

Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 14, Αρ. 2 (2026)

Πρακτικά 14ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

14^ο

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
και ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ στην ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες
στην Εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές



12-14 Απριλίου 2025

ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ, ΑΠΘ
ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΑΠΘ

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,
Τμήμα Φυσικής, Σχολή Θετικών Επιστημών,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

synedrio2025.enepht.gr



Σχεδιασμός Εκπαιδευτικών Δραστηριοτήτων για τη Διαπραγμάτευση Ζητημάτων της Επιστήμης Υλικών σε Περιβάλλοντα Άτυπης Μάθησης

Μαρία Γαβαλά, Ελένη Μποτζάκη, Αργύρης Νιπυράκης, Δημήτρης Παπάζογλου, Δημήτρης Σταύρου

doi: [10.12681/codiste.9910](https://doi.org/10.12681/codiste.9910)

Σχεδιασμός Εκπαιδευτικών Δραστηριοτήτων για τη Διαπραγμάτευση Ζητημάτων της Επιστήμης Υλικών σε Περιβάλλοντα Άτυπης Μάθησης

Μαρία Γαβαλά¹, Ελένη Μποτζάκη², Αργύρης Νιπυράκης³,
Δημήτρης Παπάζογλου⁴ και Δημήτρης Σταύρου⁵

¹Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, ²Υποψήφια Διδασκίστρια, ³Μεταδιδακτορικός Φοιτητής,

⁴Αναπληρωτής Καθηγητής, ⁵Καθηγητής

⁴Τμήμα Επιστήμης και Μηχανικής Υλικών, Πανεπιστήμιο Κρήτης

^{1,2,3,5}Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Κέντρο Ερευνών και Μελετών,

Πανεπιστήμιο Κρήτης

¹ptdep379@edc.uoc.gr

Περίληψη

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην ανάπτυξη μιας σειράς δραστηριοτήτων που αφορούν τη διαπραγμάτευση ζητημάτων από τον τομέα της επιστήμης υλικών, με στόχο την πλαισίωση εκπαιδευτικών επισκέψεων σε περιβάλλοντα άτυπης μάθησης. Η έρευνα διεξάγεται στο πλαίσιο του προγράμματος MaSCot, που στοχεύει στην ανάπτυξη προγραμμάτων εκπαίδευσης εκπαιδευτικών και επιστημόνων στη δημιουργία ουσιαστικών επιστημονικών μαθησιακών εμπειριών σε περιβάλλοντα εκτός σχολείου. Στη παρούσα έρευνα παρουσιάζεται ο διδακτικός μετασχηματισμός και οι θεμελιώδεις έννοιες των εφαρμογών από το πεδίο της επιστήμης υλικών στα βιοϋλικά και πολυμερή υλικά, καθώς και οι δραστηριότητες που αναπτύσσονται για την επικοινωνία των εξελίξεων του τομέα της επιστήμης υλικών σε μαθητές/τριες.

Λέξεις κλειδιά: άτυπες μορφές μάθησης, επικοινωνία επιστήμης, επιστήμη υλικών

Design of Educational Activities on Addressing Topics in Materials Science in Informal Learning Environments

Maria Gavala¹, Eleni Botzaki², Argyris Nipyrakis³, Dimitris Papazoglou⁴ and
Dimitris Stavrou⁵

¹Master Student, ²PhD Student, ³Post-Doctoral Researcher, ⁴Associate Professor, ⁵Professor

⁴Department of Materials Science and Engineering, University of Crete

^{1,2,3,5}Department of Primary Education, Center for Research and Studies, University of Crete

¹ptdep379@edc.uoc.gr

Abstract

This study focuses on the development of a series of activities addressing issues from the field of materials science, aiming to support educational visits in informal learning environments. The research is conducted in the context of the MaSCot project, which aims to develop training programs for teachers and scientists to create meaningful scientific learning experiences in out-of-school settings. This study will present the educational reconstruction and the fundamental concepts of innovations in the field of materials science specifically of biomaterials and polymer materials, as well as the activities designed to communicate advancements in materials science to students in out-of-school learning environments.

