

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

(2023)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Πρακτικά Εκτεταμένων Συνόψεων των Εργασιών



Σχεδιαστικές αρχές κατασκευής διαδραστικών προσομοιώσεων

Μιχαήλ Στεφανής, Ελένη Πετρίδου, Αναστάσιος Μολοχίδης

doi: [10.12681/codiste.5576](https://doi.org/10.12681/codiste.5576)

## ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΔΙΑΔΡΑΣΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ

Μιχαήλ Στεφανής<sup>1</sup>, Ελένη Πετρίδου<sup>2</sup>, Αναστάσιος Μολοχίδης<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ΠΜΣ «Διδακτική της Φυσικής και Εκπαιδευτική Τεχνολογία», <sup>2</sup>ΕΔΙΠ, <sup>3</sup>Αναπλ. Καθ., Εργαστήριο  
Διδακτικής της Φυσικής και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο  
Θεσσαλονίκης

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

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες, η ανάπτυξη και οι νέες δυνατότητες των τεχνολογικών μέσων έχουν οδηγήσει σε μια ολοένα αυξανόμενη χρήση διαδραστικών προσομοιώσεων στην σχολική τάξη με πολλαπλά θετικά αποτελέσματα. Καθώς όμως οι προσομοιώσεις βασίζονται σε ένα μαθηματικό μοντέλο της πραγματικότητας, κάποια σημαντικά στοιχεία του επιστημονικού πειραματισμού δεν αναπαρίστανται. Δύο στοιχεία που λείπουν από την πλειοψηφία των προσομοιώσεων είναι η έννοια του σφάλματος και η ύπαρξη μεταβλητών που δεν υπεισέρχονται σε νομοτέλεια. Στην παρούσα εργασία κατασκευάζονται προσομοιώσεις για διάφορα θέματα των φυσικών επιστημών που συμπεριλαμβάνουν αυτές τις νέες σχεδιαστικές αρχές.

Λέξεις κλειδιά: διαδραστική προσομοίωση, σχεδιαστικές αρχές για κατασκευή προσομοιώσεων.

## DESIGN PRINCIPLES FOR THE CONSTRUCTION OF INTERACTIVE SIMULATIONS

Michail Stefanis<sup>1</sup>, Eleni Petridou<sup>2</sup>, Anastasios Molohidis<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PGS “Didactics of Physics and Educational Technology”, <sup>2</sup>Laboratory Teaching Staff, <sup>3</sup>Ass. Prof.,  
Laboratory of Didactics of Physics and Educational Technology School of Physics, Aristotle University of  
Thessaloniki

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

### ABSTRACT

*In the last decades advances in technological means and possibilities have driven the ever-increasing usage of interactive simulations in the school class with multiple positive outcomes. However, since simulations are created from a mathematical model of reality, some important characteristics of real scientific experiments are not represented. Two elements that are missing from the majority of simulations are the concept of errors and the existence of variables that do not contribute to a certain causality. In this work simulations are being constructed for various subjects of physics that include those new design principles.*

**Keywords:** interactive simulation, design principles to construct simulations.

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Τα θετικά αποτελέσματα που παρέχονται από την κατάλληλη αξιοποίηση των διαδραστικών προσομοιώσεων στη διδασκαλία της φυσικής έχουν αναγνωριστεί σε πλήθος ερευνών. Σε βιβλιογραφική έρευνα για τις προσομοιώσεις στην πρώτη δεκαετία του αιώνα (Rutten et al., 2012) τονίζεται ότι οι προσομοιώσεις μπορούν είτε να ενισχύσουν είτε να αντικαταστήσουν στοιχεία της παραδοσιακής διδασκαλίας με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα κάτι που φαίνεται να είχε βελτιωθεί με τον χρόνο και την εξέλιξη τους. Σε μια πιο σύγχρονη βιβλιογραφική ανασκόπηση (Banda & Nzabahimana, 2021) επαληθεύτηκαν τα θετικά αποτελέσματα και επισημαίνεται ότι οι προσομοιώσεις βοηθάνε σημαντικά στην εννοιολογική κατανόηση των φυσικών φαινομένων.

