

# 13th Panhellenic Conference on Didactics in Science and new Technology in Education

(2023)

13th Panhellenic Conference on Didactics in Science and new Technology in Education



**Development of a teaching-learning sequence to introduce students to wetting states of matter and modeling**

*Efthymia Arvanitou, Eleni Petridou*

doi: [10.12681/codiste.5364](https://doi.org/10.12681/codiste.5364)

## **ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΣΕΙΡΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΑΘΗΤΩΝ ΣΤΙΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΒΡΟΧΗΣ ΚΑΙ ΣΤΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ**

Ευθυμία Αρβανίτου<sup>1</sup>, Ελένη Πετρίδου<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ΠΜΣ «Διδακτική της Φυσικής και Εκπαιδευτική Τεχνολογία»,

<sup>2</sup>ΕΔΙΠ, Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας

Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

[efarvanit@physics.auth.gr](mailto:efarvanit@physics.auth.gr)

### **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

*Η εξέλιξη της τεχνολογίας και των εφαρμογών της αναδεικνύει την ανάγκη ανάπτυξης του επιστημονικού εγγραμματισμού ως έναν από τους κύριους στόχους της εκπαίδευσης. Η παρούσα εργασία αποτελεί μία διδακτική πρόταση ένταξης στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση σύγχρονων θεμάτων Φυσικής και τεχνολογίας, όπως είναι οι καταστάσεις διαβροχής με την ταυτόχρονη εξοικείωση των μαθητών με στοιχεία επιστημονικής μεθοδολογίας, όπως είναι η οικοδόμηση και η χρήση μοντέλων. Περιγράφεται ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη μιας διδακτικής σειράς στην οποία προωθούνται τα μοντέλα ως εργαλεία για ερμηνεία και πρόβλεψη φαινομένων διαβροχής από τους μαθητές.*

*Λέξεις κλειδιά:* διαβροχή, μοντελοποίηση, εκπαίδευση

## **DEVELOPMENT OF A TEACHING-LEARNING SEQUENCE TO INTRODUCE STUDENTS TO WETTING STATES OF MATTER AND MODELING**

Efthymia Arvanitou<sup>1</sup>, Eleni Petridou<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PGS "Didactics of Physics and Educational Technology",

<sup>2</sup>Laboratory Teaching Staff, Laboratory of Didactics of Physics and Educational Technology

School of Physics, Aristotle University of Thessaloniki

[efarvanit@physics.auth.gr](mailto:efarvanit@physics.auth.gr)

### **ABSTRACT**

*The evolution of technology and its applications highlights the need for scientific literacy development as one of education's main objectives. This paper is a didactic proposal for the introduction in Secondary Education of modern physics subjects, such as wetting states, while familiarizing students with elements of scientific methodology, such as constructing and using models. The design and development of a teaching series in which models are promoted as tools for students to interpret and predict wetting phenomena is described.*

**Keywords:** wetting, modeling, education

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εξέλιξη της τεχνολογίας και των εφαρμογών της, καθώς και της επιστημονικής γνώσης με συνεχώς αυξανόμενους ρυθμούς αναδεικνύει την ανάγκη για επιστημονικά ενημερωμένους πολίτες. Η εκπαίδευση θέτοντας νέους σκοπούς και στόχους μπορεί να συμβάλει καθοριστικά σ' αυτό. Έτσι, ένας από τους βασικούς άξονες προσανατολισμού των νέων Προγραμμάτων Σπουδών του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής (ΙΕΠ, n.d.) είναι η προώθηση του επιστημονικού εγγραμματισμού με την εισαγωγή των μαθητών σε σύγχρονα θέματα Φυσικής και Τεχνολογίας και την εξοικείωσή τους με στοιχεία επιστημονικής μεθοδολογίας και αναστοχαστικές διεργασίες.

