ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

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

Τόμ. 14, Αρ. 1 (2025)

14ο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Συνόψεις

Σχεδιαστικές Αρχές Κατασκευής Διαδραστικών Προσομοιώσεων

Μιχαήλ Στεφανής, Ελένη Πετρίδου, Αναστάσιος Μολοχίδης

doi: 10.12681/codiste.7790

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 03/03/2026 10:07:44

Σχεδιαστικές Αρχές Κατασκευής Διαδραστικών Προσομοιώσεων

Μιχαήλ Στεφανής[1], Ελένη Πετρίδου[2], Αναστάσιος Μολοχίδης[3]
[1]ΠΜΣ «Διδακτική της Φυσικής και Εκπαιδευτική Τεχνολογία»,
[2]Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό, [3]Αναπληρωτής Καθηγητής,
Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,
Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
[1]mistefan@physics.auth.gr

Περίληψη

Οι διαδραστικές προσομοιώσεις ενσωματώνονται στην εκπαιδευτική διαδικασία με αυξανόμενο ρυθμό ενισχύοντας την επιστημονική και πειραματική σκέψη με καταγεγραμμένα πλεονεκτήματα αλλά και περιορισμούς σε σχέση με την διενέργεια πραγματικών πειραμάτων. Στην παρούσα εργασία εφαρμόζονται πρωτότυπες αρχές για σχεδιασμό τριών διαδραστικών προσομοιώσεων στα πεδία της άνωσης, της ταλάντωσης εκκρεμούς και του φωτοηλεκτρικού φαινομένου. Στην σχεδίαση δόθηκε έμφαση στην δυνατότητα των προσομοιώσεων να αμβλύνουν ορισμένα από τα μειονεκτήματά τους σε σχέση με τα εργαστηριακά πειράματα, προάγοντας πιο ανοιχτή διερεύνηση. Μετά την υλοποίηση, ομάδα εξειδικευμένων αξιολογητών θα αναλάβει την δοκιμασία των προσομοιώσεων για την εκτίμηση της εκπαιδευτικής τους αποτελεσματικότητας.

Λέξεις κλειδιά: *διαδραστικές προσομοιώσεις, ανάπτυξη προσομοιώσεων, αξιολόγηση αποδοχής προσομοιώσεων*

Design Principles for the Construction of Interactive Simulations

Michail Stefanis[1], Eleni Petridou[2], Anastasios Molohidis[3]
[1]PSG "Didactics of Physics and Educational Technology",
[2] Laboratory Teaching Staff, [3]Associate Professor,
Laboratory of Didactics of Physics and Educational Technology,
School of Physics, Aristotle University of Thessaloniki
[1]mistefan@physics.auth.gr

Abstract

Interactive simulations are increasingly applied into the educational process, increasing scientific and experimental thinking with documented advantages and disadvantages compared to real experiments. In this paper, novel principles are applied in order to create three interactive simulations in the fields of buoyancy, pendulum oscillation and photoelectric effect. The design emphasizes the ability of the simulations to mitigate some of the disadvantages compared to laboratory experiments, promoting a more open inquiry. Following the development, a group of qualified evaluators will be tasked with testing these simulations to evaluate their effectiveness in educational contexts.

Keywords: interactive simulations, simulation development, acceptance evaluation of simulations

Αναγνωριστικό ψηφιακής εργασίας: https://doi.org/10.12681/codiste.7790

Εισαγωγή

Μια προσομοίωση αποτελεί απομίμηση μιας πραγματικής διαδικασίας του πραγματικού κόσμου ή ενός συστήματος (Banks, 2010) με τις προσομοιώσεις στην εκπαίδευση να αναπαριστούν συνήθως νοητικά μοντέλα. Πιο συγκεκριμένα στο πλαίσιο της ανακάλυψης / διερεύνησης, οι προσομοιώσεις ζητούν από τον μαθητή να ανακαλύψει τα χαρακτηριστικά του μοντέλου, που διέπει την προσομοίωση, αξιοποιώντας την δυνατότητα αλλαγής μεταβλητών και παρατήρησης των αλλαγών (De Jong & Van Joolingen, 1998).

