

Η αξιοποίηση της ανάλυσης βίντεο στο μάθημα της Φυσικής¹

Δρ Γιώργος Τσαλακός, Φυσικός,
Λειτουργός Παιδαγωγικού Ινστιτούτου

Περίληψη

Η ανάλυση βίντεο αποτελεί ένα ισχυρό διδακτικό εργαλείο για τη διδασκαλία θεμάτων από το αναλυτικό πρόγραμμα της Φυσικής που αφορούν στην κίνηση σωμάτων και όχι μόνο. Το εργαλείο αυτό δεν αξιοποιείται σε ικανοποιητικό βαθμό στα σχολεία της Κύπρου. Το πιο κάτω κείμενο προσπαθεί να αναδείξει τα πλεονεκτήματα που έχει η ανάλυση βίντεο σε σύγκριση με άλλα διδακτικά εργαλεία με στόχο την ενθάρρυνση των καθηγητών Φυσικής στη χρήση της ανάλυσης βίντεο στα μαθήματά τους.

1 Εισαγωγή

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και ιδιαίτερα της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών εμφανίζονται νέα διδακτικά εργαλεία, τα οποία προσφέρουν στο διδάσκοντα, τη δυνατότητα να κάνει τη διδασκαλία του πιο αποτελεσματική. Για το μάθημα της Φυσικής υπάρχουν αρκετά παραδείγματα νέων διδακτικών εργαλείων που στηρίζονται στην ανάπτυξη της τεχνολογίας τα οποία έχουν εμφανισθεί μέσα στην τελευταία εικοσαετία. Τέτοια παραδείγματα είναι οι προσομοιώσεις φυσικών φαινομένων σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και το λογισμικό δημιουργίας τέτοιων προσομοιώσεων, η χρήση αισθητήρων και διασύνδεσης με ηλεκτρονικό υπολογιστή αντί συμβατικών οργάνων για την καταγραφή δεδομένων σε μια πειραματική μελέτη ενός φυσικού φαινομένου, η αξιοποίηση του διαδικτύου για την εύρεση πληροφοριών, για την παρακολούθηση βίντεο πειραμάτων και άλλα. Τα πιο πάνω διδακτικά εργαλεία αξιοποιούνται, άλλα σε μικρότερο και άλλα σε μεγαλύτερο βαθμό, στα σχολεία μας.

Ακόμα ένα διδακτικό εργαλείο που έχει εμφανισθεί την τελευταία εικοσαετία, αλλά στην Κύπρο δεν είναι ιδιαίτερα γνωστό, είναι η ανάλυση βίντεο (στη συνέχεια, για συντομία, ΑΒ) (video analysis). Η εκπαιδευτική έρευνα έχει δείξει σε κάποιο βαθμό ότι η αξιοποίηση της

