

Τ.Π.Ε. και Εικονικά Πειράματα Φυσικής – Ένα διδακτικό σενάριο

Αθανάσιος Μπάκας, Φυσικός M.Sc.

Γυμνάσιο Φαιάκων Κέρκυρας
thanasisbakas@sch.gr

Περίληψη

Εικονικό πείραμα Φυσικής είναι αυτό που δεν πραγματοποιείται στο πραγματικό εργαστήριο των Φυσικών Επιστημών, αλλά στο περιβάλλον της οθόνης του Η/Υ, είτε ως ολική προσομοίωση εργαστηρίου (virtual lab), είτε ως μερική προσομοίωση της φυσικής πραγματικότητας. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκει το πακέτο διαδραστικών προσομοιώσεων PhET, το οποίο παρέχει στις διάφορες εφαρμογές του τις κατάλληλες εικονικές πειραματικές διατάξεις, τα απαραίτητα όργανα μέτρησης και την ελευθερία προσαρμογής των παραμέτρων από το χρήστη, ώστε με την κατάλληλη προσέγγιση να μπορούν να επαληθευτούν -ακόμα και να ανακαλυφθούν- νόμοι της Φυσικής, καθώς και άλλων φυσικών επιστημών. Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται ένα διδακτικό σενάριο, το οποίο προβλέπει την εκτέλεση προσομοίωσης πειράματος με τη βοήθεια φύλλου εργασίας, με στόχο οι μαθητές να ανακαλύψουν το νόμο της περιόδου της ταλάντωσης σώματος προσαρτημένου σε ελατήριο.

Λέξεις κλειδιά: Εικονικό Εργαστήριο, Εικονικό Πείραμα, Προσομοίωση, PhET, Φυσικός Νόμος, Φυσικά Μεγέθη, Ανάλογα και Αντιστρόφως Ανάλογα Ποσά, Γραμμική Ταλάντωση, Περίοδος Ταλάντωσης.

1. Εισαγωγή

1.1 Θεωρίες Μάθησης και Διδασκαλία της Φυσικής

Η διδασκαλία της Φυσικής μπορεί να γίνει τόσο με καθαρά θεωρητικό τρόπο, όσο εντάσσοντας το πείραμα στη διαδικασία της μάθησης. Για κάθε ένα από τους δύο τρόπους, υπάρχουν δύο βασικές διδακτικές προσεγγίσεις (Π.Ι., 2011):

Ακολουθώντας τις καλές πρακτικές της θεωρίας του συμπεριφορισμού, ο διδάσκων παρουσιάζει για παράδειγμα ένα φυσικό νόμο, αφού έχει φροντίσει να δημιουργήσει το κατάλληλο ευνοϊκό κλίμα στην τάξη, επικουρούμενος τα τελευταία χρόνια και από τη χρήση των Τ.Π.Ε. Η επιτυχία της διδασκαλίας κρίνεται στη συνέχεια από την ικανότητα που αποκτούν οι μαθητές να λύνουν ασκήσεις και ακόμα περισσότερο να εξηγούν περιστάσεις της καθημερινής ζωής, αφού έχουν πια κατανοήσει ότι η επίλυση ή η εξήγηση απορρέει από το συγκεκριμένο φυσικό νόμο. Στην καλύτερη περίπτωση, μπορεί να ενταχθεί και το πείραμα στη διαδικασία της μάθησης, με το οποίο απλά

επαληθεύεται η αλήθεια του νόμου. Αλλά ακόμα και έτσι, ο μαθητής δεν συμμετέχει στη διαδικασία της ανακάλυψης του φυσικού νόμου.

Αν όμως επιδιώκεται η ενεργή συμμετοχή του μαθητή στην οικοδόμηση της γνώσης, τότε ο διδάσκων θα περιοριστεί να παρουσιάσει στην τάξη μόνο την προαπαιτούμενη πρότερη γνώση, εστιάζοντας στην ακρίβεια της γλώσσας (Lemke, 1990) για την περιγραφή των φυσικών εννοιών και στη μαθηματική λογική στην οποία θα εκφραστεί τελικά ο προς ανακάλυψη νόμος. Έπειτα, μέσω κατάλληλων παραδειγμάτων από την καθημερινή ζωή, ή μέσω εκτέλεσης πειραμάτων χωρίς τη λήψη μετρήσεων, μπορεί ο μαθητής να συνειδητοποιήσει ποια είναι τα φυσικά μεγέθη που εμπλέκονται στον προς ανακάλυψη φυσικό νόμο. Για την τελική όμως ανακάλυψη του φυσικού νόμου, δηλαδή του προσδιορισμού της μαθηματικής εξάρτησης των εμπλεκόμενων φυσικών μεγεθών, είναι αναγκαία στη συνέχεια η εκτέλεση πειράματος με τη λήψη μετρήσεων. (Κόμης κ.α., 2004)