Η διαβροχή είναι ένα θέμα Τεχνολογίας που αφορά την αλληλεπίδραση ενός υγρού με μια στέρεη επιφάνεια, και ποσοτικοποιείται με τη γωνία επαφής. Ως γωνία επαφής ορίζεται η γωνία που σχηματίζει η εφαιπτόμενη στο σημείο επαφής της σταγόνας του υγρού με την επιφάνεια. Ανάλογα με τη γωνία επαφής, μια επιφάνεια χαρακτηρίζεται ως υδρόφιλη ( $\theta < 90^\circ$ ), υδρόφοβη ( $\theta > 90^\circ$ ) ή υπέρ-υδρόφοβη ( $\theta > 150^\circ$ ). Η γωνία επαφής εξαρτάται από την τραχύτητα της επιφάνειας (σε μικρό- και νάνο-επίπεδο), το μέγεθος της σταγόνας και την επιφανειακή τάση του υγρού. Για την περιγραφή και ερμηνεία των καταστάσεων διαβροχής είναι απαραίτητη η χρήση επιστημονικών μοντέλων, όπως του Young για λείες επιφάνειες και του Wenzel ή των Cassie-Baxter για τραχιές (Bhushan, 2016).

Τα επιστημονικά μοντέλα διαδραματίζουν θεμελιώδη ρόλο στην επιστημονική μεθοδολογία (Ogborn & Martins, 1996) και αποτελούν πηγή υποθέσεων οι οποίες ελέγχονται μέσα από το πείραμα (van Driel & Verloop, 1999). Ορίζονται ως αναπαραστάσεις ιδεών, θεωριών και διαδικασιών (Gilbert & Boutler, 1998), ενώ αποτελούν πολύτιμα εργαλεία για την κατανόηση αφηρημένων, δύσκολων εννοιών, καθώς και για την ερμηνεία και πρόβλεψη φαινομένων (Harrison & Treagust, 2000). Οι δραστηριότητες μοντελοποίησης περιλαμβάνουν όλα τα βήματα που ακολουθούνται προκειμένου να διερευνηθεί ένα φαινόμενο με τη χρήση μοντέλων. Αυτές διακρίνονται σε διερευνητικές και εκφραστικές (Mellar & Bliss, 1994). Στην πρώτη περίπτωση ο μαθητευόμενος χρησιμοποιεί έτοιμα μοντέλα για την μελέτη του φαινομένου, ενώ στη δεύτερη οικοδομεί ο ίδιος μοντέλα για την εξήγηση και πρόβλεψη του φαινομένου. Στις παραδοσιακές διδασκαλίες οι μαθητές χρησιμοποιούν τα μοντέλα χωρίς να κατανοούν ότι είναι εργαλεία που τους βοηθούν να εξηγήσουν τα φαινόμενα, ενώ δεν γίνεται συζήτηση για τη φύση και την λειτουργία τους (Gilbert, 1991).

