

# ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ WIIMOTE ΚΑΙ ΤΟΥ MOTION PLUS ΣΕ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Θ. Πιερράτος<sup>1</sup>, Ε. Κολτσάκης<sup>2</sup>, Ν. Σκουλίδης<sup>3</sup>, Π. Γσακμάκη<sup>4</sup>, Χ. Πολάτογλου<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Εκπαιδευτικός, 2<sup>ο</sup> Γε.Α. Εχεδώρου, [pierratos@gmail.com](mailto:pierratos@gmail.com)

<sup>2</sup> Εκπαιδευτικός, Καλλιτεχνικό Γυμνάσιο Αμπελοκήπων, [ekoltsakis@gmail.com](mailto:ekoltsakis@gmail.com)

<sup>3</sup> Εκπαιδευτικός, Διαπολιτισμικό Γυμνάσιο Ευόσμου, [nskoulid@auth.gr](mailto:nskoulid@auth.gr)

<sup>4</sup> Εκπαιδευτικός, Γυμνάσιο Γουμένισσας, [vtsakmaki@gmail.com](mailto:vtsakmaki@gmail.com)

<sup>5</sup> Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής ΑΠΘ, [hariton@physics.auth.gr](mailto:hariton@physics.auth.gr)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία διερευνώνται δυνατότητες αξιοποίησης, σε εργαστηριακές δραστηριότητες Φυσικής, του wiimote καθώς και του νέου εξαρτήματός του motion plus. Ειδικότερα μελετώνται δυνατότητες εφαρμογών όπως η μελέτη της απλής αρμονικής ταλάντωσης, της ευθύγραμμης κίνησης, της κίνησης στο χώρο και της στροφικής κίνησης στερεού σώματος. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων που προκύπτουν από την πιλοτική εφαρμογή των εφαρμογών είναι ακριβή σε ικανοποιητικό βαθμό και δείχνουν ότι το wiimote μπορεί να αξιοποιηθεί για την πραγματοποίηση μετρήσεων στο σχολικό εργαστήριο φυσικών επιστημών οι οποίες μέχρι σήμερα ήταν αδύνατο να γίνουν ή απαιτούσαν ιδιαίτερα ακριβό εξοπλισμό.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Φυσική είναι πειραματική επιστήμη και οι έννοιες που χρησιμοποιεί είναι προϊόντα αφαίρεσης που έχουν εισαχθεί για να περιγράψουν πειραματικές παρατηρήσεις. Δυστυχώς, για διάφορους λόγους, η διδασκαλία της Φυσικής στα σχολεία της χώρας μας γίνεται συνήθως καθ' έδρα στερώντας από τους μαθητές τη δυνατότητα να στήσουν πειραματικές διατάξεις, να κάνουν μετρήσεις, να οδηγηθούν σε συμπεράσματα, να αντιληφθούν την ανάγκη εισαγωγής των φυσικών εννοιών. Η εισαγωγή των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) που επιχειρείται τα τελευταία χρόνια προσπαθεί να καλύψει αυτές τις αδυναμίες. Όμως τις περισσότερες φορές οι ΤΠΕ εξαντλούνται, τόσο στη συνείδηση των εκπαιδευτικών όσο και στη διδακτική πράξη, στη χρήση προσομοιώσεων πειραμάτων που συνήθως διατίθενται στο διαδίκτυο. Ωστόσο, ειδικά για τη Φυσική, ένα σημαντικό μέρος των ΤΠΕ αποτελούν τα συστήματα συγχρονικής λήψης και απεικόνισης, καθώς επιτρέπουν τη διενέργεια πειραματικών μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο. Τέτοια συστήματα υπάρχουν στα εργαστήρια πολλών Γενικών Λυκείων, για παράδειγμα το Multilog, όμως λόγω του υψηλού κόστους κτήσης υπάρχει ένα μόνο τέτοιο σύστημα σε κάθε σχολείο που χρησιμοποιείται κυρίως για πειράματα επίδειξης. Επίσης το κόστος τους καθιστά απαγορευτική την αγορά του από όσα εργαστήρια δεν το έχουν αποκτήσει μέσω των προγραμμάτων ΕΠΕΑΕΚ, όπως είναι τα εργαστήρια των Γυμνασίων.