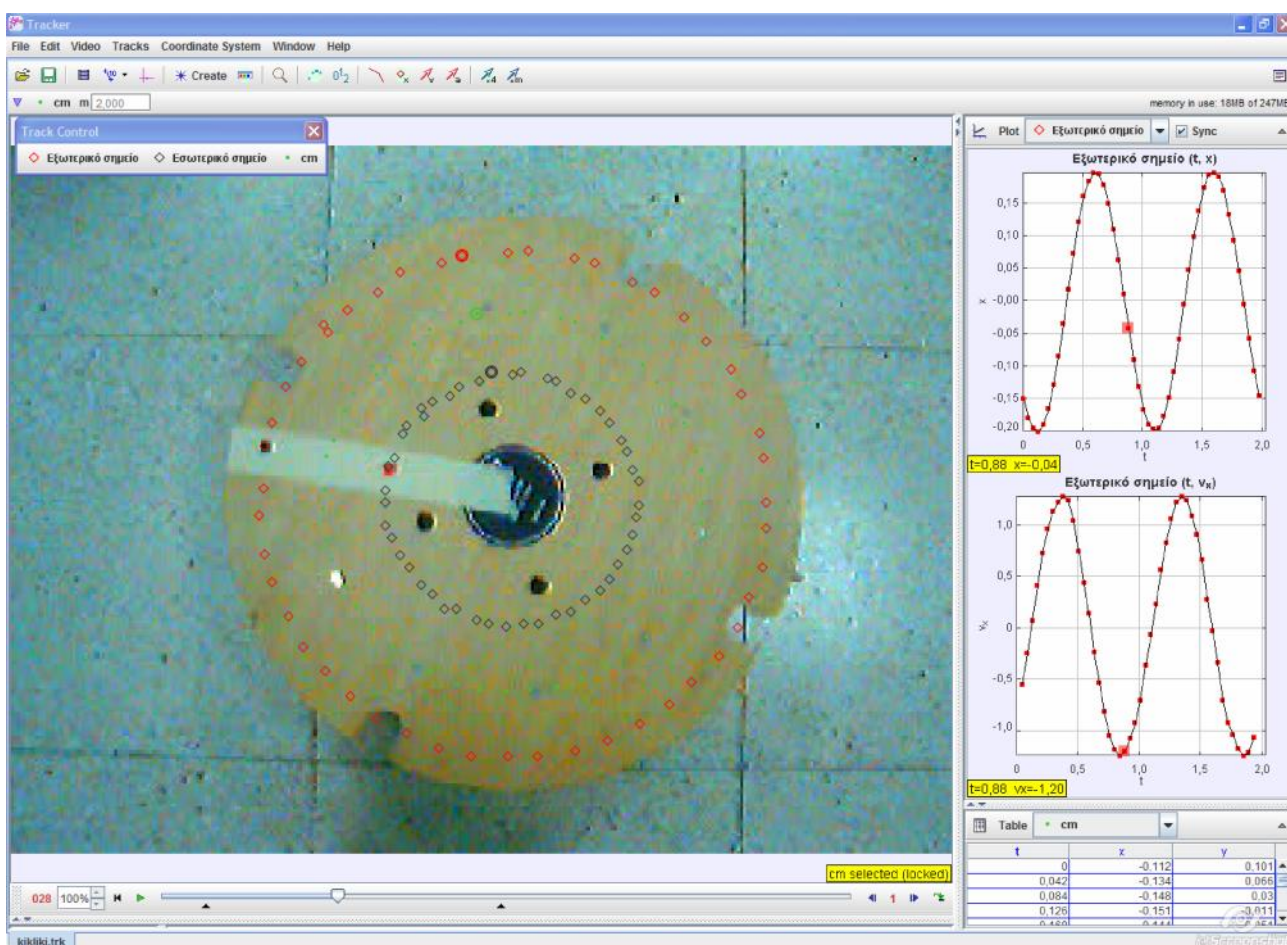
¹ Το κείμενο αυτό έχει δημοσιευθεί στο Δελτίο Παιδαγωγικού Ινστιτούτου Κύπρου (Οκτώβριος 2011, τεύχος 13, σελ. 19 – 25)

AB στο μάθημα της Φυσικής είχε θετικά αποτελέσματα στην επίδοση των μαθητών (Beichner (1996), Escalada and Zollman (1997) καθώς, επίσης, και στη στάση των μαθητών ως προς το μάθημα της Φυσικής (Lewis (1995)).

Στο κείμενο αυτό θα δούμε τι είναι η AB, πώς μπορεί να αξιοποιηθεί στο μάθημα της Φυσικής (εντός και εκτός της σχολικής αίθουσας) και ποια είναι τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης της AB σε σύγκριση με άλλα διδακτικά εργαλεία. Τέλος θα αναφερθούμε στο διαθέσιμο λογισμικό που έχει τη δυνατότητα να αναλύει βίντεο.

