

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2015)

4ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία»



**4ο Πανελλήνιο Συνέδριο
«Ένταξη και Χρήση των
ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική
Διαδικασία»**

Θεσσαλονίκη

30 Οκτωβρίου - 1 Νοεμβρίου 2015

**Διδακτικό Σενάριο με Θέμα την Μελέτη των
Θεμελιωδών Μεγεθών και των Εξισώσεων
Κίνησης στην Γραμμική Αρμονική Ταλάντωση
(Γ.Α.Τ.) Συστήματος Ιδανικού Ελατηρίου –
Σώματος με την Χρήση του Λογισμικού
Μοντελοποίησης Interactive Physics**

Γ. Σταύρη

Βιβλιογραφική αναφορά:

Σταύρη Γ. (2022). Διδακτικό Σενάριο με Θέμα την Μελέτη των Θεμελιωδών Μεγεθών και των Εξισώσεων Κίνησης στην Γραμμική Αρμονική Ταλάντωση (Γ.Α.Τ.) Συστήματος Ιδανικού Ελατηρίου – Σώματος με την Χρήση του Λογισμικού Μοντελοποίησης Interactive Physics. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 131–139. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/4305>

Διδακτικό Σενάριο με Θέμα την Μελέτη των Θεμελιωδών Μεγεθών και των Εξισώσεων Κίνησης στην Γραμμική Αρμονική Ταλάντωση (Γ.Α.Τ.) Συστήματος Ιδανικού Ελατηρίου – Σώματος με την Χρήση του Λογισμικού Μοντελοποίησης Interactive Physics

Γ. Σταύρη

filsta61@gmail.com

Περίληψη

Η διερεύνηση των Θεμελιωδών Μεγεθών και Εξισώσεων Κίνησης στην Γραμμική Αρμονική Ταλάντωση πραγματοποιείται με την χρήση εφαρμογής του αλληλεπιδραστικού λογισμικού **Interactive Physics**. Βασίζεται στο διδακτικό τρίπτυχο **Πρόβλεψη– Επιβεβαίωση– Συμπέρασμα**. Υλοποιείται σε ομάδες 2-3 μαθητών ανά Η/Υ με χρήση φύλλων εργασίας. Αφού προσεγγισθούν οι απαραίτητες εισαγωγικές έννοιες, οι μαθητές προβλέπουν την κατάσταση του συστήματος ελατήριο-σφαίρα α) στην Θέση Ισορροπίας, β) σε ελεύθερη κίνηση, απομακρύνοντας το σώμα από την Θ.Ι. Εκτελώντας την προσομοίωση, παρατηρούν και περιγράφουν τα χαρακτηριστικά της κίνησης και τις εμφανιζόμενες δυνάμεις στο σύστημα. Διερευνούν την μεταβολή της απομάκρυνσης, επιτάχυνσης και ταχύτητάς του συναρτήσει του χρόνου μέσω γραφικών παραστάσεων στην οθόνη της προσομοίωσης IP. Συσχετίζοντας με τις αντίστοιχες αλγεβρικές εξισώσεις, καταλήγουν στις εξισώσεις κίνησης που περιγράφουν την Γ.Α.Τ. Καθοδηγούμενοι από ερωτήσεις και πίνακες, καταγράφουν την μεταβολή των ανωτέρω θεμελιωδών μεγεθών στα βασικά στιγμιότυπα της κίνησης. Διατυπώνουν ολοκληρωμένα συμπεράσματα στην ομάδα και στην ολομέλεια.