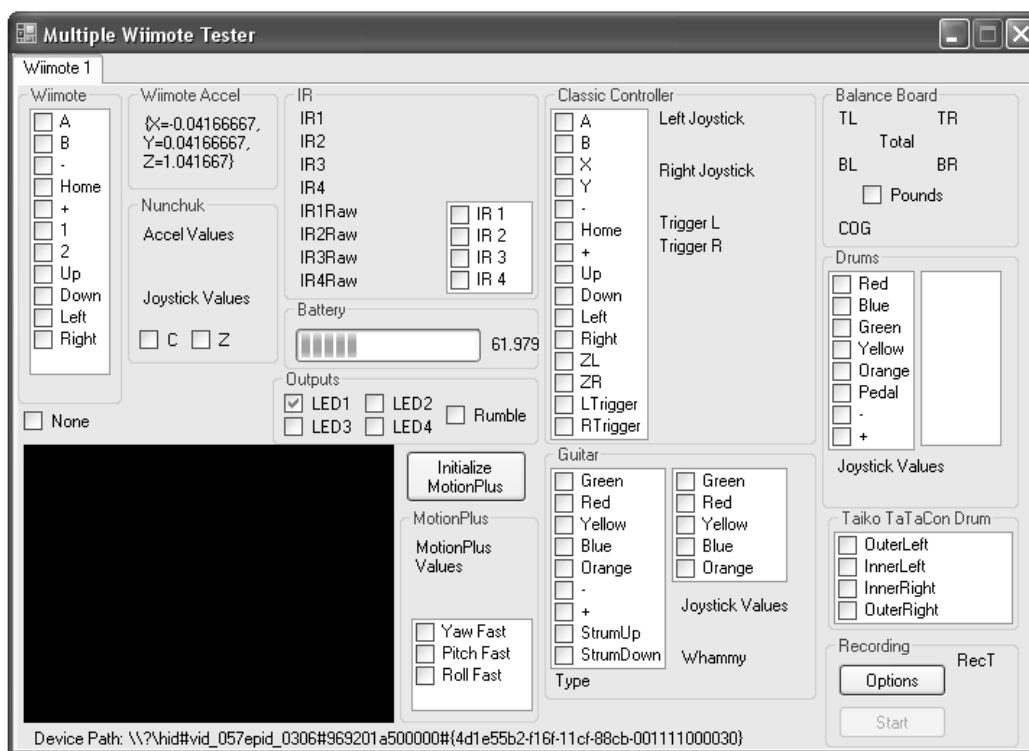
Το wiimote είναι το τηλεχειριστήριο της παιχνιδομηχανής wii της εταιρείας Nintendo (<http://www.nintendo.com/wii/what/controllers#remote>), μιας κονσόλας η οποία υπάρχει πλέον σε δεκάδες εκατομμύρια οικιών παγκοσμίως (Entertainment Software Association, 2009) και σε σημαντικό αριθμό οικιών και στην Ελλάδα. Το wiimote, λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του και της σχετικά χαμηλής τιμής του, έχει γίνει αντικείμενο μελέτης επιστημόνων και εκπαιδευτικών κατά την τελευταία τριετία. Συγκεκριμένα, το wiimote έχει χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή της κεντρομόλου και επιτρόχιας επιτάχυνσης στην κυκλική κίνηση (Somers et al, 2009), στην μελέτη της κίνησης εκκρεμούς (Vannoni and Straulino, 2007), στην μελέτη της κίνησης μέσα σε ασανσέρ, στην αιώρηση κούνιας και την ολίσθηση σε τσουλήθρα (Πριμεράκης, 2008). Επίσης πρόσφατο αποτέλεσμα της διερεύνησης των δυνατοτήτων του αποτελεί η ιδιοκατασκευή διαδραστικών πινάκων (Lee, 2009) με κόστος μικρότερο των 50€, σε μεγάλο αριθμό σχολικών αιθουσών, τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό.

Το wiimote διαθέτει δυο επιταχυνσιόμετρα τα οποία μπορούν να καταγράφουν πληροφορίες για την κίνηση στις 3 διαστάσεις σε εύρος  $\pm 3g$  με ευαισθησία 10% (Vannoni and Straulino, 2007), όπου  $g$  είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας. Διαθέτει επίσης κάμερα υπερέυθρων υψηλής ανάλυσης, 1024x768 εικονοστοιχείων, μέσω της οποίας μπορούν να καταγράφονται δεδομένα για την κίνηση μέχρι και τεσσάρων –συγχρόνως– πηγών υπερέυθρης ακτινοβολίας. Καταγράφοντας τις συντεταγμένες των πηγών υπερέυθρου μπορεί να προσδιοριστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η θέση ενός κινούμενου αντικειμένου από ό,τι διαβάζοντας μόνο τις τιμές του επιταχυνσιόμετρου, ειδικά σε μικρές επιταχύνσεις. Ως πηγή υπερέυθρου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα LED υπερέυθρου που τροφοδοτείται ενεργειακά από μια απλή μπαταρία τύπου AA. Το motion plus διαθέτει δυο γυροσκόπια, μέσω των οποίων μπορεί να καταγράφονται δεδομένα

για την περιστροφή γύρω από τρεις άξονες. Όλα αυτά τα δεδομένα αποστέλλονται από το wiimote σε H/Y, μέσω διασύνδεσης Bluetooth.

Καταρχήν, η συσκευή αυτή έχει σχεδιαστεί για να συνεργάζεται μόνο με την κύρια κονσόλα της παιχνιδομηχανής Nintendo. Όμως από τη στιγμή που η συσκευή χρησιμοποιεί το καθιερωμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας Bluetooth είναι δυνατό να γραφεί λογισμικό καταγραφής των δεδομένων. Τέτοιο λογισμικό υπάρχει ήδη ελεύθερα διαθέσιμο στο διαδίκτυο (Peek, 2009; Kenner, 2009). Για τις ανάγκες αυτής της εργασίας έχουμε αναπτύξει επιπρόσθετο λογισμικό στη γλώσσα προγραμματισμού C#, το οποίο μπορεί να λαμβάνει αυτά τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και να τα αποθηκεύει, καθιστώντας δελεαστική την προοπτική να αξιοποιηθεί το wiimote για την πραγματοποίηση εργαστηριακών δραστηριοτήτων φυσικής. Η μεγάλη μάλιστα εξάπλωση της συγκεκριμένης παιχνιδομηχανής και στην Ελλάδα παρέχει τη δυνατότητα σε όσους μαθητές διαθέτουν αυτό το χειριστήριο να το χρησιμοποιήσουν ως σύστημα συγχρονικής λήψης και απεικόνισης για πειράματα που μπορούν να κάνουν ακόμη και στο σπίτι τους υπό μορφή καθοδηγούμενων από φύλλα εργασίας εργαστηριακών ασκήσεων ή/και ελεύθερης διερεύνησης. Επιπλέον, το μικρό κόστος της συσκευής (περίπου 50€) καθιστά εύκολη την απόκτησή του από τα σχολικά εργαστήρια σε ποσότητες ικανές να υποστηρίξουν ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες.

Στις εφαρμογές που περιγράφονται παρακάτω αξιοποιήσαμε το λογισμικό WiimoteLib (<http://wiimotelib.codeplex.com/>) το οποίο είναι διαθέσιμο τόσο σε εκτελέσιμη μορφή όσο και σε μορφή κώδικα σε γλώσσα C#. Το λογισμικό αυτό παραθέτει σε πραγματικό χρόνο τις τιμές των αισθητήρων του wiimote στην οθόνη. Έτσι χρειάστηκε να επέμβουμε στον κώδικα και να τον τροποποιήσουμε ώστε να μπορούμε να αποθηκεύουμε σε αρχεία τύπου .txt τις τιμές της επιτάχυνσης σε 3 διευθύνσεις, τις τιμές των γυροσκοπίων σε τρεις διευθύνσεις, καθώς και τις συντεταγμένες μέχρι τεσσάρων υπέρυθρων πηγών που καταγράφει η κάμερα (Εικόνα 1).



