

Μαθησιακά Αντικείμενα Προσομοίωσης και Οπτικοποίησης φυσικών φαινομένων της Κλασικής και Σύγχρονης Φυσικής για την Εκπαίδευση (και) μέσω διαδικτύου

Σύνοψη

Στο εργαστήριο αυτό προτείνεται η χρήση Μαθησιακών Αντικειμένων (Μ.Α.) που έχουν δημιουργηθεί με σκοπό την υποβοήθηση της (αυτό) διδασκαλίας θεμάτων Φυσικής. Αυτά τα Μ. Α. διατίθενται δωρεάν για χρήση από τους ενδιαφερόμενους εκπαιδευτικούς ή/και μαθητές-εκπαιδευόμενους και στοχεύουν να καλύψουν ένα εύρος χρήσεων που κυμαίνεται από την εποπτική υποστήριξη της διδασκαλίας με παραμετροποιούμενες οπτικοποιήσεις που προκύπτουν από την σε πραγματικό χρόνο επίλυση των εξισώσεων που χρησιμοποιούνται ως μοντέλο του υπό μελέτη φυσικού φαινομένου, περνούν στη σύνθεση και επίδειξη πειραμάτων σκέψης, και φτάνουν ως την παραγωγή υλικού για σύνθεση ασκήσεων, φύλλων εργασίας, δοκιμασιών σε έντυπη ή ηλεκτρονική μορφή, κ.λπ.

Οι συμμετέχοντες στο εργαστήριο θα έχουν την ευκαιρία να χρησιμοποιήσουν τα Μ.Α., αρχικά υπό καθοδήγηση και στη συνέχεια κατά τρόπο ελεύθερο, ώστε να προτείνουν οι ίδιοι τρόπους αξιοποίησής τους. Δεδομένου ότι πολλά από αυτά συνιστούν λογισμικό ανοικτού κώδικα, οι συμμετέχοντες θα μπορούν είτε να αποκτήσουν μια πρώτη εμπειρία συγγραφής εκπαιδευτικού λογισμικού, ή να εμπλουτίσουν τις εμπειρίες τους και ταυτόχρονα να προτείνουν και να δοκιμάσουν τρόπους επαύξησης της λειτουργικότητας των επιδεικνυόμενων Μ.Α.

Τα προτεινόμενα Μ.Α. χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: α) αυτοτελείς εφαρμογές που εγκαθίστανται και εκτελούνται τοπικά σε υπολογιστικό σύστημα, β) εφαρμογές ανοικτού κώδικα που εκτελούνται σε περιβάλλον φυλλομετρητή και διανέμονται / αναβαθμίζονται διαδικτυακά. Και στις δύο περιπτώσεις υποστηρίζονται γραφικά τόσο σε δύο όσο και τρεις διαστάσεις καθώς και πλήρως αλληλεπιδραστικό περιβάλλον. Τα Μ.Α. της πρώτης κατηγορίας έχουν αναπτυχθεί σε γλώσσα προγραμματισμού Visual BASIC (με χρήση, όπου απαιτείται, της βιβλιοθήκης τρισδιάστατων γραφικών OpenGL), ενώ για τη δεύτερη κατηγορία χρησιμοποιήθηκαν η HTML5, εμπλουτισμένη με Javascript και WebGL.

Κατά τη διάρκεια του εργαστηρίου θα γίνει αναφορά στην αρχιτεκτονική ενός βασικού σκελετού κώδικα που λειτουργεί ως βάση για την οικοδόμηση μικροεφαρμογών προσομοίωσης / οπτικοποίησης. Θα αναφερθούν βασικές τεχνικές για τη δημιουργία κινούμενων εικόνων, αλληλεπίδρασης με το ποντίκι, μοντελοποίησης τρισδιάστατων αντικειμένων κ.λπ.

Summary

The use of free Learning Objects (L.O.) created in order to assist (self) teaching in Physics is proposed. These L. O. may be used in order to simulate / visualise a number of physical phenomena. The user is not only free to define a large number of parameters, but is actually encouraged to set them in such a combination that both the simulation (in real time) and the visualisation processes overcome limitations of the computer system used. The user can set up and display thought experiments, create material for testing and grading either on the computer screen or in printout form.

Participants will be guided in the use of proposed L. O. but eventually will be given the chance to experiment at will and propose ways of incorporating them in the educational process. Additionally, since a large part of the software is open source, participants will be given the

opportunity to study the logic and architecture of simulation software, enrich their experience on the subject and propose ways of improvement. Special emphasis will be given on techniques such as animation, mouse interaction, modelling 3D objects, etc.