2 Τί είναι η ανάλυση βίντεο;

Η AB είναι η διαδικασία με την οποία γίνεται επισκόπηση καρέ-καρέ ενός βίντεο κλιπ με την ταυτόχρονη καταγραφή της θέσης ενός ή περισσότερων αντικειμένων σε κάθε καρέ. Η καταγραφή των διαδοχικών θέσεων ενός αντικειμένου και η γνώση του χρονικού διαστήματος μεταξύ δύο διαδοχικών καρέ στο βίντεο κλιπ μας δίνει τη δυνατότητα να υπολογίσουμε διάφορα φυσικά μεγέθη της κίνησης του αντικειμένου, όπως η ταχύτητα, η επιτάχυνση, η κινητική ενέργεια και άλλα. Ένα παράδειγμα AB φαίνεται στην πιο κάτω εικόνα.



Σαν διαδικασία η AB υπάρχει και σε αρκετούς άλλους τομείς εκτός εκπαίδευσης. Χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στον αθλητισμό από τους προπονητές για την ανάλυση της κίνησης των αθλητών ή της τακτικής που ακολουθεί μια ομάδα αθλητών σε ένα αγώνα. Χρησιμοποιείται ακόμα και στην ιατρική, τη ζωολογία και γενικά όπου υπάρχει η ανάγκη μελέτης της κίνησης αντικειμένων. Για κάθε χρήση έχουν αναπτυχθεί εξειδικευμένα λογισμικά προγράμματα ή εξειδικευμένες συσκευές που πραγματοποιούν την AB μιας κίνησης.

Υπάρχουν αρκετά προγράμματα για ηλεκτρονικό υπολογιστή με δυνατότητες ανάλυσης βίντεο και με εξειδίκευση στη Φυσική. Τέτοια προγράμματα είναι: Tracker, DataPoint, KCS Motion, VideoPoint, LoggerPro, Physics ToolKit, Measurement-in-Motion, Coach, MultiLab και άλλα. Τα τρία πρώτα προσφέρονται δωρεάν από τους δημιουργούς τους, ενώ το τελευταίο υπάρχει σε όλα τα Γυμνάσια.

Οι πρώτες προσπάθειες χρήσης της AB στο μάθημα της Φυσικής έγιναν πριν την ανακάλυψη των ψηφιακών βιντεοκαμερών και χωρίς τη χρήση εξειδικευμένου λογισμικού (Overcash (1987)). Η βιντεογραφημένη κίνηση προβαλλόταν στην τηλεόραση. Η καταγραφή της θέσης του αντικειμένου σημειωνόταν σε διαφάνεια, την οποία τοποθετούσε ο μαθητής πάνω στην οθόνη της τηλεόρασης. Σήμερα οι συνθήκες αξιοποίησης της AB είναι πολύ καλύτερες αφού υπάρχουν οι ψηφιακές βιντεοκάμερες και οι ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές με δυνατότητα καταγραφής βίντεο και υπάρχουν και εξειδικευμένα λογισμικά προγράμματα για την AB.

3 Η αξιοποίηση της ανάλυσης βίντεο στο μάθημα της Φυσικής

Τα αναλυτικά προγράμματα της Φυσικής στο Λύκειο περιέχουν αρκετά κεφάλαια της Φυσικής σχετικά με την κίνηση σωμάτων: ευθύγραμμες κινήσεις (ευθύγραμμη ομαλή κίνηση, ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη κίνηση, ελεύθερη πτώση, κατακόρυφες βολές) καμπυλόγραμμες κινήσεις (οριζόντια και πλάγια βολή, κυκλική κίνηση), μηχανική συστήματος σωμάτων, μηχανική στερεού σώματος, ταλαντώσεις, κύματα. Μερικά από αυτά τα κεφάλαια διδάσκονται και στο Γυμνάσιο. Παράλληλα, πολλά φαινόμενα στην καθημερινή ζωή σχετίζονται με την κίνηση σωμάτων. Αυτό παρέχει τη δυνατότητα σύνδεσης του μαθήματος της Φυσικής με την καθημερινή ζωή και εμπλοκής των μαθητών σε εργασίες τύπου Project.