Εικόνα 1. Το τροποποιημένο περιβάλλον του προγράμματος WiimoteLib

## ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΟΥ WIIMOTE

### A. Ταλάντωση

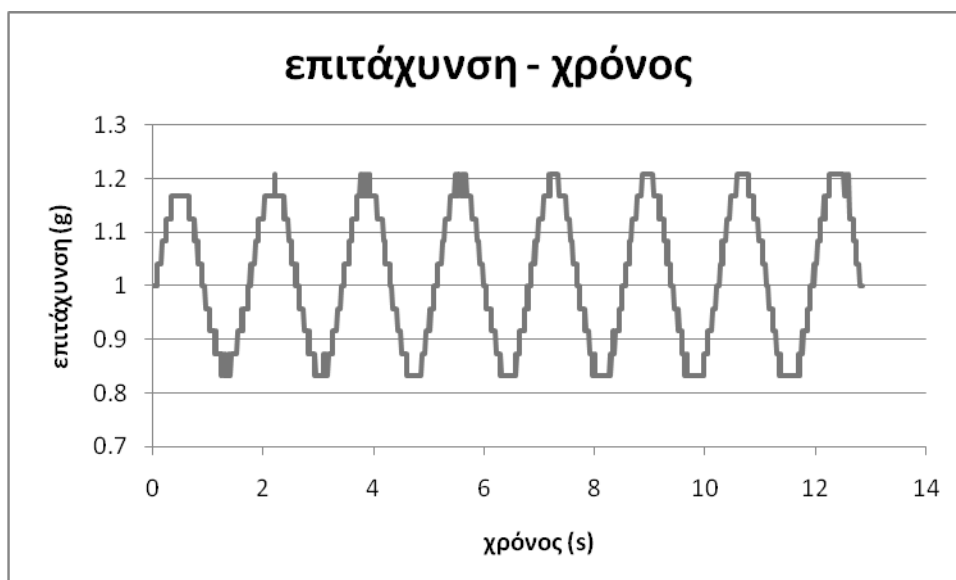
Το wiimote αναρτήθηκε από κατακόρυφο ελατήριο (Εικόνα 2), εξετράπη από τη θέση ισορροπίας του και αφέθηκε ελεύθερο να εκτελέσει ταλάντωση. Κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης καταγράφονταν ασύρματα μέσω του λογισμικού WiimoteLib οι τιμές της επιτάχυνσης κατά τη διεύθυνση τριών αξόνων. Στο σχήμα 1 αναπαριστώνται οι τιμές της επιτάχυνσης στην κατακόρυφη διεύθυνση σε συνάρτηση με το χρόνο.

Το wiimote μετράει την επιτάχυνση σε μονάδες επιτάχυνσης της βαρύτητας  $g$ . Όταν το ταλαντευόμενο σώμα είναι στη θέση ισορροπίας η επιτάχυνση που δέχεται είναι ίση με  $g$ , ενώ στις ακραίες θέσεις γίνεται μέγιστη κατά απόλυτη τιμή. Με τη βοήθεια των γραφικών παραστάσεων που προκύπτουν οι μαθητές μπορούν να υπολογίσουν την περίοδο της ταλάντωσης και μέσω του πλάτους επιτάχυνσης, το πλάτος της ταλάντωσης.

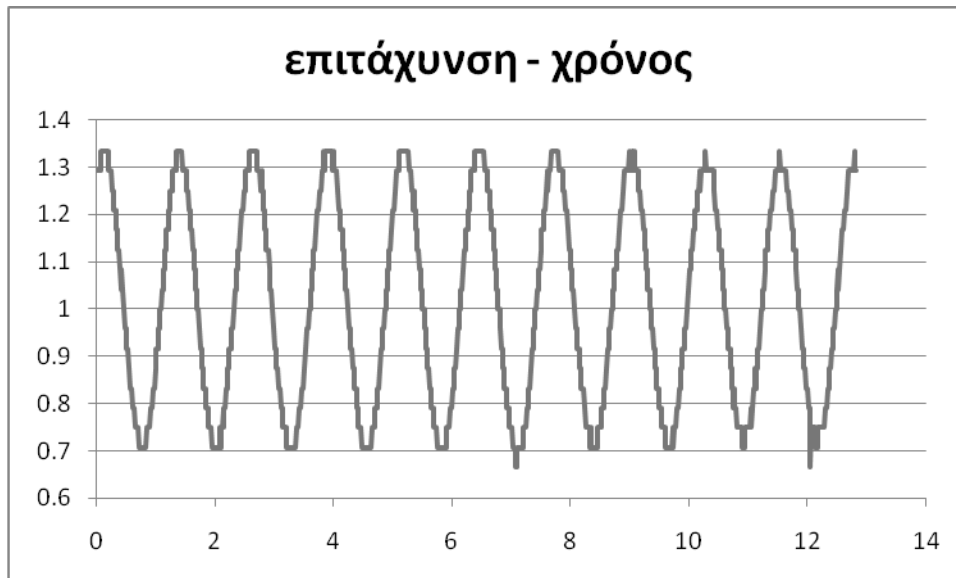


Εικόνα 2. Το wiimote εκτελεί ταλάντωση

Αλλάζοντας το ελατήριο μεταβάλλεται η περίοδος ταλάντωσης καθώς και η μέγιστη επιτάχυνση για δεδομένο πλάτος ταλάντωσης (σχήμα 2). Εύκολα επίσης επιδεικνύεται η ανεξαρτησία της περιόδου από το πλάτος ταλάντωσης, ενώ γνωρίζοντας (από ζύγιση) τη μάζα του wiimote μπορεί να υπολογιστεί η σταθερά του ελατηρίου (και αντίστροφα).