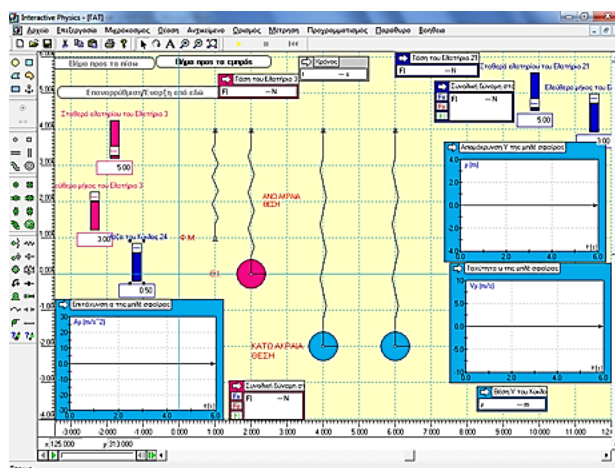
Λέξεις κλειδιά: γραμμική ταλάντωση, εξισώσεις

1. Εισαγωγή

Η μελέτη των θεμελιωδών μεγεθών και εξισώσεων κίνησης στην Γραμμική Αρμονική Ταλάντωση (Γ.Α.Τ.) περιλαμβάνεται στην διδακτέα ύλη της Β' Λυκείου (Αλεξιάκης κ.α., 2006), στο κεφάλαιο Μηχανικές ταλαντώσεις, παρ. Γραμμική Αρμονική Ταλάντωση με ιδανικό ελατήριο (ό.π.). Το Διδακτικό Σενάριο εκπονήθηκε στο πλαίσιο της επιμόρφωσης Β' επιπέδου για την Αξιοποίηση και Εφαρμογή των ΤΠΕ στη Διδακτική Πράξη, ΕΣΠΑ (2007-2013). Αποτελείται από τρία φύλλα εργασίας, οδηγίες για μαθητές και την IP εφαρμογή. Απαιτούνται δύο διδακτικές ώρες για την εφαρμογή έξι δραστηριοτήτων στην τάξη.

Στο διδακτικό σενάριο αναφέρονται οι εμπλεκόμενες γνωστικές περιοχές από Φυσική

και Μαθηματικά, οι πιθανές αντιλήψεις των μαθητών για τα υπό μελέτη φαινόμενα, η οργάνωση της διδασκαλίας όσον αφορά την υλικοτεχνική υποδομή και το μαθητικό περιβάλλον, καθώς και τα πλεονεκτήματα του λογισμικού μοντελοποίησης IP που χρησιμοποιήθηκε. Παρουσιάζονται οι διδακτικοί στόχοι, οι μέθοδοι και η προσέγγιση με την βοήθεια των ΤΠΕ. Περιγράφονται οι δραστηριότητες των ΦΕ και μέσω αυτών η καθοδηγούμενη πορεία των μαθητών προς την γνωριμία της Γραμμικής Αρμονικής Ταλάντωσης και των χαρακτηριστικών της.



Εικόνα 1: Η οθόνη εργασίας στην εφαρμογή προσομοίωσης του IP

2. Παρουσίαση διδακτικού σεναρίου

2.1 Εμπλεκόμενες γνωστικές περιοχές – Προηγούμενες Γνώσεις μαθητών

Στην μελέτη της Γ.Α.Τ. προαπαιτούνται γνωστικές περιοχές από γνωστικά αντικείμενα που διδάχθηκαν σε προηγούμενες γυμνασιακές τάξεις ή σε προηγούμενα μαθήματα όπως:

- Φυσική-Μηχανική/Περιοδικές Κινήσεις/Ταλαντώσεις (Γ' Γυμνασίου),
- Φυσική-Μηχανική: Δυνάμεις/Σύνθεση Δυνάμεων – Θεμελιώδης Νόμος της Μηχανικής – Βάρος– Νόμος του Χούκ (Α' Λυκείου)
- Άλγεβρα – Βασικές μαθηματικές πράξεις,
- Άλγεβρα – Τριγωνομετρία-Τριγωνομετρικές συναρτήσεις (ημιτονοειδής και συνημιτονοειδής) και γραφική παράσταση αυτών (Τα διδάσκονται οι μαθητές στην Β' Λυκείου).

