

ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ STEM+: ΕΜΠΕΙΡΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Υβόννη Παύλου¹, Ζαχαρίας Χ. Ζαχαρία²

¹Ερευνήτρια Πανεπιστήμιο Κύπρου, ²Καθηγητής στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών
Πανεπιστήμιο Κύπρου

pavlou.ivoni@ucy.ac.cy

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εκπαίδευση STEM+ στοχεύει στη διεπιστημονική μάθηση και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων του 21ου αιώνα μέσω της ενσωμάτωσης της Επιστήμης, Τεχνολογίας, Μηχανευτικής, Μαθηματικών και άλλων πεδίων από την προσχολική ηλικία. Οι μαθητοκεντρικές προσεγγίσεις που υιοθετούνται συχνά κατά την εκπαίδευση STEM+ (π.χ. μάθηση μέσω διερώτησης) επιδιώκουν να προσφέρουν ευκαιρίες στους μαθητές να εφαρμόσουν επιστημονικές πρακτικές και δεξιότητες κυρίως μέσα από περιβάλλοντα πειραματισμού. Αν και παραδοσιακά η διαδικασία του πειραματισμού αφορούσε στην αλληλεπίδραση με πραγματικά υλικά και εργαλεία, η ανάπτυξη της τεχνολογίας δημιούργησε νέες ευκαιρίες για διεπιστημονική μάθηση μέσα από εικονικά περιβάλλοντα πειραματισμού. Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται συζήτηση του κατά πόσον τα εικονικά περιβάλλοντα είναι κατάλληλο μέσο πειραματισμού για παιδιά πρώιμης σχολικής εκπαίδευσης, υπό το πρίσμα των θεωριών της ενσώματης νόησης και απτικής αισθητηριακής ανατροφοδότησης.

Λέξεις κλειδιά: εκπαίδευση STEM+, προσχολική εκπαίδευση, περιβάλλοντα πειραματισμού

Αναφορά: Παύλου, Υ., & Ζαχαρία, Ζ. Χ. (2025). Ενσωμάτωση Πραγματικών και Εικονικών Περιβαλλόντων Πειραματισμού στην Εκπαίδευση STEM+: Εμπειρική Έρευνα και Εφαρμογές στην Προσχολική Εκπαίδευση, στο Κώτσης Κ.Θ. & Στύλος Γ., (Επιμέλεια), Πείραμα και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Επετειακός Τόμος για τα 40 χρόνια του ΠΤΔΕ Ιωαννίνων, Εργαστήριο Εκπαίδευσης και Διδασκαλίας της Φυσικής, Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. ISBN: 978-618-82063-5-9

INTEGRATING PHYSICAL AND VIRTUAL MANIPULATIVES DURING EXPERIMENTATION IN STEM+ EDUCATION: EMPIRICAL RESEARCH AND APPLICATIONS IN EARLY CHILDHOOD EDUCATION

Yvoni Pavlou & Z. C. Zacharia

Department of Educational Sciences, University of Cyprus, Nicosia, Cyprus

pavlou.ivoni@ucy.ac.cy

Abstract

STEM+ education aims at fostering interdisciplinary learning and the development of 21st-century skills through the integration of Science, Technology, Engineering, Mathematics, and other fields starting from preschool age. The student-centered approaches often adopted in STEM+ education (e.g., inquiry-based learning) seek to provide opportunities for students to apply scientific practices and skills, primarily through experimentation. Although traditionally the process of experimentation involved the manipulation of physical materials and tools, technological advancements have created new opportunities for interdisciplinary learning through virtual manipulatives. This chapter discusses whether virtual manipulatives are a suitable means for experimentation for young children, based on the theoretical underpinnings of embodied cognition theories and haptic perspectives of learning.

Keywords: *STEM+ education, early childhood education, manipulatives*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εκπαιδευτικές μεταρρυθμίσεις σε πολλές χώρες επικεντρώνονται στη διαμόρφωση εκπαιδευτικής πολιτικής για ενσωμάτωση της εκπαίδευσης STEM (Επιστήμη, Τεχνολογία, Μηχανευτική και Μαθηματικά) στα αναλυτικά προγράμματα για προώθηση της διεπιστημονικής μάθησης και της ανάπτυξης δεξιοτήτων 21ου αιώνα (Zhan et al., 2022). Για παράδειγμα, στο Κυπριακό εκπαιδευτικό σύστημα τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια εισαγωγής της εκπαίδευσης STEM στη δημοτική και μέση εκπαίδευση μέσα από τη λειτουργία Ολοήμερων Γυμνασίων Διαθεματικής - Διεπιστημονικής Μάθησης, καθώς και τη δημιουργία σχολείων ειδικού ενδιαφέροντος STEM. Παρά τις ασυνέπειες στον ορισμό της εκπαίδευσης STEM (Falloon, 2020) συνήθως θεωρείται ως μια εκπαιδευτική προσέγγιση που ενσωματώνει δεξιότητες και γνώσεις από διάφορες επιστήμες για την ανάπτυξη επιστημονικής γνώσης και την προώθηση της καινοτομίας, εστιάζοντας σε πραγματικά προβλήματα και προκλήσεις (Martín-Páez, Aguilera, Perales-Palacios, & Vilchez-González, 2019). Η ενσωμάτωση και άλλων γνωστικών αντικειμένων είναι

επίσης μια κοινή πρακτική για την καλλιέργεια δεξιοτήτων του 21ου αιώνα, όπως η δημιουργικότητα και η επιχειρηματικότητα. Για παράδειγμα, η εκπαίδευση STEAM αναφέρεται στην ενσωμάτωση των Τεχνών ή/και των Ανθρωπιστικών Επιστημών, ενώ η εκπαίδευση STEAME ενσωματώνει επιπλέον την επιχειρηματικότητα. Έτσι, ο όρος STEM+ χρησιμοποιείται για να εκπροσωπήσει όλους τους δυνατούς συνδυασμούς (Pavlou & Zacharia, 2023).