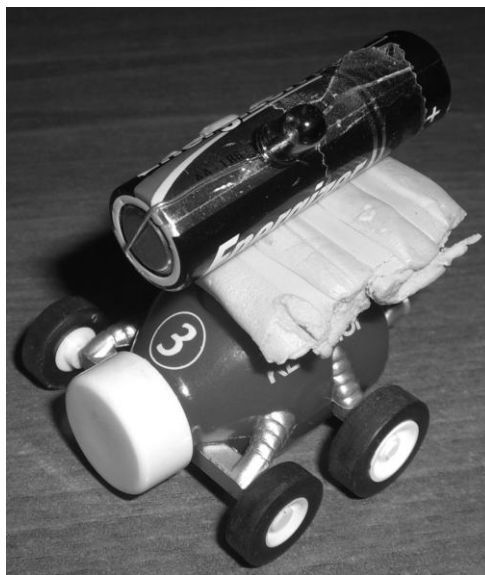
Σχήμα 1. Γραφική αναπαράσταση της επιτάχυνσης με το χρόνο για ελατήριο με σταθερά  $k_1$



Σχήμα 2. Γραφική αναπαράσταση της επιτάχυνσης με το χρόνο για ελατήριο με σταθερά  $k_2 > k_1$

### B. Ευθύγραμμη κίνηση

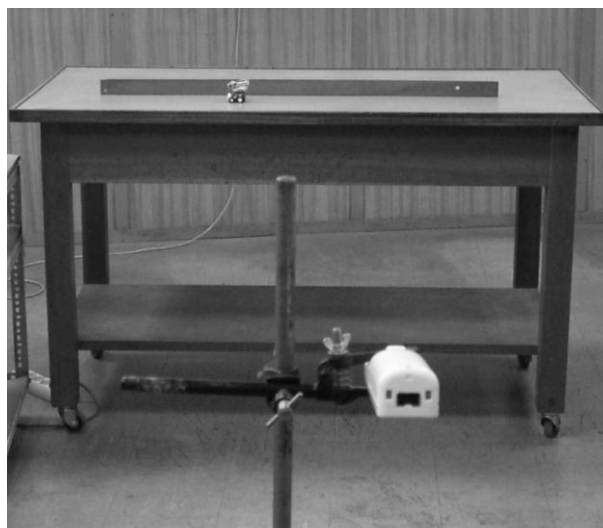
Σε ένα παιδικό παιχνίδι - αυτοκίνητο στερεώθηκε με πλαστελίνη ένα LED υπερύθρου συνδεδεμένο με μπαταρία 1.5V τύπου AA (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Παιδικό παιχνίδι - αυτοκίνητο με LED και μπαταρία

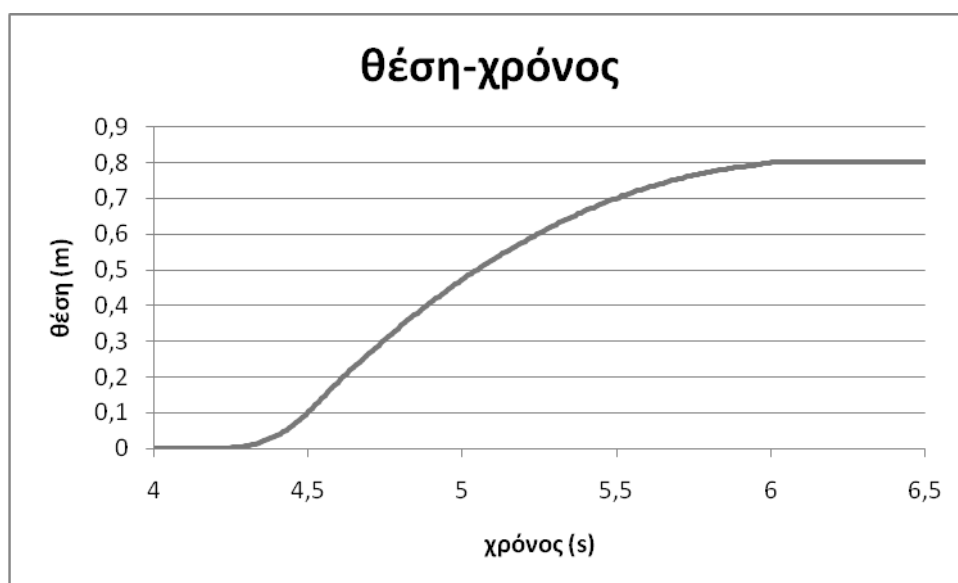
Σε απόσταση 4 μέτρων τοποθετήθηκε το wiimote προσανατολισμένο έτσι ώστε η ενσωματωμένη κάμερα να εστιάζει το χώρο στον οποίο κινείται το αυτοκίνητο, με τον άξονά του κάθετο στην πορεία που μπορεί να κινηθεί το αυτοκίνητο (Εικόνα 4).

Αρχικά το αυτοκίνητο είναι ακίνητο και η κάμερα αντιστοιχεί την πληροφορία που προσλαμβάνει από το LED για τη θέση του σε ένα εικονοστοιχείο (pixel) με καρτεσιανές συντεταγμένες  $x_0, y_0$ . Ωθούμε το αυτοκίνητο και αυτό κινείται ευθύγραμμα διανύοντας απόσταση  $d$ , η οποία μετρείται με τη βοήθεια μεζούρας, ώσπου σταματάει σε θέση με συντεταγμένες  $x_1, y_1$ . Φροντίζουμε να έχουμε προσανατολίσει έτσι την κάμερα ώστε κατά την κίνηση του αυτοκινήτου να μεταβάλλεται ελάχιστα η συντεταγμένη  $y$ , άρα να ισχύει  $y_0 \approx y_1$ . Τότε η μετατόπιση του αυτοκινήτου (σε εικονοστοιχεία) ισούται με  $\Delta x = x_1 - x_0 = d$ . Η σχέση αυτή χρησιμοποιείται για τη βαθμονόμηση των δεδομένων που συλλέγονται. Πράγματι, κατά την κίνηση του αυτοκινήτου (άρα και του LED) το wiimote καταγράφει, με ρυθμό 100 μετρήσεις ανά δευτερόλεπτο, τη θέση του.