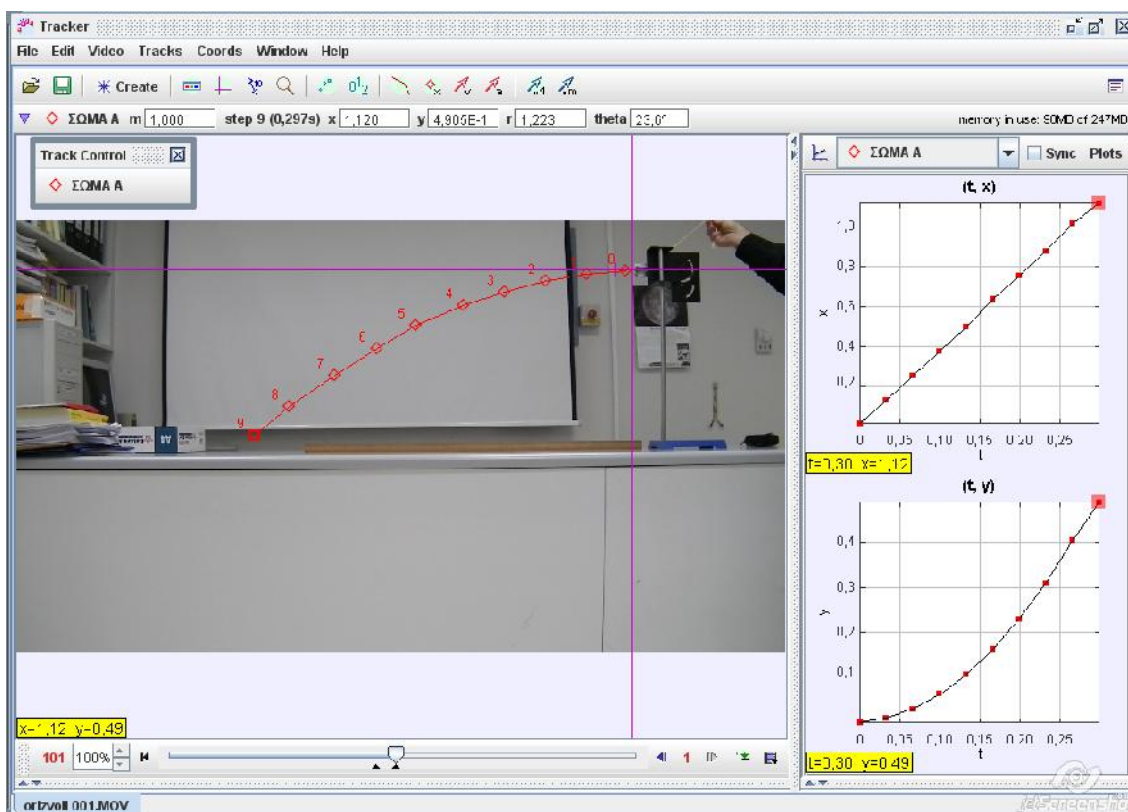
Είναι, λοιπόν, πολύ σημαντική η μελέτη των κινήσεων για το μάθημα της Φυσικής. Στα σχολικά εργαστήρια Φυσικής υπάρχουν αρκετά όργανα και συσκευές για την πειραματική

μελέτη των κινήσεων: χρονόμετρα, χάρακες, στιγμογράφοι (ticker-timers), αισθητήρες κίνησης, αμαξάκια, ελατήρια, αεροδιάδρομοι και πολλά άλλα. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν αρκετοί λόγοι για τους οποίους αξίζει να συμπεριλάβουμε την AB στα διδακτικά εργαλεία του μαθήματος της Φυσικής. Πιο κάτω θα αναλύσουμε μερικούς από αυτούς με αναφορά σε συγκεκριμένα παραδείγματα. Επιπρόσθετα παραδείγματα αξιοποίησης της AB στο μάθημα της Φυσικής, αλλά και σε διαθεματικές δραστηριότητες, υπάρχουν στα άρθρα που αναφέρονται στη βιβλιογραφία.