Οι πιο σημαντικές από τις αντιλήψεις των μαθητών για τα υπό μελέτη φαινόμενα κι έννοιες ήταν: 1) Στην γραμμική ταλάντωση το σώμα πηγαίνει όλη την ώρα πάνω σε ευθεία γραμμή, ανάμεσα σε δύο ακραίες θέσεις, 2) Το σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα και δεν υπάρχει επιτάχυνση, 3) Το σώμα πηγαίνει όλη την ώρα με σταθερή επιτάχυνση (ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση – οι περισσότεροι μαθητές), 4) Το σώμα εκτελεί

επιταχυνόμενη κίνηση αλλά όχι ομαλή, συνδέοντας την μη σταθερή επιτάχυνση με την συνισταμένη δύναμη που το κινεί (λίγοι μαθητές), 5) Δεν υπήρξε η παραμικρή υποψία ότι στην Γ.Α.Τ. χρησιμοποιούμε τριγωνομετρικές συναρτήσεις.

2.2 Οργάνωση διδασκαλίας – υλικοτεχνική υποδομή

Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των 2-3 ατόμων με στόχο την συνεργατική – ομαδική μάθηση και την μεταξύ τους κοινωνική αλληλεπίδραση (Π.Ι., EAITY, TEK, 2008). Κάθε ομάδα καθοδηγείται από ένα ΦΕ, όπου καταγράφει τις απαντήσεις της.

Οι ομάδες οργανώνονται έτσι ώστε σε κάθε μία να υπάρχουν μαθητές από κάθε επίπεδο γνώσεων/ικανοτήτων (χαμηλό, μεσαίο, υψηλό) σε Φυσική κι Αλγεβρα. Επίσης να υπάρχει ένας τουλάχιστον μαθητής που γνωρίζει καλά Πληροφορική (χρήση H/Y, χρήση Ιντερνέτ, Λογισμικά γενικής χρήσης) και αρκετά καλά Αγγλικά.

Προτείνεται ως χώρος εφαρμογής το εργαστήριο Πληροφορικής. Αν δεν είναι διαθέσιμοι οι H/Y, τότε εναλλακτικά χρησιμοποιείται το εργαστήριο φυσικών επιστημών με βιντεοπροβολέα και H/Y. Αν είναι εφικτό προτείνεται η χρήση Διαδραστικού πίνακα, ώστε χειριζόμενος ο εκπαιδευτικός την οθόνη του H/Y να έχει άμεση οπτική επικοινωνία με τους μαθητές (όπως στον απλό πίνακα) (Π.Ι., EAITY, TEK, 2010).

2.3 Υποστηρικτικό λογισμικό

Χρησιμοποιείται το λογισμικό **Μοντελοποίησης Interactive Physics**, που αποτελεί ένα κλασικό εργαλείο μοντελοποίησης φαινομένων, κυρίως της Μηχανικής και του Ηλεκτρισμού, χαρακτηριζόμενο ταυτόχρονα και ως σύστημα προσομοιώσεων και προγραμματιζόμενο περιβάλλον (Π.Ι., EAITY, TEK, 2010).

Πέρα από το φιλικό περιβάλλον και την εύκολη εκμάθησή του, αξιοποιεί σε μεγάλο βαθμό την ιδέα των «πολλαπλών αναπαραστάσεων». Οι μαθητές είχαν στη διάθεσή τους όλων των κατηγοριών τις αναπαραστάσεις, όπως διανυσματική, αλγεβρική, γραφική, προσομοίωση, πίνακες τιμών κ.ά., που τις χρησιμοποίησαν με επιτυχία (Π.Ι., EAITY, TEK, 2010). Εκτός αυτού επιλέχθηκε διότι παρέχει την δυνατότητα δοκιμής εναλλακτικών υποθετικών σεναρίων. Οι μαθητές κάνουν προβλέψεις, εκτελούν προσομοιώσεις και βλέπουν άμεσα τα αποτελέσματα. Επιπλέον, ο διδάσκων και οι μαθητές δεν χρειάζεται να γνωρίζουν κάποια γλώσσα προγραμματισμού.

Με την βοήθειά του δημιουργήθηκαν δύο αρχεία προσομοιώσεων: 1) Προβλέψεις-Γ.Α.Τ.ip και 2) Γραμμική Αρμονική Ταλάντωση.ip. Στο πρώτο οι μαθητές έκαναν προβλέψεις σύμφωνα με την ροή των ερωτήσεων στο ΦΕ. Στην οθόνη του δεύτερου αρχείου υπάρχει το ίδιο ιδανικό ελατήριο σε τρεις διαφορετικές καταστάσεις (ίδια σταθερά ελατηρίου, ίδιο φυσικό μήκος).