Αν και η έρευνα για την εκπαίδευση STEM+ επικεντρώνεται κυρίως στις βαθμίδες της δημοτικής και μέσης εκπαίδευσης, υποδεικνύεται μέσα από έρευνες ότι και παιδιά προσχολικής ηλικίας μπορούν να ωφεληθούν από την πρώιμη έκθεση σε δραστηριότητες STEM+ για την ανάπτυξη κατανόησης, δεξιοτήτων, θετικών στάσεων και ενδιαφέροντος για τα σχετικά πεδία (Ha et al., 2023). Τα παιδιά πολύ πριν ενταχθούν στην τυπική εκπαίδευση, διαθέτουν έμφυτη περιέργεια για τον κόσμο γύρω τους, θέτουν ερωτήματα, επιλύουν προβλήματα, παρατηρούν και προβλέπουν, πρακτικές που αποτελούν βασικά στοιχεία για την ανάπτυξη ενδιαφέροντος και γνώσεων για τα πεδία STEM+ (Başaran, & Bay, 2023· Campbell & Speldewinde, 2022· Clements & Sarama, 2016). Έτσι, η συμπερίληψη πτυχών της εκπαίδευσης STEM+ στα αναλυτικά προγράμματα πρώιμης παιδικής ηλικίας μπορούν να αποτελέσουν το θεμέλιο για τη μετέπειτα ανάπτυξη δεξιοτήτων και γνώσεων STEM+ (Keane & Garvis, 2024). Φυσικά, τα αναλυτικά προγράμματα αρκετών χωρών ήδη εμπεριέχουν πτυχές και πρακτικές που μπορούν να εφαρμοστούν για να υποστηρίξουν την εκπαίδευση STEM+ (π.χ. έμφαση στην πρακτική μάθηση και τη συνεργασία) δημιουργώντας έτσι ευκαιρίες για την κατάλληλη εισαγωγή της και στο νηπιαγωγείο (Wan, Jiang, & Zhan, 2021).

Η εκπαίδευση STEM+ δεν αναφέρεται απαραίτητα στην ισότιμη ενσωμάτωση όλων των πεδίων. Αντ' αυτού, αποτελεί μια ευρύτερη προσέγγιση μέσω της οποίας γίνονται συνδέσεις μεταξύ των επιστημονικών πεδίων με βάση τους διδακτικούς στόχους. Σε πολλές περιπτώσεις, ένα ή περισσότερα από αυτά τα πεδία μπορεί να αποτελούν το κύριο αντικείμενο εστίασης (Martín-Páez et al., 2019· Zhan et al., 2022), με συνδέσεις με άλλα πεδία να αναπτύσσονται με στόχο την παροχή μιας ολιστικής κατανόησης ή την επίλυση σύνθετων προβλημάτων. Αν και η εκπαίδευση STEM+ συχνά δίνει έμφαση στη σύζευξη αυτών των πεδίων, αναγνωρίζεται ταυτόχρονα ότι κάθε κλάδος έχει τις δικές του μοναδικές συμβολές και μεθόδους διδασκαλίας. Επομένως, κατά τη διάρκεια μιας δραστηριότητας STEM+, ένα πεδίο μπορεί να έχει προτεραιότητα ενώ τα υπόλοιπα να ενσωματώνονται σε διάφορους βαθμούς, πάντοτε με γνώμονα τους διδακτικούς μας στόχους.

Η Επιστήμη και η Μηχανευτική είναι συνήθως διαθεματικοί κλάδοι και συνεπώς, διδακτικές προσεγγίσεις όπως η Μάθηση μέσω Διερώτησης (inquiry-based learning, π.χ. Pedaste et al., 2015) και η Μάθηση μέσω Σχεδιασμού (design-based learning, π.χ. Crismond & Adams, 2012) υιοθετούνται συχνά κατά την εκπαίδευση STEM+. Τέτοιες μαθητο-κεντρικές προσεγγίσεις διευκολύνουν την ενσωμάτωση και αποτελεσματική διασύνδεση των επιστημονικών πεδίων STEM+, καθώς προάγουν δεξιότητες όπως η επίλυση προβλημάτων, η δημιουργικότητα και η συνεργασία, μέσα από αυθεντικά

προβλήματα και προκλήσεις που προσεγγίζονται διεπιστημονικά (Martín-Páez et al., 2019). Η ενασχόληση με τα πεδία STEM+ μέσα από προσεγγίσεις που βασίζονται στη διερεύνηση και στην ενεργό εμπλοκή των παιδιών κατά την προσχολική ηλικία μπορούν να οδηγήσουν σε υψηλότερα μαθησιακά επίπεδα (Clements & Sarama, 2016).