1. Κατά την πειραματική μελέτη ενός φυσικού φαινομένου λαμβάνονται μετρήσεις, οι οποίες βοηθούν στην κατανόηση των νόμων που διέπουν το φυσικό φαινόμενο. Η λήψη αυτών των μετρήσεων είναι σε αρκετές περιπτώσεις αρκετά σύνθετη και χρονοβόρα με αποτέλεσμα ο καθηγητής να περιορίζεται στη θεωρητική διδασκαλία των νόμων. Η AB προσφέρει τη δυνατότητα λήψης μετρήσεων με εύκολο και όχι χρονοβόρο τρόπο.

Ας δούμε ένα παράδειγμα. Κατά τη μελέτη της οριζόντιας βολής θέλουμε ο μαθητής να κατανοήσει ότι αυτή είναι μια σύνθετη κίνηση που συνδυάζει ευθύγραμμη ομαλή κίνηση στον οριζόντιο άξονα και ελεύθερη πτώση στον κατακόρυφο άξονα. Η θεωρητική απόδειξη αυτού του γεγονότος γίνεται με τη βοήθεια του 2^{ου} νόμου του Νεύτωνα. Η πειραματική επιβεβαίωση (ή διερεύνηση) δεν είναι εύκολη. Ουσιαστικά, αυτό που μπορεί να διερευνηθεί πειραματικά με τα συμβατικά μέσα στην οριζόντια βολή είναι η εξίσωση της τροχιάς, η σχέση, δηλαδή, της οριζόντιας θέσης x με την κατακόρυφη θέση y . Για να γίνει αυτό πρέπει το πείραμα να επαναληφθεί μερικές φορές και κάθε φορά οι μαθητές να μετακινούν την πινακίδα με καρμπόν και χαρτί (ή με θερμικό χαρτί για φαξ) για να καταγράφουν τις θέσεις x και y του σώματος. Η επιβεβαίωση ότι η εξίσωση της τροχιάς είναι της μορφής $y = A \cdot x^2$, όπου A σταθερό, είναι μια έμμεση απόδειξη για το είδος των κινήσεων που συνθέτουν την οριζόντια βολή. Δεν είναι, όμως, ιδιαίτερα πειστική για τους μαθητές, αφού δεν επιτρέπει την εξέταση της κάθε κίνησης ξεχωριστά. Με τη βοήθεια της AB ο μαθητής μπορεί να μελετήσει τη θέση του σώματος **σε συνάρτηση με το χρόνο** ξεχωριστά για κάθε άξονα και να καταλήξει στο είδος των κινήσεων που συνθέτουν την οριζόντια βολή. Το αποτέλεσμα μιας τέτοιας μελέτης φαίνεται στην πιο κάτω εικόνα. Στο παράθυρο του βίντεο φαίνονται τα σημεία που δείχνουν τη θέση του σώματος στα διαδοχικά καρέ του βίντεο και στο παράθυρο των γραφικών παραστάσεων φαίνονται οι γραφικές παραστάσεις των συντεταγμένων x και y σε συνάρτηση με το χρόνο. Το είδος της κίνησης προκύπτει ξεκάθαρα από τη μορφή των γραφικών παραστάσεων. Έτσι, ο μαθητής μπορεί με την AB να διερευνήσει και να κατανοήσει τη σύνθεση κινήσεων στην οριζόντια βολή. Ταυτόχρονα ο μαθητής μπορεί να μετρήσει και μερικά φυσικά μεγέθη της οριζόντιας

βολής που είναι δύσκολο να μετρηθούν με άλλες μεθόδους (π.χ., την αρχική ταχύτητα, το χρόνο πτήσης, τη γωνία πρόσκρουσης).