Η προσπάθεια ένταξης των προσομοιώσεων στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι συνεχής τις τελευταίες δεκαετίες με τις δυνατότητες των υπολογιστών να αυξάνονται διαρκώς. Ιδιαίτερα στο πλαίσιο της ενεργής μάθησης, οι προσομοιώσεις παρέχουν την δυνατότητα στους μαθητές να δημιουργήσουν υποθέσεις και να τις διερευνήσουν ξεπερνώντας τα προβλήματα που σχετίζονται με τα πραγματικά πειράματα όπως ο χρόνος, η επικινδυνότητα, το άγχος και η επιδεξιότητα (Van Berkum & De Jong, 1991). Βιβλιογραφικά έχει εντοπιστεί ότι οι προσομοιώσεις είναι πολύ βοηθητικές στην βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων παρέχοντας ένα δυναμικό μέσο ενεργής εξερεύνησης από τον μαθητή με αποτέλεσμα την βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης, χωρίς να αγνοείται η σημασία της κατάλληλης προετοιμασίας από τον εκπαιδευτικό που θα τις εφαρμόσει ώστε να διασφαλιστεί το βέλτιστο αποτέλεσμα (Banda & Nzabahimana, 2021˙ Rutten et al., 2012).

Οι προσομοιώσεις έχουν εφαρμοστεί σε πολλαπλά διδακτικά πλαίσια, αλλά τον τελευταίο καιρό έχει αναδειχθεί η αξιοποίησή τους ως μέσο για την διερευνητική μάθηση με θετικά αποτελέσματα ως προς την εννοιολογική και επιστημονική κατανόηση (Srisawasdi & Panjaburee, 2015). Επιπλέον, φαίνεται ότι προάγει την ενεργή ενασχόληση με τη διερεύνηση πιο «αδύναμων» μαθητών (Wen et al., 2020). Είναι φανερό επομένως ότι η προσαρμογή των προσομοιώσεων στο πλαίσιο της διερευνητικής διδασκαλίας παρέχει πολλαπλά πλεονεκτήματα.

Οι περισσότερες προσομοιώσεις στοχεύουν στην ανάδειξη της νομοτέλειας των φαινομένων που παραμετροποιούν. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, συχνά να παραλείπεται η ενσωμάτωση και διαχείριση μεταβλητών που δεν αφορούν την ζητούμενη νομοτέλεια. Επιπλέον, στις περισσότερες προσομοιώσεις τα σφάλματα είναι ανύπαρκτα, παρόλο που είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του υπαρκτού κόσμου και κάτι που θα παρατηρούνταν σε πραγματικά πειράματα (Olympiou & Zacharia, 2012). Ταυτόχρονα η δυνατότητα για πιο ελεύθερη διερεύνηση πλήττεται καθώς συνήθως, ούτε υπάρχει η δυνατότητα για περεταίρω ποσοτική μελέτη εκτός της νομοτέλειας, ούτε εμφανίζονται μεταβλητές που δεν συνεισφέρουν σε αυτή. Αν και το κενό αυτό μπορεί να καλυφθεί με πραγματικά πειράματα, τίθεται το ερώτημα εάν θα ήταν δυνατό να μεταφερθούν κάποια από τα χαρακτηριστικά αυτά σε προσομοιώσεις, και εάν το αποτέλεσμα θα ήταν αποδεκτό ή εάν η αυξημένη πολυπλοκότητά τους θα οδηγούσε σε ουσιαστικό περιορισμό ενός εν των κυριότερων πλεονεκτημάτων των προσομοιώσεων, αυτό της ευκολίας στην χρήση τους.

Στο πλαίσιο αυτό σχεδιάστηκαν προσομοιώσεις που περιλαμβάνουν τη διαχείριση όχι μόνο των απαραίτητων μεταβλητών για την εξαγωγή της νομοτέλειας, αλλά και μεταβλητών που επιτρέπουν τον έλεγχο υποθέσεων που προκύπτουν από εναλλακτικές αντιλήψεις μαθητών, ενώ ταυτόχρονα δίνεται η δυνατότητα παροχής δεδομένων με σφάλματα.

Το ερευνητικό ερώτημα της εργασίας είναι αν αξιολογούν θετικά εκπαιδευτικοί τις αυξημένες δυνατότητες των προσομοιώσεων όπου η πολυπλοκότητά τους αυξάνεται με σκοπό την διερεύνηση περισσότερων ερωτημάτων, την εισαγωγή εννοιών όπως τα σφάλματα, και την απαίτηση κατάλληλης διαχείρισης της πειραματικής διάταξης και των αποτελεσμάτων της για την εξαγωγή νομοτέλειας (και των ορίων αυτής).