Οι συγκεκριμένες διδακτικές προσεγγίσεις επιδιώκουν να προσφέρουν ευκαιρίες στους μαθητές να εφαρμόσουν επιστημονικές πρακτικές και δεξιότητες (π.χ. παρατήρηση, διατύπωση υποθέσεων) κυρίως μέσα από περιβάλλοντα πειραματισμού για να ελέγξουν θεωρίες και να κατανοήσουν φυσικά φαινόμενα (de Jong, Linn, & Zacharia, 2013· de Jong, Sotiriou, & Gillet, 2014), καθώς και να αναπτύξουν σχετικές δεξιότητες (Reid & Shah, 2007). Τα περιβάλλοντα πειραματισμού εμπλέκουν τους μαθητές σε διαδικασίες που σκόπιμα προσφέρουν τη δυνατότητα αλληλεπίδρασης με υλικά και εργαλεία και συνήθως ορίζονται και καθοδηγούνται από τον σχεδιασμό και το πλαίσιο ενός πειράματος (Olymπίου & Zacharia, 2012). Τέτοια περιβάλλοντα, επιτρέπουν στους μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες όπως η κριτική σκέψη, η επίλυση προβλημάτων και η συνεργασία, καθώς και να εμβαθύνουν την κατανόησή τους για επιστημονικές πρακτικές και έννοιες (Hofstein & Lunetta, 2004· Zacharia & de Jong, 2014).

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΥ

Παραδοσιακά, τα περιβάλλοντα πειραματισμού προσφέρονταν σε πραγματικά περιβάλλοντα (ΠΠΠ), τα οποία επέτρεπαν στους μαθητές να αλληλεπιδρούν με πραγματικά υλικά και εξοπλισμό για να παρατηρούν και να κατανοούν φυσικά φαινόμενα (Zacharia, Loizou, & Papaenripidou, 2012). Αυτή η άμεση φυσική εμπειρία έχει αναφερθεί ότι είναι καίριας σημασίας κατά τη διάρκεια της πειραματικής διδασκαλίας (π.χ. Gire et al., 2010· Kontra, Lyons, Fischer, & Beilock, 2015· Zacharia, et al., 2012). Για παράδειγμα, στην έρευνα των Evangelou et al., (2010) η χρήση πραγματικών αντικειμένων, οδήγησε παιδιά προσχολικής ηλικίας σε βαθύτερες συζητήσεις, αλληλεπιδράσεις με τα υλικά και εκτενέστερη επεξήγηση των πιθανών λειτουργιών των αντικειμένων απ' ότι η χρήση σκίτσων και παραμυθιών.

Ωστόσο, η ανάπτυξη της τεχνολογίας δημιούργησε νέες ευκαιρίες για διεπιστημονική μάθηση μέσα από εικονικά περιβάλλοντα πειραματισμού (ΕΠΠ), οι οποίες είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για μαθητές που αργότερα θα εργαστούν σε τομείς STEM (Zhan et al., 2022). Οι Reeves και Crippen (2021) ορίζουν τα ΕΠΠ ως εμπειρίες με τη διαμεσολάβηση της τεχνολογίας σε δύο ή τρεις διαστάσεις που τοποθετούν τον μαθητή σε μια προσομοίωση του φυσικού εργαστηρίου με τη δυνατότητα να χειρίζεται εικονικό εξοπλισμό και υλικά μέσω του πληκτρολογίου και/ή χειροκίνητων χειριστηρίων. Τα ΕΠΠ αποτελούν πλέον σημαντικό εργαλείο της εκπαίδευσης STEM+, καθώς προσφέρουν τη δυνατότητα διερεύνησης επιστημονικών εννοιών μέσα από την πρακτική εφαρμογή και την άμεση εμπειρία.

Τόσο τα ΠΠΠ όσο και τα ΕΠΠ μπορούν να οδηγήσουν στη μάθηση (de Jong et al. 2013), αλλά τα μοναδικά τους χαρακτηριστικά μπορούν να διαφοροποιήσουν το αποτέλεσμα (Olympiou & Zacharia, 2012). Για παράδειγμα, τα ΠΠΠ προσφέρουν άμεσες και πρακτικές εμπειρίες με τα φυσικά φαινόμενα και τον σχεδιασμό φυσικών αντικειμένων (Gire et al., 2010) ενώ τα ΕΠΠ προσφέρουν δυνατότητες όπως τη διερεύνηση μη παρατηρήσιμων φαινομένων (π.χ. ακτινοβολία, κίνηση μορίων), τον έλεγχο μεταβλητών και άλλων παραμέτρων (π.χ. χρόνος, χωρικές διαστάσεις) με ελαχιστοποίηση σφαλμάτων (για περισσότερες πληροφορίες βλ. de Jong et al., 2013· Olympiou & Zacharia, 2012).

Μέσα από εμπειρικές έρευνες, υποδεικνύεται ότι η εμπλοκή των μαθητών με ΕΠΠ μπορεί να έχει την ίδια ή/και μεγαλύτερη επίδραση στη μάθηση για διάφορα θέματα σε σύγκριση με τα ΠΠΠ (Brinson, 2015· Faulconer & Gruss, 2018). Ωστόσο, τα αποτελέσματα αυτών των ερευνών, αφορούν κυρίως μαθητές πρωτοβάθμιας, μέσης και ανώτατης εκπαίδευσης, με την έρευνα για παιδιά μικρότερης ηλικίας να είναι αρκετά ελλιπής (βλ. Zacharia, 2015). Μάλιστα, η έρευνα για παιδιά προσχολικής ηλικίας είναι πολύ περιορισμένη (O'Connor, Fragkiadaki, Fleer, & Rai, 2021) και ειδικότερα η έρευνα που εστιάζει στη χρήση υπολογιστών (Falloon, 2019).