2. Η AB είναι ιδιαίτερα βοηθητική σε πειράματα στα οποία πρέπει να καταγραφεί η θέση δύο ή περισσότερων σωμάτων σε συνάρτηση με το χρόνο. Χωρίς την AB η πειραματική διάταξη που χρειάζεται να συναρμολογηθεί γι' αυτό το σκοπό είναι σύνθετη με αποτέλεσμα να σπαταλείται σημαντικός χρόνος για τη συναρμολόγηση και τη ρύθμιση της. Για παράδειγμα, για τη μελέτη της κρούσης δύο αμαξιδίων χρειάζεται να έχουμε είτε δύο αισθητήρες κίνησης συνδεδεμένους με τη διασύνδεση είτε δύο φωτοπύλες συνδεδεμένες με διασύνδεση ή ηλεκτρονικό χρονομετρητή. Η AB επιτρέπει να αποφύγουμε τέτοιες σύνθετες πειραματικές διατάξεις και να επικεντρωθούμε με τους μαθητές μας στην ουσία του πειράματος και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις μετρήσεις μας.

3. Σε μερικά πειράματα η κίνηση του σώματος ή των σωμάτων διαρκεί πολύ λίγο με αποτέλεσμα οι μαθητές να μην είναι βέβαιοι για τις παρατηρήσεις τους. Με την AB ο μαθητής μπορεί να παρακολουθήσει την κίνηση προχωρώντας το βίντεο καρέ-καρέ. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το πείραμα που γίνεται με τη συσκευή που φαίνεται στη διπλανή εικόνα. Η συσκευή χρησιμοποιείται για την επίδειξη της ταυτόχρονης πτώσης σώματος που εκτελεί ελεύθερη πτώση και σώματος που βάλλεται



οριζόντια. Αρκετές φορές μερικοί μαθητές δεν είναι βέβαιοι ότι είδαν τις δύο σφαίρες να κτυπούν ταυτόχρονα στο έδαφος. Ίσως να επηρεάζονται από την έντονη άποψη που έχουν πριν την επίδειξη για το ότι η σφαίρα που πέφτει ελεύθερα θα κτυπήσει πρώτη στο έδαφος αφού διανύει μικρότερη απόσταση. Με την AB ο μαθητής μπορεί όχι μόνο να πεισθεί για την ταυτόχρονη πτώση των δύο σφαιρών αλλά και να παρατηρήσει ότι σε κάθε καρέ οι δύο σφαίρες βρίσκονται στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο (κάτι ανάλογο με τη στροβοσκοπική φωτογράφιση).

Ένα δεύτερο παράδειγμα είναι η επίδειξη της κίνησης σε αντίθετες κατευθύνσεις δύο εγκάρσιων παλμών σε μακρύ ελατήριο. Στόχος της επίδειξης είναι η κατανόηση της έννοιας της συμβολής δύο κυμάτων. Όμως, εξαιτίας της γρήγορης κίνησης ο μαθητής μπορεί να μην προλάβει να δει το αποτέλεσμα της συνάντησης των δύο παλμών. Γι' αυτό η παρατήρηση του πειράματος με την AB είναι και εδώ χρήσιμη. Στα πιο κάτω στιγμιότυπα φαίνεται η συνάντηση δύο παλμών διαφορετικού πλάτους.



4. Μερικά από τα προγράμματα AB προσφέρουν τη δυνατότητα μοντελοποίησης ενός φυσικού φαινομένου και εκτέλεσης του μοντέλου στο φόντο του πραγματικού φαινομένου. Αυτό δίνει τη δυνατότητα σύγκρισης του μοντέλου με την πραγματικότητα και εξαγωγής χρήσιμων συμπερασμάτων για την ορθότητα ή μη του μοντέλου.