Keywords: informal education, material science, science communication

Εισαγωγή

Η σημερινή εποχή χαρακτηρίζεται από προβλήματα με παγκόσμιο χαρακτήρα όπως π.χ. η κλιματική αλλαγή. Οι ραγδαίες εξελίξεις στην επιστήμη υλικών παρέχουν με τις εφαρμογές τους λύσεις σε τέτοια προβλήματα, προσφέροντας βιώσιμες λύσεις για το περιβάλλον και τη βιομηχανία, αλλά και νέες εφαρμογές υγείας. Οι εφαρμογές τους αναμένεται να επηρεάσουν τις ζωές των επόμενων γενεών, μετασχηματίζοντας την κοινωνία και εγείροντας προβλήματα ηθικής και βιωσιμότητας, τα οποία συχνά διχάζουν την κοινή γνώμη. Επομένως ως κοινωνία χρειαζόμαστε τόσο νέες επιστήμονες/ισσες που θα επιλύουν τα προβλήματα αυτά, όσο και πολίτες με εμπιστοσύνη στην επιστήμη και ικανότητα λήψης επιστημονικά ενημερων αποφάσεων (Hansson et al., 2019). Την ίδια στιγμή όμως, οι μαθητές/τριες διδάσκονται μόνο θεμελιωμένη επιστήμη στα σχολεία, με αποτέλεσμα να μην γνωρίζουν τα σύγχρονα ερευνητικά θέματα και να μην έχουν επικαιροποιημένη εικόνα για την σύγχρονη επιστημονική πρακτική, επομένως υπάρχει ανάγκη για εξοικείωση με αντικείμενα σύγχρονης έρευνας (Hansson et al., 2019) και κατά συνέπεια, η καλλιέργεια του επιστημονικού γραμματισμού στους πολίτες κρίνεται ως καίριας σημασίας.

Η τυπική εκπαίδευση στα σχολεία θα μπορούσε να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση επιστημονικά εγγράμματων πολιτών. Ωστόσο, η προσέγγιση των επιστημονικών εξελίξεων από την τυπική εκπαίδευση συνήθως καθυστερεί, καθώς απαιτείται αρκετός χρόνος μέχρι να ενταχθεί η νέα γνώση στα σχολικά προγράμματα σπουδών (Besley & Tanner, 2011). Για τη γεφύρωση αυτού του χάσματος από τη βιβλιογραφία τονίζεται η σημασία των χώρων άτυπης μάθησης, όπως τα ερευνητικά κέντρα και τα επιστημονικά εργαστήρια, που μπορούν να λειτουργήσουν συμπληρωματικά ως προς την τυπική εκπαίδευση (Berg et al., 2021).

Ένας χώρος που δεν είναι τόσο μελετημένος ως χώρος άτυπης μάθησης, ο οποίος όμως έχει πολλαπλά οφέλη, είναι τα πανεπιστήμια και γενικότερα τα ερευνητικά εργαστήρια. Συγκεκριμένα, υπάρχουν ευκαιρίες για αλληλεπίδραση μεταξύ μαθητών/τριών με επιστήμονες/ισσες συμβάλλοντας στην καλλιέργεια ενδιαφέροντος προς την επιστήμη και στη διαμόρφωση μιας ρεαλιστικής εικόνας για τις επιστημονικές δραστηριότητες, ενώ παράλληλα τους φέρνει σε επαφή με τις αντίστοιχες επαγγελματικές σταδιοδρομίες (Berg et al., 2021· Glowinski & Bayrhuber, 2011· Woods-Townsend et al., 2016). Παράλληλα τα πανεπιστήμια δεν διαθέτουν ειδικό προσωπικό για τέτοιου είδους επισκέψεις, υπάρχει συχνή τροποποίηση των πειραματικών διατάξεων και άρα των προσφερόμενων μαθησιακών εμπειριών, αφού συμβαίνει έρευνα σε πραγματικό χρόνο. Ο εξοπλισμός και τα αναλώσιμα υλικά προορίζονται για την έρευνά τους και όχι για επικοινωνία της επιστήμης, ενώ και αρχιτεκτονικά ακόμη δεν είναι σχεδιασμένα για να δέχονται μεγάλο αριθμό ατόμων στα εργαστήριά τους. Ένας τρόπος ενίσχυσης των παραπάνω, είναι το πλαίσιο που έχει προταθεί από την βιβλιογραφία με στρατηγικές επικοινωνίας για θέματα έρευνας αιχμής σε χώρους άτυπης μάθησης που εστιάζουν στην ενεργό συμμετοχή των επισκεπτών/τριών, αξιοποιώντας σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις, όπως η διερευνητική μάθηση και η διεπιστημονική STEM προσέγγιση (Schwan et al., 2014).