Όσον αφορά το πλαίσιο εφαρμογής των προσομοιώσεων αναφέρεται ότι έχουν αξιοποιηθεί σε μια πληθώρα διδακτικών προσεγγίσεων συμπεριλαμβανομένων των διερευνητικών δραστηριοτήτων, project based learning (PBL) και μάθηση με υποστήριξη (scaffolding). Η δυνατότητα των προσομοιώσεων για «αφηρημένα» (abstract) στοιχεία φαίνεται να βοηθάει τους μαθητές, ιδιαίτερα αυτούς που δεν έχουν ικανοποιητική προγενέστερη γνώση (Olympriou et al., 2013). Ως προς την άμεση σύγκριση του πειράματος με την προσομοίωση φαίνεται ότι ο συνδυασμός των δύο φέρει τα βέλτιστα αποτελέσματα καθώς και οι δύο μέθοδοι έχουν θετικά στοιχεία με ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά ενός πραγματικού πειράματος να είναι η αλληλεπίδραση με τον «χαοτικό» (“messy”) πραγματικό κόσμο που περιλαμβάνει και σφάλματα (Olympriou & Zacharia, 2012). Αναφέρεται επίσης, ότι όταν το περιβάλλον του εικονικού εργαστηρίου συνδυάζει ρεαλιστικά αναπαριστάμενα όργανα με δυναμικά συνδεδεμένες σχηματικές αναπαραστάσεις, ώστε κάθε αλλαγή σε μια αναπαράσταση να εμφανίζεται αυτόματα και στην άλλη, μαθητές λυκείου σημείωσαν καλύτερη επίδοση από αυτούς που χρησιμοποίησαν μόνο μία αναπαράσταση κατά την ενασχόλησή τους με προβλήματα σχετικά υψηλής πολυπλοκότητας (Taramopoulos & Psillos, 2017).

Έχει διαπιστωθεί όμως, από την πλειοψηφία των προσομοιώσεων να απουσιάζουν τα σφάλματα, μιας και οι αριθμητικές τιμές αποδίδονται βάσει αλγορίθμου. Επίσης, στις περισσότερες προσομοιώσεις δίνεται η δυνατότητα παραμετροποίησης μεταβλητών που υπεισέρχονται στην νομοτέλεια του φαινομένου, δίχως να μπορεί ο μαθητευόμενος να παραμετροποιήσει με άξονα τις εναλλακτικές του αντιλήψεις.

Για το παρόν εργαστήριο έχουν κατασκευαστεί εξ αρχής διαδραστικές προσομοιώσεις στη βάση της παραπάνω παρατήρησης. Οι διαδραστικές προσομοιώσεις είναι γραμμένες σε JavaScript/HTML/CSS και κατά συνέπεια μπορούν να «τρέξουν» σε σελίδες περιηγητών (browsers) τοπικά ή μέσα από το διαδίκτυο. Στη συνέχεια γίνεται προσπάθεια εισαγωγής των εκπαιδευτικών στα νέα αυτά περιβάλλοντα και η αξιοποίησή τους σε διερευνητικού τύπου δραστηριότητες. Επισημαίνεται ιδιαίτερα ότι επειδή και τα νέα προγράμματα σπουδών προωθούν ιδιαίτερα τη διερεύνηση, αν μία προσομοίωση παρέχει τη δυνατότητα παραμετροποίησης με άξονα τις πιθανές εναλλακτικές αντιλήψεις, σε συνδυασμό με την νομοτέλεια του φαινομένου, προσφέρεται για τον έλεγχο υποθέσεων και τον σχεδιασμό κατάλληλων πειραματικών δραστηριοτήτων από τους μαθητές, αφού αυτές οδηγούνται από τις εναλλακτικές τους αντιλήψεις. Έτσι αναδεικνύονται δύο διαφορετικές προσεγγίσεις της διερεύνησης: η «διερεύνηση ως μέσο» για μάθηση, δηλαδή ως διδακτική πρόταση, και η «διερεύνηση ως σκοπός», για ανάπτυξη δεξιοτήτων, ώστε οι μαθητές να αποκτήσουν την ικανότητα να σκέφτονται και να ενεργούν με τρόπους που σχετίζονται με την επιστημονική έρευνα (Abd-El-Khalick et al., 2004).

