

Simulating / Correlating Microscopic Oscillations and Macroscopic Waves through an Educational Software

– A first Version and Application / Evaluation

P. Tsakonas, U. Gikopoulou, G. Th. Kalkanis

*Science, Technology and Environment Laboratory,
Pedagogical Department of P.E., University of Athens, <http://micro-kosmos.uoa.gr>
ptsakon@gmail.com, gikopoulou@gmail.com, kalkanis@primedu.uoa.gr*

Abstract

This paper presents an initial version of an educational software which simulates / visualizes microscopic oscillations of materials' particles as well as the corresponding macroscopic waves, interrelating the microscopic procedures with the macroscopic phenomena provoked by them. An initial educational application and evaluation of a part of this software, including –only– the transmission / reflection / superposition of pulses and waves in matter, demonstrates / proves that school students, university students / perspective teachers and teachers not only understand better and explain more effectively these phenomena, but they also are able to teach them to others, as demonstrated by a complementary relevant research. The whole research not only showed / evaluated the educational advantages of the interrelation of microscopic procedures with the macroscopic phenomena but also evaluated / ranked the technical characteristics, functionality and feasibility of the software as regards as their educational value.

Frame – Questions – Targets

Educational Digital Technologies - which include Information and Communication Technologies, Simulation and Visualization, Experimentation and Automation, Processing and Representation of information and organization and presentation of information (Kalkanis 2007b) - are by no means a panacea, as some researchers would like to believe, nor a "problem" as others (who simply face problems in using them) regard them. In fact they are a valuable "tool" for most users. In our view Simulation / Visualization Technologies (SVTs) in particular are, and are destined to be, a decisive element in the evolution of research in Science but in Science Education as well (Kalkanis 2010), with all the benefits deriving from their use and the added value resulting in both research and education.

SVTs may be applied in every cognitive field, but Science in particular has taken advantage (and will do more so in the future) in a larger scale through the development of modern Digital Educational Technologies. These Technologies, which contribute in Science Education, have the form of Experimentation Technologies (using Sensors and Actuators connected to a computer) and Simulation / Visualization Technologies (Kalkanis 2007b). The latter - through the use of Monte Carlo methods / techniques powered by series of random numbers, not only contribute in, but are of vital importance to Science Education and, also, are probably the single ones absolutely "justifying" and "legitimizing" their use in this field (Kalkanis 1996, 1997, 1999, 2001).

Considering especially the study of pulses and waves, we see that conventional textbooks depict the final state of a waveform, no matter whether this refers to the standard wave or to special cases such as superposition, interference, standing waves etc. Transitional states of the elastic medium are not discussed / depicted, while accompanying exercises do address such cases. Even when such images are presented, they can be nothing more than static representations of a highly dynamic process, so the reader must stimulate his/her imagination

trying to combine information from the image, the text and the formulae, in order to complete his/her understanding. The quality of the result depends on the multitude and the extend of the accompanying material provided. On the other hand, many applets found over the internet, focus on specific characteristics of the phenomenon under study, allowing the user to interact with only a few parameters. So the user has limited chances of experimentation. What's more, visualization is performed in two dimensions. In those rare cases where a 3D view is included, it is limited to a specific viewing angle (the one considered most "appropriate"). So there's no way of changing the viewing angle, while, parts of the image that are closer to the observer cover the rest, thus limiting the detail depicted.

Another absent and, at the same time, much needed characteristic, refers to simulations / visualizations of "invisible" microscopic processes, which may be used to interpret macroscopic phenomena, correlating microscopic processes –causes- and macroscopic phenomena –effects- (Imvrioti 2009).

A few questions for a corresponding research procedure are the following:

- is it possible to recreate / simulate structures, reactions, movements and processes of microkosmos (which lead to specific phenomena of the makrokosmos (included in curricula) in a way compatible to modern scientific models?
- which way of presentation / visualization is the most appropriate in order to make the microscopic processes better conceivable by students?
- how is their obvious correlation to resulting macroscopic phenomena (perceivable by students) best achieved?

The educational aims of the research procedure, realized through:

- i) the production of educational simulation software correlating microscopic oscillations and macroscopic waves, and
- ii) the experimental application / evaluation of a part of this software referring to propagation / reflection / superposition of pulses and waves in elastic media / surfaces

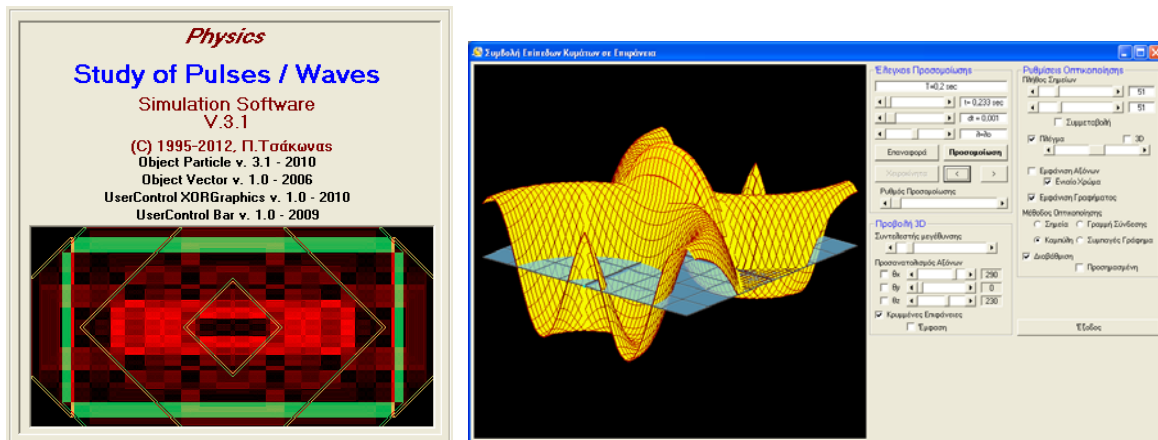
are:

- to create and apply a compatible to modern scientific models (i.e. the model of microkosmos) representation / simulation of structures, reactions, movements and processes of the microkosmos, which characterize the "microscopic oscillations" of particles and cause macroscopic phenomena which we call waves, and, in particular, to apply and evaluate the part of the educational software concerning propagation / reflection / superposition of pulses and waves in elastic media, the study of which is included in the curricula of typical education.
- to present / visualize these phenomena in a way that enables the students to fully understand the microscopic processes (oscillations of particles)
- to correlate in an obvious and successful way these phenomena to their macroscopic results (propagation / reflection / superposition of pulses and waves in elastic media / surfaces) perceivable by students.

Proposal – Methodology

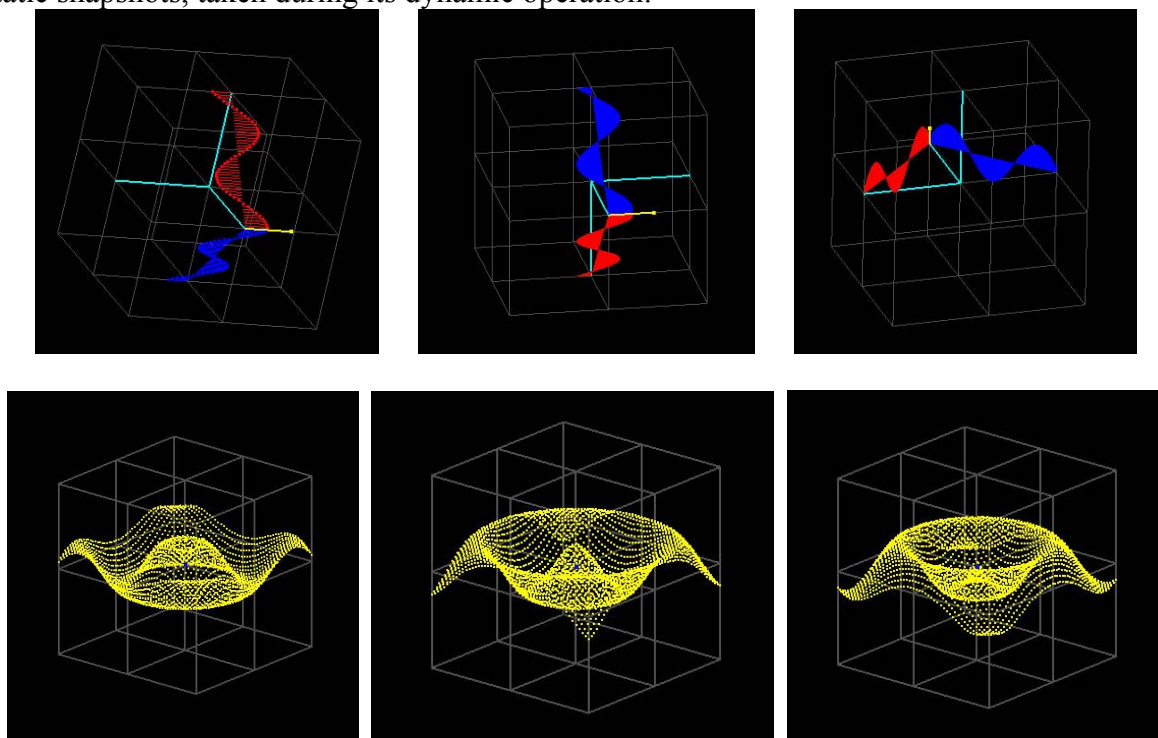
In the Science, Technology and Environment Laboratory of the Pedagogical Dept of P.E. of the University of Athens a multitude of educational software has been produced over the years, targeting a variety of areas, but mainly concentrating on Science (for example Kalkanis et al. 2003, 2007c, Grigoriou et al. 2010), and, specifically, educational software performing digital simulations / visualizations of the processes of the microkosmos. These processes are stochastic by nature, thus the software implements Monte Carlo methods / techniques (for example Dimopoulos 2003, Tsakonas 1998) and use of random numbers produced by the computer.