Για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση εκπαιδευτικών επισκέψεων σε χώρους άτυπης μάθησης απαιτείται η συνεργασία μεταξύ ειδικών του επιστημονικού περιεχομένου, του διδακτικού μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης και της επικοινωνίας της επιστήμης και εκπαιδευτικών. Η διεπιστημονική συνεργασία διασφαλίζει τη δημιουργία εμπειριών μάθησης που προωθούν την κατανόηση και την ενεργό εμπλοκή των μαθητών/τριών σε χώρους άτυπης μάθησης (Achiam, 2013). Σε αυτό είναι κεντρικός ο ρόλος των εκπαιδευτικών, καθώς είναι εκείνοι/ες που γνωρίζουν προσωπικά τους μαθητές/τριες τους και τα ενδιαφέροντά τους. Ενδεικτικά, θα πρέπει να καθορίζουν το στόχο της επίσκεψης και να σχεδιάζουν δραστηριότητες που συνδέουν το

περιεχόμενο της επίσκεψης με το Α.Π.. Αντίστοιχα, κατά τη διάρκεια της επίσκεψης να συνδέουν το περιεχόμενο του μαθήματος με τα εκθέματα, ενώ με την ολοκλήρωση της επίσκεψης να γίνεται μια αναστοχαστική συζήτηση με τους μαθητές/τριες (DeWitt & Storksdieck, 2008· Souza et al., 2023).

Η εκπαιδευτική πραγματικότητα συχνά δεν ευνοεί την ουσιαστική αξιοποίηση των επισκέψεων σε χώρους άτυπης μάθησης. Υπό την πίεση των αναλυτικών προγραμμάτων σπουδών, οι εκπαιδευτικοί περιορίζονται κυρίως σε οργανωτικό ρόλο, χωρίς να διατυπώνουν σαφείς διδακτικούς στόχους ή να συνδέουν το περιεχόμενο της επίσκεψης με το Αναλυτικό Πρόγραμμα (Eshach, 2007· Glowinski & Bayrhuber, 2011· Henriksson, 2018). Συχνά απουσιάζει ο σχεδιασμός δραστηριοτήτων πριν ή μετά την επίσκεψη, με αποτέλεσμα αυτές να αντιμετωπίζονται ως αποκομμένες εμπειρίες (Giannakoudaki & Stavrou, 2022).

Κατά συνέπεια, ο σχεδιασμός των επισκέψεων θα πρέπει να ανταποκρίνεται στην εκπαιδευτική πραγματικότητα. Προϋποθέτει τον σαφή καθορισμό στόχων και την ενεργή συνεργασία μεταξύ ερευνητών/τριών και εκπαιδευτικών, ώστε να αξιοποιηθούν οι διαφορετικές γνώσεις και εμπειρίες τους (Laherto, 2013· Riqueras & Achiam, 2013). Παράλληλα, είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη τόσο τα ενδιαφέροντα των μαθητών/τριών όσο και οι προϋπάρχουσες γνώσεις και εμπειρίες τους, με στόχο την ενίσχυση της ενεργού συμμετοχής τους. Ακόμα, να διατηρείται μια ισορροπία ανάμεσα στην εγκυρότητα του επιστημονικού περιεχομένου και τη δημιουργία ελκυστικών και προσιτών εμπειριών για τους μαθητές/τριες (Achiam, 2013). Επιπλέον, η βιβλιογραφία αναδεικνύει τη σημασία της συνεργασίας των εκπαιδευτικών με το προσωπικό των κέντρων επιστημών, της κατάλληλης προετοιμασίας των μαθητών/τριών πριν από την επίσκεψη, καθώς και της ανάπτυξης δραστηριοτήτων που συνδέουν τη θεματολογία της επίσκεψης με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών (Souza et al., 2023).

Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας, εστίασαμε στην Επιστήμη και Μηχανική των Υλικών. Πρόκειται για ένα σύγχρονο και διεπιστημονικό τομέα με ποικίλες εφαρμογές που σχετίζονται με την κοινωνία, την υγεία και το περιβάλλον. Η μελέτη των ιδιοτήτων, της δομής και της επεξεργασίας των υλικών παρέχει τη βάση για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, ενώ παράλληλα ενισχύει τη σύνδεση της επιστημονικής γνώσης με την καθημερινή ζωή των μαθητών/τριών.