Στόχος είναι η αξιολόγηση περιβαλλόντων προσομοιώσεων ως προς τις δυνατότητές τους (ανάδειξη της νομοτέλειας, αντιμετώπισης εναλλακτικών αντιλήψεων) αλλά και ως προς τις λειτουργίες χειρισμού.

Μεθοδολογία

Για τους σκοπούς της έρευνας σχεδιάστηκαν από την αρχή τρεις προσομοιώσεις στα πεδία της άνωσης, της ταλάντωσης του εκκρεμούς και του φωτοηλεκτρικού φαινομένου, τα οποία αποτελούν διαφορετικά φαινόμενα φυσικής που διαπραγματεύονται στο ελληνικό σχολείο μέσα από σχέσεις νομοτέλειας. Έπειτα από έρευνα υπαρχουσών προσομοιώσεων στο διαδίκτυο σε σχέση με τα τρία αυτά θέματα (στις σελίδες phet, seilias, javalab, κ.α.) και την καταγραφή των στοιχείων των προσομοιώσεων αυτών, δηλαδή το μοντέλο που αξιοποιούν τις παραμέτρους που δύναται να μεταβληθούν, σχεδιάστηκαν με βάση τις προαναφερόμενες αρχές τρεις νέες προσομοιώσεις που υλοποιήθηκαν σε html, css, javascript με ανοιχτές βιβλιοθήκες ώστε να είναι ελεύθερα προσβάσιμες στο διαδίκτυο μέσα από περιηγητές (browsers) χωρίς περιορισμούς.

Οι κύριες σχεδιαστικές αρχές των προσομοιώσεων ήταν:

1. Να περιέχουν μεταβλητές που περιγράφουν την ζητούμενη νομοτέλεια
2. Να περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά που σχετίζονται με εναλλακτικές αντιλήψεις ακόμα και εκτός νομοτελειακού νόμου
3. Να μπορούν να εισάγουν ή να ασκήσουν τους μαθητές σε βασικές αρχές πειραματισμού (σφάλματα, διαχείριση συσκευών, οργάνωση μετρήσεων κ.τ.λ.)

Ως προς το τελευταίο, σε όλες τις προσομοιώσεις υπάρχει κάποιου διαφορετικού είδους σφάλμα που εμφανίζεται στις εργαστηριακές ασκήσεις και θα χρειαστεί οι μαθητές να αναλογιστούν, αλλά και να παρατηρήσουν τις επιδράσεις τους στα ενσωματωμένα γραφήματα που θα κληθούν να συμπληρώσουν.

Προφανώς, εκτός των ανωτέρω, εφαρμόστηκαν βασικές σχεδιαστικές αρχές που σχετίζονται με την λειτουργικότητα των προσομοιώσεων (πλήθος συσκευών με διαφορετικές οθόνες και επεξεργαστική ισχύ), την αισθητική της εμφάνισής τους και την ευκολία της χρήσης τους.

Σύντομες συνοπτικές περιγραφές των προσομοιώσεων και των ιδιαιτεροτήτων τους:

Προσομοίωση Άνωσης

Η προσομοίωση αποτελείται από βύθιση σώματος σε υγρό. Παράμετροι που μπορούν να ελεγχθούν είναι ο όγκος του σώματος, η επιτάχυνση της βαρύτητας και το υγρό του δοχείου. Επιπλέον μεταβλητές που δεν συνεισφέρουν σε κάποια νομοτέλεια αλλά αποτελούν εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών, είναι το υλικό του αντικειμένου που βυθίζεται, το σχήμα του και το βάθος βύθισης. Στα ενσωματωμένα διαγράμματα οι μαθητές έχουν την δυνατότητα να καταγράψουν τις τιμές που επιθυμούν με βάση τις υποθέσεις τους. Για την βέλτιστη λήψη των μετρήσεων πρέπει να επιλεχθεί το κατάλληλο δυναμόμετρο από τους μαθητές με την μέγιστη ακρίβεια.