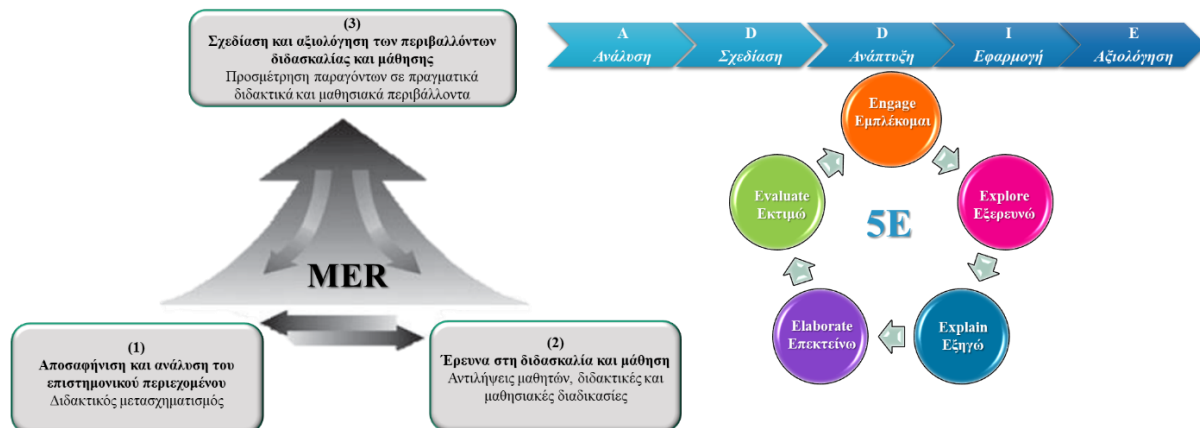
Στο πλαίσιο αυτό, σ' αυτή την εργασία παρουσιάζεται η σχεδίαση και η ανάπτυξη μιας διδακτικής σειράς για την ανάπτυξη του επιστημονικού εγγραμματισμού μαθητών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης με την εισαγωγή τους σε σύγχρονα θέματα τεχνολογικού ενδιαφέροντος, όπως είναι οι καταστάσεις διαβροχής και την εξοικείωσή τους σε όψεις επιστημονικής μεθοδολογίας, όπως είναι τα μοντέλα και οι δραστηριότητες μοντελοποίησης. Στόχος της εργασίας είναι η ανάδειξη των μοντέλων ως εργαλεία για την ερμηνεία και πρόβλεψη φαινομένων διαβροχής. Το ερευνητικό ερώτημα είναι: Πώς μπορούν να ενταχθούν τα μοντέλα σε μία διδακτική σειρά για την εισαγωγή των μαθητών στην έννοια του μοντέλου και στην χρήση του ως εργαλείο για εξήγηση και πρόβλεψη φαινομένων διαβροχής;

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την ανάπτυξη της διδακτικής σειράς περιλαμβάνει την σύμπλεξη του μοντέλου της εκπαιδευτικής αναδόμησης (MER) (Duit et al., 2012), με το μοντέλο ανάπτυξης εκπαιδευτικού υλικού ADDIE (Branch, 2009) και το διδακτικό μοντέλο 5E (Duran & Duran, 2004), όπως φαίνεται στο σχήμα 1. Στο πλαίσιο του 1<sup>ου</sup> άξονα του MER, αποσαφηνίστηκε και αναλύθηκε το επιστημονικό περιεχόμενο της διαβροχής και οι έννοιες που σχετίζονται μ' αυτήν προκειμένου να μετασχηματιστεί διδακτικά και να αναπτυχθεί το προς διδασκαλία περιεχόμενο. Σύμφωνα με τον 2<sup>ο</sup> άξονα του MER λήφθηκαν υπόψη εναλλακτικές αντιλήψεις και δυσκολίες των μαθητών στην κατανόηση της διαβροχής, όπως είναι οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν στην ερμηνεία μη ορατών φαινομένων, καθώς και δυσκολίες που αντιμετωπίζουν στην κατανόηση της έννοιας του μοντέλου και των χαρακτηριστικών του. Επίσης, εντοπίστηκε από την βιβλιογραφία η ανάγκη ανάπτυξης του επιστημονικού εγγραμματισμού των μαθητών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και προσδιορίστηκε έτσι ο σκοπός της εργασίας, που είναι η εισαγωγή των μαθητών σε σύγχρονα θέματα τεχνολογίας και σε στοιχεία της επιστημονικής μεθόδου (οικοδόμηση και χρήση των μοντέλων). Η υλοποίηση του 3<sup>ου</sup> άξονα του MER που περιλαμβάνει την σχεδίαση και αξιολόγηση του εκπαιδευτικού υλικού, των δραστηριοτήτων και των περιβαλλόντων διδασκαλίας και μάθησης, πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια των πέντε βημάτων του μοντέλου ADDIE (Analyze, Design, Develop,

Implement, Evaluate). Στην φάση της «Ανάλυσης» λήφθηκε υπόψη η ηλικία των μαθητών (Γ΄ Γυμνασίου – Α΄ Λυκείου), το πλαίσιο (εκπαιδευτικός όμιλος) στο οποίο θα μπορούσε να εφαρμοστεί η διδακτική σειρά, εφόσον δεν αποτελεί γνωστικό αντικείμενο του αναλυτικού προγράμματος, και τα ιδιαίτερα ενδιαφέροντα και βιώματα που έχουν οι μαθητές σε αγροτική περιοχή, αφού η διδακτική σειρά θα εφαρμοστεί σε μαθητές σχολείου της επαρχίας.