5. Με τη βοήθεια της AB οι μαθητές μπορούν να ασχοληθούν ατομικά ή ομαδικά με τη μελέτη των κινήσεων και εκτός εργαστηρίου φυσικής. Αυτό δίνει τη δυνατότητα να εμπλουτισθεί το μάθημα της Φυσικής με νέες δραστηριότητες. Για παράδειγμα, μπορούν να γίνουν διαθεματικές δραστηριότητες με το μάθημα της Φυσικής Αγωγής. Οι μαθητές δείχνουν τρομερό ενδιαφέρον για να μάθουν με ποια ταχύτητα μπορούν να τρέξουν ή με ποια ταχύτητα κινείται η μπάλα μετά από ένα δικό τους σουτ. Για να τα υπολογίσουν όμως αυτά θα πρέπει να μελετήσουν και να κατανοήσουν τις γραφικές παραστάσεις που προκύπτουν από την AB.

6. Η AB αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την πραγματοποίηση εργασιών τύπου Project από τους μαθητές, ατομικά ή ομαδικά. Μπορεί να ανατεθεί στους μαθητές να επιλέξουν ένα φαινόμενο που να περιέχει κίνηση και να το αναλύσουν. Οι επιλογές των φαινομένων από τους ίδιους τους μαθητές διασφαλίζει το αναγκαίο ενδιαφέρον που χρειάζεται για να είναι η υλοποίηση ενός Project από τους μαθητές επωφελής γι' αυτούς και όχι απλά μια αγγαρεία. Τα μέσα που απαιτούνται για τέτοια Project είναι απλά και σε αυτά μπορεί εύκολα να έχει πρόσβαση ο μαθητής. Χρειάζεται ο ηλεκτρονικός υπολογιστής, λογισμικό ανάλυσης βίντεο (και ευτυχώς υπάρχουν εκτός από τα εμπορικά προγράμματα και προγράμματα που διατίθενται δωρεάν) και μια συσκευή (βιντεοκάμερα, ψηφιακή φωτογραφική μηχανή, κινητό τηλέφωνο) για να γυρίσει σε βίντεο το φαινόμενο.

7. Σε αρκετές περιπτώσεις η έλλειψη των αναγκαίων οργάνων για την καταγραφή των δεδομένων ενός πειράματος αναγκάζει τον καθηγητή να πραγματοποιήσει το πείραμα σε μορφή επίδειξης και χωρίς οι μαθητές να εμπλακούν στο σχεδιασμό και εκτέλεση του πειράματος. Αυτό συμβαίνει, για παράδειγμα, στην περίπτωση της μελέτης της απλής αρμονικής ταλάντωσης που εκτελεί ένα σώμα αναρτημένο σε ελατήριο. Παρ' όλο που τα υλικά που απαιτούνται για το ίδιο το πείραμα είναι απλά και υπάρχουν σε πολλαπλότητα στα εργαστήρια Φυσικής η καταγραφή των δεδομένων της ταλάντωσης γίνεται με τη βοήθεια διασύνδεσης και αισθητήρα κίνησης. Στο εργαστήριο μπορεί να υπάρχει μόνο μία διασύνδεση. Αυτό οδηγεί στη λύση της επίδειξης με το ανάλογο διδακτικό κόστος. Με την AB δεν υπάρχει τέτοιο πρόβλημα. Κάθε ομάδα μαθητών μπορεί να πραγματοποιήσει το πείραμα και να το επεξεργαστεί σε ηλεκτρονικό υπολογιστή στο εργαστήριο ή στο σπίτι.

8. Σε κάποια πειράματα η λήψη μετρήσεων με συμβατικά μέσα μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα των μετρήσεων. Για παράδειγμα, όταν θέλουμε να μετρήσουμε την απόσταση μεταξύ δύο ομώνυμα φορτισμένων σφαιρών που κρέμονται από νήμα και τη γωνία που σχηματίζει το νήμα με την κατακόρυφο μπορεί να επηρεάσουμε αυτά τα μεγέθη.