1.2 Το δίλημμα ανάμεσα στο πραγματικό και το εικονικό πείραμα

Σίγουρα, το πραγματικό πείραμα είναι μέρος της φυσικής πραγματικότητας και αυτή η αυθεντικότητά του το κάνει να υπερέχει. Όμως, στο επίπεδο της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης παρουσιάζει πολλές δυσκολίες και ως προς τη δυνατότητα λήψης μετρήσεων, αλλά και ως προς την ακρίβεια αυτών των μετρήσεων. Συγκεκριμένα:

- Οι μαθητές δεν έχουν εξασκηθεί όσο θα έπρεπε στη λήψη μετρήσεων.
- Κάποια π.χ. γρήγορα πειράματα δεν επιτρέπουν τη λήψη μετρήσεων ακριβείας.
- Τα σχολικά εργαστήρια δεν διαθέτουν πάντοτε όργανα μέτρησης της επιθυμητής ακριβείας.
- Τα πραγματικά πειράματα εκτελούνται στο γήινο περιβάλλον, οπότε δεν εξυπηρετούν για την ανακάλυψη των φυσικών νόμων που εξαρτώνται π.χ. από τη βαρύτητα του περιβάλλοντος.

Το εικονικό πείραμα μέσα στο περιβάλλον του H/Y είναι σίγουρα ένα στημένο παιχνίδι, αφού ο δημιουργός του γνώριζε το φυσικό νόμο. Όμως το σημαντικό είναι ότι ο μαθητής δεν τον γνωρίζει. Άλλωστε και η φύση δεν έχει έναν συγκεκριμένο τρόπο που λειτουργεί; Το στοίχημα για τον άνθρωπο ήταν και είναι να τον ανακαλύψει. Το εικονικό πείραμα με τον H/Y είναι ευέλικτο γιατί (EAITY, 2010):

- Παρέχονται όργανα μέτρησης της επιθυμητής ακριβείας στην άμεση εποπτεία των μαθητών. Επιπλέον δίνεται η δυνατότητα «παγώματος» της εξέλιξης του πειράματος, οπότε η λήψη των μετρήσεων πραγματοποιείται με ηρεμία και ακρίβεια.
- Κάποια πειράματα μπορούν να εκτελεστούν σε πιο αργό ή πιο γρήγορο ρυθμό από τον πραγματικό, διευκολύνοντας έτσι την παρακολούθησή τους και τη λήψη μετρήσεων ακριβείας.
- Τα εικονικά πειράματα εκτελούνται ακόμα και σε περιβάλλον που ο πειραματιστής δεν μπορεί να βρεθεί, όπως έξω από το γήινο περιβάλλον, σε ιδανικό περιβάλλον χωρίς τριβή, στο μικρόκοσμο, κλπ.

-Τα πειράματα μέσω του H/Y είναι πιο θεαματικά και ελκυστικά για τους μαθητές.

1.3 Κριτήρια επιλογής του πακέτου προσομοιώσεων PhET

Επέλεξα ως πρώτη επιλογή το πακέτο εικονικών πειραμάτων PhET, το οποίο θεωρήσα ως πιο κατάλληλο, για να προσελκύσω τους μαθητές σ' αυτό το εκπαιδευτικό παιχνίδι (edu-tainment) (Κοντογεωργίου, 2011) της ανακαλυπτικής πειραματικής Φυσικής. Το συγκεκριμένο πακέτο, αν και δεν φθάνει στο επίπεδο των εικονικών εργαστηρίων (ανοιχτά μαθησιακά περιβάλλοντα), ικανοποιεί πολλά από κριτήρια ποιότητας αυτών (Jimoγιannis & Komis, 2001), αφού συγκεντρώνει όλα τα πλεονεκτήματα που ήδη αναφέρθηκαν και επιπλέον:

-Παρέχει έτοιμα περιβάλλοντα και δεν απαιτεί ικανότητες προγραμματισμού του περιβάλλοντος, με σκοπό τη δημιουργία μιας προσομοίωσης ή μιας μοντελοποίησης, όπως στα εξαιρετικά κατά τ' άλλα λογισμικά Interactive Physics και Modellus.