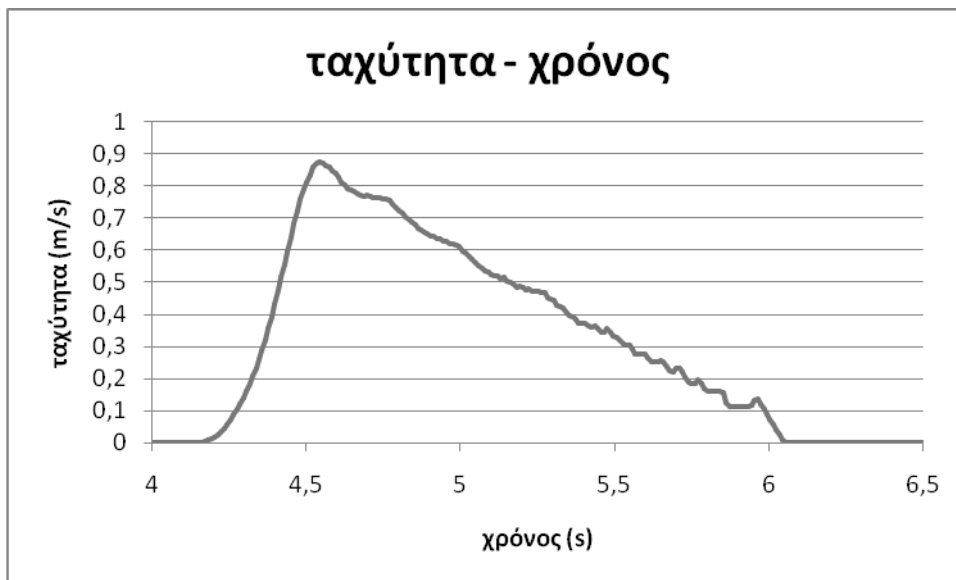
Εικόνα 4. Η πειραματική διάταξη

Τα δεδομένα είναι αριθμοί από το 8 έως το 1016 που αντιστοιχούν στο εκάστοτε εικονοστοιχείο που ενεργοποιείται από το LED. Για τη βαθμονόμηση των δεδομένων αφαιρείται από όλες τις τιμές θέσης η αρχική τιμή ( $x_i' = x_i - x_0$ ) θέτοντας με αυτό τον τρόπο την αρχική θέση ως αρχή του άξονα συντεταγμένων. Στη συνέχεια κάθε τιμή  $x_i'$  πολλαπλασιάζεται με τον παράγοντα  $d/x_1'$  ώστε οι τιμές να αναχθούν σε θέσεις στον άξονα συντεταγμένων, μετρημένες σε μέτρα. Η αναπαράσταση της θέσης σε συνάρτηση με το χρόνο έχει τη μορφή που φαίνεται στο σχήμα 3.



Σχήμα 3. Η θέση σε συνάρτηση με το χρόνο παιδικού παιχνιδιού – αυτοκινήτου

Όπως φαίνεται από το σχήμα η κίνηση είναι αρχικά επιταχυνόμενη, λόγω της ώθησης που ασκήθηκε στο κινητό και στη συνέχεια επιβραδυνόμενη. Για να υπολογίσουμε την ταχύτητα του αυτοκινήτου χρησιμοποιούμε τη σχέση  $v = \Delta x / \Delta t$  την οποία εφαρμόζουμε για όλα τα διαδοχικά ζευγάρια θέσεων και των αντίστοιχων χρονικών στιγμών που έχουμε συλλέξει. Έτσι προκύπτει η ταχύτητα του αυτοκινήτου σε συνάρτηση με το χρόνο (Σχήμα 4). Οι μαθητές μπορούν να υπολογίσουν από την κλίση της γραφικής παράστασης της ταχύτητας την επιτάχυνση του αυτοκινήτου για τα δύο είδη κίνησης και γνωρίζοντας τη μάζα του μπορούν να υπολογίσουν το μέτρο της τριβής που το επιβραδύνει και στη συνέχεια τον αντίστοιχο συντελεστή τριβής.



Σχήμα 4. Η ταχύτητα σε συνάρτηση με το χρόνο του παιδικού παιχνιδιού - αυτοκινήτου