Σχήμα 1: Μεθοδολογία ανάπτυξης της διδακτικής σειράς



Στις φάσεις της «Σχεδίασης» και της «Ανάπτυξης» λήφθηκαν υπόψη τα στοιχεία της «Ανάλυσης», καθώς και τα δεδομένα από τους άξονες 1 και 2 του MER. Έτσι, η διδακτική σειρά εστιάζει στη διδασκαλία του γνωστικού περιεχομένου της διαβροχής και των στοιχείων της επιστημονικής μεθόδου, που είναι τα μοντέλα και οι δραστηριότητες μοντελοποίησης. Συγκεκριμένα, οι μαθητές εμπλέκονται σε εκφραστικές δραστηριότητες μοντελοποίησης, δηλαδή οι ίδιοι οικοδομούν τα μοντέλα, τα οποία στη συνέχεια χρησιμοποιούν για να εξηγήσουν ή να προβλέψουν φαινόμενα διαφορετικών καταστάσεων διαβροχής. Τα μοντέλα προσφέρονται για τη διερεύνηση των καταστάσεων διαβροχής, ως φαινόμενο που δεν εξηγείται με όρους του μακρόκοσμου. Επίσης, οι καταστάσεις διαβροχής ενδείκνυνται για την οικοδόμηση μοντέλων από τους μαθητές, αφού οι δομικοί λίθοι της επιφάνειας μπορούν να αναπαρασταθούν με τουβλάκια τύπου lego και οι σταγόνες νερού με μπαλόνια με νερό. Η ανάπτυξη του διδακτικού υλικού βασίζεται στο διδακτικό μοντέλο 5E και στηρίζει την ομαλή εισαγωγή των μαθητών τόσο στο επιστημονικό περιεχόμενο όσο και στις δραστηριότητες μοντελοποίησης. Στη φάση της «Εφαρμογής» έγινε πιλοτική εφαρμογή σε μικρό δείγμα μαθητών και από τη φάση της «Αξιολόγησης» προέκυψε η ανάγκη για αναδιαμόρφωση της σειράς. Η βελτιωμένη σειρά περιγράφεται παρακάτω.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η ανάπτυξη της διδακτικής σειράς απέδωσε 4 ενότητες: Προσανατολισμός, Εισαγωγή των Βασικών Εννοιών, Διερεύνηση των Παραγόντων που Επηρεάζουν τη Διαβροχή και Επέκταση. Η πρώτη ενότητα προσανατολίζει τους μαθητές στη χρήση των ψηφιακών εφαρμογών που θα χρησιμοποιηθούν (“Flashlight & Magnifying Glass” και “Angle Meter 360”) και στο φαινόμενο της διαβροχής. Οι δραστηριότητες της δεύτερης και της τρίτης ενότητας ακολουθούν τις φάσεις «εμπλέκομαι», «εξερευνώ», «εξηγώ», «εκτιμώ» του μοντέλου 5E, ενώ η φάση του «επεκτείνω» υλοποιείται στην τέταρτη ενότητα. Η δεύτερη ενότητα περιλαμβάνει δραστηριότητες που στόχο έχουν να εξοικειώσουν τους μαθητές με τις καταστάσεις διαβροχής, τη γωνία επαφής, τους χαρακτηρισμούς υδρόφιλη/υδρόφοβη και την κατασκευή των μοντέλων. Οι μαθητές πειραματίζονται ρίχνοντας σταγόνες νερού σε διάφορα φύλλα, παρατηρούν διάφορες καταστάσεις διαβροχής, τις οποίες χαρακτηρίζουν ποιοτικά (μικρή/μεγάλη) και εισάγονται οι χαρακτηρισμοί υδρόφιλη/υδρόφοβη επιφάνεια. Ακολούθως εισάγεται η γωνία επαφής ως μέτρο της διαβροχής και συσχετίζεται με τον χαρακτηρισμό της επιφάνειας. Η ενότητα ολοκληρώνεται με δραστηριότητα μοντελοποίησης της κατάστασης διαβροχής που παρατήρησαν στο πείραμα, με τουβλάκια τύπου lego για την αναπαράσταση της επιφάνειας και μπαλόνια με νερό για την αναπαράσταση της σταγόνας νερού. Ακολουθούν αναστοχαστικές ερωτήσεις. Στόχος είναι με την οικοδόμηση των μοντέλων να εξηγήσουν τη δομή της επιφάνειας του κάθε φύλλου. Στις δραστηριότητες της τρίτης ενότητας οι μαθητές διερευνούν τους παράγοντες που επηρεάζουν τη διαβροχή και είναι η επιφανειακή τάση του υγρού, η τραχύτητα της επιφάνειας και το μέγεθος της σταγόνας. Αρχικά, εισάγεται με πειραματισμό η επιφανειακή τάση («εμπλέκομαι») και με μπαλόνια διαφορετικής ελαστικότητας στο ταμπλό με τα τουβλάκια («εξερευνώ») οι μαθητές προβλέπουν την επίδραση της μεταβολής της