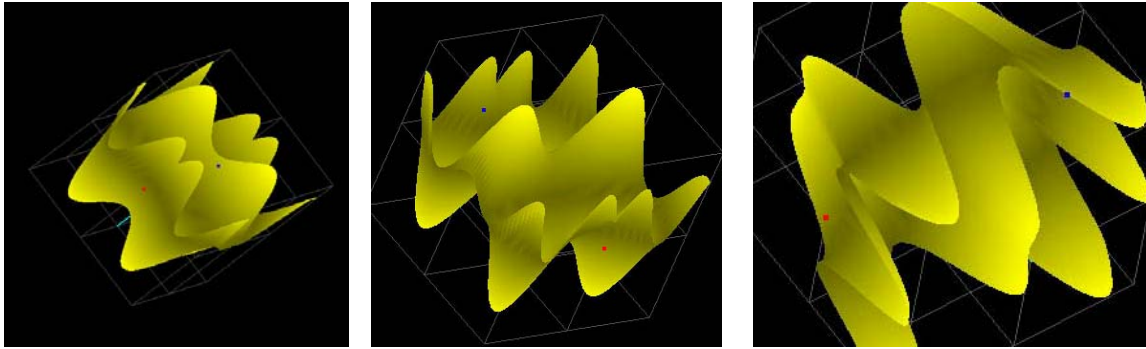
The educational software, the application and evaluation of which is presented here, was created P. Tsakonias, PhD, teacher of Science, who has also created large number of the aforementioned software.



As far as technical and functional features are concerned, the software includes three dimensional representations, extensive parameter selection for "experimenting", dynamic evolution in time, copying / saving snapshots, feedback, 3D visual enhancement through several modes of drawing / coloring available, selection of perspective and scale, etc. Additional characteristics include an embodied Internet Browser, Options window (allowing the user to define general parameters), language selection of the interface, About window and technical information on the configuration of the computer running the software...

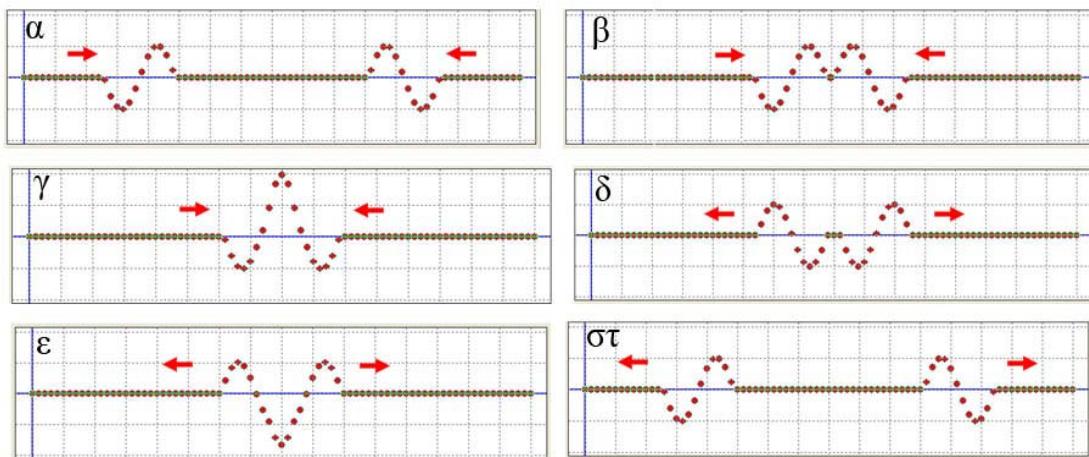
A few of the technical / educational characteristic of the software are depicted in a series of static snapshots, taken during its dynamic operation:



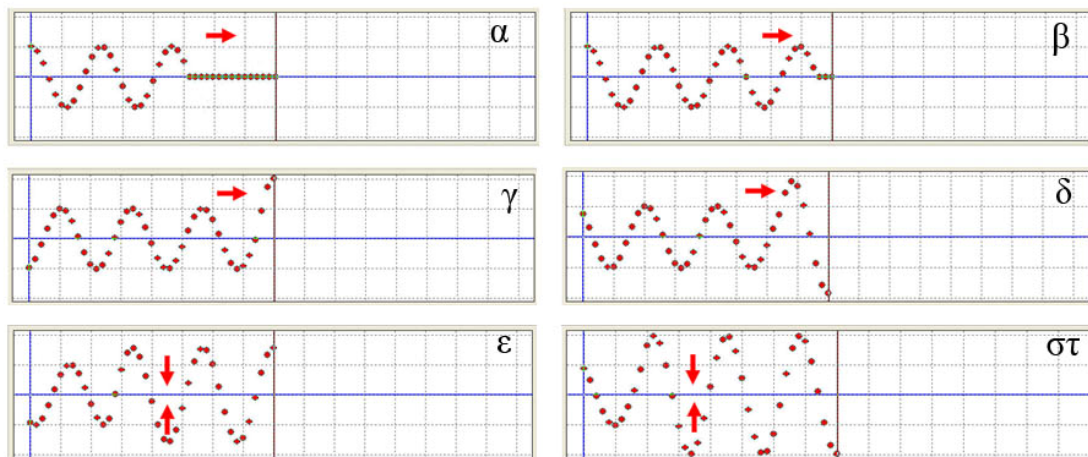


More static snapshots (with regard to propagation / reflection / superposition of pulses and waves in elastic media / surfaces) with brief comments follow:

Propagation and superposition of pulses: the user may change parameters such as the phase difference of the two pulses, the initial direction of oscillation, the ratio of their amplitudes etc



Propagation and reflection of waves: allowing the simulation to proceed in sufficient time, we observe that the traversing and reflecting wave superimpose, thus resulting in the appearance of a standing wave:



This part of the software "propagation / reflection / superposition of pulses and waves in elastic media" also includes simulations / visualizations of the reflection of pulses / waves in

free or bonded ends, propagation from / to materials with different impedance, 3D waves produced on an elastic surface, surface waves interfering on a single point of the elastic surface or on the elastic surface as a whole, etc.

The software was applied and evaluated during the research procedure in accordance to the Steps of Scientific / Educational Methodology with Inquiry (Kalkanis 2007a), which, briefly described, include: stimulation of interest, hypothesizing, experimentation, reaching conclusions / model synthesis and generalization, systemic correlation, interpretations. In this context experimentation consists of selecting / tweaking parameters to accommodate the study of the generated pulses and waves.

This Educational Methodology with Investigation is proposed as suitable to incorporate the software and the educational procedure of preference. Our Research Methodology is described next.