-Κάθε προσομοίωση είναι αυτόνομη εφαρμογή, εστιάζοντας αποκλειστικά σε ένα φαινόμενο.

-Πρόκειται για παραμετρικές προσομοιώσεις, αφού δίνουν τη δυνατότητα μεταβολής κάθε παραμέτρου που επηρεάζει το φαινόμενο.

-Παρέχει στο χρήστη ευκολία αλληλεπίδρασης.

1.4 Αξιολόγηση του πακέτου PhET κατά την εφαρμογή του στη διδασκαλία

Στα πλαίσια του θεσμού της Ερευνητικής Εργασίας (Project) δημιούργησα ένα σύνολο πρωτότυπων διδακτικών σεναρίων που περιλαμβάνουν εικονικά πειράματα και το οποίο δοκίμασα σε δύο διαδοχικά σχολικά έτη στην Α' Λυκείου του 1^{ου} και 5^{ου} Γενικού Λυκείου της Κέρκυρας. Στη συγκεκριμένη τάξη οι μαθητές δεν έχουν ακόμα διδαχθεί ούτε καν με τον παραδοσιακό τρόπο τα αντίστοιχα κεφάλαια της Φυσικής, οπότε έτσι εξασφαλίστηκε ο ανακαλυπτικός χαρακτήρας της προσέγγισής μας. Οι μαθητές ανταποκρίθηκαν με σχεδόν την ίδια μεγάλη επιτυχία και παραπάνω από τις προσδοκίες μου, ιδιαίτερα ως προς τους μαθητές του ενός από τα δύο Λύκεια, δεδομένου του μικρού Μ.Ο. στο μάθημα της Φυσικής. Αυτό το ελπιδοφόρο αποτέλεσμα μου έδωσε το κίνητρο να δημιουργήσω αντίστοιχα πακέτα για το μάθημα της Φυσικής του Γυμνασίου, περιορίζοντας βέβαια τις μαθηματικές απαιτήσεις και δίνοντας μεγαλύτερη έμφαση στην καλλιέργεια της επιστημονικής διαίσθησης των μαθητών. Και εδώ τα αποτελέσματα κρίνονται επιτυχημένα, τόσο που αυτός ο τρόπος προσέγγισης να αποτελεί αναφαίρετο πια κομμάτι της διδασκαλίας μου. Και μόνο το ενδιαφέρον πολλών μαθητών να μεταφορτώσουν στον προσωπικό τους H/Y όλη τη σουίτα των προσομοιώσεων PhET και να την εντάξουν στο παιχνίδι τους στο σπίτι αποτελεί μια επιτυχία της συγκεκριμένης διδακτικής προσέγγισης μέσω του PhET και γενικότερα των Τ.Π.Ε. Επιπλέον, η εκτέλεση των προσομοιώσεων PhET από τους μαθητές μας σε άλλες γλώσσες εκτός της ελληνικής ανέδειξε και μια διαπολιτισμική αξία του συγκεκριμένου πακέτου, ειδικά για τα σχολεία μας, στα οποία φοιτά μεγάλο ποσοστό μαθητών - παιδιών μεταναστών ή μικτών γάμων.

2. Διδακτικό Σενάριο

2.1 Συνοπτική Παρουσίαση του Σεναρίου

Με την εισήγηση αυτή προτείνεται ένα πειραματικό διδακτικό σενάριο με τη χρήση των Τ.Π.Ε., με τίτλο: «Πειραματική ανακάλυψη του νόμου της περιόδου ταλάντωσης σώματος προσαρτημένου σε ελατήριο σε περιβάλλον προσομοίωσης PhET», το οποίο είναι πρωτότυπο και παρουσιάζεται τεκμηριωμένο για πρώτη φορά σ' αυτό εδώ το άρθρο.

Σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών το σενάριο εμπλέκεται στις γνωστικές περιοχές της Φυσικής της Β' και Γ' τάξης του Λυκείου στο κεφάλαιο των ταλαντώσεων και συγκεκριμένα στη διδασκαλία της Γραμμικής Αρμονικής Ταλάντωσης με ιδανικό ελατήριο.

