology*, 4, 35621.

Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic bulletin & review*, 9, 625-636.

Wilson, R. & Clark, A. (2009). How to situate cognition: Letting nature take its course. In M. Aydede & P. Robbins (Eds.), *Cambridge handbook of situated cognition* (pp. 55–77). Cambridge: Cambridge University Press.

Wilson, R. (2010). Extended vision. In N. Gangopadhyay, M. Madary & F. Spicer (Eds.), *Perception, action and consciousness* (pp. 277–290). New York, NY: Oxford University Press.

Wilson, R. A. (2004). *Boundaries of the mind: The individual in the fragile sciences-Cognition*. Cambridge University Press.

Wilson, R. A., Foglia, L., & Zalta, E. N. (2017). The Stanford encyclopedia of philosophy. *John Stuart Mill*.

Wilson, Robert A., 1994, "Wide Computationalism," *Mind*, 103(411), 351–72.

Wolf, L. A. (2017). What qualitative research can do for you: Deriving solutions and interventions from qualitative findings. *Journal of Emergency Nursing*, 43(5), 484-485.

Woods, A. M., & Graber, K. C. (2016). Interpretive and critical research: A view through a qualitative lens. In *Routledge handbook of physical education pedagogies* (pp. 21-33). Routledge.

Yeziarski, E. J., & Birk, J. P. (2006). Misconceptions about the particulate nature of matter. Using animations to close the gender gap. *Journal of Chemical education*, 83(6), 954.

Young-Mi, K., & Hye-Jeon, H. (2016). The effects of physics, let's dance, as an integrated dance art education program related to science, on the personality and creative thinking ability of elementary school students. *Indian Journal of Science and Technology*, 29(9), 1-6.

Αποστολάκης, Ε. Γ. , Παναγοπούλου, Ε., Σάββας, Σ., Τσαγλιώτης, Ν., Πανταζής, Γ., Σωτηρίου Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα, Α. & Καλκάνης, Γ. Θ. (2014). «Φυσικά» Ε' Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, Βιβλίο Μαθητή

Δημακόπουλος, Ρ. (2019). Θεωρία δυναμικών συστημάτων και η εφαρμογή της στην παιδιατρική φυσικοθεραπεία. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. 10.12681/eadd/46073

Κατσαρού, Ε., & Τσάφος, Β. (2020). Η εκπαιδευτική έρευνα-δράση. Επιστήμες της εκπαίδευσης - Ένα δυναμικό διεπιστημονικό πεδίο (σελ.. 631-647). Gutenberg.

Πρόγραμμα σπουδών για το μάθημα Φυσικά στις Ε' και ΣΤ' τάξεις δημοτικού. (2022) Δεύτερη έκδοση, Αθήνα, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Διδακτική παρέμβαση 1 : Εννοιολόγηση στερεού (συνολική διάρκεια: δύο διδακτικές ώρες)

1. *Κινητική ενεργοποίηση παιδιών* (διάρκεια: 20 λεπτά).

2. *Δημιουργία πρώτης χορογραφίας*. (διάρκεια: 10 λεπτά)

Κάθε παιδί δημιουργεί ένα σόλο (πρώτη χορογραφία) με την εξής οδηγία: “Χρησιμοποιείστε όλο το σώμα σας χέρια, πόδια, κεφάλι, κορμό και βάλτε στη χορογραφία σας και μια μικρή μετακίνηση.”

3. *Συζήτηση και επιλογή στερεού* (διάρκεια: 15 λεπτά)

Συζητάμε με τα παιδιά σχετικά με το *τι είναι στερεό*. Ερώτηση ερευνήτριας: “Σας ρωτήσαμε στο χαρτί που σας δώσαμε τι είναι στερεό. Μπορείτε να βρείτε κάποια στερεά στον χώρο που βρισκόμαστε;” Αν χρειαστεί θα αναφερθούμε στα παραδείγματα που έγραψαν στα ερωτηματολόγια.