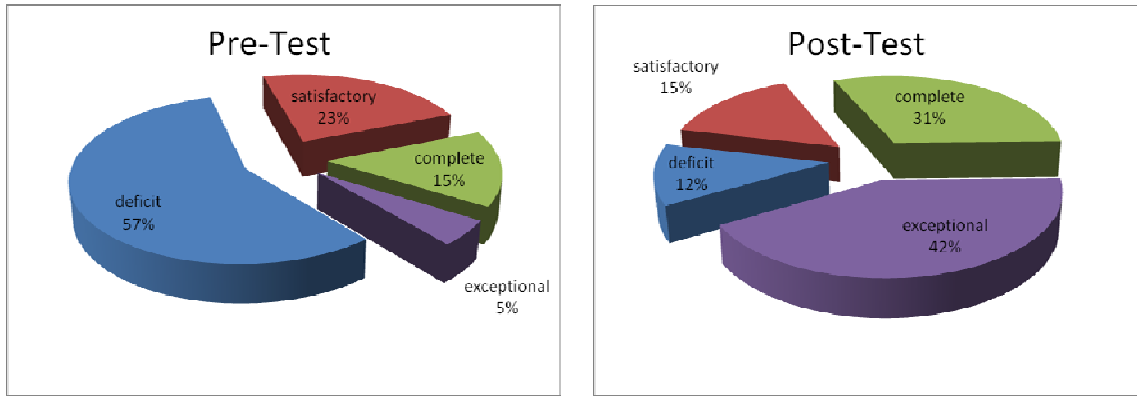
Research – Application – Evaluation

The research was performed in a group of 24 students of the last year of lyceum, 38 university students / teachers to be (of first and second grade education) and to 12 trainees in-service teachers (of first and second grade education) during the school year 2008-2009. Since all participants had been taught about pulses and waves in a traditional way using conventional means - but in no case using the proposed software – they weren't split in groups (control and experimental). Instead, after at first completing a pre-test, they all took a 4-hour course incorporating an iterative use of the software, following the steps of scientific / educational methodology by inquiry, using a worksheet, followed by a post-test. The work sheet included instructions on the use of the software and a designated space for commenting the software's operability. The questions referred to: a) the distinction of pulses from waves in elastic means, b) the movements of microscopic particles of matter in the presence of pulses or waves, c) the way these movements relate to the physical characteristics of pulses and waves, d) the understanding of the behavior of pulses and waves during their propagation, e) reflection, superposition, absorption / impedance, f) interpretation of these phenomena based on the particles' movements, g) prediction of the shape of pulses and waves in elastic means when the hypothetical movements of particles are known, (...)

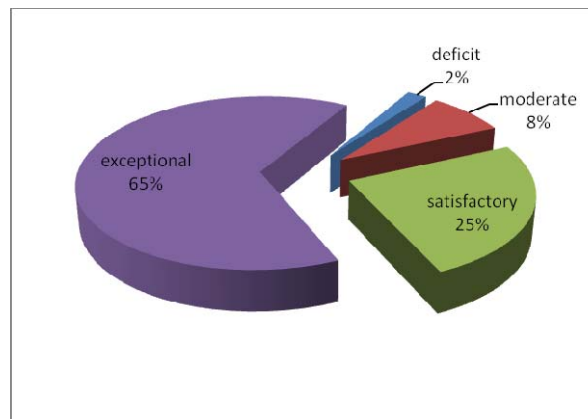
The evaluation of the software was based on the answers the students / teachers presented on pre- and post-test questions combined with their remarks / comments on the operability, effectiveness of the parts of the software they worked with and the way they "experimented" using the software. The answers on both test were classified as "deficit" (when correct answers were less than half), "satisfactory" (when correct answers were more than half), "complete" (when all answers were correct) and "exceptional" (when all answers were correct and, in addition, they had managed to handle every step of the work plan successfully).

Remarks and comments on the operability / effectiveness of the software were categorized as "deficit", "moderate", "satisfactory", and "exceptional".

A preliminary assessment of answers and remarks / comments, indicated that there were no significant differences between groups (high school students, university students, in-service teachers), so the achieved results are present in total:



Answers' percentages (%) on pre- and post-tests



Percentages (%) of software operability

In addition to the aforementioned research steps, all participants, after taking the pre-test but before the 4-hour course, were asked if they would like to (i.e. consider themselves capable of) teach(ing) the material to their "colleagues". The answers, in the majority, were negative. When the same question was put to them after taking the 4-hour course and completing the post-test, more than half responded affirmatively, and some indeed engaged in the process, but the results were neither monitored, nor quantitatively estimated. Qualitative results on the other hand were satisfactory and promising.

Conclusion – Proposal

Judging by the answers received and the work sheets completed by students and in-service teachers, we reach the conclusion the educational software in question can fully and effectively support both second and third grade education targeting on concepts and phenomena related to pulses and waves in elastic media, in the frame of scientific / educational methodology. In particular, the software enables the users a) to correlate the particles' oscillations to the macroscopic waves and b) to interpret, through this correlation, phenomena such as propagation / reflection / superposition of pulses and waves in elastic material, mainly since the operability, the added value of functional and aesthetic characteristics, along with the possibility of repeated "experimentation", were ascertained.

We, therefore, consider that it is possible to generalize the use of the software, at least in the typical education, since the sample used in the research, was wide enough to justify our view. We also believe that other parts of the software need to be evaluated and we propose its incorporation in the educational process

Bibliography, References

Imvrioti D., Gikopoulou U. (2009). "The educational model of microKosmos and its Simulations / Visualizations interpret and unify phenomena of the MacroKosmos in Physics study of first grade education", 6th Greek Conference on teaching Science and New Technologies "Multiple approaches on Teaching / Learning Physics", University of West Macedonia, Pedagogical Department, Florina, May 7-10.

Kalkanis G. Th. Et al. (2003). Software packs "Flying Machines" and "Iterative procedures", Science, Technology and Environment Laboratory – A.E.E.E., "Pleiades" / Neriides programme, CTIP, Ministry of Education, Program for Information Society, 1.2, Γ', Athens 2003-2007

Kalkanis G. Th. (2007a), "First Grade Education in-with PHYSICAL SCIENCES" (I. Theories, II. Phenomena), Athens

Kalkanis G. Th. (2007b), "Educational PHYSICS and TECHNOLOGIES", Athens

Kalkanis G. Th. (2007c), Series in Educational Television "Using the MicroKosmos I explain... 1. Heat and Temperature of Bodies, 2. Evaporation, Boiling and Liquidation, 3. Melting and Freezing, 4. Forces among bodies, 5. Renewable Stores of Energy" (<http://www.edutv.ypepth.gr>), Science, Technology and Environment Laboratory of University of Athens, Erevnites S.A., Educational TV / Ministry of Education, Athens

Dimopoulos, V., Kalkanis, G. (2003). "An introduction of microcosmos quantum model to students of limited mathematics and science background supported by computer simulations / visualizations", *4th ESERA Conference, "Research and the quality of science education", The Netherlands, Noordwijkerhout, August 19-23*

Grigoriou V, Gikopoulou O., Papageorgiou K., Kalkanis G., (2010). "Prospective Physics Teachers Design and Develop a Normative Lesson utilizing Hands-on Applications of Digital Technologies - Preliminary Results", 7th International Conference on Hands-on Science: Bridging the Science and Society Gap, Hsci2010, University of Crete, Rethymno, Greece, July 25-31

Kalkanis, G. (1996). "The Monte Carlo Techniques as a tool in Physics Education - Applications to microcosmos processes" (invited workshop), *1996 GIREP-ICPE Conference: "New ways of teaching Physics", Ljubliana, Slovenia*

Kalkanis, G. (1997). "Realistic Systems / MicroKosmos, Stochastic Processes, Probabilistic Modelling, Computer Simulation / Animation - (or) How to optimise understanding / teaching and learning real physical phenomena - an Appeal and Applications", *7th European Conference for Research on Learning and Instruction (E.A.R.L.I.), Athens, Greece*

Kalkanis, G., Sarris, M., (1999). "An educational MONTE CARLO simulation / animation program for the cosmic rays muons and a prototype computer-driven hardware display", *Journal of computers in mathematics and science teaching* 18(1), 61-80

Kalkanis, G. (2001). "Which (and How) Science and Technology Education for Future Citizens?" (invited talk), *1st IOSTE Symposium in Southern Europe, Science and Technology Education: Preparing future citizens, Paralimni, Cyprus.*

Kalkanis, G. (2010). "A Hands-on "View" of microKosmos – Simulations / Visualizations for Science and Education", Invited Talk, Hsci2010, 7th International Conference on Hands-on Science: Bridging the Science and Society Gap, University of Crete, Rethymno, Greece, July 25-31

Tsakonas, P., Kalkanis, G. (1998). "A Common Technological Applications Trigger for Teaching / Learning Physics by Computer Simulation Programs", 3rd Multimedia in Physics Teaching and Learning Workshop", University of Sciences and Technologies of Lille, Lille, France.