επιφανειακής τάσης στη διαβροχή. Η προβλεπτική ικανότητα του μοντέλου ελέγχεται πειραματικά («εξηγώ»). Για τη διερεύνηση της επίδρασης της επιφανειακής τραχύτητας, αρχικά πραγματοποιείται πείραμα με σταγόνες νερού σε φλούδες φρούτων («εξερευνώ») και με την οικοδόμηση των μοντέλων εξηγείται η τραχύτητα της καθεμίας («εξηγώ»). Κατόπιν, τα μοντέλα χρησιμοποιούνται για να προβλέψουν την επίδραση της πυκνότητας της τραχύτητας («εξερευνώ») και η προβλεπτική τους ικανότητα αξιολογείται πειραματικά με σταγόνες νερού σε διαβαθμισμένης τραχύτητας φλούδα φρούτου («εξηγώ»). Παρόμοια διαδικασία προβλεπτικής χρήσης του μοντέλου ακολουθείται για το μέγεθος της σταγόνας. Στο τέλος των δραστηριοτήτων, στην φάση «εκτιμώ» του 5Ε, οι μαθητές απαντούν σε ερωτήσεις αναστοχασμού όπως για παράδειγμα «Πώς σας βοήθησε το μοντέλο να εξηγήσετε πώς είναι δομημένη η επιφάνεια της φλούδας;», «Μπορείτε τώρα να εξηγήσετε πώς είναι δομημένη η κάθε επιφάνεια, δηλαδή πώς είναι διαρρυθμισμένοι οι δομικοί της λίθοι;». Η τέταρτη ενότητα στοχεύει στην εφαρμογή των καταστάσεων διαβροχής σε θέματα γεωργίας και καθημερινότητας αξιοποιώντας την προβλεπτική ιδιότητα των μοντέλων. Στο πρώτο σκέλος, οι μαθητές καλούνται χρησιμοποιώντας τα μοντέλα (lego) να εντοπίσουν με ποιον τρόπο μπορεί να αυξηθεί η διαβροχή σε φύλλα διαφορετικών φυτών. Στο δεύτερο, πειραματιζόμενοι με απλά υλικά και με τη χρήση των κατασκευασμένων μοντέλων, διερευνούν πώς τα προϊόντα νανοτεχνολογίας καθιστούν τις επιφάνειες υπερυδρόφοβες μέσω της εναπόθεσης νανοσωματιδίων. Στόχος είναι να αντιληφθούν πώς η νέα γνώση εφαρμόζεται σε καταστάσεις που αντιμετωπίζουν επαγγελματίες σε διάφορους τομείς γύρω τους. Οι δραστηριότητες της σειράς, η εφαρμογή της οποίας είναι σε εξέλιξη, θα παρουσιαστούν αναλυτικά στο συνέδριο μαζί με τα ειδικά σχεδιασμένα φύλλα εργασίας και τα αποτελέσματα.