2.2 Οργάνωση της Διδασκαλίας

Η εκτέλεση των εικονικών πειραμάτων γίνεται καλύτερα με την καθοδηγούμενη ομαδοσυνεργατική μέθοδο. Η καθοδήγηση παρέχεται με τις προφορικές οδηγίες και διευκρινήσεις του διδάσκοντα και κυρίως με φύλλο εργασίας που ο διδάσκοντας έχει δημιουργήσει και διανέμει στους μαθητές στην έναρξη της εργαστηριακής άσκησης, ώστε να αποφευχθεί η χωρίς προσανατολισμό ελευθερία πλοήγησης των μαθητών. (Μικρόπουλος, 2002). Ο χωρισμός της τάξης σε ομάδες είναι απαραίτητος για την ανάπτυξη της συνεργατικότητας ανάμεσα στους μαθητές (Ματσαγγούρας, 2011). Ο εκτιμώμενος χρόνος είναι δύο διδακτικές ώρες.

2.3 Απαιτούμενη Υλικοτεχνική Υποδομή

Ο καλύτερος τρόπος εκτέλεσης της διαδικασίας είναι ο μετωπικός στην αίθουσα της πληροφορικής, όπου η κάθε ομάδα εκτελεί το πείραμα στο δικό της Η/Υ (συνεργατικό εργαστήριο). Αν η χρήση της αίθουσας της Πληροφορικής δεν είναι δυνατή, μπορούμε να περιοριστούμε στο Σχολικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, με τη χρήση ενός Η/Υ και του βιντεοπροβολέα (ανακαλυπτική επίδειξη), παροτρύνοντας τους μαθητές να επαναλάβουν το πείραμα στο σπίτι στον προσωπικό τους Η/Υ (Π.Ι., 2011).

Λογισμικό που χρησιμοποιείται: PHet - Δημιουργός: Πανεπιστήμιο του Colorado

-Για online εκτέλεση από: <http://phet.colorado.edu/el/simulations>

(Απαραίτητη η προεγκατάσταση του λογισμικού Java)

-Για offline εκτέλεση προηγείται εγκατάσταση του λογισμικού από:

<http://phet.colorado.edu/el/get-phet/full-install>

(Το πακέτο περιλαμβάνει και το απαραίτητο λογισμικό Java)

3. Διδακτικοί Στόχοι

Με το συγκεκριμένο διδακτικό σενάριο αποσκοπούμε οι μαθητές:

- Να αποκτήσουν εποπτεία της γραμμικής ταλάντωσης και να κατανοήσουν τι είναι η περίοδος της.
- Να εξοικειωθούν με το περιβάλλον του εικονικού εργαστηρίου, αποκτώντας άνεση στον καθορισμό των παραμέτρων μιας προσομοίωσης και στη χρήση των οργάνων μέτρησης για τη λήψη μετρήσεων ακριβείας.
- Να συνειδητοποιήσουν τις σχέσεις αναλόγων και αντιστρόφως αναλόγων ποσών και να εξασκηθούν στον τρόπο διερεύνησης τέτοιων σχέσεων ανάμεσα στα φυσικά μεγέθη.
- Να μάθουν να επεξεργάζονται τις μετρήσεις και να κάνουν γραφικές παραστάσεις, με στόχο την αποκρυπτογράφηση της μαθηματικής σχέσης ανάμεσα στα φυσικά μεγέθη παραμέτρους ενός φυσικού φαινομένου.
- Να συνειδητοποιήσουν ότι οι φυσικοί νόμοι δεν εξάγονται από μια σειρά μαθηματικών συνεπαγωγών, αλλά εφαρμόζοντας την επιστημονική μέθοδο παρατήρηση – υπόθεση – πείραμα – εξαγωγή του φυσικού νόμου (EAITY, 2010).
- Να συνειδητοποιήσουν ότι με την ομαδική εργασία μπορούν να πετύχουν περισσότερα από ό,τι με την ατομική εργασία. Ταυτόχρονα να αναπτύξουν την κοινωνικότητα, μαθαίνοντας να συνεργάζονται και να ανέχονται τη διαφορετικότητα των απόψεων (Ματσαγγούρας, 2011).