<http://micro-kosmos.uoa.gr>

Προσομοιώσεις / Συσχετίσεις Μικροσκοπικών Ταλαντώσεων και Μακροσκοπικών Κυμάτων με ένα Εκπαιδευτικό Λογισμικό – Μια πρώτη Εκδοχή και Εφαρμογή / Αξιολόγηση

Παναγιώτης Τσάκωνας, Ουρανία Γκικοπούλου, Γεωργ. Θεοφ. Καλκάνης

*Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Αθηνών, <http://micro-kosmos.uoa.gr>
ptsakon@gmail.com, gikopoulou@gmail.com, kalkanis@primedu.uoa.gr*

Περίληψη

Παρουσιάζεται μια πρώτη εκδοχή ενός εκπαιδευτικού λογισμικού το οποίο προσομοιώνει / οπτικοποιεί τις μικροσκοπικές ταλαντώσεις των σωματιδίων των υλικών και τα αντίστοιχα μακροσκοπικά κύματα των σωμάτων, συσχετίζοντας τις –πρωτογενείς– μικροσκοπικές διαδικασίες με τα –δευτερογενή– μακροσκοπικά φαινόμενα τα οποία προκαλούνται. Μια πρώτη εκπαιδευτική εφαρμογή και αξιολόγηση ενός τμήματος αυτού του λογισμικού, το οποίο αφορά –μόνο– στη διάδοση / ανάκλαση / υπέρθεση κυματοπαλμών και κυμάτων σε υλικά μέσα / επιφάνειες σωμάτων αποδεικνύει ότι μαθητές, φοιτητές / μελλοντικοί εκπαιδευτικοί και εκπαιδευτικοί όχι μόνο κατανοούν καλύτερα και ερμηνεύουν ασφαλέστερα τα φαινόμενα αυτά, αλλά και είναι σε θέση να τα διδάξουν σε συναδέλφους τους, όπως αποδεικνύει μια συμπληρωματική, σχετική έρευνα. Η όλη ερευνητική διαδικασία όχι μόνο έδειξε / αξιολόγησε τα εκπαιδευτικά πλεονεκτήματα της συσχέτισης μικροσκοπικών διαδικασιών και μακροσκοπικών φαινομένων αλλά και αξιολόγησε / βαθμολόγησε τα τεχνικά χαρακτηριστικά, τις δυνατότητες και τη λειτουργικότητα του λογισμικού ως προς την εκπαιδευτική αξία τους.

Abstract

At this paper is presented an initial version of an educational software which simulates / visualizes microscopic oscillations of materials' particles as well as the corresponding macroscopic waves, interrelating the microscopic procedures with the macroscopic phenomena provoked by them. An initial educational application and evaluation of a part of this software, including –only– the transmission / reflection / confluence of wavepulses and waves in matter, demonstrates / proves that school students, university students / perspective teachers and teachers not only understand better and explain more effectively these phenomena, but they also are able to teach them to others, as demonstrated by a complementary relevant research. The whole research not only showed / evaluated the educational advantages of the interrelation of microscopic procedures with the macroscopic phenomena but also evaluated / ranked the technical characteristics, functionality and feasibility of the software as regards as their educational value.

Το Πλαίσιο – Τα Ερωτήματα – Οι Στόχοι

Οι εκπαιδευτικές ψηφιακές τεχνολογίες –στις οποίες περιλαμβάνουμε τις τεχνολογίες πληροφόρησης και επικοινωνίας, προσομοίωσης και οπτικοποίησης, πειραματισμού και αυτοματισμού, επεξεργασίας και αναπαράστασης της πληροφορίας και οργάνωσης και παρουσίασης της πληροφορίας (Καλκάνης 2007β)– δεν είναι ασφαλώς «πανάκεια» όπως μερικοί τις εμφανίζουν, ούτε ευτυχώς «πρόβλημα» όπως τις θεωρούν άλλοι οι οποίοι απλώς έχουν πρόβλημα με τη χρήση τους, είναι όμως ένα πολύτιμο «εργαλείο» για τους περισσότερους. Ειδικότερα οι ψηφιακές τεχνολογίες προσομοίωσης / οπτικοποίησης κατά τη γνώμη μας αποτέλεσαν –και θα αποτελούν– ένα καθοριστικό στοιχείο στην εξέλιξη όχι μόνο της έρευνας των φυσικών επιστημών αλλά και της εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες

(Καλκάνης 2010) με όλα τα πλεονεκτήματα τα οποία έχει η αξιοποίησή τους και η προστιθέμενη αξία από τη χρήση τους τόσο για την έρευνα όσο και για την εκπαίδευση. Όσον αφορά στις θεματικές, αυτές καλύπτουν όλα σχεδόν τα γνωσιακά αντικείμενα, όμως οι φυσικές επιστήμες έχουν επωφεληθεί –και έχουν να επωφεληθούν και στο μέλλον– σε μεγαλύτερο ίσως βαθμό σε σχέση με τα άλλα γνωσιακά αντικείμενα από την αξιοποίηση – όλων– των σύγχρονων ψηφιακών εκπαιδευτικών τεχνολογιών. Αυτές, βέβαια, οι εκπαιδευτικές τεχνολογίες οι οποίες ειδικότερα συνεισφέρουν στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών είναι οι Τεχνολογίες Πειραματισμού (με χρήση αισθητήρων και απτήρων, διασυνδεδεμένων με ηλεκτρονικό υπολογιστή) και οι Τεχνολογίες Προσομοίωσης / Οπτικοποίησης (Καλκάνης 2007β). Οι τελευταίες –με χρήση των μεθόδων / τεχνικών Monte Carlo και τυχαίων αριθμών– όχι μόνο συνεισφέρουν αλλά είναι απαραίτητες στην εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες και –επιπλέον– ίσως είναι οι μόνες οι οποίες «δικαιολογούν» και «νομιμοποιούν» απόλυτα τη χρήση τους στην εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες (Kalkanis 1996, 1997, 1999, 2001).

Αν εξετάσουμε ειδικότερα τη θεματική των κυματοπαλμών και κυμάτων διαπιστώνουμε ότι τα συμβατικά εκπαιδευτικά βιβλία συνήθως παρουσιάζουν την τελική κατάσταση μιας κυματομορφής, είτε αυτή αναφέρεται στο απλό τρέχον κύμα, είτε σε ειδικές περιπτώσεις (υέρθεση, συμβολή, στάσιμο κ.λπ.). Δε γίνεται ιδιαίτερη μνεία στη μεταβατική κατάσταση που παρουσιάζει το ελαστικό μέσο, ενώ οι συνοδευτικές ασκήσεις συχνά περιλαμβάνουν τέτοιες περιπτώσεις. Ακόμη κι όταν περιλαμβάνονται εικόνες, αυτές είναι μοιραία στατικές και απαιτούν την αυτενέργεια του αναγνώστη ώστε να σχηματίσει στη φαντασία του μια πλήρη εικόνα, συνδυάζοντας τις πληροφορίες από το εκπαιδευτικό υλικό που του παρέχεται.. Ομοίως, είναι αλήθεια ότι το αποτέλεσμα είναι τόσο καλύτερο όσο πληρέστερο είναι το εποπτικό υλικό που διατίθεται. Από την άλλη πλευρά, σε πολλές εφαρμογές (applets) που διατίθενται στο διαδίκτυο, οι προσομοιώσεις είναι μονόπλευρες με την έννοια ότι εστιάζουν σε ένα μόνο χαρακτηριστικό του υπό μελέτη φαινομένου και δεν αφήνουν περιθώρια στο χρήστη ως προς την τροποποίηση των τιμών ενός πλήθους παραμέτρων. Έτσι, ο χρήστης στερείται δυνατοτήτων πειραματισμού. Επιπρόσθετα, η οπτικοποίηση γίνεται συνηθέστατα κατά τρόπο δισδιάστατο. Στις σπάνιες περιπτώσεις που είναι τρισδιάστατη, η προβολή γίνεται από συγκεκριμένη οπτική γωνία. Δεν υπάρχει λοιπόν η δυνατότητα θέασης από εναλλακτικές θέσεις. Ταυτόχρονα τα τμήματα της εικόνας που είναι "πιο κοντά" στον παρατηρητή καλύπτουν τα υπόλοιπα.