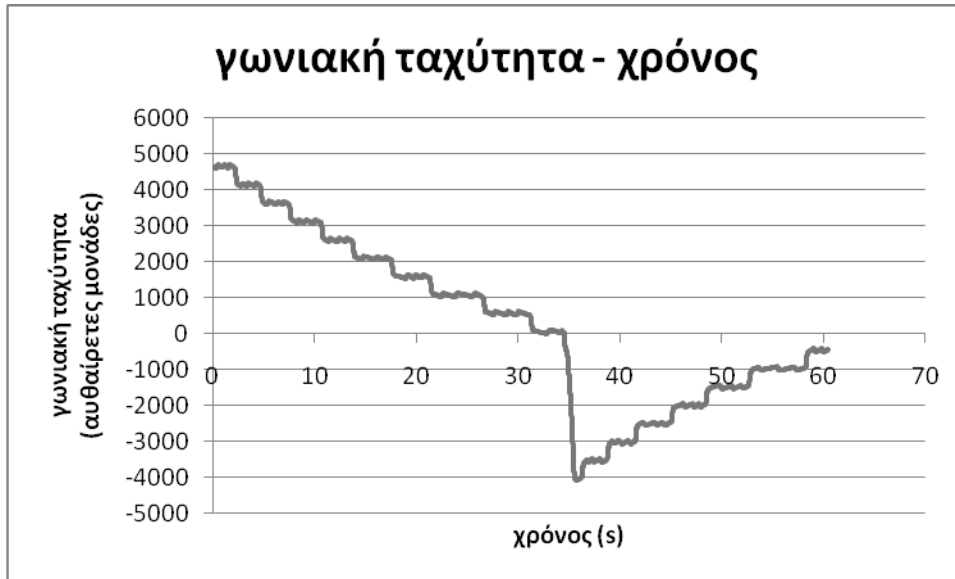
### Γ. Περιστροφική κίνηση

Μία ρόδα ποδηλάτου τοποθετήθηκε με τον άξονα περιστροφής της κατακόρυφο και στην περιφέρειά της προσδέθηκε το wiimote (Εικόνα 5). Η ρόδα τέθηκε σε περιστροφή και μετρήθηκε η γωνιακή της ταχύτητα περιστροφής σε συνάρτηση με το χρόνο, χάρη στα δεδομένα που συλλέγει ο αισθητήρας motionplus. Μόλις η ρόδα ακινητοποιήθηκε ασκήθηκε σε αυτήν ροπή η οποία την έθεσε σε περιστροφική κίνηση αντίθετης φοράς από την αρχική. Οι τιμές της γωνιακής ταχύτητας, σε αυθαίρετες μονάδες, σε συνάρτηση με το χρόνο αναπαριστώνται στο σχήμα 5.



Εικόνα 5. Το wiimote δεμένο σε ρόδα ποδηλάτου που περιστρέφεται σε επίπεδο παράλληλο προς το έδαφος

Από την κλίση της γραφικής παράστασης οι μαθητές μπορούν να υπολογίσουν τη γωνιακή επιτάχυνση της ρόδας για τα τρία είδη κίνησης που πραγματοποιεί, σε αυθαίρετες μονάδες. Οι γραφικές παραστάσεις, όπως η συγκεκριμένη, στις οποίες το στερεό σώμα αλλάζει φορά περιστροφής δημιουργεί, σύμφωνα με τη διδακτική εμπειρία μας, δυσκολίες κατανόησης στους μαθητές. Η δυνατότητα που προσφέρει η χρήση του αισθητήρα motionplus για τη σύνδεση της γραφικής παράστασης με την κίνηση της ρόδας σε πραγματικό χρόνο, θεωρούμε ότι μπορεί να συνδράμει στην ορθότερη οικοδόμηση από τους μαθητές των εννοιών της στροφικής κίνησης στερεού σώματος.

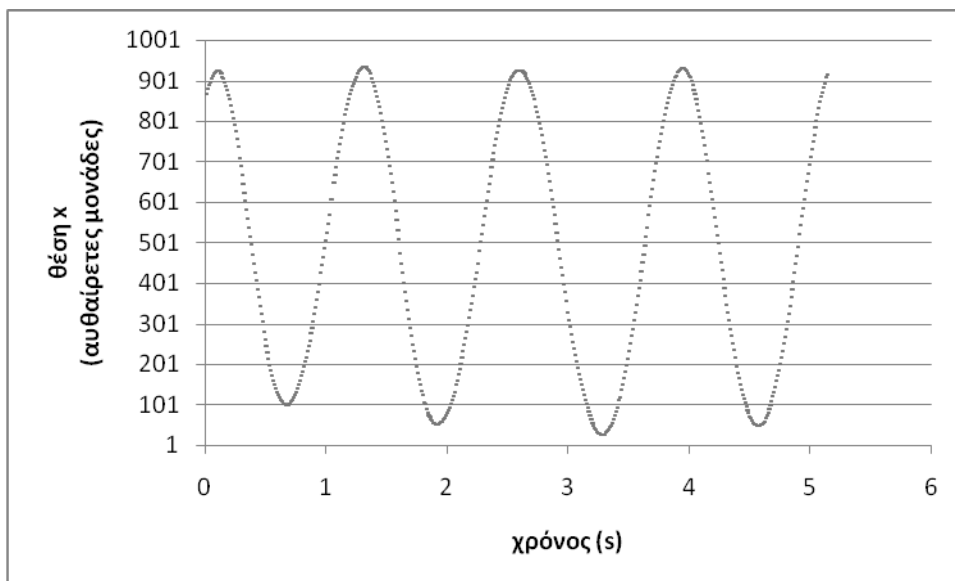


Σχήμα 5. Η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής της ρόδας σε συνάρτηση με το χρόνο

#### Δ. Κίνηση στο χώρο

Πέρα από τις ποσοτικές μετρήσεις που μπορούν γίνουν με το wiimote παρέχεται η δυνατότητα να εκπληρωθούν διάφοροι ψυχοκινητικοί στόχοι της διδασκαλίας της Φυσικής, ιδιαίτερα για μικρότερους μαθητές. Ενδεικτικά, οι μαθητές μπορούν να κινηθούν με διάφορους τρόπους μέσα στο πεδίο της κάμερας έχοντας προσαρτημένο, για παράδειγμα, στη ζώνη τους ένα LED με την μπαταρία του, ώστε να καταγράφεται η δική τους κίνηση στο χώρο και στη συνέχεια να αναπαριστάται γραφικά σε συνάρτηση με το χρόνο. Μπορεί να ζητηθεί από τους μαθητές να κινηθούν με σταθερό ή μεταβαλλόμενο βηματισμό, να κινηθούν κυκλικά, να χοροπηδήσουν, να κινηθούν κάθετα στον άξονα της κάμερας ή σχηματίζοντας γωνία με αυτόν. Η γραφική απεικόνιση των κινήσεων τους θεωρούμε ότι μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να αντιληφθούν το φυσικό περιεχόμενο των γραφικών παραστάσεων με τρόπο πρωτότυπο και βιωματικό.