4. Εκτέλεση του Σεναρίου

4.1 Ανάκληση προαπαιτούμενων γνώσεων από το Γυμνάσιο

Θέτουμε στην τάξη τα εξής ερωτήματα:

- Ποια η σχέση μάζας m και βάρους w ενός σώματος;
- Τι είναι Περίοδος T της ταλάντωσης;
- Πότε δύο μεγέθη x και y είναι ανάλογα και πότε αντιστρόφως ανάλογα;

Μετά από σχετική συζήτηση ανακαλούνται οι εξής προαπαιτούμενες γνώσεις από το Γυμνάσιο:

- $w = m \cdot g$, όπου g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας.
- Η Περίοδος T της Ταλάντωσης είναι το χρονικό διάστημα, που διαρκεί μια πλήρης ταλάντωση. Προσδιορίζεται π.χ. με τη μέτρηση του χρονικού διαστήματος ανάμεσα σε μια ακραία θέση του σώματος και μέχρι την επόμενη φορά, που θα ξαναβρεθεί σ' αυτή.
- Τα μεγέθη x και y είναι **ανάλογα**, αν σχηματίζουν σταθερό πηλίκο:

$$\frac{y}{x} = \text{σταθερό}$$

(και όχι αυτά που, όταν μεγαλώνει το ένα, μεγαλώνει και το άλλο).

Επεκτείνουμε τον προβληματισμό τότε το y είναι ανάλογο του x^2 και τότε του \sqrt{x} ...
 - Τα μεγέθη x και y είναι **αντιστρόφως ανάλογα**, αν σχηματίζουν σταθερό γινόμενο:

$$y \cdot x = \text{σταθερό}$$

(και όχι αυτά που, όταν μεγαλώνει το ένα, μικραίνει και το άλλο).

Επεκτείνουμε τον προβληματισμό, τότε το y είναι αντιστρόφως ανάλογο του x^2 και τότε του \sqrt{x} ...

4.2 Εξοικείωση με το περιβάλλον της προσομοίωσης

Η είσοδος στο περιβάλλον της προσομοίωσης γίνεται π.χ. online στη διεύθυνση <http://phet.colorado.edu/el/simulations> και στη συνέχεια επιλέγοντας με τη σειρά: Βαρίδια & Ελατήρια > Εκτέλεση Τώρα!, ή κατ' ευθείαν στη διεύθυνση http://phet.colorado.edu/sims/mass-spring-lab/mass-spring-lab_el.html

-Οι μαθητές αρχικά αναγνωρίζουν τις παραμέτρους βαρίδι-μάζα, ελατήριο-σκληρότητα, τύπος εκτέλεσης του πειράματος, τριβή, καθώς και τα όργανα μέτρησης χάρακας και χρονόμετρο.

-Κρεμούν ένα βαρίδι στο ελεύθερο άκρο του ελατηρίου 3 και αμέσως διαπιστώνουν τι είναι ταλάντωση, πώς μπορούν να την παρακολουθούν σε αργή κίνηση ή και να την παύουν προσωρινά και πώς μπορεί η τριβή να προκαλέσει απόσβεση της ταλάντωσης και φέρει γρήγορα το σώμα στη θέση ισορροπίας.

-Προσδιορίζουμε τι είναι η Περίοδος T της ταλάντωσης και δοκιμάζουμε να τη μετρήσουμε με το χρονόμετρο. Εδώ διαπιστώνεται η δυσκολία στη μέτρηση του χρόνου της μιας περιόδου με ακρίβεια, λόγω της ταχύτητας του φαινομένου. Για να βελτιώσουμε την ακρίβεια στη μέτρηση του χρόνου, προτείνουμε ή να γίνεται η παρατήρηση σε αργή κίνηση ή να καταγράφεται το χρονικό διάστημα για 10 ταλαντώσεις και έπειτα να διαιρείται με το 10.

-Προσδιορίζουμε τι είναι το Πλάτος A της ταλάντωσης και πώς το μετράμε με το χάρακα.

Επιπλέον κάνουμε τα εξής σχόλια:

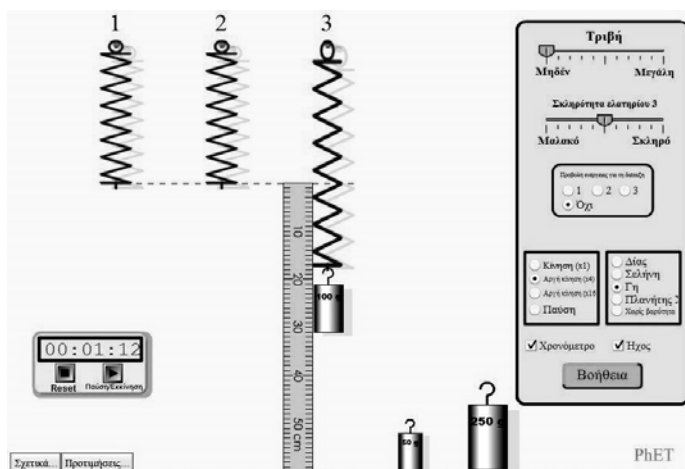
- Ο επιλογέας Τριβή στην αρχή κάθε πειραματικής διαδικασίας τίθεται στη μέγιστη τιμή, ώστε να ισορροπεί το σώμα γρήγορα. Ύστερα τίθεται στη μηδενική τιμή, αφού μελετάμε μόνο ταλαντώσεις χωρίς τριβή (απόσβεση).