Ένα ακόμη έλλειμμα / αιτούμενο της εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες αφορά στις προσομοιώσεις / οπτικοποιήσεις των «αόρατων» μικροσκοπικών διαδικασιών οι οποίες είναι δυνατό να ερμηνεύουν τα μακροσκοπικά φαινόμενα, συσχετίζοντας τις μικροσκοπικές διαδικασίες –αίτιο– και τα μακροσκοπικά φαινόμενα –αιτιατό– (Ιμβριώτη 2009).

Μερικά ερωτήματα για μια νέα σχετική ερευνητική διαδικασία είναι:

- είναι δυνατή η δημιουργία μιας συμβατής με τα σύγχρονα επιστημονικά πρότυπα (το πρότυπο του μικροκόσμου) αναπαράστασης / προσομοίωσης των δομών, αλληλεπιδράσεων, κινήσεων και διαδικασιών του μικροκόσμου οι οποίες προκαλούν συγκεκριμένα φαινόμενα του μακροκόσμου που περιλαμβάνονται στα αναλυτικά εκπαιδευτικά προγράμματα;
- ποια είναι η πλέον κατάλληλη παρουσίαση / οπτικοποίησή τους ώστε οι μικροσκοπικές διαδικασίες να είναι κατανοητές από τους εκπαιδευόμενους;
- πώς επιτυγχάνεται η προφανής συσχέτισή τους με τα μακροσκοπικά φαινόμενα τα οποία προκαλούν και είναι αντιληπτά από τους εκπαιδευόμενους;

Οι εκπαιδευτικοί στόχοι της ερευνητικής διαδικασίας η οποία επιχειρήθηκε με τη δημιουργία εκπαιδευτικού λογισμικού προσομοίωσης / συσχέτισης μικροσκοπικών ταλαντώσεων και μακροσκοπικών κυμάτων και την πειραματική εφαρμογή / αξιολόγηση ενός μέρους του το

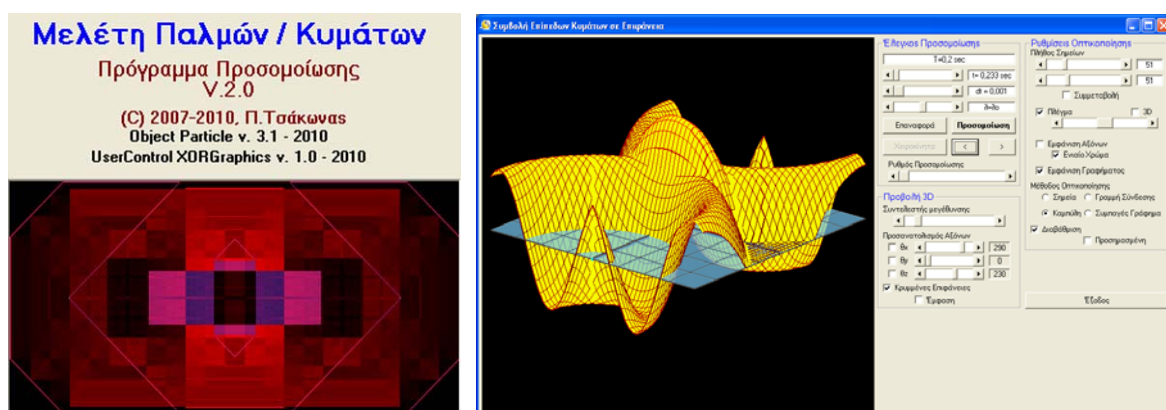
οποίο αφορά στη διάδοση / ανάκλαση / υπέρθεση κυματοπαλμών και κυμάτων σε υλικά μέσα / επιφάνειες σωμάτων είναι:

- η δημιουργία και εφαρμογή μιας συμβατής με τα σύγχρονα επιστημονικά πρότυπα (το πρότυπο του μικροκόσμου) αναπαράστασης / προσομοίωσης των δομών, αλληλεπιδράσεων, κινήσεων και διαδικασιών του μικροκόσμου οι οποίες χαρακτηρίζουν τις «μικροσκοπικές ταλαντώσεις» των σωματιδίων και οι οποίες προκαλούν τα μακροσκοπικά φαινόμενα τα οποία ονομάζονται «κύματα», ειδικότερα δε την εφαρμογή και αξιολόγηση του μέρους του εκπαιδευτικού λογισμικού το οποίο αφορά στη διάδοση / ανάκλαση / υπέρθεση κυματοπαλμών και κυμάτων σε υλικά μέσα / επιφάνειες σωμάτων και των οποίων η μελέτη προβλέπεται στα αναλυτικά προγράμματα της τυπικής εκπαίδευσης
- η παρουσίαση / οπτικοποίησή τους ώστε οι μικροσκοπικές διαδικασίες (ταλαντώσεις των σωματιδίων) να είναι κατανοητές από τους εκπαιδευόμενους
- η συσχετίσή τους με τα μακροσκοπικά φαινόμενα (διάδοση / ανάκλαση / υπέρθεση κυματοπαλμών και κυμάτων σε υλικά μέσα / επιφάνειες σωμάτων) τα οποία προκαλούν και είναι αντιληπτά από τους εκπαιδευόμενους να είναι προφανής και επιτυχής.