Προσομοίωση Ταλάντωσης Εκκρεμούς

Στην προσομοίωση ταλάντωσης εκκρεμούς υπάρχουν οι μεταβλητές της νομοτέλειας (επιτάχυνση βαρύτητας, μήκος νήματος) αλλά εμφανίζονται και άλλες μεταβλητές όπως η μάζα του βάρους, η αντίσταση του αέρα και η ελαστικότητα του νήματος. Ταυτόχρονα δίνεται η δυνατότητα για αντικατάσταση του νήματος από σταθερή ράβδο. Εκτός από τις μεταβλητές, οι μετρήσεις λαμβάνονται μέσα από ένα ηλεκτρικό μετρητή αριθμού ταλαντώσεων που περιλαμβάνει σφάλμα με δυνατότητα ρύθμισής του στην προσομοίωση (ως προς την τυπική απόκλιση του σφάλματος) και στόχο να αποτελεί ένα πιθανό μέσο για εισαγωγή στην θεωρία των σφαλμάτων.

Προσομοίωση Φωτοηλεκτρικού φαινομένου

Προσομοίωση που αποτελείται από ένα κύκλωμα με τάση πηγής, αμπερόμετρο και σωλήνα με άνοδο και κάθοδο, με την κάθοδό του να φωτίζεται από ακτινοβολία. Οι βασικές μεταβλητές του φωτοηλεκτρικού φαινομένου, όπως η συχνότητα της ακτινοβολίας, η έντασή της, το υλικό της καθόδου και η τάση μεταξύ ανόδου και καθόδου υπάρχουν στην προσομοίωση όπως και η μεταβλητή του μήκους του σωλήνα που ενώ μεταβάλει την καμπύλη I-V δεν αλλάζει τα κύρια χαρακτηριστικά της. Στην προσομοίωση απεικονίζεται αναπαράσταση των ηλεκτρονίων όπως κινούνται μέσα στον σωλήνα με βάση τις ρυθμισμένες συνθήκες. Επιπλέον πρωτότυπο χαρακτηριστικό της προσομοίωσης αποτελεί η δυσκολία στην ακριβή ανάγνωση του αμπερομέτρου λόγω της ασταθούς ένδειξής του που προκαλεί ανάγκη διαχείρισης των πειραματικών μετρήσεων σε διάγραμμα προκειμένου να γίνει ξεκάθαρη η συσχέτιση του ρεύματος με την ανεξάρτητη μεταβλητή κάθε φορά.

Οι προσομοιώσεις θα δοθούν για αξιολόγηση σε εκπαιδευτικούς που εργάζονται στα Εργαστηριακά Κέντρα Φυσικών Επιστημών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης καθώς και σε εκπαιδευτικούς Δευτεροβάθμιας και Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης με εμπειρία σε υλοποίηση πειραματικών δραστηριοτήτων και θα καταγραφούν οι απαντήσεις τους σε ερωτήματα που σχετίζονται με την λειτουργικότητα και αισθητική των προσομοιώσεων, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους και την δυνατότητα αξιοποίησης σε εποικοδομητική ή διερευνητική διδασκαλία, όπου οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών κατέχουν σημαντικό ρόλο.

Αποτελέσματα - Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της εργασίας και τα συμπεράσματα θα παρουσιαστούν στο συνέδριο.

Βιβλιογραφία

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

Banks, J., Carson, J., Nelson, B., & Nicol, D., (Επιμ.). (2010). *Discrete-event system simulation* (5η εκδ). Prentice Hall. ISBN: 978-0136062127

De Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. *Review of Educational Research, 68*(2), 179–201. https://doi.org/10.3102/00346543068002179

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

Rutten, N., van Joolingen, W. R., & van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education, 58*(1), 136–153. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017

Srisawasdi, N., & Panjaburee, P. (2015). Exploring effectiveness of simulation-based inquiry learning in science with integration of formative assessment. *Journal of Computers in Education, 2*(3), 323–352. https://doi.org/10.1007/s40692-015-0037-y

van Berkum, J.J.A., & de Jong, T. (1991). Instructional environments for simulations. *Education and Computing, 6*(3–4), 305–358. https://doi.org/10.1016/0167-9287(91)80006-J

Wen, C.-T., Liu, C.-C., Chang, H.-Y., Chang, C.-J., Chang, M.-H., Fan Chiang, S.-H., Yang, C.-W., & Hwang, F.-K. (2020). Students' guided inquiry with simulation and its relation to school science achievement and scientific literacy. *Computers & Education, 149*, 103830. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103830