Στη συνέχεια τα προσκαλούμε να επιλέξουν όλα μαζί ένα στερεό. Σχεδιάζουμε το αντικείμενο της επιλογής τους στον πίνακα της αίθουσας. Παράδειγμα:



Ερώτηση ερευνήτριας: “Φανταστείτε ότι με ένα σούπερ μικροσκόπιο μπορούμε να δούμε μέσα σε ένα κομμάτι του αντικειμένου αυτού (κυκλώνουμε το κομμάτι αυτό, σχεδιάζουμε και έναν μεγεθυντικό φακό). Θέλουμε αυτό που βλέπετε να το δείξετε με τα σόλι που έχετε φτιάξει (πρώτη χορογραφία), φέρνοντας όλα τα σόλι μαζί, δημιουργώντας μία ομαδική χορογραφία.” Τονίζουμε ότι θα πρέπει να συνεργαστούν και πως είναι ελεύθερα να κάνουν τις αλλαγές που χρειάζεται στο σόλο τους, ώστε να γίνουν όλα μαζί το κομμάτι του στερεού. Βοηθητική φράση, η οποία προσκαλεί τα παιδιά στον μικρόκοσμο: “Θα πρέπει να γίνετε, να χορέψετε αυτό που βλέπετε.”

4. *Δημιουργία ομαδικών χορογραφιών* (διάρκεια: 15 λεπτά)

Τα παιδιά χωρίζονται σε δύο ομάδες. Η κάθε ομάδα εργάζεται σε μία μεριά της αίθουσας.

5. Παρουσίαση χορογραφιών και συζήτηση (διάρκεια 10 λεπτά)

Η κάθε ομάδα παρουσιάζει τη χορογραφία της στον χώρο εργασίας της. Η ομάδα-θεατής παραμένει στον χώρο της ενεργή. Μετά από την πρώτη παρουσίαση ρωτάμε: “Πώς σας φάνηκε αυτό που είδατε;” Παρουσιάζει η άλλη ομάδα.

Οι ομάδες παραμένουν στις θέσεις τους. Επαναλαμβάνουν τις χορογραφίες τους.

Ερωτήσεις της ερευνήτριας Α προς τα παιδιά:

α) Αν δε μετακινούνται στη χορογραφία τους: “Γιατί επιλέξατε να σταθείτε έτσι; ή “Γιατί έχετε τις τάδε θέσεις;”

β) Αν μετακινούνται: “Θεωρείτε ότι το τάδε αντικείμενο θα ήταν έτσι/στερεό αν τα μούρια του μετακινούνταν;”

γ) Αν ακινητοποιηθούν πλήρως: “Αφαιρέσατε τη μετακίνηση. Γιατί; Πώς μπορούμε να έχουμε αυτό το σχήμα του αντικειμένου;” Τώρα φτιάξτε το ξανά, αλλάζοντας τη χορογραφία σας.

5. Ένωση των δύο χορογραφιών (διάρκεια 5 λεπτά)

Στο τέλος θα ενώσουμε τις δύο χορογραφίες των δύο ομάδων στον χώρο, δημιουργώντας ένα μεγαλύτερο κομμάτι του στερεού.

6. Αλλαγή σχήματος (διάρκεια: δέκα λεπτά)

Θα χρησιμοποιήσουμε ένα μακρύ λεπτό σύρμα, το οποίο τα παιδιά θα κληθούν να αναπαραστήσουν στο αρχικό του σχήμα και μετά σε αυτό που προέκυψε ως αποτέλεσμα μιας εξωτερικής δύναμης, π.χ. του λυγισμού, διατηρώντας παράλληλα τον ρόλο τους ως μούρια.

Ερώτηση προς όλα τα παιδιά αφού δημιουργήσουν με το σώμα τους το σχήμα: “Μπορούμε να αλλάξουμε το σχήμα του κομματιού του στερεού που είστε τώρα;”

7. Συζήτηση (διάρκεια: πέντε λεπτά)

Συζήτηση αναστοχασμού και ανατροφοδότησης πάνω στις προηγούμενες δραστηριότητες. Ενδεικτικές ερωτήσεις: “Τι κάναμε”, “Τι ήσασταν;” “Τι μας δυσκόλεψε;” “Τι μας άρεσε;”

Διδακτική παρέμβαση 2 : Εννοιολόγηση υγρού και αερίου (συνολική διάρκεια: μία διδακτική ώρα)

1. Ολιγόλεπτη κινητική ενεργοποίηση των παιδιών σε κύκλο (διάρκεια: 5 λεπτά)

2. Αναφορά σε παραδείγματα υγρών και υπενθύμιση της προηγούμενης διερεύνησής τους γύρω από την κίνηση των μορίων του στερεού (διάρκεια: 5 λεπτά)

Η Ερευνήτρια Α ζητά από τα παιδιά να αναφέρουν παραδείγματα υγρών: “Μπορείτε να μας αναφέρετε μερικά παραδείγματα υγρών;” (Παραπομπή αν χρειαστεί σε αυτά που είχαν γράψει στο ερωτηματολόγιο.)