Το 1^ο ελατήριο είναι στο φυσικό του μήκος χωρίς σφαίρα, το 2^ο έχει κρεμασμένη απλά την κόκκινη σφαίρα στο άκρο του. Το 3^ο το έχουμε επιμηκύνει τραβώντας προς

τα κάτω την σφαίρα. Σε αυτό εμφανίζονται τα διανύσματα (μέτρο και κατεύθυνση) της ταχύτητας και επιτάχυνσης (με διαφορετικά χρώματα) τις χρονικές στιγμές κατά την διάρκεια της κίνησης. Το 3^ο ελατήριο εμφανίζεται και δεύτερη φορά με τα διανύσματα των ασκούμενων δυνάμεων, ώστε να είναι άμεσα κατανοητές οι μεταβολές τους, παράλληλα με τις μεταβολές ταχύτητας κι επιτάχυνσης την ίδια χρονική στιγμή. Οι αντίστοιχες τιμές φαίνονται σε μετρητές στην οθόνη.

Πάνω στην οθόνη υπάρχουν τα κουμπιά ελέγχου «Βήμα προς τα μπρός», «Βήμα προς τα πίσω», «Επαναρρύθμιση/Εναρξη τώρα». Με το «Βήμα προς τα μπρός», οι μαθητές παρακολουθούσαν στιγμή προς στιγμή την κίνηση και τις μεταβολές των μεγεθών που μελετούσαμε. Με το «Επαναρρύθμιση/Εναρξη τώρα» ξεκινά πάλι η προσομοίωση για μεγαλύτερη δυνατότητα παρατηρήσεων.

Υπάρχουν ισάριθμοι μετρητές για την θέση της σφαίρας κατά την κίνηση, τον χρόνο κίνησης, την ταχύτητα, την επιτάχυνση, την Τάση του ελατηρίου (Συμβολίζεται ΣF αντί T), την συνολική δύναμη που ασκείται στο σώμα. Στην οθόνη διακρίνουμε τους μεταβολείς για την σταθερά του ελατηρίου k , το αρχικό του μήκος L_0 και την μάζα m του σώματος. Έχει τεθεί έλεγχος παύσης σε χρόνο λίγο μεγαλύτερο από δύο περιόδους για καλύτερη μελέτη του φαινομένου.

Υπάρχουν τρία πλαίσια για την δημιουργία των αντίστοιχων γραφικών παραστάσεων των συναρτήσεων $y=f(t)$, $u=f(t)$, $a=f(t)$ για την κινούμενη μπλε σφαίρα. Διευκρινίζεται ότι για $t=0$ το σώμα βρίσκεται στην Κάτω Ακραία Θέση (σε επιμήκυνση κατά ψ_0 από την Θ.Ι.). Έτσι στις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις των ανωτέρω συναρτήσεων (ημιτονοειδής, συνημιτονοειδής και αντεστραμμένη ημιτονοειδής) η κίνηση ξεκινά $T/4$ πριν από τις αντίστοιχες του σχολικού βιβλίου.

2.4 Διδακτικοί στόχοι: Γνωστικοί, Δεξιότητων, Στάσεων - Συμπεριφορών

Στους γνωστικούς στόχους ανήκουν:

- Να κατανοήσουν στο σύστημα ιδανικό ελατήριο-σώμα που εκτελεί Γ.Α.Τ. ποιες δυνάμεις εμφανίζονται και πώς μεταβάλλονται (μέτρο και φορά) κατά την ταλάντωση.
- Να διαπιστώσουν μόνοι τους και να κατανοήσουν ότι η Γ.Α.Τ. είναι μία ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση μεταξύ δύο ακραίων θέσεων, με μεταβαλλόμενη επιτάχυνση.
- Να αναγνωρίζουν και να υπολογίζουν την θέση ισορροπίας Θ.Ι.
- Να υπολογίζουν τη συχνότητα, περίοδο και γωνιακή συχνότητα, χρησιμοποιώντας τα πειραματικά δεδομένα
- Να περιγράφουν πώς μεταβάλλεται η απομάκρυνση ψ , η ταχύτητα u και η επιτάχυνση a σε συνάρτηση με τον χρόνο της κίνησης.
- Να εκφράζουν λεκτικά και να ξεχωρίζουν στις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις, πότε η απομάκρυνση ψ , η ταχύτητα u και η επιτάχυνση a παίρνουν τις μέγιστες (κατά απόλυτη τιμή) τιμές τους, πότε μηδενίζονται, τι εκφράζει το θετικό ή το αρνητικό πρόσημο (Αλεξάκης Ν., κ.α., 2006) .