Η ελλιπής βιβλιογραφία σε αυτόν τον τομέα για τις συγκεκριμένες ηλικίες μπορεί να οφείλεται στη σημαντικότητα της ενασχόλησης των παιδιών με πρακτικές δραστηριότητες και πραγματικά υλικά για την ανάπτυξη ενδιαφέροντος και επιστημονικής γνώσης, αλλά και για την εξοικείωση με δεξιότητες διερεύνησης (π.χ. Evangelou, et al., 2010· Kamii & DeVries, 1993). Πέραν από την εμπειρική έρευνα, οι θεωρίες ενσώματης νόησης (embodied cognition), αναδεικνύουν τη σημαντικότητα της αισθητηριακής ανατροφοδότησης σε ένα περιβάλλον πειραματισμού, συμπεριλαμβανομένης της απτικής αισθητηριακής ανατροφοδότησης¹ η οποία αποτελεί μοναδικό χαρακτηριστικό των ΠΠΠ². Έτσι, προκύπτει το ερώτημα κατά πόσον τα ΠΠΠ είναι προαπαιτούμενο για τη μάθηση στα πρώτα στάδια της γνωστικής ανάπτυξης (Armstrong & Casement, 2000), και άρα τα ΕΠΠ είναι πιο κατάλληλο μέσο πειραματισμού για τους μεγαλύτερους μαθητές.

ΘΕΩΡΙΕΣ ΕΝΣΩΜΑΤΗΣ ΝΟΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΤΙΚΗΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗΣ

¹ Το αντιληπτικό σύστημα που συνδυάζει τόσο εισροές από υποδοχείς στο δέρμα όσο και κινητικές πληροφορίες (Van Doorn, et al., 2010). Κατά τη διαχείριση ενός αντικειμένου χρησιμοποιείται τόσο η δυναμική (ή κινητική, Loomis & Lederman, 1986) αφή όσο και η απτική αφή. Η δυναμική αφή σχετίζεται κυρίως με χειρωνακτικές δραστηριότητες και το χειρισμό εργαλείων (Gibson, 1966), ενώ η απτική αφή αναφέρεται σε διερευνητικές κινήσεις (exploratory procedures, βλ. Lederman & Klatzky, 1987) που οδηγούν στην παραμόρφωση των μυών, των αρθρώσεων και των τενόντων σε συνδυασμό με τη διέγερση του δέρματος δημιουργώντας μια απτική πληροφορία (Gentaz, 2003).

² Απτική ανατροφοδότηση προσφέρεται και σε ΕΠΠ (π.χ. μέσω της κίνησης του ποντικιού ή αγγίζοντας την οθόνη ενός τάμπλετ). Ωστόσο, το εύρος της απτικής ανατροφοδότησης που προσφέρεται είναι αρκετά περιορισμένο σε σύγκριση με την απτική και δυναμική ανατροφοδότηση που μπορεί να προσφερθεί σε ΠΠΠ.

Οι παραδοσιακές απόψεις για τη νόηση υποστηρίζουν ότι ο εγκέφαλος αποτελείται από αφηρημένες λειτουργίες και ότι είναι μια ξεχωριστή οντότητα από το σώμα, μια αντίληψη που οι θεωρίες ενσώματης νόησης αμφισβητούν σήμερα (Marmeleira & Duarte Santos, 2019). Έστω κι αν αυτές οι θεωρίες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον βαθμό της επίδρασης που προσδίδουν της αισθητικοκινητικής εμπειρίας στη νόηση (Wellsby & Pexman, 2014), η κεντρική ιδέα είναι η ίδια: η αλληλεπίδραση μεταξύ του περιβάλλοντος και του σώματος επηρεάζει τη νόηση (Clark, 2008· Pouw, van Gog, & Paas, 2014· Wilson, 2002). Για την εκπαίδευση, οι θεωρίες της ενσώματης νόησης παρέχουν τη δυνατότητα της διερεύνησης της επίδρασης της δράσης στη νόηση καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης και την αξιοποίηση αυτής της γνώσης για την υποστήριξη της μαθησιακής διαδικασίας (Kontra, Goldin-Meadow, & Beilock, 2012). Οι Hayes και Kraemer (2017) σημειώνουν ότι οι θεωρίες της ενσώματης νόησης μπορούν να υποστηρίξουν την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο ενισχύεται η μάθηση STEM των μαθητών, δεδομένης της μαθητοκεντρικής και πρακτικής της φύσης.

Οι πλούσιες αισθητικοκινητικές εμπειρίες μπορούν να υποστηρίξουν την ανάπτυξη πολυτροπικών αναπαραστάσεων που ευνοούν τη μάθηση (Kiefer & Trumpp, 2012) με διάφορους τρόπους εμπλοκής του σώματος, από περιορισμένες κινήσεις (π.χ. χειρονομίες) έως την κίνηση ολόκληρου του σώματος (Skulmowski & Rey, 2018). Η παροχή εμπειριών με υψηλή ενσωμάτωση δεν εγγυάται απαραίτητα θετικό αντίκτυπο στη μάθηση, αλλά η άμεση συσχέτιση της σωματικής δράσης με την εκάστοτε δραστηριότητα φαίνεται να το κάνει (Johnson-Glenberg, 2019· Skulmowski & Rey, 2018). Για παράδειγμα, στην έρευνα των Mavilidi et al. (2017), παιδιά προσχολικής ηλικίας ενεπλάκησαν σε δραστηριότητες που αφορούσαν στο ηλιακό σύστημα σε τρεις συνθήκες: (1) ενσωμάτωση σχετικών με το θέμα σωματικών δραστηριοτήτων, (2) ενσωμάτωση άσχετων με το θέμα σωματικών δραστηριοτήτων και (3) καμία σωματική δραστηριότητα. Μετά από άμεση αξιολόγηση, αλλά και μια αξιολόγηση μετά από έξι βδομάδες, φάνηκε ότι τα παιδιά που συμμετείχαν σε δραστηριότητες οι οποίες ήταν σχετικές με το θέμα είχαν καλύτερη επίδοση απ' ό,τι τα παιδιά που συμμετείχαν στις υπόλοιπες συνθήκες. Επιπλέον, τα παιδιά που ενσωμάτωναν άσχετες με το θέμα σωματικές δραστηριότητες είχαν καλύτερη επίδοση από τους μαθητές που δεν συμμετείχαν σε καμία σωματική δραστηριότητα. Ως εκ τούτου, δεν μπορούν όλες οι σωματικές εμπειρίες να ενισχύσουν τη μάθηση με τον ίδιο τρόπο- απαιτείται συσχέτιση μεταξύ της σωματικής δραστηριότητας και του μαθησιακού στόχου.