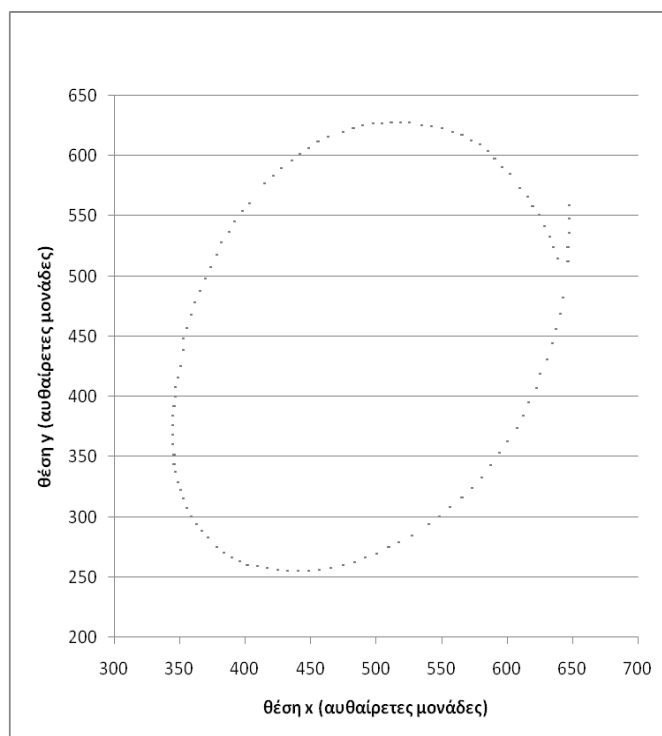
Στο σχήμα 6 αναπαριστάται η ταλαντευτική κίνηση που κατέγραψε το wiimote όταν ένας μαθητής κινούσε το χέρι του περιοδικά μπροστά από την κάμερα. Η γραφική παράσταση δίνει τη δυνατότητα να συζητηθούν όλα τα βασικά χαρακτηριστικά της ταλάντωσης.



Σχήμα 6. Ταλαντευτική κίνηση με το χέρι όπως καταγράφεται από το wiimote

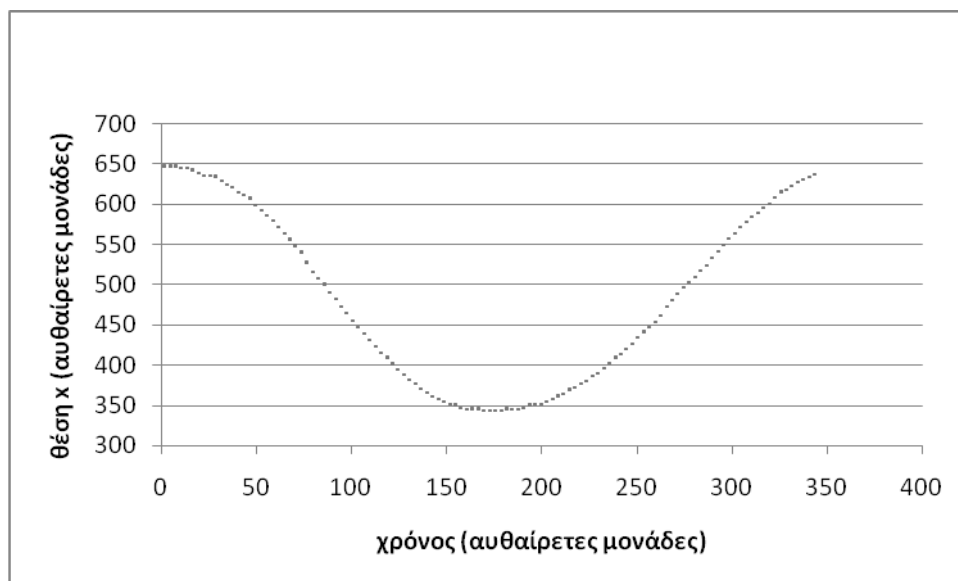
Πέρα από το πλάτος και την περίοδο, η συσσώρευση των σημείων που παρατηρείται στις κορυφές και τις κοιλάδες και η μεγαλύτερη απόσταση των σημείων κοντά στη θέση ισορροπίας μπορεί να οδηγήσει αβίαστα στη διαπραγμάτευση της έννοιας ταχύτητα, χωρίς τη χρήση μαθηματικού μοντέλου.

Από άλλο μαθητή ζητήθηκε να προσπαθήσει να διαγράψει έναν κύκλο με το χέρι του, κρατώντας το αναμμένο LED μπροστά από την κάμερα του wiimote. Τα δεδομένα που προέκυψαν φαίνονται στο σχήμα 7.



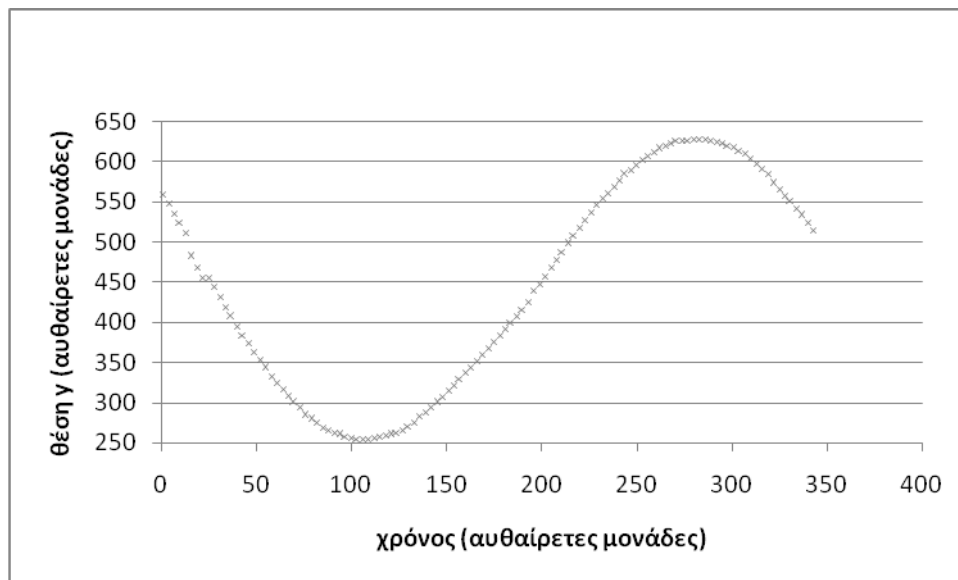
Σχήμα 7. «Κυκλική» κίνηση με το χέρι όπως καταγράφεται από το wiimote