Έπειτα τους θυμίζει: “Ήσασταν τα μόρια της σκηνής και είχατε φτιάξει μια χορογραφία (στην 1η διδακτική παρέμβαση τα παιδιά επέλεξαν να αναπαραστήσουν τα μόρια της θεατρικής σκηνής που υπήρχε εντός της αίθουσας). Πώς κινούσασταν;” “Θυμάστε ότι δεν μπορούσατε να μετακινηθείτε γιατί ήσασταν μόρια στερεού σώματος;” Δίνει έμφαση στον περιορισμό της μετακίνησης.

3. Διερεύνηση κίνησης μορίων υγρού νερού και μετάγγιση (διάρκεια: 15 λεπτά)

Η Ερευνήτρια Α προσκαλεί όλα τα παιδιά να μπουν στο πάνω δοχείο. “Τώρα είστε μόρια του τάδε υγρού” (νερού). “Πώς πρέπει να αλλάξετε την ομαδική χορογραφία σας, ώστε να γίνετε μόρια υγρού;” “Σκεφτείτε, φανταστείτε με ποιο τρόπο κινούνται.” “Θυμηθείτε πώς ήσασταν ως μόρια στερεού, ως μόρια της σκηνής. Τι θα αλλάξει τώρα;”

Για να υποστηριχθεί η διερεύνησή τους, τους δείχνουμε και τους δίνουμε ένα πλαστικό μπουκάλι με παγωμένο νερό και ένα με υγρό νερό. Αυτό ίσως λειτουργήσει βοηθητικά ώστε η χορογραφία τους να αποκτήσει μετακίνηση και πάλι.

“Ανοίγουμε μια μικρή τρύπα στη βάση του δοχείου. Τι θα γίνει;” Εδώ περιμένουμε να δούμε τι θα αποφασίσουν και πώς θα κινηθούν.

4. Σύντομη συζήτηση αναστοχασμού και ανατροφοδότησης (διάρκεια: 5 λεπτά)

Βοηθητικές ερωτήσεις ενώ τα παιδιά είναι μέσα στο δεύτερο δοχείο: “Τι κάναμε;” “Τι άλλαξε σε σχέση με όταν ήσασταν μόρια στερεού;” “Τι συνέβη όταν τρυπήσαμε το δοχείο;” “Τι συνέβη όταν περάσατε μέσα από το άνοιγμα;”, “Πώς κινούσασταν;”

5. Αέρια κατάσταση της ύλης (διάρκεια: 10 λεπτά)

Ενώ τα παιδιά είναι στο δεύτερο δοχείο η Ερευνήτρια Α ρωτάει: “Μπορείτε να αναφέρετε μερικά παραδείγματα αερίων;” Πάλι αν χρειαστεί θα γίνει παραπομπή στα ερωτηματολόγια.

“Πώς μπορούμε να μετατρέψουμε το υγρό νερό που είμαστε τώρα σε αέριο;” Κάποια παιδιά μπορούν να βγουν εκτός δοχείου και να αναπαραστήσουν τη θερμότητα σωματικά (π.χ. κύμα με χέρια). “Πώς θα πρέπει να αλλάξει η χορογραφία ώστε να γίνετε αέριο;”

Εδώ θα πρέπει να αρχίσουν να κινούνται πιο γρήγορα, ακόμα και να αποδομήσουν τη χορογραφία τους, ώστε να αρχίσουν να φεύγουν από το δοχείο και να απλωθούν σε όλη την αίθουσα. “Σκεφτείτε τι συμβαίνει όταν το νερό βράζει”

6. *Σύντομη συζήτηση αναστοχασμού και ανατροφοδότησης* (διάρκεια: 5 λεπτά)

Βοηθητικές ερωτήσεις: “Τι άλλαξε τώρα που ήσασταν μόρια αερίου;” ή “Τι άλλαξε στην κίνησή σας, στην κίνηση των μορίων του νερού όταν άρχισε να ζεσταίνεται;”

Διδακτική παρέμβαση 3 : Από τον μακρόκοσμο στον μικρόκοσμο (συνολική διάρκεια: μία διδακτική ώρα)

1. *Προβολή βίντεο* (διάρκεια 2 λεπτά)

Πριν δουν τα παιδιά το βίντεο τους επισημαίνουμε: “Φανταστείτε όσο βλέπετε το βίντεο πως είστε τα μόρια νερού”. Τα αφήνουμε να το παρακολουθήσουν χωρίς να σχολιάσουμε.