Παρόλο που οι θεωρίες ενσώματης νόησης δεν υποδηλώνουν απαραίτητα την επικράτηση ενός συγκεκριμένου περιβάλλοντος πειραματισμού, οι προσεγγίσεις που εστιάζουν στην απτική αισθητηριακή ανατροφοδότηση συχνά ευνοούν τα ΠΠΠ για την ανάπτυξη της κατανόησης συγκεκριμένων εννοιών, καθώς, σε συνδυασμό με την όραση, η απτική αφή μπορεί να υποστηρίξει την ανάκληση, να μειώσει τις πιθανότητες γνωστικής υπερφόρτωσης και να υποστηρίξει την κατανόηση αφηρημένων εννοιών (Rau, 2020). Η απτική αισθητηριακή ανατροφοδότηση (π.χ. κατά τη διάρκεια του χειρισμού φυσικών αντικειμένων) μπορεί να εμπλουτίσει τις πληροφορίες που

παρέχονται από άλλες λειτουργίες (π.χ. όραση, ακοή) υποστηρίζοντας έτσι την ανάπτυξη πολυτροπικών αναπαραστάσεων.

Η παροχή απτικής αισθητηριακής ανατροφοδότησης φαίνεται να είναι ιδιαίτερα σημαντική όταν οι μαθητές έχουν περιορισμένη ή καθόλου προηγούμενη ενσώματη εμπειρία με τις υπό διερεύνηση έννοιες (Zacharia, et al., 2012· Pouw et al., 2014), ειδικά για έννοιες που η παροχή μόνο οπτικής ανατροφοδότησης δεν είναι επαρκής για την ανάπτυξη κατανόησης (π.χ. δυνάμεις· Han, 2013, μάζα· Pavlou et al., 2024· Zacharia, et al., 2012). Για παράδειγμα, οι Kalenine, Pinet και Gentaz (2011) διερεύνησαν την αναγνώριση γεωμετρικών σχημάτων από παιδιά προσχολικής ηλικίας σε δύο συνθήκες: στην πρώτη συνθήκη τα παιδιά παρατήρησαν οπτικά τα σχήματα, ενώ στη δεύτερη συνθήκη χρησιμοποίησαν και την αφή για τη διερεύνηση των σχημάτων. Τα παιδιά που συμμετείχαν στην οπτικο-απτική συνθήκη αναγνώρισαν με μεγαλύτερη επιτυχία τα σχήματα και κυρίως τα ορθογώνια και τα τρίγωνα, κατηγορίες με τις οποίες πιθανότατα τα παιδιά δεν είχαν καμία εμπειρία (σε αντίθεση με τα τετράγωνα).

Έτσι, η ενασχόληση με ΕΠΠ μπορεί να θεωρηθεί αποτελεσματικότερη για μεγαλύτερα παιδιά δεδομένου ότι η ανάπτυξη κατανόησης θεμελιώθηκε στα πρώτα χρόνια και, ως εκ τούτου, οι ενσώματες εμπειρίες μπορεί να μην αποτελούν προαπαιτούμενο για την ανάπτυξη κατανόησης. Αυτό το συμπέρασμα υποστηρίζεται και από εμπειρικές έρευνες που υποδεικνύουν ότι η απτική αισθητηριακή ανατροφοδότηση, η οποία προσφέρεται σε ΠΠΠ, δεν φαίνεται να αποτελεί προϋπόθεση για τη μάθηση μέσω πειραματισμού για παιδιά μεγαλύτερης ηλικίας (Zacharia, 2015). Παράλληλα, η αναγκαιότητα παιδιών μικρότερης ηλικίας για την απόκτηση ενσώματων εμπειριών υποδεικνύει τη σημαντικότητα της απτικής αισθητηριακής ανατροφοδότησης που προσφέρεται στα ΠΠΠ. Αυτό σημαίνει ότι οι ερευνητές, φορείς και εκπαιδευτικοί πρέπει να εντοπίσουν τις περιπτώσεις κατά τις οποίες η απτική ανατροφοδότηση είναι απαραίτητη για τη μάθηση, αλλά και τις συνθήκες κατά τις οποίες η χρήση ΕΠΠ μπορεί να οδηγήσει στη μάθηση ιδιαίτερα κατά την προσχολική ηλικία (Pavlou et al., 2024).