- Να εξηγούν τι εκφράζει κάθε όρος που μετέχει σε αυτές τις εξισώσεις
- Ξεκινώντας από τα πειραματικά δεδομένα μίας προσομοίωσης του IP να βρίσκουν το πλάτος της ταλάντωσης, να υπολογίζουν τα πλάτη της ταχύτητας και της επιτάχυνσης, την περίοδο και κυκλική συχνότητα της κίνησης, να γράφουν τις αντίστοιχες εξισώσεις κίνησης και να σχεδιάζουν τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις (Αλεξιάκης κ.α., 2006).

Στους στόχους δεξιοτήτων περιλαμβάνονται (Π.Ι., EAITY, TEK, 2008) :

- Να εξοικειωθούν οι μαθητές με τη χρήση των εικονικών εργαστηρίων ως μέσου επιστημονικής μελέτης των φαινομένων και την χρήση των αντικειμένων τους.
- Να εξοικειωθούν με τη διαδικασία «πρόβλεψη – πειραματικός έλεγχος/επιβεβαίωση – συμπέρασμα» ως βασικό πυρήνα της πειραματικής διαδικασίας.
- Να εκτιμήσουν την αξία των πολλαπλών αναπαραστάσεων στην μελέτη των φυσικών φαινομένων.

Στους ανωτέρω στόχους προστίθεται η εξοικείωση με συνεργατικές στάσεις και συμπεριφορές (Π.Ι., EAITY, TEK, 2008).

2.5 Διδακτική μέθοδος – Προσέγγιση με την βοήθεια των ΤΠΕ

Το μάθημα οργανώθηκε έτσι ώστε να ευνοείται η κοινωνική αλληλεπίδραση και η συνεργατική – ομαδική μάθηση. Η μάθηση βασίζεται σε προγενέστερες γνώσεις που τροποποιούνται για την παραγωγή της νέας γνώσης (Θεωρία Εποικοδομισμού) (Π.Ι., EAITY, TEK, 2008). Ενισχύεται η **ανακαλυπτική μάθηση** μέσα από την ροή του φύλλου εργασίας, σε ένα περιβάλλον με πολλαπλά ερεθίσματα, με τα οποία ο μαθητής **αλληλεπιδρά**.

Ο μαθητής διερευνά, κάνει υποθέσεις, ανακαλύπτει σταδιακά, εκφράζει απόψεις έστω και λαθεμένες, έρχεται σε σύγκρουση με πιθανά λανθασμένες κοινωνιογνωστικές αντιλήψεις. Τελικά τις επαληθεύει ή τις διαψεύδει και καταλήγει σε συμπεράσματα για τις αρχές και τους νόμους που διέπουν το φαινόμενο που μελετά. Προχωρεί στην κατανόηση με την βοήθεια του καθηγητή, που παίζει τον ρόλο του εμπνευστή-καθοδηγητή (καθοδηγούμενη ανακάλυψη). Η παραπάνω γνωστική μέθοδος συνεργάζεται και με την κοινωνιοπολιτισμική μέθοδο, αφού ο μαθητής λειτουργεί σε ομάδα με συγκεκριμένα κοινωνικά – πολιτισμικά πλαίσια (Π.Ι., EAITY, TEK, 2008).