Βάσει των παραπάνω, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη και η αποτίμηση εκπαιδευτικού υλικού για να προετοιμάσει μαθητές/τριες προτού επισκεφθούν εργαστήρια Επιστήμης και Μηχανικής των Υλικών. Στόχος του υλικού είναι να λειτουργήσει ως συνδεδετικός κρίκος μεταξύ της εκπαιδευτικής και ακαδημαϊκής κοινότητας προσφέροντας ένα κοινό πλαίσιο αναφοράς. Συνεπώς το ερευνητικό ερώτημα που διατρέχει την παρούσα εργασία είναι το εξής: «Ποια είναι τα χαρακτηριστικά δραστηριοτήτων που αναπτύσσονται από ερευνητές/τριες της Επιστήμης και Μηχανικής των Υλικών, Διδακτικής των φυσικών επιστημών και εκπαιδευτικούς για την προετοιμασία μαθητών σε εκπαιδευτικές επισκέψεις σε πανεπιστημιακά εργαστήρια Επιστήμης και Μηχανικής των Υλικών;»

Μεθοδολογία

Πλαίσιο διεξαγωγής της έρευνας

Η παρούσα εργασία πραγματοποιείται στο πλαίσιο του προγράμματος MaSCot, στο οποίο συμμετέχουν δύο ερευνητικές ομάδες του Πανεπιστημίου Κρήτης, το Εργαστήριο Διδακτικής Θετικών Επιστημών (ΕΔΘΕ) του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης και η ερευνητική ομάδα του Τμήματος Επιστήμης και Μηχανικής Υλικών (ΤΕΜΥ). Σκοπός του προγράμματος είναι η συνεργασία ερευνητών/τριών της διδακτικής των φυσικών επιστημών, ερευνητών/τριών του πεδίου της επιστήμης υλικών, καθώς και εν ενεργεία εκπαιδευτικών, με

στόχο την ανάπτυξη μαθησιακών εμπειριών σε περιβάλλοντα άτυπης μάθησης για την επικοινωνία θεμάτων σύγχρονης επιστημονικής έρευνας στους μαθητές/τριες και το ευρύ κοινό. Το μεθοδολογικό πλαίσιο της έρευνας που χρησιμοποιήθηκε βασίζεται στο μοντέλο διδακτικής αναδόμησης (MER). Το μοντέλο αποτελείται από τρία συστατικά μέρη: α. τη διασάφηση και ανάλυση του επιστημονικού περιεχομένου, β. την έρευνα πάνω στη διδασκαλία και τη μάθηση μαθητών/τριών και γ. τον σχεδιασμό και την αξιολόγηση του μαθησιακού περιβάλλοντος. Οι τρεις αυτές συνιστώσες δεν είναι αποκομμένες μεταξύ τους, αλλά αλληλεπιδρούν στενά, με αποτέλεσμα την μεταξύ τους ανατροφοδότηση (Duit et al., 2012).

Για τις ανάγκες της **εκπαιδευτικής έρευνας** προηγήθηκε μια διερευνητική φάση, με σκοπό την καταγραφή και ανάδειξη των αναγκών όλων των συμμετεχόντων στις εκπαιδευτικές επισκέψεις. Παρατηρήθηκαν και αναλύθηκαν οι τρέχουσες εκπαιδευτικές επισκέψεις που φιλοξενούνται στις υποδομές του TEMY και διαπιστώθηκε ότι, ενώ οι μαθητές/τριες εκτίθενται σε αυθεντικά ερευνητικά περιβάλλοντα, δεν αξιοποιείται πλήρως η ευκαιρία να εμπλακούν με τις σύγχρονες επιστημονικές εξελίξεις. Με βάση την βιβλιογραφία εντοπίστηκε ότι είναι πολύ σημαντικό να είναι εμφανής η σύνδεση μεταξύ των επιμέρους πεδίων όταν πραγματευόμαστε διεπιστημονικά θέματα όπως π.χ. η επιστήμη υλικών, να προσεγγίζονται ως προβλήματα πραγματικού κόσμου και να γίνεται σύνδεση με την καθημερινότητα. Ακόμα να ενσωματώνονται οι θεωρητικές γνώσεις που διδάσκονται οι μαθητές σε συνθήκες που προσομοιάζουν την ερευνητική πρακτική (Acosta, 2023· Fagnani et al., 2020· Li et al., 2015).