ΧΡΗΣΗ ΕΠΠ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Οι Zacharia et al. (2012) σύγκριναν την κατανόηση παιδιών προσχολικής ηλικίας για την ισορροπία αντικειμένων σε ζυγό, για να διερευνήσουν αν η απτική ανατροφοδότηση (κατά την εμπλοκή σε ΠΠΠ) είναι προαπαιτούμενο για τη μάθηση μέσω πειραματισμού σε αυτή την ηλικία. Οι 80 συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε τέσσερις συνθήκες (20 παιδιά ανά συνθήκη) ανάλογα με το (i) αν η προϋπάρχουσα γνώση τους για τη λειτουργία του ζυγού που αποκτήθηκε μέσω προσωπικών εμπειριών ήταν σωστή ή λανθασμένη και (ii) την εμπλοκή σε ΠΠΠ ή ΕΠΠ κατά τη διάρκεια της έρευνας. Τα παιδιά που εργάστηκαν στο ΠΠΠ ή ΕΠΠ και είχαν σωστή προϋπάρχουσα γνώση για την ισορροπία αντικειμένων σε ζυγό ανέπτυξαν σε μεγαλύτερο βαθμό την κατανόησή τους από τα παιδιά που είχαν αρχικά λανθασμένη προϋπάρχουσα γνώση και που εργάστηκαν στο ΕΠΠ. Μέσα από τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας φαίνεται ότι η απτική ανατροφοδότηση είναι προαπαιτούμενο για τη μάθηση αν τα

παιδιά προσχολικής ηλικίας δεν έχουν καμία προηγούμενη ενσώματη εμπειρία με το φαινόμενο υπό διερεύνηση και η απτική επαφή μπορεί σε μεγάλο βαθμό να υποστηρίξει την ανάπτυξη της σχετικής γνώσης.

Χτίζοντας πάνω στη συγκεκριμένη έρευνα, οι Pavlou et al. (2024) διερεύνησαν κατά πόσον η εμπλοκή παιδιών προσχολικής ηλικίας σε ΠΠΠ (ύπαρξη απτικής και οπτικής αισθητηριακής ανατροφοδότησης) ή σε ΕΠΠ (ύπαρξη μόνο οπτικής αισθητηριακής ανατροφοδότησης) επηρεάζει την κατανόηση εννοιών που αφορούν τρεις διαφορετικούς θεματικούς τομείς: 1) ζυγός ισορροπίας, 2) βύθιση/πλεύση και 3) ελατήρια. Οι συμμετέχοντες ήταν 132 παιδιά προσχολικής ηλικίας (5-6 ετών), 44 ανά θεματικό τομέα, τα οποία χωρίστηκαν έπειτα στις δύο συνθήκες (ΠΠΠ ή ΕΠΠ). Τα παιδιά που συμμετείχαν στη θεματική του ζυγού ισορροπίας και της βύθισης/πλεύσης είχαν ορθή προϋπάρχουσα γνώση, ενώ τα παιδιά που συμμετείχαν στη θεματική των ελατηρίων δεν είχαν σχετική προϋπάρχουσα γνώση. Μετά την εμπλοκή τους στον πειραματισμό, δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην εννοιολογική κατανόηση των παιδιών μεταξύ των δύο συνθηκών στη θεματική του ζυγού ισορροπίας. Στον τομέα της βύθισης/πλεύσης, η ενασχόληση με ΕΠΠ βρέθηκε να ευνοεί περισσότερο τη μάθηση των παιδιών από ό,τι το ΠΠΠ, ενώ στη θεματική των ελατηρίων το ΠΠΠ βρέθηκε να ενισχύει περισσότερο την κατανόηση των παιδιών από το ΕΠΠ. Επίσης, και για τις τρεις θεματικές, τα παιδιά που εργάστηκαν στα ΠΠΠ υπέδειξαν μια τάση επεξήγησης της συμπεριφοράς των αντικειμένων με βάση τη μάζα τους, παρόλο που υπήρχε αισθητηριακή ανατροφοδότηση και για άλλες ιδιότητες των αντικειμένων. Με βάση τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας, καθώς και προηγούμενων εμπειρικών ερευνών και των θεωριών ενσώματης νόησης και απτικής αισθητηριακής ανατροφοδότησης προκύπτουν κάποια συμπεράσματα σχετικά με την εμπλοκή παιδιών προσχολικής ηλικίας σε ΕΠΠ και ΠΠΠ.

Κατ' αρχάς, η παροχή απτικής και οπτικής αισθητηριακής ανατροφοδότησης που προσφέρεται κατά τη διάρκεια της ενασχόλησης με ΠΠΠ είναι ιδιαίτερα σημαντική όταν τα παιδιά έχουν περιορισμένη ή καθόλου προηγούμενη ενσώματη εμπειρία με σχετικές έννοιες (Pouw et al., 2014), τουλάχιστον για τη θεματική του ζυγού ισορροπίας (Zacharia et al., 2012) και των ελατηρίων (Pavlou et al., 2024). Δεύτερον, στα ΠΠΠ της έρευνας των Pavlou et al. (2024), η αίσθηση της μάζας των αντικειμένων ήταν πιο κυρίαρχη ως απτικό ερέθισμα από άλλα χαρακτηριστικά των αντικειμένων (π.χ. όγκος), τα οποία μπορούν να γίνουν αντιληπτά κυρίως οπτικά. Έτσι, για την εμπλοκή των παιδιών με θεματικές που σχετίζονται με τη μάζα των αντικειμένων ως μεταβλητή υπό διερεύνηση, είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη η πιθανή κυριαρχία ιδεών (επιστημονικά ορθών ή μη) που σχετίζονται με τη μάζα κατά τη διάρκεια του απτικού χειρισμού των αντικειμένων. Όπως σημειώνουν οι Pavlou et al. (2024) η απτική αισθητηριακή ανατροφοδότηση μπορεί δυνητικά να εμποδίσει την ανάπτυξη ορθής επιστημονικής γνώσης, αν οδηγήσει στην προσήλωση προς μια κυρίαρχη εσφαλμένη αντίληψη για μια ιδιότητα που γίνεται αντιληπτή κυρίως μέσω της αφής (όπως η κυριαρχία των ιδεών που σχετίζονται με τη μάζα στη θεματική της βύθισης/πλεύσης, βλ. επίσης Pavlou et al., 2018). Σε τέτοιες περιπτώσεις, ο πειραματισμός με ΕΠΠ ίσως οδηγήσει σε παρόμοια ή ενδεχομένως καλύτερα