The L.O. are categorized as follows: a) Standalone applications installed and executed locally (created in VB+OpenGL, b) open source applications executing within a browser, distributed and upgraded via internet (created in HTML5+Javascript+WebGL). Both categories support 2D and 3D graphics along with a fully interactive environment.

Σύνοψη δραστηριοτήτων

1. Περιστρεφόμενα διανύσματα και ημιτονοειδείς καμπύλες

Αναδεικνύεται ο τρισδιάστατος χαρακτήρας του μοντέλου και δίνεται η δυνατότητα θέασης της, σε πραγματικό χρόνο εξελισσόμενης, προσομοίωσης από διάφορες οπτικές γωνίες. Μετά την εισαγωγή βασικών εννοιών επί της σχέσης του περιστρεφόμενου διανύσματος με ημιτονοειδώς μεταβαλλόμενο μέγεθος, παρουσιάζονται εφαρμογές στα βασικά μεγέθη (απομάκρυνση, ταχύτητα, επιτάχυνση) μιας Γραμμικής Αρμονικής Ταλάντωσης, στη σύνθεση ταλαντώσεων (με επιλογή, σχετικών πλατών, σχετικών συχνοτήτων, διαφοράς φάσης, κ.λπ.) και σε κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος RLC σε σειρά.

2. Μελέτη Καταστατικής Εξίσωσης

Δίνεται η ευκαιρία παρατήρησης της πλήρους γραφικής παράστασης της εξίσωσης $PV=nRT$ (επιφάνεια στο χώρο) και της εναλλαγής προβολών P-V, V-T και P-T. Επιτρέπεται η προβολή των συνήθων αντιστρεπτών μεταβολών (ισόθερμη, ισόχωρη, ισοβαρής και αδιαβατική) και η καταγραφή της διαδοχής τους προκειμένου να απεικονιστεί μια σύνθετη μεταβολή.

3. Μελέτη Παλμών – Κυμάτων

Προσομοίωση – οπτικοποίηση των παλμών και των κυμάτων σε μονοδιάστατο και δισδιάστατο μέσο διάδοσης. Έλεγχος παραμέτρων κύματος, παρατήρηση μορίου του ελαστικού μέσου, χάραξη / σύγκριση γραφικών παραστάσεων, ανάκλαση, διάθλαση, συμβολή, περίθλαση, στάσιμο κύμα, δημιουργία και εκτύπωση δοκιμασιών, διενέργεια δοκιμασιών με χρονομέτρηση και βαθμολόγηση.

4. Ειδική Σχετικότητα – Ταυτοχρονισμός / Ρολόγια / Ταχύτητα φωτός / Κινούμενη ράβδος

Διασάφηση λεπτομερειών της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας με απλά γραφικά σε συνδυασμό με εικόνες που έχουν αναζητηθεί στο διαδίκτυο και επαναχρησιμοποιήσιμα προγραμματιστικά Αντικείμενα για απλοποίηση του προγραμματισμού. Με εύκολο και απλό έλεγχο παραμέτρων προσομοιώνονται νοητικά πείραμα που πρότεινε ο ίδιος ο Einstein και παρουσιάζονται μεταβολές φυσικών ποσοτήτων που είναι αδύνατο να γίνουν αντιληπτές από τα αισθητήρια όργανά μας και τα περισσότερα μετρητικά όργανα της καθημερινής ζωής (συστολή μήκους, διαστολή χρόνου, μη Γαλιλαϊκή πρόσθεση ταχυτήτων για το φως).

5. Γενική Σχετικότητα – Χωροχρόνος / Ανελκυστήρας / Ρολόγια / Επιτάχυνση και βαρυτικό πεδίο

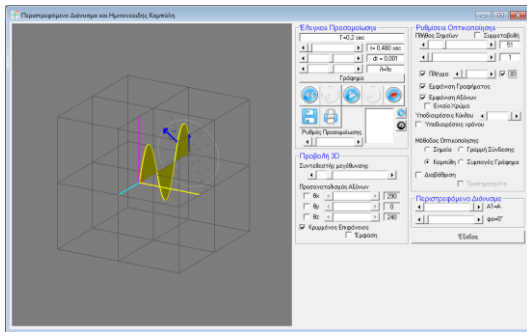
Προσομοίωση – οπτικοποίηση φαινομένων της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας. Προσομοίωση του νοητικού πειράματος του ανελκυστήρα του Einstein με δυνατότητες: α) μεταβολής της κινητικής του κατάστασης (μεταβολή ταχύτητας και επιτάχυνσης) και της κατεύθυνσης κίνησης, β) επιλογής συστημάτων αναφοράς (εντός και εκτός του ανελκυστήρα), γ) εμφάνισης ή και απόκρυψης φυσικών μεγεθών (χρόνου, μάζας, βάρους, δύναμης, τροχιών σωματιδίων και φωτονίων), δ) γραφικών αναπαραστάσεων τους ή χρήσης οργάνων μέτρησης τους, ε) κίνησης σε χώρους με κάθε πιθανό συνδυασμό ύπαρξης ή μη βαρυτικού πεδίου και