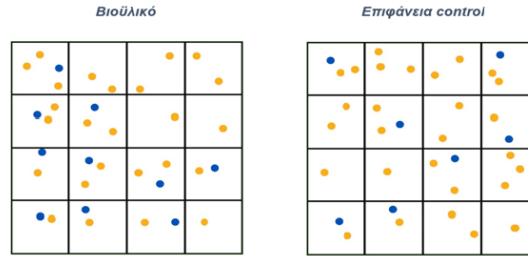
Βάσει των παραπάνω παρατηρήσεων για την **διασάφηση και ανάλυση του επιστημονικού περιεχομένου** συστάθηκε μια κοινότητα μάθησης αποτελούμενη από α. ειδικούς στην επιστήμη υλικών, στη διδακτική των φυσικών επιστημών και στην επικοινωνία της επιστήμης και β. εν ενεργεία εκπαιδευτικούς. Από τη συνεργασία αυτών, βάσει του μοντέλου, καθορίστηκαν οι θεμελιώδεις ιδέες του αντικειμένου της επιστήμης υλικών που είναι σημαντικές από εκπαιδευτικής σκοπιάς, για να αποτελέσουν το επίκεντρο των δραστηριοτήτων. Για τα βιοϋλικά εντοπίστηκαν: η βιοσυμβατότητα και ειδικότερα την κυτταροτοξικότητα, ένα μέγεθος που μας δείχνει την επιβίωση κυττάρων όταν έρχονται σε επαφή με ένα μη βιολογικό παράγοντα. Οι μηχανικές ιδιότητες, όπως συμπίεση, εφελκυσμός κλπ., και τέλος η βιοδιάσπαση, ο ρυθμός απώλειας μάζας του προς μελέτη υλικού. Ενώ για τα πολυμερή υλικά και ειδικότερα τις υδρογέλες (hydrogels): η σύνθεσή τους, όπως ο cross-linked πολυμερισμός, οι μηχανικές και χημικές ιδιότητες π.χ. η ελαστικότητα ή η ιξώδης συμπεριφορά και η διάσπαση των πολυμερών, η οποία εξαρτάται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος όπως η θερμοκρασία ή το pH.

Ο **σχεδιασμός και η αξιολόγηση του μαθησιακού περιβάλλοντος** προκύπτει ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης των προηγούμενων διαστάσεων του μοντέλου. Οι ιδέες αναδομήθηκαν ώστε να είναι κατάλληλες για διδασκαλία αξιοποιώντας σύγχρονες προσεγγίσεις για την επικοινωνία της επιστήμης και αναπτύχθηκε διδακτικό υλικό με στόχο την προετοιμασία των μαθητών/τριών για τις επισκέψεις σε χώρους άτυπης μάθησης, όπως τα πανεπιστημιακά εργαστήρια του TEMY. Στόχος του υλικού είναι η εξοικείωση με τις θεμελιώδεις έννοιες του επιστημονικού περιεχομένου και η εμπλοκή των μαθητών/τριών σε διαδικασίες διερεύνησης και σε διαδικασίες επίλυσης προβλήματος. Το υλικό αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί τόσο στο σχολικό περιβάλλον, κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, όσο και στο χώρο του πανεπιστημίου κατά την υλοποίηση της επίσκεψης, προκειμένου να διευκολυνθεί η συμμετοχή και η αλληλεπίδραση των μαθητών/τριών με τους/τις επιστήμονες/ισσες των εργαστηρίων.

Περιγραφή εκπαιδευτικού υλικού

1. Εισαγωγή στην έννοια της συμβατότητας στην οποία οι μαθητές/τριες πρέπει να διαλέξουν ανάμεσα σε εικόνες από διαφορετικά καλώδια, το κατάλληλο για να φορτίσουν μια συσκευή κινητού τηλεφώνου.

Εικόνα 1. Καλλιέργειες κυττάρων



Πίνακας 1. Δομή δραστηριοτήτων βιοϋλικών

Δομή δραστηριοτήτων βιοϋλικών	
1. Εισαγωγή/προσανατολισμός	
2. Βιοσυμβατότητα	Εφαρμογή σε αυθεντικό ερευνητικό πλαίσιο
3. Μηχανικές ιδιότητες	
4. Βιοδιάσπαση	
5. Επέκταση	

Οι δραστηριότητες που ακολουθούν εντάσσονται σε ένα εκπαιδευτικό σενάριο, στο οποίο οι μαθητές/τριες αναλαμβάνουν τον ρόλο μελών μιας ερευνητικής ομάδας με αντικείμενο την ανάπτυξη ενός οστικού εμφυτεύματος αντίστοιχο με εφαρμογές του TEMY. Το εμφύτευμα προορίζεται να λειτουργήσει ως «γέφυρα», παρέχοντας το κατάλληλο υπόστρωμα για την ανάπτυξη νέων οστικών κυττάρων και με την πάροδο του χρόνου, να αποδομηθεί πλήρως, ώστε ο ασθενής να αποκτήσει ένα ενιαίο και πλήρως δικό του οστό.