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

### **Στόχοι**

Οι εκπαιδευτικοί:

- να εμπλακούν ενεργά σε εποικοδομητικά φύλλα εργασίας, με χρήση προσομοιώσεων, ώστε να σχεδιάζουν δραστηριότητες, με στόχο την ανάδειξη των εναλλακτικών αντιλήψεων μαθητών/τριών τους,
- να εμπλακούν ενεργά σε διαδικασίες στρατηγικής ελέγχου μεταβλητών, με χρήση προσομοιώσεων, ώστε να σχεδιάζουν δραστηριότητες, με στόχο την εννοιολογική αλλαγή στους μαθητές/τριές τους,

- να αξιοποιήσουν προσομοιώσεις με δυνατότητα λήψης μετρήσεων με σφάλματα, ώστε να σχεδιάζουν δραστηριότητες, με στόχο την εισαγωγή μαθητών/τριών στη μελέτη των σφαλμάτων.

### **Η προσέγγιση**

Η σχεδίαση των προσομοιώσεων βασίζεται σε έρευνα πάνω στις υπάρχουσες προσομοιώσεις σε συγκεκριμένες θεματικές ενότητες της φυσικής και καταγραφή των χαρακτηριστικών τους. Σε αντιδιαστολή με τις πιθανές διδακτικές απαιτήσεις που έχει ένα διερευνητικό εργαστηριακό μάθημα, καταγράφονται οι «ελλείψεις» τους και κατασκευάζονται προσομοιώσεις με νέες σχεδιαστικές αρχές.

### **Συμμετέχοντες, διάρκεια:**

Το εργαστήριο απευθύνεται στους εκπαιδευτικούς που διδάσκουν Φυσική στη Β'θμια Εκπαίδευση. Ο μέγιστος αριθμός συμμετεχόντων/ουσών είναι 20. Η διάρκεια του εργαστηρίου είναι 2 ώρες.

### **Απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή:**

Θα χρειαστεί εργαστήριο - αίθουσα με 10 τουλάχιστον ΗΥ με πρόσβαση στο δίκτυο, και, για τον ομιλητή, laptop συνδεδεμένος με βιντεοπροβολέα.

### **Περιγραφή δραστηριοτήτων:**

Κατασκευάζονται προσομοιώσεις, ενδεικτικά σε τέσσερις ενότητες (άνωση, υδροστατική πίεση, ταλάντωση εκκρεμούς και φωτοηλεκτρικό φαινόμενο). Για τις ανάγκες του εργαστηρίου δημιουργούνται ψηφιακά διερευνητικά φύλλα εργασίας που αξιοποιούν τις παραπάνω προσομοιώσεις σε όλο το φάσμα της διερεύνησης (επιβεβαιωτική, δομημένη, καθοδηγούμενη). Σε κάθε μία ελέγχεται ποιες από τις διαθέσιμες παραμέτρους επηρεάζει το φαινόμενο, συνεισφέροντας στη νομοτέλεια, και ποιες δεν το επηρεάζουν, εστιάζοντας στην αντιμετώπιση της εναλλακτικής αντίληψης των μαθητών. Στην περίπτωση της εναλλακτικής αντίληψης τονίζεται και παραδειγματίζεται, με το διαθέσιμο φύλλο εργασίας, στους εκπαιδευτικούς η αναγκαιότητα προς τούτοις εστίασης, με στόχο την εννοιολογική αλλαγή. Συνοπτικά οι δραστηριότητες είναι οι παρακάτω:

#### **1. Δραστηριότητα άνωσης**

Περιλαμβάνει την σταδιακή βύθιση αντικειμένων και υπολογισμό της δύναμης της άνωσης που τους ασκείται. Με κατάλληλη διαχείριση των παραμέτρων μπορεί να διαπιστωθεί ποιες συνεισφέρουν στη νομοτέλεια και ποιες όχι (πχ. ανάδειξη εναλλακτικής ιδέας: όσο πιο βαθιά βρίσκεται ένα σώμα πλήρως βυθισμένο, τόσο μεγαλύτερη άνωση δέχεται).