μαθησιακά αποτελέσματα από ότι η εμπλοκή σε ΠΠΠ. Φυσικά, δεδομένης της περιορισμένης βιβλιογραφίας για αυτές τις ηλικίες (O'Connor et al., 2021 · Zacharia, 2015), χρειάζεται περαιτέρω έρευνα για τη διερεύνηση και τον προσδιορισμό της βέλτιστης ενσωμάτωσης των ΕΠΠ στην προσχολική STEM+ εκπαίδευση.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εκπαίδευση STEM+ μπορεί να έχει θετικό αντίκτυπο σε παιδιά προσχολικής ηλικίας, αφού μέσα από μαθητοκεντρικές προσεγγίσεις, προσφέρει δυνατότητες πρακτικής αλληλεπίδρασης με εικονικά και πραγματικά περιβάλλοντα πειραματισμού. Έρευνες με παιδιά προσχολικής ηλικίας (π.χ. Pavlou et al., 2018 · Pavlou et al., 2024 · Zacharia et al., 2012) υποδεικνύουν ότι τόσο τα πραγματικά όσο και τα εικονικά περιβάλλοντα πειραματισμού έχουν θέση στην προσχολική εκπαίδευση. Φυσικά, η επιλογή του κατάλληλου μέσου πειραματισμού κατά την εκπαίδευση STEM+ προϋποθέτει τον εντοπισμό των συνθηκών που καταστούν πιο αποτελεσματικό το κάθε περιβάλλον πειραματισμού. Η βιβλιογραφία τόσο για την εκπαίδευση STEM+ (Wan, et al., 2021) όσο και για τον εντοπισμό των συνθηκών υπό τις οποίες τα ΕΠΠ μπορούν να υποστηρίξουν τη μάθηση (Zacharia, 2015) κατά την προσχολική ηλικία είναι περιορισμένες. Η διερεύνηση αυτού του ερωτήματος μέσα από θεωρίες ενσώματης νόησης και απτικής αισθητηριακής ανατροφοδότησης μπορούν να πλαισιώσουν την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο αναπτύσσεται η μάθηση κατά την εκπαίδευση STEM+ μέσα από περαιτέρω έρευνα για τους συγκεκριμένους τομείς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Armstrong, A., & Casement, C. (2000). *The child and the machine: How computers put our children's education at risk*. Beltsville, MD: Robins Lane Press
- Başaran, M., & Bay, E. (2023). The effect of project-based STEAM activities on the social and cognitive skills of preschool children. *Early Child Development and Care*, 193(5), 679-697. <https://doi.org/10.1080/03004430.2022.2146682>
- Brinson, J. R. (2015). Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: A review of the empirical research. *Computers & Education*, 87, 218-237. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.07.003>
- Campbell, C., & Speldewinde, C. (2022). Early childhood STEM education for sustainable development. *Sustainability*, 14(6), 3524. <https://doi.org/10.3390/su14063524>
- Clark, A. (2008). *Supersizing the mind: Embodiment, action, and cognitive extension*. New York: Oxford University Press.
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2016). Math, science, and technology in the early grades. *The Future of Children*, 75-94. <http://www.jstor.org/stable/43940582>
- de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305-308. <https://doi.org/10.1126/science.1230579>

- Evangelou, D., Dobbs-Oates, J., Bagiati, A., Liang, S., & Choi, J. Y. (2010). Talking about artifacts: Preschool children's explorations with sketches, stories, and tangible objects. *Early Childhood Research & Practice*, 12(2), n2.
- Falloon, G., Hatzigianni, M., Bower, M., Forbes, A., & Stevenson, M. (2020). Understanding K-12 STEM education: A framework for developing STEM literacy. *Journal of Science Education and Technology*, 29, 369-385.
- Faulconer, E. K., & Gruss, A. B. (2018). A review to weigh the pros and cons of online, remote, and distance science laboratory experiences. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 19(2), 155-168. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v19i2.3386>
- Gentaz, E. (2003). General characteristics of the anatomical and functional organization of cutaneous and haptic perceptions. In Y. Hatwell, A. Streri, & E. Gentaz (Eds.), *Touching for knowing: Cognitive psychology of haptic manual perception* (pp. 17-32). Amsterdam: John Benjamins Publishing Company
- Gibson, J. J. (1966). *The senses considered as perceptual systems*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Gire, E., Carmichael, A., Chini, J. J., Rouinfar, A., Rebello, S., Smith, G., & Puntambekar, S. (2010). The effects of physical and virtual manipulatives on students' conceptual learning about pulleys. *Proceedings of the 9th International Conference of the Learning Sciences*, 1, 937-943. Chicago: International Society of the Learning Sciences.
- Ha, V. T., Hai, B. M., Mai, D. T. T., & Van Hanh, N. (2023). Preschool STEM Activities and Associated Outcomes: A Scoping Review. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 13(8). <https://doi.org/10.3991/ijep.v13i8.42177>
- Han, I. (2013). Embodiment: A new perspective for evaluating physicality in learning. *Journal of Educational Computing Research*, 49(1), 41-59. <https://doi.org/10.2190/EC.49.1.b>
- Hayes, J. C., & Kraemer, D. J. (2017). Grounded understanding of abstract concepts: The case of STEM learning. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 2(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s41235-016-0046-z>
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science education*, 88(1), 28-54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Johnson-Glenberg, M. C. (2019). The necessary nine: Design principles for embodied VR and active stem education. In P. Diaz, A. Ioannou, A., K. Bhagat, & J. Spector (Eds.), *Learning in a digital world* (pp. 83-112). Springer.
- Kalenine, S., Pinet, L., & Gentaz, E. (2011). The visual and visuo-haptic exploration of geometrical shapes increases their recognition in preschoolers. *International Journal of Behavioral Development*, 35(1), 18-26. <https://doi.org/10.1177/0165025410367443>
- Kamii, C., & DeVries, R. (1993). *Physical knowledge in preschool education: Implications of piaget's theory*. New York: Teachers College Press.
- Keane, T., & Garvis, S. (2024). STEM in Australian Early Childhood Education. *Journal of Information Processing*, 32, 62-68. <https://doi.org/10.2197/ipsjip.32.62>
- Kiefer, M., & Trumpp, N. M. (2012). Embodiment theory and education: The foundations of cognition in perception and action. *Trends in Neuroscience and Education*, 1(1), 15-20. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2012.07.002>