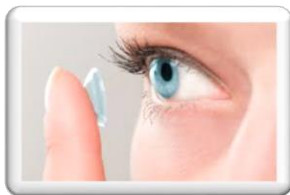
2. Για τον έλεγχο της βιοσυμβατότητας οι μαθητές/τριες από εικόνες που αντιπροσωπεύουν καλλιέργειες κυττάρων (εικόνα 1) στο προς μελέτη υλικό και σε δείγμα ελέγχου καλούνται να πάρουν και να καταγράψουν μετρήσεις μετρώντας τα ζωντανά και τα νεκρά κύτταρα. Στη συνέχεια να κάνουν χρήση μαθηματικού τύπου και να αποφανθούν αν το υλικό είναι κυτταροτοξικό ή όχι.
3. Η αξιολόγηση των μηχανικών ιδιοτήτων του αναπτυσσόμενου εμφυτεύματος γίνεται συγκρίνοντας τιμές αντοχών μεταξύ του εμφυτεύματος και φυσικού οστού, οι ίδιοι/ες πρέπει να κρίνουν αν χρειάζονται τροποποιήσεις και βελτιώσεις στο δείγμα ή οι τιμές αυτές είναι ικανοποιητικές.
4. Υπόθεση πως το υλικό τοποθετείται σε συνθήκες παρόμοιες με τον οργανισμό και με την πάροδο του χρόνου υπάρχουν απώλειες μάζας λόγω βιοδιάσπασης. Η δραστηριότητα αφορά στον υπολογισμό του ρυθμού βιοδιάσπασης με χρήση μαθηματικών τύπων από τιμές μετρήσεων. Σχεδιασμός γραφήματος, άντληση και ερμηνεία δεδομένων από αυτό.
5. Επέκταση της δραστηριότητας με τη μορφή συζήτησης γύρω από τις ηθικές προεκτάσεις που συνοδεύουν την ανάπτυξη και χρήση βιοϋλικών. Οι έλεγχοι στους οποίους κλήθηκαν να προβούν οι μαθητές/τριες αφορούν αποκλειστικά τα αρχικά στάδια της διαδικασίας, δηλαδή τη σχεδίαση και την αρχική αξιολόγηση του εμφυτεύματος. Στη συνέχεια, στο πλαίσιο της πραγματικής ερευνητικής διαδικασίας, ακολουθούν πιο σύνθετα και ηθικά αμφιλεγόμενα στάδια, όπως δοκιμές σε ζώα και αργότερα σε ανθρώπους.

Πίνακας 2. Δομή δραστηριοτήτων πολυμερών/hydrogels

Δομή δραστηριοτήτων πολυμερών/hydrogels
1. Εισαγωγή/προσανατολισμός
2. Σύνθεση πολυμερών
3. Μελέτη ιδιοτήτων
4. Διάσπαση
5. Εφαρμογή σε αυθεντικό πλαίσιο
6. Επέκταση

1. Προσανατολισμός μέσω εικόνων, όπου ζητείται στους μαθητές/τριες να εντοπίσουν κοινά χαρακτηριστικά: ότι είναι εύκαμπτα και έχουν την ιδιότητα να συγκρατούν νερό (εικόνα 2, εικόνα 3).

Εικόνα 2. Φακός επαφής



Εικόνα 3. Βρώσιμο ζελέ



2. Η σύνθεση των πολυμερών προσεγγίζεται μέσω δραστηριότητας μοντελοποίησης. Δίνονται στους μαθητές/τριες «μακρομόρια» (αντιπροσωπευτικά μοντέλα) τα οποία πρέπει να συνδέσουν δημιουργώντας πλέγματα και τρισδιάστατες δομές (εικόνα 4). Ακολούθως οι μαθητές/τριες καλούνται να αναλύσουν τους πιθανούς μηχανισμούς συγκράτησης του νερού στη νέα δομή που προέκυψε, συγκρίνοντάς την με την αρχική φάση, κατά την οποία τα μακρομόρια παρέμεναν ασύνδετα.