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Στην εργασία παρουσιάζεται ο σχεδιασμός μίας διδακτικής πρότασης για την εισαγωγή των μαθητών σε σύγχρονα θέματα Φυσικής, όπως είναι οι καταστάσεις διαβροχής και την εξοικειώσή τους με στοιχεία της επιστημονικής μεθοδολογίας, όπως είναι τα μοντέλα και οι δραστηριότητες μοντελοποίησης. Από την ανάπτυξη της διδακτικής σειράς φαίνεται ότι οι καταστάσεις διαβροχής ενδείκνυνται για τη διδασκαλία των μοντέλων, αφού για την ερμηνεία τους είναι απαραίτητη η μελέτη σε μικρο και νάνο κλίμακα, μη ορατή με τις αισθήσεις. Επίσης, τα μοντέλα παίζουν καθοριστικό ρόλο στην μελέτη και ερμηνεία των καταστάσεων διαβροχής. Αμφότεροι οι πυλώνες σχεδιασμού συμβάλλουν στον επιστημονικό εγγραμματισμό.

## **ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

- Προγράμματα Σπουδών. (n.d.). Στο *Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής*. Ανακτήθηκε από <http://iep.edu.gr/el/nea-programmata-spoudon-archiki-selida>. Προσπελάστηκε στις 10/03/2023.
- Branch, R. M. (2009). *Instructional Design: The ADDIE Approach*. New York, NY: Springer, <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>.
- Bhushan, B. (2016). Modeling of Contact Angle for a Liquid in Contact with a Rough Surface for Various Wetting Regimes. In E. Greenbaum (Ed), *Biomimetics: bioinspired hierarchical-structured surfaces for green science and technology* (2nd ed.) (pp. 35-45). Switzerland: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-28284-8.
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M., Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – a Framework for Improving Teaching and Learning Science. In: Jorde, D., Dillon, J. (eds) *Science Education Research and Practice in Europe. Cultural Perspectives in Science Education* (vol 5) (pp. 13-37). Rotterdam: SensePublishers, [https://doi.org/10.1007/978-94-6091-900-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-6091-900-8_2).
- Duran, L. B., & Duran, E. (2004). The 5E instructional model: A learning cycle approach for inquiry-based science teaching. *Science Education Review*, 3(2), 49-58.
- Gilbert, J. K., & Boutler, C. J. (1998). Learning science through models and modeling. In B. J. Fraser & K. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 53–66). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Gilbert, S. W. (1991). Model Building and Definition of Science. *Journal of research in science teaching*, 28(1), 73-79.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International journal of science education*, 22(9), 1011-1026, <https://doi.org/10.1080/095006900416884>.
- Mellar, H., & Bliss, J. (1994). Introduction: Modelling and Education. In Mellar, H., Bliss, J., Boohan, R., Ogborn, J., Tompsett, C. (eds), *Learning with Artificial Worlds: Computer Based Modelling in the Curriculum*. (London: The Falmer Press), 1-7.
- Ogborn, J., & Martins, I. (1996). Metaphorical understandings and scientific ideas. *International Journal of Science Education*, 18(6), 631-652, <https://doi.org/10.1080/0950069960180601>.
- Van Driel, J. H., & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141-1153, <https://doi.org/10.1080/095006999290110>.