2. *Πρόσκληση των παιδιών να εργαστούν πάνω στο βίντεο όντας μόρια νερού* (διάρκεια: 5 λεπτά).

Χωρίς να αναλύσουμε το βίντεο προσκαλούμε τα παιδιά να μπουν στο δοχείο. “Είστε τα μόρια του νερού που βλέπουμε στο βίντεο και θέλουμε να μας δείξετε με το σώμα σας πώς κινείστε εσείς τα μόρια”. Βάζουμε το βίντεο ξανά από την αρχή και επισημαίνουμε: “Πρώτα είστε πάγος, μετά είστε υγρό νερό και στο τέλος γίνεστε ατμός.” Αφήνουμε τα παιδιά ελεύθερα καθώς παρακολουθούν το βίντεο να αποδώσουν με τα σώματά τους τον μικρόκοσμο των τριών καταστάσεων.

3. *Ανατροφοδότηση και αναστοχασμός* (διάρκεια: 5 λεπτά)

Συζήτηση με τα παιδιά πάνω στο πώς απέδωσαν μικροσκοπικά το βίντεο. Βοηθητικές ερωτήσεις: “Τι προσπαθήσατε να κάνετε;” “Τι αλλάζει όταν το στερεό νερό γίνεται υγρό και έπειτα αέριο;”

4. *Βίντεο με παύσεις και επιμέρους επεξεργασία* (διάρκεια: 15 λεπτά). Αυτό το στάδιο θα ακολουθηθεί αν τα παιδιά δυσκολευτούν στο προηγούμενο.

Μπαίνουν στο ένα δοχείο και η Ερευνήτρια Α τους λέει: “Είστε τα μόρια του νερού που βλέπουμε στο βίντεο και θέλουμε να μας δείξετε με το σώμα σας πώς κινείστε εσείς τα μόρια”. Βάζουμε το βίντεο ξανά από την αρχή και κάνουμε pause στην εικόνα του πάγου. Εκεί τους λέει η Ερευνήτρια Α: “Είστε μόρια πάγου, κινηθείτε όπως αυτά”. “Κινούνται πολύ ή λίγο;”

Όταν έχει αρχίσει να λιώνει ο πάγος, pause στο βίντεο. Ερώτηση: “Τι σας συμβαίνει τώρα;” “Αλλάζει η κίνησή σας;”

Συνεχίζει το βίντεο και δείχνουμε τον πάγο που έχει αρχίσει να λιώνει. Επισήμανση: “Κάποιοι από εσάς είστε μόρια υγρού νερού.” “Μπορείτε να μετακινηθείτε; “Θυμηθείτε.” “Σκεφτείτε, παρατηρήστε ότι το νερό πιάνει όλο το δοχείο.” Άλλη μία παύση στο τέλος του λιωσίματος. “Τώρα είστε όλοι μόρια υγρού νερού. Για να σας δούμε”. “Πώς κινείστε;”

Συνεχίζει το βίντεο και φτάνουμε στη μετάγγιση. Επισήμανση: “Είστε μόρια υγρού νερού που πέφτετε σε ένα άλλο δοχείο”. Κινεί η ερευνήτρια Α τα χέρια της σαν να πιάνει το δοχείο και να το γέρνει. Αν χρειαστεί βάζουμε να παίξει ξανά η ‘σκηνή’ της μετάγγισης. “Γιατί μπορείτε εύκολα να πάτε από το ένα δοχείο στο άλλο;”

Συνεχίζει το βίντεο με το νερό που βράζει και κινούνται οι φυσαλίδες. Ρωτάμε: “Πώς κινείστε τώρα;” “Παρατηρήστε τον ατμό.” Αναμένουμε τα παιδιά να απλωθούν σε όλο τον χώρο όντας μόρια νερού.

5. Συζήτηση ανατροφοδότησης (διάρκεια 10 λεπτά)

Συζητάμε με τα παιδιά πάνω σε όλα όσα κάναμε στην τρίτη παρέμβαση, αλλά και στις άλλες δύο, κάνοντας ερωτήσεις σχετικές με τις έννοιες που πραγματευθήκαμε. Παράδειγμα: “Τι ήσασταν όλο αυτόν το καιρό;” “Τι άλλαξε όταν γινόσασταν από μόρια στερεού, μόρια υγρού και μετά μόρια αερίου;”