Εικόνα 4. Τρισδιάστατο μοντέλο διασυνδεδεμένων μακρομορίων με μόρια νερού



3. Για την μελέτη των ιδιοτήτων όπως η προσρόφηση υγρού χρησιμοποιούνται συνθετικές μπίλιες υδρογέλης. Γίνεται μια αρχική μέτρηση της μάζας, γίνεται προσθήκη νερού και μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, αφαιρείται το επιπλέον υγρό και γίνεται εκ νέου μέτρηση. Οι μετρήσεις καταγράφονται και υπολογίζεται η ποσότητα νερού που προσροφήθηκε. Για την μελέτη μηχανικών ιδιοτήτων γίνεται σύγκριση ανάμεσα σε φυσικό hydrogel π.χ. από αγάρ αγάρ και στις συνθετικές μπίλιες της προηγούμενης δραστηριότητας. Ασκώντας μικρές πιέσεις παρατηρείται ελαστική συμπεριφορά ενώ σε μεγαλύτερες πιέσεις η παραμόρφωση είναι πλαστική (εικόνα 5).

Εικόνα 5. Ελαστική παραμόρφωση συνθετικής υδρογέλης



4. Εξέταση διάσπασης πολυμερών σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας. Οι μαθητές/τριες τοποθετούν τους δύο τύπους υδρογέλης σε νερό που βράζει και παρατηρούν τις διαφορές. Το φυσικό διασπάται και υγροποιείται ενώ η συνθετική υδρογέλη διατηρεί το σχήμα της και δεν επηρεάζεται.
5. Σε αυτό το στάδιο γίνεται εφαρμογή σε ερευνητικό πλαίσιο, όπου οι μαθητές/τριες είναι μέλη ερευνητικής ομάδας που δημιουργεί hydrogels για διαφορετικούς σκοπούς: α. επίδεσμο τραυμάτων β. οστικό εμφύτευμα και γ. σύστημα χορήγησης φαρμάκου. Δίνονται μετρήσεις διαφόρων δειγμάτων από ιξωδόμετρο και καλούνται να επιλέξουν το κατάλληλο δείγμα για κάθε εφαρμογή σύμφωνα με την αναλογία ελαστικότητας και ρευστότητας/ιξώδους συμπεριφοράς που απαιτείται για κάθε εφαρμογή.
6. Η επέκταση στις δραστηριότητες των πολυμερών αφορά το περιβάλλον όπου γίνεται μια επιλογή σε περιβάλλοντα όπου πιστεύουν οι μαθητές/τριες ότι έχουν βρεθεί μικροπλαστικά, δηλαδή συνθετικά πολυμερή, που διασπώνται σε μικρότερα κομμάτια. Η απάντηση είναι πως σε όλα αυτά τα περιβάλλοντα έχουν βρεθεί μικροπλαστικά, αποτελώντας αφορμή για συζήτηση γύρω από το αντίκτυπο της εκτεταμένης χρήσης πολυμερών και την ανάγκη για σχεδιασμό και ανάπτυξη νέων υλικών που θα αντικαταστήσουν την χρήση τους χωρίς να επιβαρύνουν το περιβάλλον.

Συμπεράσματα

Αποτιμώντας το εκπαιδευτικό υλικό που σχεδιάστηκε εκτιμάται ότι εισάγει τους μαθητές/τριες στην ορολογία των επιμέρους επιστημονικών πεδίων και σε αυθεντικές ερευνητικές τεχνικές. Μέσω των δραστηριοτήτων γίνεται σύνδεση των ερευνητικών εφαρμογών με την καθημερινότητα φανερώνοντας την ανάγκη για επιστημονική έρευνα και τα επιμέρους στάδια αυτής (Arnold et al., 2023· Buffler et al., 2001). Κατ' αυτόν τον τρόπο αναγνωρίζεται η σημασία της έρευνας που διεξάγεται στο ΤΕΜΥ και αποτελεί προεργασία ώστε οι μαθητές/τριες να έχουν ένα κοινό πλαίσιο αναφοράς με τους ερευνητές/τριες ώστε να επικοινωνήσουν με μαζί τους και να διατυπώσουν ερωτήσεις προς αυτούς.

Βιβλιογραφία

- Achiam, M. F. (2013). A content-oriented model for science exhibit engineering. *International Journal of Science Education, Part B*, 3(3), 214-232. <https://doi.org/10.1080/21548455.2012.698445>
- Acosta, O. a. L. (2023). Implementing a didactic strategy for teaching recyclable plastic polymers in high school education. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 12(8), 742-751. <https://doi.org/10.21275/sr23728055936>
- Arnold, J. C., Mühling, A., & Kremer, K. (n.d.). Exploring core ideas of procedural understanding in scientific inquiry using educational data mining. *Research in Science & Technological Education*, 41(1), 372-392. <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1909552>
- Berg, T. B., Achiam, M., Poulsen, K. M., Sanderhoff, L. B., & Tøttrup, A. P. (2021). The Role and Value of Out-of-School Environments in Science Education for 21st Century Skills. *Frontiers in Education*, 6.