επιτάχυνσης. Αναπαράσταση του χωροχρονικού συνεχούς με δυνατότητα επιλογής ύπαρξης ενέργειας - μάζας σε ένα σημείο, περιστροφής του στο χώρο και προβολή της τροχιάς μιας ακτίνας του φωτός κινούμενης σε αυτό (η προσομοίωση προβάλλει ταυτόχρονα την πορεία που προβλέπει η Κλασική Φυσική και η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας).

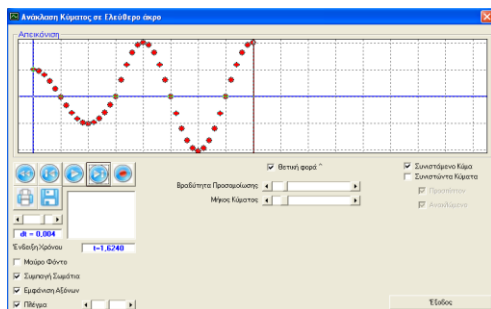
6. Παρουσίαση αρχιτεκτονικής λογισμικού προσομοίωσης / οπτικοποίησης

Τεχνικές προσομοίωσης φυσικών φαινομένων, υλοποίησης διάδρασης, μοντελλοποίησης και οπτικοποίησης σε δύο και τρεις διαστάσεις κατά τρόπο ώστε οι όποιοι περιορισμοί του εν χρήσει υπολογιστικού συστήματος να συμβιβάζονται με τις απαιτήσεις για ταχύτητα και πιστότητα.