Η Πρόταση – Η Μεθοδολογία

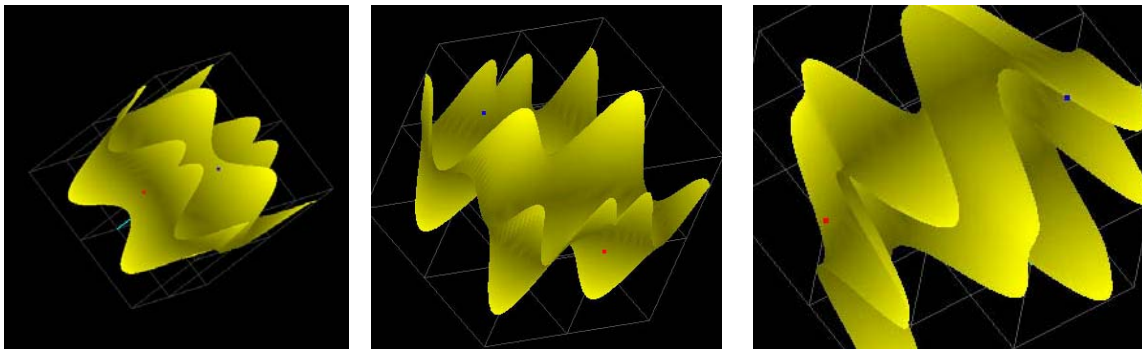
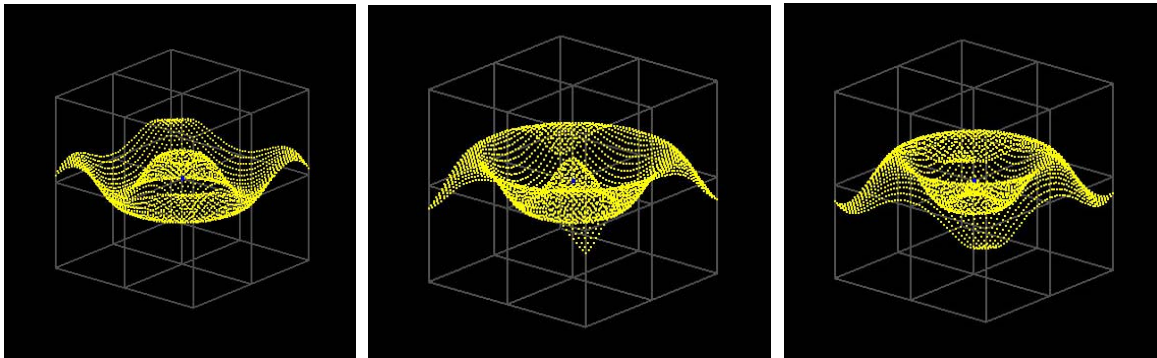
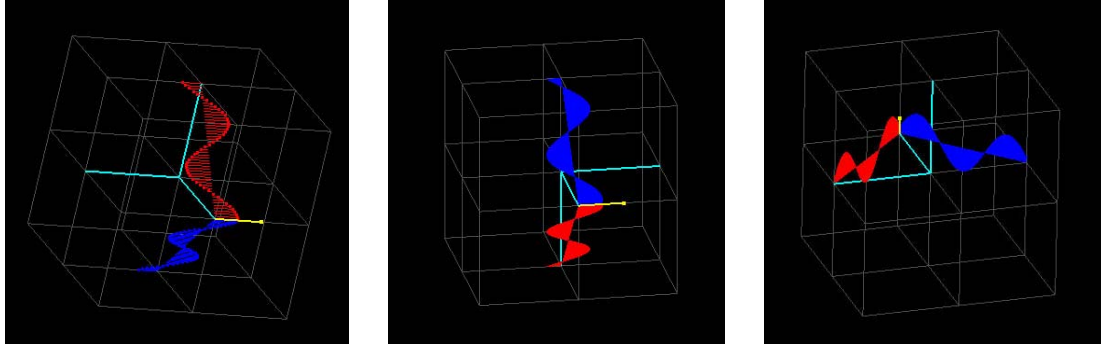
Στο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος του Παιδαγωγικού Τμήματος Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αθηνών έχουν δημιουργηθεί στο παρελθόν εκπαιδευτικά λογισμικά με διάφορα θέματα για διάφορα γνωστικά αντικείμενα κυρίως όμως εκπαιδευτικά λογισμικά για τις φυσικές επιστήμες (ενδεικτικά Καλκάνης κá. 2003, 2007γ, Grigoriou et al. 2010), ειδικότερα δε εκπαιδευτικά λογισμικά με ψηφιακές προσομοιώσεις / οπτικοποιήσεις – κυρίως– με θέμα τις διαδικασίες του μικροκόσμου. Αυτές οι διαδικασίες είναι στοχαστικές / πιθανοκρατικές γι' αυτό οι προσομοιώσεις έχουν δημιουργηθεί με χρήση των μεθόδων / τεχνικών Monte Carlo (ενδεικτικά Dimopoulos 2003, Tsakonas 1998) και τυχαίων αριθμών από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Το εκπαιδευτικό λογισμικό του οποίου η εφαρμογή και αξιολόγηση παρουσιάζεται δημιουργήθηκε από τον διδάκτορα / εκπαιδευτικό ΠΕ4 Παναγιώτη Τσάκωνα ο οποίος είναι δημιουργός και πολλών από τα παραπάνω αναφερόμενα λογισμικά.



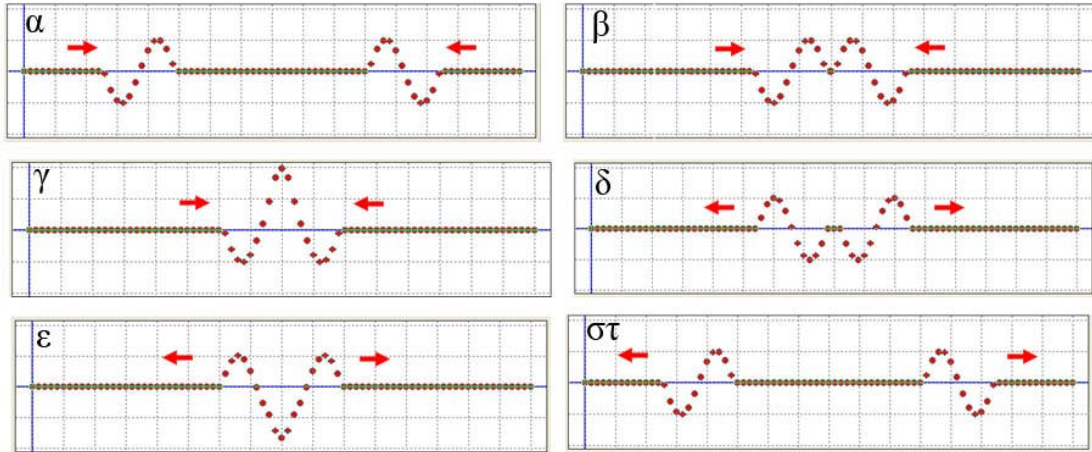
Όσον αφορά στα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του εκπαιδευτικού αυτού λογισμικού, σε αυτά περιλαμβάνονται οι τρισδιάστατες αναπαραστάσεις, η επιλογή παραμέτρων για «πειραματισμό», η δυναμική εξέλιξη των αναπαραστάσεων, η δυνατότητα λήψης / αποθήκευσης στιγμιότυπων, η αναδραστικότητα, οι τρισδιάστατες γραμμικές ή χρωματικές αναπαραστάσεις, οι επιλογές προοπτικής και κλίμακας κτλ. Ακόμη έχει δυνατότητες οι οποίες συνοψίζονται σε: πρόσβαση στο διαδίκτυο (με ενσωματωμένο

φυλλομετρητή), επιλογή γλώσσας, παραμετροποίηση (καθορισμός γενικών παραμέτρων ως προς τη λειτουργία του), στοιχεία εφαρμογής (ταυτότητα της εφαρμογής και πληροφορίες τεχνικής φύσης σχετικά με το υπολογιστικό σύστημα στο οποίο εκτελείται το λογισμικό)... Μερικά από τα τεχνικά / εκπαιδευτικά χαρακτηριστικά του φαίνονται από μερικά ενδεικτικά στατικά στιγμιότυπα τα οποία έχουν ληφθεί κατά τη διάρκεια της δυναμικής λειτουργίας του:

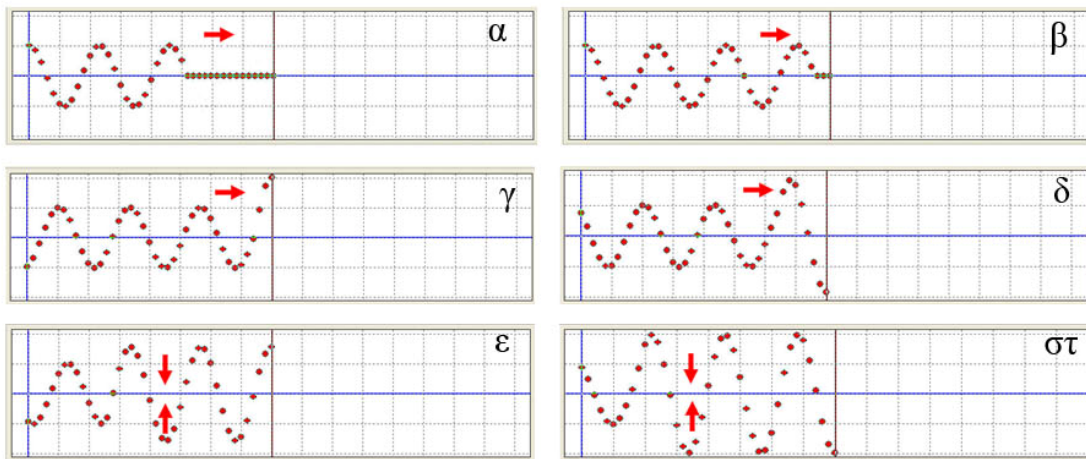


Μερικά στατικά επίσης στιγμιότυπα τα οποία έχουν ληφθεί από τη δυναμική λειτουργία του λογισμικού και αφορούν στη διάδοση / ανάκλαση / υπέρθεση κυματοπαλμών και κυμάτων σε υλικά μέσα / επιφάνειες σωμάτων φαίνονται στη συνέχεια συνοδευόμενα από σύντομα κείμενα:

Διάδοση και υπέρθεση κυματοπαλμών: δίνεται τη δυνατότητα να καθορίσουμε τη διαφορά φάσης μεταξύ των κυματοπαλμών, την κατεύθυνση κίνησής τους, το λόγο των πλατών τους κ.ά.