- Ο επιλογέας Σκληρότητα του Ελατηρίου 3 δεν είναι βαθμονομημένος, όμως σε άλλο πειραματικό σενάριο στο νόμο του Hooke έχει ήδη προσδιοριστεί η σκληρότητα k του ελατηρίου στις τιμές:

$k_{\mu\alpha\lambda} = 2\text{N/m}$, για μαλακό ελατήριο

$k_{\mu\epsilon\sigma} = 10\text{N/m}$, για μεσαίας σκληρότητας ελατήριο

$k_{\sigma\kappa\lambda} = 50\text{N/m}$, για σκληρό ελατήριο



Εικόνα 1. Περιβάλλον προσομοίωσης πειράματος

- Η επιλογή του πλανήτη δεν δίνει πληροφορίες για τις τιμές της επιτάχυνσης της βαρύτητας, τις οποίες όμως αναζητήσαμε στη βιβλιογραφία, σε περίπτωση που χρειαστούν:

στη Γη, $g = 9,8\text{m/s}^2$

στη Σελήνη, $g = 1,67\text{m/s}^2$

στο Δία, $g = 25,8\text{m/s}^2$

4.3 Εκτέλεση του πειράματος

Μοιράζουμε τα φύλλα εργασίας στους μαθητές.

Ξεκινούμε την πειραματική διαδικασία μέτρησης της Περιόδου T της ταλάντωσης.

Διερευνούμε την εξάρτηση της Περιόδου T από:

- τη μάζα m του σώματος
- τη σταθερά k του ελατηρίου
- το πλάτος της ταλάντωσης A (:μέγιστη απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας)
- την επιτάχυνση της βαρύτητας g του πλανήτη, όπου γίνεται το πείραμα μεταβάλλοντας κάθε φορά έναν μόνο παράγοντα.

Διαπιστώνουμε ότι:

- Η Περίοδος T είναι ανεξάρτητη του πλάτους A της ταλάντωσης.
- Η Περίοδος T είναι ανεξάρτητη της επιτάχυνσης της βαρύτητας g .
- Η Περίοδος T είναι ανάλογη της τετραγωνικής ρίζας της μάζας m του σώματος,

επειδή το πηλίκο T / \sqrt{m} είναι σταθερό.

- Η Περίοδος T είναι αντιστρόφως ανάλογη της τετραγωνικής ρίζας της σταθεράς k του ελατηρίου, επειδή το γινόμενο $T \cdot \sqrt{k}$ είναι σταθερό.

Τελικό Συμπέρασμα: Σώμα μάζας m που είναι προσαρτημένο στο ελεύθερο άκρο ελατηρίου σταθεράς k εκτελεί ταλάντωση με περίοδο T που είναι ανάλογη της \sqrt{m} και αντιστρόφως ανάλογη της \sqrt{k} . Δηλαδή:

$$T \sim \sqrt{\frac{m}{k}} \quad \text{ή} \quad T = \alpha \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Για να προσδιοριστεί το α , παίρνουμε π.χ. τη μέτρηση της T για $m = 0,1\text{Kg}$ και $k_{\text{μεσ}} = 10\text{N/m}$, αντικαθιστούμε στον τύπο και επιλύουμε ως προς α . Βρίσκουμε περίπου 6,28, δηλαδή 2π , δηλαδή 2π . Άρα:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} !!!$$

4.4 Αξιολόγηση του σεναρίου

Η επιτυχία του σεναρίου κρίνεται ουσιαστικά από την ικανότητα που αποκτούν οι μαθητές να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά και με λιγότερη ή χωρίς καθοδήγηση παρόμοιες περιστάσεις. Ζητήθηκε λοιπόν από τους μαθητές να μελετήσουν την περίπτωση του Απλού Εκκρεμούς μέσω της προσομοίωσης PhET – Εργαστήριο Εκκρεμούς (http://phet.colorado.edu/sims/pendulum-lab/pendulum-lab_el.html). Οι μαθητές έδειξαν άνεση με το περιβάλλον της προσομοίωσης, ικανότητα άμεσης αναγνώρισης των παραμέτρων που μπορούν να επηρεάσουν την περίοδο ταλάντωσης και δυνατότητα σχεδιασμού ενός υποτυπώδους φύλλου εργασίας – οδηγού της μελέτης τους.