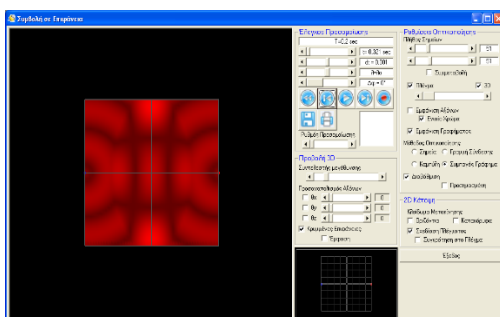
Περιστρεφόμενο διάγραμμα



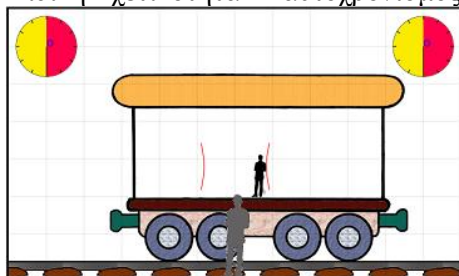
Ανάκλαση Κύματος σε ελεύθερο άκρο



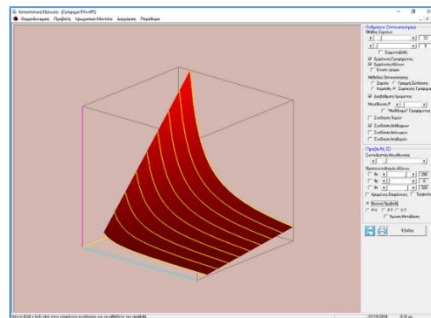
Αλλαγή κυκλικών μετώπων σε κροσσούς



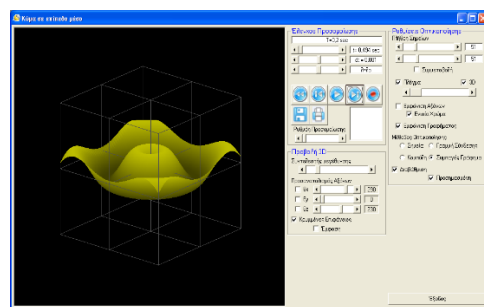
Ειδική Σχετικότητα - Ταυτοχρονισμός



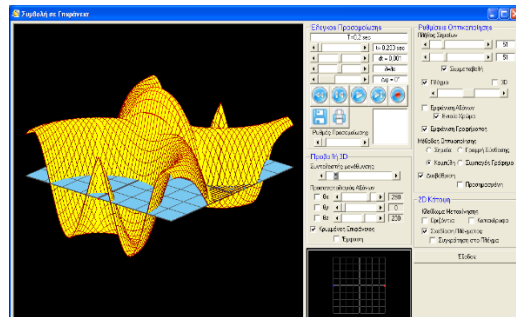
Καταστατική Εξίσωση



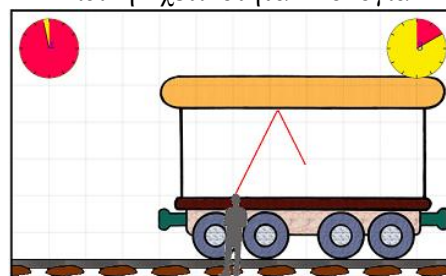
Διάδοση Κύματος σε δύο διαστάσεις



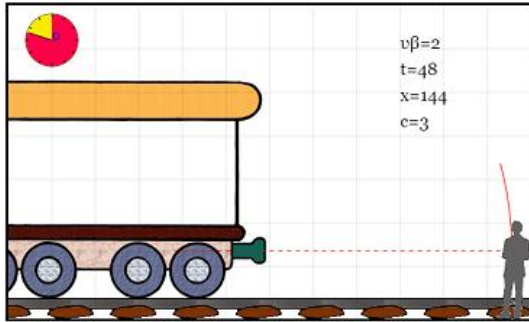
Υπέρθωση κυμάτων σε επιφάνεια



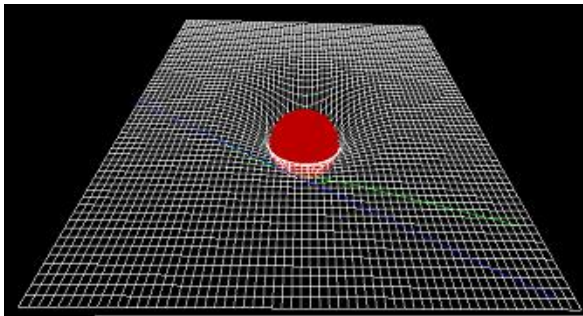
Ειδική Σχετικότητα - Ρολόγια



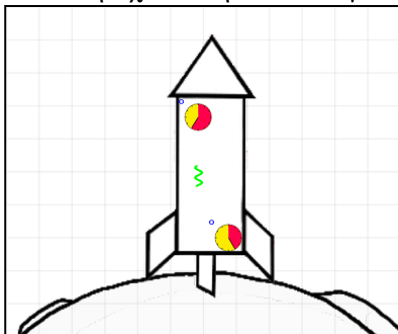
Ειδική Σχετικότητα – Ταχύτητα φωτός



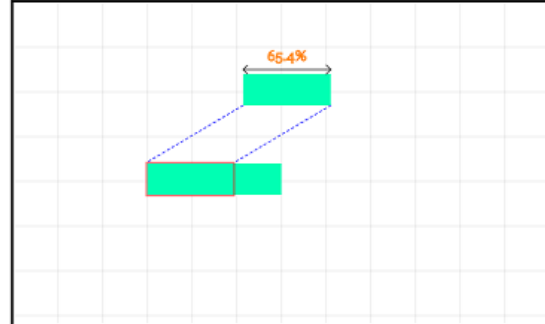
Γενική Σχετικότητα – Χωροχρόνος



Γενική Σχετικότητα – Ρολόγια



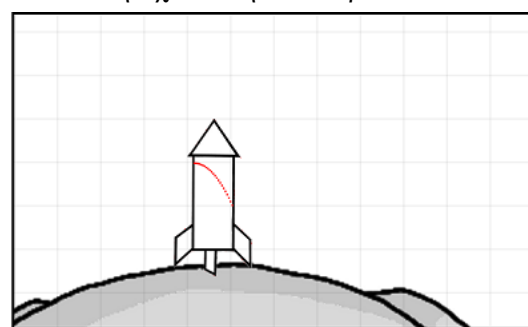
Ειδική Σχετικότητα – Κινούμενη ράβδος



Γενική Σχετικότητα - Ανεγκυστήρας



Γενική Σχετικότητα – Βαρυτικό πεδίο



Βιβλιογραφία

Hamilton, A. J., & Polhemus, G. (2010). Stereoscopic visualization in curved spacetime: seeing deep inside a black hole. *New Journal of Physics*, 12(12), 123027.

McGrath, D., Savage, C., Williamson, M., Wegener, M., & McIntyre, T. (2012, September). Teaching special relativity using virtual reality. In *Proceedings of The Australian Conference on Science and Mathematics Education (formerly UniServe Science Conference)*.

Sherin, Z. W., Cheu, R., Tan, P., & Kortemeyer, G. (2016). Visualizing relativity: The OpenRelativity project. *American Journal of Physics*, 84(5), 369-374.