- <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.674541>
- Besley, J. C., & Tanner, A. H. (2011). What science communication scholars think about training scientists to communicate. *Science Communication*, 33(2), 239-263. <https://doi.org/10.1177/1075547010386972>
- Buffler, A., Allie, S., & Lubben, F. (2001). The development of first year physics students' ideas about measurement in terms of point and set paradigms. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1137-1156. <https://doi.org/10.1080/09500690110039567>
- DeWitt, J., & Storksdieck, M. (2008b). A Short Review of School Field Trips: Key Findings from the Past and Implications for the Future. *Visitor Studies*, 11(2), 181-197. <https://doi.org/10.1080/10645570802355562>
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012) The model of educational reconstruction – A framework for improving teaching and learning science. Στο D. Jorde, J. Dillon, (Επιμ.) *Science Education Research and Practice in Europe: Retrospective and prospective* 13-37. Rotterdam: Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6091-900-8_2
- Ehrler, B. (2022). Unleashing the power of materials science for a sustainable future. *Matter*, 5(8), 2386-2389. <https://doi.org/10.1016/j.matt.2022.05.041>
- Eshach, H. (2006b). Bridging in-school and out-of-school learning: Formal, Non-Formal, and Informal education. *Journal of Science Education and Technology*, 16(2), 171-190. <https://doi.org/10.1007/s10956-006-9027-1>
- Fagnani, D. E., Hall, A. O., Zurcher, D. M., Sekoni, K. N., Barbu, B. N., & McNeil, A. J. (2020). Short course on Sustainable polymers for high school students. *Journal of Chemical Education*, 97(8), 2160-2168. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00507>
- Giannakoudaki, K., & Stavrou, D. (2022b). Guided school visits to a research center: Perspectives from teachers and staff. *International Journal of Physics & Chemistry Education*, 14(1), 11-20. <https://doi.org/10.51724/ijpce.v14i1.241>
- Glowinski, I., & Bayrhuber, H. (2011). Student Labs on a University Campus as a Type of Out-of-School Learning Environment: Assessing the Potential to Promote Students' Interest in Science. *International Journal of Environmental and Science Education*, 6(4), 371-392.
- Hansson, L., Leden, L., & Pendrill, A. (2019b). Contemporary science as context for teaching nature of science: teachers' development of popular science articles as a teaching resource. *Physics Education*, 54(5), 055008. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab194e>
- Laherto, A. (2012). Informing the development of science exhibitions through educational research. *International Journal of Science Education Part B*, 3(2), 121-143. <https://doi.org/10.1080/21548455.2012.694490>
- Li, X., Zhao, F., Pu, F., Liu, H., Niu, X., Zhou, G., Li, D., Fan, Y., Feng, Q., Cui, F., & Watari, F. (2015b). A Multidisciplinary Teaching Reform of Biomaterials course for undergraduate students. *Journal of Science Education and Technology*, 24(6), 735-746. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9559-3>
- Piqueras, J., & Achiam, M. (2019). Science museum educators' professional growth: Dynamics of changes in research-practitioner collaboration. *Science Education*, 103(2), 389-417. <https://doi.org/10.1002/sce.21495>
- Sajons, C., & Komorek, M. (2018). Charakterisierung von Schuelerangeboten als Grundlage zur Analyse von Angebot-Nutzungs-Prozesse [Characterization of student offers as a basis for the analysis of offer-use processes]. Στο P. Gautschi, A. Rempfler, B. S. Haeller, & M. Wilhelm (Επιμ.), *Aneignungspraktiken an ausserschulischen Lernorten [Appropriation practices at extracurricular places of learning]*, 259-270. Lit Verlag.
- Schwan, S., Grajal, A., & Lewalter, D. (2014). Understanding and engagement in places of science experience: science museums, science centers, zoos, and aquariums. *Educational Psychologist*, 49(2), 70-85. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.917588>
- Souza, V. M., Bonifácio, V., & Rodrigues, A. V. (2022). School Visits to Science Museums: A framework for analyzing teacher practices. *Journal of Science Teacher Education*, 34(4), 329-351. <https://doi.org/10.1080/1046560x.2022.2103010>
- Woods-Townsend, K., Christodoulou, A., Rietdijk, W., Byrne, J., Griffiths, J. B., & Grace, M. M. (2015). Meet the Scientist: The value of short interactions between scientists and students. *International Journal of Science Education Part B*, 6(1), 89-113. <https://doi.org/10.1080/21548455.2015.1016134>