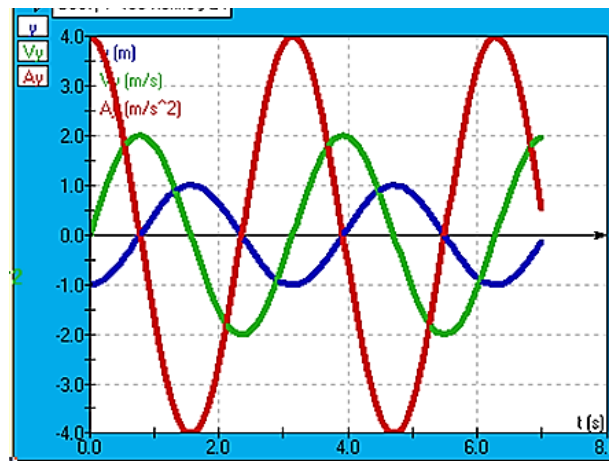
Βασική στρατηγική σε όλες τις δραστηριότητες είναι αυτή που προτείνει στους μαθητές πρώτα να προβλέψουν, στην συνέχεια να επιβεβαιώσουν την ορθότητα των απαντήσεών τους και τέλος να διατυπώσουν συγκεκριμένα συμπεράσματα. Με την προτεινόμενη διδακτική προσέγγιση με την βοήθεια των ΤΠΕ είναι επιθυμητό να αξιοποιηθούν οι δυνατότητες που αυτά προσφέρουν και ιδιαίτερα η χρήση του Interactive Physics, αναδεικνύοντας την προστιθέμενη παιδαγωγική αξία από την χρήση των ΤΠΕ (Π.Ι., EAITY, TEK, 2010), μέσω της διδακτικής - παιδαγωγικής

φυσικά μεγέθη.

Γίνεται θεωρητική παρέμβαση για τον ορισμό της Γ.Α.Τ. και διατύπωση συμπερασμάτων. Καταγράφουν τις σχέσεις που συνδέουν την περίοδο, την συχνότητα και την κυκλική συχνότητα κι αποκτούν πλήρη γνώση (πειραματικά και θεωρητικά) της ολοκληρωμένης μορφής των εξισώσεων κίνησης της Γ.Α.Τ. (Αλεξιάκης κ.α., 2006).

Στο 3^ο ΦΕ διερευνώνται οι εξισώσεις κίνησης και σχεδιάζονται οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις. Σημειώνουν την περίοδο, τις μέγιστες τιμές απομάκρυνσης, ταχύτητας, επιτάχυνσης, καταλήγουν σε συμπεράσματα για τις θετικές κι αρνητικές τιμές τους (Αλεξιάκης κ.α., 2006).

Στην συνέχεια εκτελώντας την προσομοίωση βήμα-βήμα, συμπληρώνουν ένα πίνακα με τις τιμές των y , v , a σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές (0 , $T/4$, $T/2$, $3T/4$, T) (Αλεξιάκης κ.α., 2006). Αν υπάρχει χρόνος, ασχολούνται με μία άσκηση εμπέδωσης: Σε κοινό σύστημα αξόνων παρουσιάζονται οι γραφικές παραστάσεις των μεγεθών. Βάσει αυτών υπολογίζουν τα μέτρα τους, γράφουν τις εξισώσεις κίνησης και τα επαληθεύουν με την χρήση των αντίστοιχων τύπων.



Εικόνα 3: Οι γραφικές παραστάσεις των y , v , a μάζας m σε κοινό σύστημα αξόνων

3.2 Διδακτικοί στόχοι που υλοποιήθηκαν - Δυσκολίες

Οι διδακτικοί στόχοι υλοποιήθηκαν σε πολύ ικανοποιητικό επίπεδο. Οι μαθητές στην πλειοψηφία τους ενθουσιάστηκαν με την χρήση της προσομοίωσης. Έμαθαν πώς από τα πειραματικά δεδομένα και τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις υπολογίζουμε τα θεμελιώδη μεγέθη της Γ.Α.Τ., ορίζουμε τις εξισώσεις κίνησης, και αντιστρόφως με βάση τις εξισώσεις κίνησης σχεδιάζουμε τις γραφικές παραστάσεις. Τέλος κατανόησαν και 'πρακτικά', πέρα από μαθηματικές σχέσεις, πώς μεταβάλλονται τα διανυσματικά μεγέθη της θέσης, της ταχύτητας και της απομάκρυνσης κατά την Γ.Α.Τ. **Οι πολλαπλές αναπαραστάσεις** ενθουσιάζουν τους