Αναπαριστώντας τις θέσεις  $x$  και  $y$  σε συνάρτηση με το χρόνο, σε αυθαίρετες μονάδες, προκύπτουν οι γραφικές παραστάσεις των σχημάτων 8 και 9 αντίστοιχα. Από αυτές γίνεται φανερό, χωρίς και πάλι να χρησιμοποιηθεί κάποιο μαθηματικό μοντέλο, ότι μια κυκλική κίνηση συνίσταται από δυο περιοδικές κινήσεις, μια με μορφή συνημίτονου και μια με μορφή ημιτόνου.



Σχήμα 8. Η προβολή μιας κυκλικής κίνησης στον άξονα  $x$  είναι συνημιτονοειδής





Σχήμα 9. Η προβολή μιας κυκλικής κίνησης στον άξονα y είναι ημιτονοειδής

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το wiimote αξιοποιήθηκε στην παρούσα εργασία προκειμένου να διερευνηθεί το ενδεχόμενο χρήσης του στο εργαστήριο φυσικών επιστημών για την υποστήριξη εργαστηριακών δραστηριοτήτων. Από τις εφαρμογές που παρουσιάστηκαν φαίνεται ότι η συσκευή μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την ποιοτική εισαγωγή φυσικών εννοιών όσο και για τη διεξαγωγή ποσοτικών μετρήσεων με ικανοποιητική ακρίβεια. Κάποια από τα προβλήματα που απομένουν να λυθούν είναι η βαθμονόμηση της περιστροφικής κίνησης και η ανάπτυξη ενός γραφικού περιβάλλοντος εργασίας που θα έκανε ευκολότερη την απευθείας επεξεργασία των μετρήσεων από τους μαθητές, χωρίς να απαιτείται η προσφυγή σε κάποιο πρόγραμμα διαχείρισης φύλλων εργασίας (Excel).

Πέρα από όσες δυνατότητες αξιοποίησής του παρουσιάστηκαν, θα μπορούσε, ενδεικτικά, να χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη της ελεύθερης πτώσης, της ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης, για την μελέτη της ταυτόχρονης κίνησης μέχρι τεσσάρων μαθητών εφοδιασμένων με LED υπερύθρου, για την καταγραφή της αρχής διατήρησης ορμής, για τη μελέτη της αρχής διατήρησης της ενέργειας στην περιστροφική κίνηση.

Τα πλεονεκτήματα του wiimote είναι η ιδιαίτερα χαμηλή τιμή διάθεσής του, το γεγονός ότι συνοδεύεται από ελεύθερο λογισμικό που διατίθεται στο διαδίκτυο, είναι εξοπλισμένο με αισθητήρες που επιτρέπουν τη μέτρηση μεγεθών που σχετίζονται με την κίνηση και τη θέση στο χώρο και επιπλέον, υπάρχει σημαντικός αριθμός μαθητών που το διαθέτουν στο σπίτι τους και είναι εξοικειωμένοι με αυτό. Ωστόσο, το σημαντικότερο ίσως πλεονεκτήμα που παρουσιάζει είναι η δυνατότητα ταυτόχρονης χρήσης πολλών συστημάτων συγχρονικής λήψης και απεικόνισης μέσα στο εργαστήριο, στο πλαίσιο ομαδοσυνεργατικών δραστηριοτήτων που εμπλέκουν όλους τους μαθητές και τους μετατρέπουν από παθητικούς θεατές των πειραμάτων που εκτελεί ο καθηγητής σε ενεργούς πολίτες που ασκούνται στην επιστημονική μεθοδολογία.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Πριμεράκης, Γ., (2008). *Μετατρέποντας τον χώρο παιχνιδιού σε Εργαστήριο Φυσικής Υψηλής Τεχνολογίας. Πειράματα Φυσικής με ποσοτικές μετρήσεις στο Λούνα Παρκ – Παιδική Χαρά*, Πρακτικά 4<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου της Ένωσης για τη Διδακτική της Φυσικής, Θεσσαλονίκη 9-11 Μάη 2008, σελ. 375-382
- Entertainment software association, (2009). *Essential Facts about the computer and video game industry* [http://www.theesa.com/facts/pdfs/ESA\\_EF\\_2009.pdf](http://www.theesa.com/facts/pdfs/ESA_EF_2009.pdf). Ανασύρθηκε 28-12-2009.
- Kenner, C., (2009). Δικτυακός τόπος λογισμικού διασύνδεσης και καταγραφής δεδομένων: <http://carl.kenner.googlepages.com/glovepie>. Ανασύρθηκε στις 5-1-2010.
- Lee, J. C., (2009). Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο <http://johnnylee.net/projects/wii/>. Ανασύρθηκε στις 5-1-2010.
- Peek, B., (2009). Δικτυακός τόπος λογισμικού διασύνδεσης και καταγραφής δεδομένων, <http://www.brianpeek.com/blog/archive/2009/07/20/wiimotelib-1-8-beta-1-posted.aspx>. Ανασύρθηκε στις 28-12-2010.
- Somers, W., Rooney, F. and Ochoa, R., (2009). *Introductory Physics Experiments Using the Wiimote*, *Bulletin of the American Physical Society* 2009 APS March Meeting Volume 54, Number 1.
- Vannoni, M. and Straulino, S., (2007). *Low-cost accelerometers for physics experiments*, *European Journal of Physics* 28, pp. 781-787