- Kontra, C., Lyons, D. J., Fischer, S. M., & Beilock, S. L. (2015). Physical experience enhances science learning. *Psychological Science*, 26(6), 737-749. <https://doi.org/10.1177/0956797615569355>
- Lederman, S. J., & Klatzky, R. L. (1987). Hand movements: A window into haptic object recognition. *Cognitive Psychology*, 19(3), 342-368. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(87\)90008-9](https://doi.org/10.1016/0010-0285(87)90008-9)
- Loomis, J. M., & Lederman, S. J. (1986). Tactual perception. In K. R. Boff, L. Kaufman, & J. P. Thomas (Eds.), *Handbook of perception and human performance*, Vol. 2, Cognitive processes and performance (pp. 1-41). New York: Wiley.
- Marmeleira, J., & Duarte Santos, G. (2019). Do not neglect the body and action: The emergence of embodiment approaches to understanding human development. *Perceptual and Motor Skills*, 126(3), 410-445. <https://doi.org/10.1177/0031512519834389>
- Mavilidi, M., 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.
- O'Connor, G., Fragkiadaki, G., Fleer, M., & Rai, P. (2021). Early childhood science education from 0 to 6: A literature review. *Education Sciences*, 11(4), 178. <https://doi.org/10.3390/educsci11040178>
- Olympiou, G., & Zacharia, Z. C. (2012). Blending physical and virtual manipulatives: An effort to improve students' conceptual understanding through science laboratory experimentation. *Science Education*, 96(1), 21-47. <https://doi.org/10.1002/sce.20463>
- Pavlou, Y., Papaevripidou, M., & Zacharias, Z. (2018). Can preschoolers develop an understanding of the sinking/floating phenomenon through physical and virtual experimental environments? In 69 M. Kalogiannakis (Ed.), *Teaching natural sciences in preschool education: Challenges and perspectives* (pp. 76-95). Athens: Gutenberg
- Pavlou, Y., & Zacharia, Z. C. (2023). Using physical and virtual labs for experimentation in STEM+ education: From theory and research to practice. In K. Korfiatis, M. Marcus Grace & M. Hammann (Eds.), *Shaping the future of biological education research* (pp. 3-19). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-44792-1>
- Pavlou, Y., Zacharia, Z. C., & Papaevripidou, M. (2024). Comparing the impact of physical and virtual manipulatives in different science domains among preschoolers. *Science Education*, 1-29. <https://doi.org/10.1002/sce.21869>
- Pouw, W. T. J. L., van Gog, T., & Paas, F. (2014). An embedded and embodied cognition review of instructional manipulatives. *Educational Psychology Review*, 26, 51-72. <https://doi.org/10.1007/s10648-014-9255-5>
- Rau, M. A. (2020). Comparing multiple theories about learning with physical and virtual representations: Conflicting or complementary effects? *Educational Psychology Review*, 32(2), 297-325. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09517-1>
- 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), 6. <https://doi.org/10.1186/s41235-018-0092-9>

- Van Doorn, G. H., Richardson, B. L., Willemin, D. B., & Symmons, M. A. (2010). Visual and haptic influence on perception of stimulus size. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 72(3), 813-822. <https://doi.org/10.3758/APP.72.3.813>
- Wan, Z. H., Jiang, Y., & Zhan, Y. (2021). STEM education in early childhood: A review of empirical studies. *Early Education and Development*, 32(7), 940-962. <https://doi.org/10.1080/10409289.2020.1814986>
- Wellsby, M., & Pexman, P. M. (2014). Developing embodied cognition: Insights from children's concepts and language processing. *Frontiers in Psychology*, 5, 506. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00506>
- Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 625- 636. <https://doi.org/10.3758/BF03196322>
- Zacharia, Z. C. (2005). The impact of interactive computer simulations on the nature and quality of postgraduate science teachers' explanations in physics. *International Journal of Science Education*, 27(14), 1741-1767. <https://doi.org/10.1080/09500690500239664>
- Zacharia, Z. C., & De Jong, T. (2014). The effects on students' conceptual understanding of electric circuits of introducing virtual manipulatives within a physical manipulatives-oriented curriculum. *Cognition and instruction*, 32(2), 101-158. <https://doi.org/10.1080/07370008.2014.887083>
- Zacharia, Z. C., Loizou, E., & Papaevripidou, M. (2012). Is physicality an important aspect of learning through science experimentation among kindergarten students? *Early Childhood Research Quarterly*, 27(3), 447-457. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2012.02.004>
- Zhan, Z., Shen, W., Xu, Z., Niu, S., & You, G. (2022). A bibliometric analysis of the global landscape on STEM education (2004-2021): Towards global distribution, subject integration, and research trends. *Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 16(2), 171-203. <https://doi.org/10.1108/APJIE-08-2022-0090>