μαθητές. Ιδιαίτερος στην ταλάντωση βοηθούν πολύ στην κατανόηση των εξισώσεων κίνησης που άπτονται ειδικών θεμάτων της Άλγεβρας (Τριγωνομετρικές συναρτήσεις). Μερικοί μαθητές δυσκολεύονται να εργαστούν με φύλλα εργασίας. ‘Αδύνατοι’ μαθητές αντιμετώπισαν πρόβλημα στις γραφικές παραστάσεις.

3.3 Συμπεράσματα

Το Interactive Physics αναπτύσσει ένα περιβάλλον φιλικό, ελκυστικό, διαδραστικό με εύκολη εκμάθηση. Βασικός παράγοντας αποτελεσματικής χρήσης των ΦΕ είναι η παραγωγική συζήτηση των απόψεων των μαθητών. Ο καθηγητής έχει το ρόλο του συντονιστή. Το τρίπτυχο Πρόβλεψη – Επιβεβαίωση – Συμπέρασμα σε συνδυασμό με την χρήση των ΤΠΕ ενδείκνυται στην μελέτη των φυσικών φαινομένων (Π.Ι., ΕΑΙΤΥ, ΤΕΚ, 2010).

Τα σημαντικότερα **πλεονεκτήματα του IP** αποδείχθηκε ότι είναι: 1) Δυνατότητα επανάληψης του φαινομένου με παράλληλη εμφάνιση των παραστάσεων και των υπό μελέτη διανυσματικών μεγεθών με τις μεταβολές τους. Αυτό βοήθησε κι ενθουσίασε τους μαθητές, 2) Παρατήρηση φαινομένων που δύσκολα μελετούνται ικανοποιητικά σε πραγματικές συνθήκες, 3) Ταυτόχρονη σύνδεση πολλαπλών αναπαραστάσεων, 4) Αλλαγή μεταβλητών με άμεσο χειρισμό αντικειμένων και παραμέτρων, 5) Πολυπαραμετρικός χειρισμός φυσικών μεγεθών, 6) Προάγει τις συνεργατικές δραστηριότητες, οι μαθητές οδηγούνται σχεδόν μόνοι σε συμπεράσματα.

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ τους επιμορφωτές μου στην επιμόρφωση Β’ επιπέδου κ. κ. Καλφαγιάννη Α. και Ανδρεάδη Α. που με την διδασκαλία τους κατεύθυναν κι ενθάρρυναν την συγγραφή του παρόντος σεναρίου. Επίσης ευχαριστώ την οικογένειά μου που με υπομονή με στήριξε ποικιλοτρόπως στις πολλές εργατοώρες που απαιτήθηκαν για την ολοκλήρωσή του.

Βιβλιογραφία

Αλεξάκης Ν., Αμπατζής Σ., Γκουγκούσης Γ., Κουντούρης Β., Μοσχοβίτης Ν., Οβαδίας Σ., Πετρόχειλος Κ., Σαμπράκος Μ., Ψαλίδας. (2006). *Φυσική Γεν. Παιδείας Β’ Ενιαίου Λυκείου*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.

Π.Ι., ΕΑΙΤΥ, ΤΕΚ (2008). *Επιμορφωτικό Υλικό για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών. Τεύχος 1, Γενικό Μέρος*. Πάτρα: ΕΑΙΤΥ

Π.Ι., ΕΑΙΤΥ, ΤΕΚ (2010). Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση», ΕΣΠΑ (2007-2013) για την Αξιοποίηση και Εφαρμογή των ΤΠΕ στη Διδακτική Πράξη. *Επιμορφωτικό Υλικό για την διδασκαλία και την μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες. Τεύχος 5, κλάδος ΠΕ04*. Β’ Έκδοση. Πάτρα: ΕΑΙΤΥ