#### **2. Δραστηριότητα υδροστατικής πίεσης**

Περιλαμβάνει υπολογισμό της υδροστατικής πίεσης με μανόμετρο. Με κατάλληλη διαχείριση των παραμέτρων μπορεί να διαπιστωθεί ποιες συνεισφέρουν στη νομοτέλεια και ποιες όχι (πχ. ανάδειξη εναλλακτικής ιδέας: όσο πιο πολύ νερό υπάρχει, τόσο μεγαλύτερη πίεση υπάρχει).

#### **3. Δραστηριότητα ταλάντωσης εκκρεμούς**

Περιλαμβάνει υπολογισμό της περιόδου ταλάντωσης εκκρεμούς. Με κατάλληλη διαχείριση των παραμέτρων μπορεί να διαπιστωθεί ποιες συνεισφέρουν στη νομοτέλεια και ποιες όχι (πχ. ανάδειξη εναλλακτικής ιδέας: όσο μεγαλύτερη η μάζα του εκκρεμούς, τόσο μικρότερη η περίοδος ταλάντωσης).

#### **4. Δραστηριότητα φωτοηλεκτρικού φαινομένου**

Περιλαμβάνει την παρατήρηση του φωτοηλεκτρικού φαινομένου μέσα από πειραματική διάταξη. Με κατάλληλη διαχείριση των παραμέτρων μπορεί να διαπιστωθεί ποιες συνεισφέρουν στην νομοτέλεια και πως επηρεάζουν το φαινόμενο (π.χ. ανάδειξη εναλλακτικής ιδέας: η ένταση του φωτός επηρεάζει την μέγιστη ενέργεια των ηλεκτρονίων).

#### **5. Δραστηριότητα διαχείρισης σφαλμάτων**

Περιλαμβάνει την εκτέλεση μετρήσεων για τον υπολογισμό της περιόδου ταλάντωσης εκκρεμούς και την παρατήρηση της απόκλισής τους από μια νομοτέλεια. Η αναγνώριση των σφαλμάτων οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η ύπαρξή τους είναι ένα έμφυτο χαρακτηριστικό του επιστημονικού πειραματισμού. Με κατάλληλη ανάλυσή τους είναι δυνατό να διαχωριστούν σε τυχαία και συστηματικά και στην συνέχεια έπειτα από

διαχείριση να βρεθούν μέθοδοι αντιμετώπισης ανάλογα με την περίπτωση (π.χ. τυχαία σφάλματα – μέσος όρος πολλαπλών μετρήσεων).

## **ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., Tuan, H.-I., (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88 (3), 397–419. <https://doi.org/10.1002/sce.10118>.
- Banda, H. J., & Nzabahimana, J. (2021). Effect of integrating physics education technology simulations on students' conceptual understanding in physics: A review of literature. *Physical Review Physics Education Research*, 17 (2), 023108. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.023108>
- 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>
- Olympiou, G., Zacharias, Z., & deJong, T. (2013). Making the invisible visible: Enhancing students' conceptual understanding by introducing representations of abstract objects in a simulation. *Instructional Science*, 41 (3), 575–596. <https://doi.org/10.1007/s11251-012-9245-2>
- Rutten, N., van Joolingen, W., & Veen, J. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58, 136–153. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>
- Taramopoulos, A. & Psillos, D. (2017). Complex phenomena understanding in electricity through dynamically linked concrete and abstract representations. *Journal of Computer Assisted Learning* 33 (2): 151-163. <https://doi.org/10.1111/jcal.12174>