5. Φύλλο Εργασίας Μαθητή

Μπαίνουμε στη διεύθυνση http://phet.colorado.edu/sims/mass-spring-lab/mass-spring-lab_el.html

Εκτέλεση του πειράματος:

- Απομακρύνουμε τα χρωματιστά βαρίδια.
- Φέρουμε το 0 του χάρακα στο ελεύθερο άκρο του ελατηρίου 3, το οποίο είναι στο φυσικό του μήκος, αφού δεν δέχεται καμία δύναμη.
- Επιλέγουμε να εμφανιστεί το χρονόμετρο.
- Η διαδικασία γίνεται γρήγορα και δυσκολευόμαστε στη μέτρηση του χρόνου, οπότε επιλέγουμε για την εκτέλεση του πειράματος την αργή κίνηση x4.

Σε κάθε περίπτωση, για να περιορίσουμε το σφάλμα στη μέτρηση του χρόνου της μιας περιόδου, μετρούμε το χρονικό διάστημα για 10 πλήρεις ταλαντώσεις και έπειτα διαιρούμε με το 10.

5.1 1^η διδακτική ώρα

• **Πώς εξαρτάται η Περίοδος T από τον τόπο (από την επιτάχυνση g της βαρύτητας);**

- Επιλέγουμε στο ελατήριο 3 μεσαία σκληρότητα και κρεμάμε το σώμα μεσαίας μάζας ($m = 0,1\text{Kg}$).
- Εκτρέπουμε το σώμα από τη θέση ισορροπίας, φέρνοντάς το σε μια ακραία θέση, π.χ. όπου το ελατήριο είναι στο φυσικό του μήκος, και το αφήνουμε ελεύθερο.
- Μετρούμε την Περίοδο T στη Γη, στη Σελήνη και στο Δία.
- Συμπληρώνουμε τον πίνακα:

T (s)	g (m/s^2)
	1,67
	9,8
	25,8

Τι παρατηρούμε;

Απάντηση:

• **Πώς εξαρτάται η Περίοδος T από το πλάτος A της ταλάντωσης;**

- Επιλέγουμε στο ελατήριο 3 μεσαία σκληρότητα και κρεμάμε το σώμα μεσαίας μάζας ($m = 0,1\text{Kg}$).
- Επιλέγουμε το πείραμα να γίνεται στη Γη.
- Εκτρέπουμε το σώμα από τη θέση ισορροπίας, φέρνοντάς το σε διάφορες ακραίες θέσεις, π.χ. 5cm, 10cm και 15cm πάνω από τη θέση ισορροπίας και το αφήνουμε ελεύθερο.
- Μετρούμε την Περίοδο T .
- Συμπληρώνουμε τον πίνακα:

T (s)	A (m)
	0,05
	0,10
	0,15

Τι παρατηρούμε;

Απάντηση:

5.2 2^η διδακτική ώρα:

• **Πώς εξαρτάται η Περίοδος T από τη μάζα m του σώματος;**

- Επιλέγουμε στο ελατήριο 3 τη μεσαία σκληρότητα ($k_{\text{μεσ}} = 10\text{N/m}$).
- Επιλέγουμε το πείραμα να γίνεται στη Γη.

-Κρεμάμε διαδοχικά τα τρία σώματα, τα οποία εκτρέπουμε από τη θέση ισορροπίας και τα φέρνουμε στην ίδια ακραία θέση π.χ. πάνω από τη θέση ισορροπίας, απ' όπου και τα αφήνουμε ελεύθερα.

-Μετρούμε την Περίοδο T .

-Συμπληρώνουμε τον πίνακα:

T (s)	m (Kg)
	0,050
	0,100
	0,150

Ερώτηση: Όταν αυξάνεται η m , αυξάνεται ή ελαττώνεται η T ;

Απάντηση:

Ερώτηση: Η T είναι ανάλογη ή αντιστρόφως ανάλογη της m ;

Απάντηση:

-Συμπληρώνουμε τους πίνακες και ελέγχουμε τη σχέση των $T - m^2$ και $T - \sqrt{m}$:

T (s)	m^2 (Kg ²)

και

T (s)	\sqrt{m} ($\sqrt{\text{Kg}}$)

Ερώτηση: Τελικά, ποια η σχέση ανάμεσα στην T και την m ;

Απάντηση:

• **Πώς εξαρτάται η Περίοδος T από τη σκληρότητα (σταθερά k) του ελατηρίου;**

-Κρεμάμε στο ελατήριο 3 το σώμα μεσαίας μάζας ($m = 0,1\text{Kg}$).