Διάδοση και ανάκλαση κύματος, στάσιμο κύμα: αν αφήσουμε την προσομοίωση να εξελιχθεί για αρκετό χρόνο, τότε το προσπίπτον κύμα θα αρχίσει να υπερτίθεται με το ανακλώμενο, παράγοντας ένα στάσιμο κύμα:



Το μέρος αυτό του λογισμικού «διάδοση / ανάκλαση / υπέρθεση κυματοπαλμών και κυμάτων σε υλικά μέσα» περιλαμβάνει επίσης προσομοιώσεις / οπτικοποιήσεις ανάκλασης κυματοπαλμών και κυμάτων σε ελεύθερο και δεσμευμένο άκρο, διέλευσης κυματοπαλμών και κυμάτων από / σε υλικό με διαφορετική εμπέδηση, τρισδιάστατων κυμάτων σε επίπεδο μέσο, συμβολής επίπεδων τρισδιάστατων κυμάτων σε σημείο και επιφάνεια.

Το λογισμικό εφαρμόστηκε και αξιολογήθηκε κατά την ερευνητική διαδικασία, ενταγμένο στα βήματα της επιστημονικής / εκπαιδευτικής μεθοδολογίας με διερεύνηση (Καλκάνης 2007α) τα οποία συνοπτικά περιγράφονται ως εξής: έναυσμα ενδιαφέροντος, διατύπωση υποθέσεων, πειραματισμός, διατύπωση συμπερασμάτων / σύνθεση προτύπου και γενίκευση, συστηματική συσχέτιση, ερμηνείες. Ως «πειραματισμός» θεωρούμε την αλλαγή / επιλογή παραμέτρων για τη μελέτη των παραγομένων κυματοπαλμών και κυμάτων.

Σε αυτή την επιστημονική / εκπαιδευτική μεθοδολογία με διερεύνηση προτείνεται να εντάσσεται το λογισμικό και όποια εκπαιδευτική διαδικασία στην οποία χρησιμοποιείται. Η ερευνητική μεθοδολογία περιγράφεται στη συνέχεια.

Η Έρευνα – Η Εφαρμογή – Η Αξιολόγηση

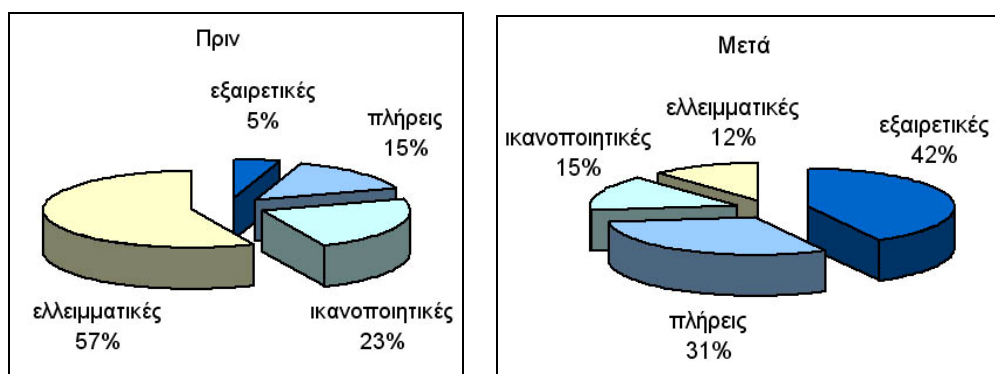
Η ερευνητική διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε 24 μαθητές της γ' λυκείου, σε 38 φοιτητές / μελλοντικούς εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και σε 12

επιμορφούμενους / εν ενεργεία εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, κατά το σχολικό / εκπαιδευτικό έτος 2008-2009. Επειδή όλοι οι συμμετέχοντες μαθητές / φοιτητές / εκπαιδευτικοί είχαν διδαχθεί την προαναφερθείσα θεματική με τον παραδοσιακό τρόπο και με συμβατικά μέσα –σε κάθε περίπτωση όμως όχι με το προτεινόμενο λογισμικό– δεν χωρίστηκαν σε ομάδες αναφοράς και πειραματισμού αλλά όλοι αφού συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο (pre test) στην αρχή της ερευνητικής διαδικασίας, μετείχαν σε μια εκπαιδευτική διαδικασία 4 ωρών με αναδραστική χρήση του προτεινόμενου λογισμικού ακολουθώντας τα βήματα της επιστημονικής / εκπαιδευτικής μεθοδολογίας με βάση ένα φύλλο εργασίας, μετά δε συμπλήρωσαν ένα ακόμη ερωτηματολόγιο (post test) στο τέλος της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Στα φύλλα εργασίας τους διάβαζαν τις οδηγίες χρήσης του λογισμικού και σε διατιθέμενο χώρο σχολίαζαν τη λειτουργικότητα του λογισμικού. Οι ερωτήσεις των ερωτηματολογίων αφορούσαν στη διάκριση κυματοπαλμών και κυμάτων στα υλικά σώματα, στις κινήσεις των μικροσκοπικών σωματιδίων της ύλης όταν στα υλικά σώματα εμφανίζονται κυματοπαλμοί ή κύματα, στον τρόπο με τον οποίο οι κινήσεις αυτές των σωματιδίων συσχετίζονται / διασυνδέονται με τα διάφορα χαρακτηριστικά των κυματοπαλμών και κυμάτων στα σώματα, στην κατανόηση της συμπεριφοράς των κυματοπαλμών και κυμάτων κατά τη διάρκεια της διάδοσής τους, της ανάκλασής τους, της υπέρθεσης / συμβολής τους, της απορρόφησης / εμπέδησής τους, στην ερμηνεία των φαινομένων αυτών με βάση τις κινήσεις των σωματιδίων αλλά και στην πρόβλεψη της μορφής κυματοπαλμών και κυμάτων σε υλικά σώματα όταν γνωρίζουμε τις υποθετικές κινήσεις των σωματιδίων τους (...)

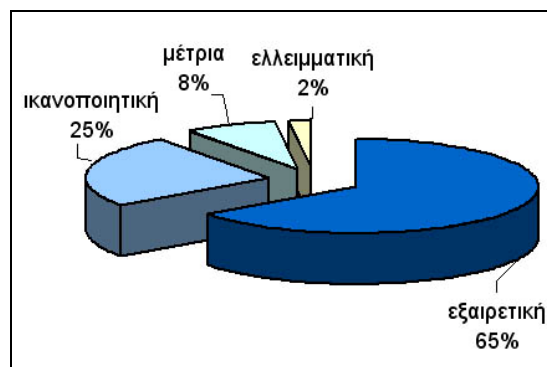
Η αξιολόγηση του εκπαιδευτικού λογισμικού έγινε με βάση τις απαντήσεις των μαθητών / φοιτητών / εκπαιδευτικών στα ερωτηματολόγια πριν και μετά την εκπαιδευτική / ερευνητική διαδικασία καθώς και με βάση τις παρατηρήσεις / σχόλιά τους για τη λειτουργικότητα / αποτελεσματικότητα των διαφόρων θεματικών του λογισμικού, αλλά και τον «πειραματισμό» τους με το λογισμικό. Οι απαντήσεις των μαθητών / φοιτητών / εκπαιδευτικών και στα δύο ερωτηματολόγια (πριν και μετά) ταξινομήθηκαν στις εξής κατηγορίες: «ελλειμματικές» (όταν απαντούσαν επαρκώς σε λιγότερα από τα μισά ερωτήματα), «ικανοποιητικές» (όταν απαντούσαν επαρκώς σε περισσότερα από τα μισά ερωτήματα), «πλήρεις» (όταν απαντούσαν επαρκώς σε όλα τα ερωτήματα) και «εξαιρετικές» (όταν απαντούσαν πλήρως σε όλα τα ερωτήματα και είχαν διαπραγματευτεί επιτυχώς όλα τα βήματα των σχεδίων εργασίας).

Οι παρατηρήσεις και τα σχόλια για τη λειτουργικότητα / αποτελεσματικότητα των διαφόρων θεματικών του λογισμικού ταξινομήθηκαν, επίσης, σε κατηγορίες: «ελλειμματική», «μέτρια», «ικανοποιητική», «εξαιρετική».