-Επιλέγουμε το πείραμα να γίνεται στη Γη.

-Επιλέγουμε διαδοχικά μικρή, μεσαία και μεγάλη σκληρότητα του ελατηρίου.

-Σε κάθε περίπτωση, εκτρέπουμε το σώμα από τη θέση ισορροπίας και το φέρνουμε στην ίδια ακραία θέση π.χ. πάνω από τη θέση ισορροπίας, απ' όπου και το αφήνουμε ελεύθερο.

-Μετρούμε την Περίοδο T .

-Συμπληρώνουμε τον πίνακα:

T (s)	k (N/m)
	μαλακό: 2
	μεσαίο: 10
	σκληρό: 50

Ερώτηση: Όταν αυξάνεται η k , αυξάνεται ή ελαττώνεται η T ;

Απάντηση:

Ερώτηση: Η T είναι ανάλογη ή αντιστρόφως ανάλογη της k ;

Απάντηση:

-Συμπληρώνουμε τους πίνακες και ελέγχουμε τη σχέση των $T - k^2$ και $T - \sqrt{k}$:

T (s)	k^2 (N ² /m ²)	και	T (s)	\sqrt{k} ($\sqrt{\text{N/m}}$)

Ερώτηση: Τελικά, ποια η σχέση ανάμεσα στην T και την k ;

Απάντηση:

6. Αναφορές

Jimoyiannis, A. & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers and Education*, 36, 183-204.

Lemke J. (1990). *Talking Science*, Ablex Publishing Corporation, Westport, USA.

ΕΑΙΤΥ (2010). *Επιμόρφωση Εκπαιδευτικών για την Αξιοποίηση και Εφαρμογή των ΤΠΕ στη Διδακτική Πράξη, Επιμορφωτικό Υλικό για την Επιμόρφωση των Εκπαιδευτικών στα Κ.Σ.Ε., Τεύχος 5: Κλάδος ΠΕ04, Πάτρα.*

Κόμης Β. κ.α. (2004). Το εκπαιδευτικό λογισμικό μοντελοποίησης στη διδακτική των θετικών επιστημών, *Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση: Ζητήματα Σχεδιασμού και Εφαρμογών, Φιλοσοφικές-Κοινωνικές προεκτάσεις*, Εκδ. Ατραπός, Ε.Ε.Φ., 113-135.

Κοντογεωργίου-Παπανικολάου, Α. (2011). *Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, Ένα παράδειγμα: Η ποιοτική διδακτική προσέγγιση του Κβαντικού Ατομικού Μοντέλου*, Βόλος.

Ματσαγγούρας, Η. κ.α. (2011). *Η Καινοτομία των Ερευνητικών Εργασιών στο Νέο Λύκειο*, ΙΤΥΕ-ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.

Μικρόπουλος, Τ. (2002). Προσομοιώσεις και Οπτικοποιήσεις στην Οικοδόμηση Εννοιών στις Φυσικές Επιστήμες, 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών & Εφαρμογής Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Ρέθυμνο, 371-376.

Π.Ι. (2011). *Μείζον Πρόγραμμα Επιμόρφωσης Εκπαιδευτικών – Α' φάση, Βασικό Επιμορφωτικό Υλικό, Τόμος Β: Ειδικό Μέρος ΠΕ04 Φυσικών Επιστημών.*

Abstract

A virtual Physics experiment is the one that does not take place in a real Physics lab but within the environment of a PC, either as a complete laboratory simulation (“virtual lab”) or as a partial simulation of a physical reality (“simulation”). This second category includes PhET, a set of interactive simulations, which provides in its various applications the appropriate virtual experimental arrangements, the necessary measuring instruments and the freedom to the user for adapting the parameters, so that, by the appropriate approach, physical laws as well as laws of other natural sciences, could be verified and even discovered. This paper presents a scenario-based learning approach for discovering the law of the period of oscillation of a body attached to a spring. During the learning process, a simulation of an experiment is executed with the students being guided by a worksheet.

Key words: Virtual lab, Virtual Experiment, Simulation, PhET, Physical Law, Physical Magnitudes, Proportional and Inversely Proportional Quantities, Linear Oscillation, Period of Oscillation.