Μια πρώτη αποτίμηση των απαντήσεων στα ερωτηματολόγια και των παρατηρήσεων / σχολίων στα φύλλα εργασίας έδειξε ότι δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών του δείγματος της έρευνας (μαθητών, φοιτητών, εκπαιδευτικών), γι' αυτό και τα αποτελέσματά της εμφανίζονται ενοποιημένα:



Ποσοστά (%) απαντήσεων ερωτηματολογίων πριν και μετά



Ποσοστά (%) λειτουργικότητας λογισμικού

Συμπληρωματικά της περιγραφείσας έρευνας, όλοι οι μαθητές, οι φοιτητές και οι εκπαιδευτικοί, μετά τη συμπλήρωση του πρώτου ερωτηματολογίου και πριν την εκπαιδευτική διαδικασία με το λογισμικό, ρωτήθηκαν αν επιθυμούν (/ θεωρούν τους εαυτούς τους ικανούς) να διδάξουν τις θεματικές αυτές σε –άλλους– συναδέλφους τους. Η συντριπτική πλειοψηφία τους αρνήθηκε. Οι ίδιοι όταν ρωτήθηκαν μετά τη συμπλήρωση του δεύτερου ερωτηματολογίου και μετά την εκπαιδευτική διαδικασία με το λογισμικό, αν επιθυμούν (/ θεωρούν τους εαυτούς τους ικανούς) να διδάξουν τις θεματικές αυτές σε –άλλους– συναδέλφους τους, περισσότεροι από τους μισούς απάντησαν καταφατικά και κάποιοι το επιχείρησαν, χωρίς να καταγράψουμε / εκτιμήσουμε ποσοτικά τα αποτελέσματα. Τα ποιοτικά αποτελέσματα όμως ήταν ικανοποιητικά και ελπιδοφόρα.

Τα Συμπεράσματα – Οι Προτάσεις

Από τις απαντήσεις στα ερωτηματολόγια και τα φύλλα εργασίας των μαθητών / φοιτητών / εκπαιδευτικών προκύπτει ότι το συγκεκριμένο εκπαιδευτικό λογισμικό είναι δυνατό να υποστηρίξει πλήρως και αποτελεσματικά την εκπαιδευτική διαδικασία –στη δευτεροβάθμια / λυκειακή και την τριτοβάθμια εκπαίδευση– των εννοιών και των φαινομένων τα οποία σχετίζονται με τους κυματοπαλμούς και τα κύματα σε υλικά μέσα, στο πλαίσιο της επιστημονικής / εκπαιδευτικής μεθοδολογίας. Ειδικότερα, επιτυγχάνει εκπαιδευτικά τη συσχέτιση από τους εκπαιδευόμενους των μικροσκοπικών ταλαντώσεων των σωματιδίων των υλικών με τα μακροσκοπικά κύματα σε υλικά και ερμηνεύει με αυτή τη συσχέτιση τα φαινόμενα της διάδοσης / ανάκλασης / υπέρθεσης κυματοπαλμών και κυμάτων σε υλικά μέσα / επιφάνειες σωμάτων, αφού διαπιστώθηκε επίσης η λειτουργικότητα του λογισμικού και η προστιθέμενη αξία των τεχνικών και αισθητικών χαρακτηριστικών του, καθώς και η δυνατότητα επαναληπτικού «πειραματισμού» με το λογισμικό.

Θεωρούμε ως εκ τούτου ότι είναι δυνατή η γενίκευση της χρήσης / αξιοποίησης του λογισμικού στην τυπική –τουλάχιστον– εκπαίδευση, αφού το δείγμα της ερευνητικής διαδικασίας ήταν αρκετά ευρύ, πιστεύουμε ότι πρέπει να αξιολογηθούν και τα υπόλοιπα μέρη του λογισμικού, τα οποία αφορούν και σε άλλες θεματικές, προτείνουμε δε τη χρήση / αξιοποίησή του.

Η Βιβλιογραφία, οι Αναφορές

Ιμβριώτη Δ., Γκικοπούλου Ο. (2009). "Το εκπαιδευτικό πρότυπο του μικροΚόσμου και οι Προσομοιώσεις / Οπτικοποιήσεις του ερμηνεύουν και ενοποιούν τα φαινόμενα του ΜακροΚόσμου στο μάθημα των Φυσικών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης", 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των

Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση "Οι Πολλαπλές Προσεγγίσεις της Διδασκαλίας και της Μάθησης των Φυσικών Επιστημών", Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Παιδαγωγική Σχολή, Φλώρινα, 7-10 Μαΐου

Καλκάνης Γ. Θ. κά., (2003). Λογισμικά «Ιπτάμενες Μηχανές» και «Επαναληπτικές Διαδικασίες», Εργαστήριο ΦΕΤΠ - Α.Ε.Ε.Ε., Πρόγραμμα "ΠΛΕΙΑΔΕΣ" / ΝΗΡΗΔΕΣ, ΕΑ.ΙΤΥ, ΥΠΕΠΘ, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Κοινωνία της Πληροφορίας» 2003-2007, Μέτρο 1.2, Γ'ΚΠΣ, Αθήνα

Καλκάνης Γ. Θ. (2007α). "Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση στις-με τις ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ" (I. οι Θεωρίες, II. τα Φαινόμενα), Αθήνα

Καλκάνης, Γ. Θ. (2007β). "Εκπαιδευτική ΦΥΣΙΚΗ και Εκπαιδευτικές ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ", Αθήνα

Καλκάνης Γ. Θ. κά. (2007γ). Σειρά Επεισοδίων Εκπαιδευτικής Τηλεόρασης: "με το μικρόΚοσμο εξηγώ ... 1. τη Θερμότητα και τη Θερμοκρασία των Σωμάτων, 2. την Εξάτμιση, το Βρασμό και την Υγροποίηση των Σωμάτων, 3. την Τήξη και την Πήξη των Σωμάτων, 4. τις Δυνάμεις μεταξύ των Σωμάτων, 5. τις Ανανεώσιμες Αποθήκες Ενέργειας"» (βλ. <http://www.edutv.ypepth.gr>), Εργαστήριο ΦΕΤΠ Πανεπιστημίου Αθηνών, Ερευνητές Α.Ε., Εκπαιδευτική Ραδιοτηλεόραση / Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Αθήνα

Dimopoulos, V., Kalkanis, G. (2003). "An introduction of microcosmos quantum model to students of limited mathematics and science background supported by computer simulations / visualizations", *4th ESERA Conference, "Research and the quality of science education", The Netherlands, Noordwijkerhout, August 19-23*

Grigoriou V, Gikopoulou O., Papageorgiou K., Kalkanis G., (2010). "Prospective Physics Teachers Design and Develop a Normative Lesson utilizing Hands-on Applications of Digital Technologies - Preliminary Results", *7th International Conference on Hands-on Science: Bridging the Science and Society Gap, Hsci2010, University of Crete, Rethymno, Greece, July 25-31*

Kalkanis, G. (1996). "The Monte Carlo Techniques as a tool in Physics Education - Applications to microcosmos processes" (invited workshop), *1996 GIREP-ICPE Conference: "New ways of teaching Physics", Ljubliana, Slovenia*

Kalkanis, G. (1997). "Realistic Systems / MicroKosmos, Stochastic Processes, Probabilistic Modelling, Computer Simulation / Animation - (or) How to optimise understanding / teaching and learning real physical phenomena - an Appeal and Applications", *7th European Conference for Research on Learning and Instruction (E.A.R.L.I.), Athens, Greece*

Kalkanis, G., Sarris, M., (1999). "An educational MONTE CARLO simulation / animation program for the cosmic rays muons and a prototype computer-driven hardware display", *Journal of computers in mathematics and science teaching* 18(1), 61-80

Kalkanis, G. (2001). "Which (and How) Science and Technology Education for Future Citizens?" (invited talk), *1st IOSTE Symposium in Southern Europe, Science and Technology Education: Preparing future citizens, Paralimni, Cyprus.*

Kalkanis, G. (2010). "A Hands-on "View" of microKosmos – Simulations / Visualizations for Science and Education", Invited Talk, *Hsci2010, 7th International Conference on Hands-on Science: Bridging the Science and Society Gap, University of Crete, Rethymno, Greece, July 25-31*

Tsakonas, P., Kalkanis, G. (1998). "A Common Technological Applications Trigger for Teaching / Learning Physics by Computer Simulation Programs", *3rd Multimedia in Physics Teaching and Learning Workshop", University of Sciences and Technologies of Lille, Lille, France.*

<http://micro-kosmos.uoa.gr>