Οι μετρήσεις μπορούν να γίνουν με τη βοήθεια της AB.

4 Τα θετικά και τα αρνητικά από τη χρήση της ανάλυσης βίντεο στο μάθημα της Φυσικής

Όταν εμφανίζεται ένα νέο διδακτικό εργαλείο υπάρχουν δύο βασικοί κίνδυνοι στην αντιμετώπισή του από τους εκπαιδευτικούς που θα το χρησιμοποιήσουν στην τάξη. Ο πρώτος κίνδυνος σχετίζεται με την άμεση απόρριψη του νέου εργαλείου σαν μη αποτελεσματικού, χωρίς καν τη δοκιμή του στο μάθημα. Τέτοιο παράδειγμα είναι η διασύνδεση που υπάρχει σε Λύκεια και Γυμνάσια. Μερικοί καθηγητές Φυσικής δεν την έχουν χρησιμοποιήσει καθόλου, παρόλο που για τη διδασκαλία κάποιων θεμάτων είναι πολύ βοηθητική. Ο δεύτερος κίνδυνος είναι η θεώρηση του νέου εργαλείου σαν λύση σε όλα τα διδακτικά προβλήματα με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται για τη διδασκαλία θεμάτων για τα οποία δεν είναι τόσο αποτελεσματικό ή για τα οποία υπάρχουν άλλα πιο αποτελεσματικά εργαλεία. Παράλληλα, η συνεχής χρήση ενός διδακτικού εργαλείου μπορεί να αδικεί κάποιους μαθητές που δεν έχουν τις δεξιότητες που απαιτούνται για τη χρήση του εργαλείου. Για παράδειγμα, η διδασκαλία με τη χρήση προσομοιώσεων σε ηλεκτρονικό υπολογιστή μπορεί να αδικεί τα παιδιά που δεν χειρίζονται άνετα τον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Η AB είναι ένα νέο εργαλείο με τα πλεονεκτήματά του και τα μειονεκτήματά του απέναντι στα άλλα διδακτικά εργαλεία.

Ας δούμε μερικά πλεονεκτήματα.

- Η AB έχει πολύ μικρότερο κόστος σε σχέση με άλλα διδακτικά εργαλεία όπως η διασύνδεση.
- Ο κάθε μαθητής μπορεί να έχει χωρίς κόστος στον υπολογιστή του λογισμικό AB. Αυτό δίνει στο μαθητή τη δυνατότητα να μάθει στο δικό του χρόνο τη χρήση του προγράμματος και θα εξοικονομηθεί χρόνος κατά τη χρήση του προγράμματος στην τάξη.
- Για να χρησιμοποιηθεί η AB θα πρέπει να γίνει το πραγματικό πείραμα, σε αντίθεση με τις προσομοιώσεις πειραμάτων. Μάλιστα, το πείραμα πριν γίνει θα πρέπει να οργανωθεί καλά για να μπορεί μετά να γίνει ανάλυση του βίντεο.
- Υπάρχουν πειράματα στα οποία κάποια μεγέθη είναι δύσκολο να μετρηθούν με άλλους τρόπους με ακρίβεια (π.χ., το μέγιστο ύψος στην πλάγια βολή).
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην τάξη αλλά και σπίτι από το μαθητή.

- Παρόλο που απαιτεί τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή η χρήση της AB δεν μας περιορίζει στο χώρο του υπολογιστή, όπως συμβαίνει με τα πειράματα που πραγματοποιούνται με τη χρήση Διασύνδεσης (Λυκείου).

Η χρήση της AB έχει φυσικά και μειονεκτήματά.

- Για να χρησιμοποιηθεί στην τάξη θα πρέπει να υπάρχει ο κατάλληλος εξοπλισμός (βιντεοκάμερα, ηλεκτρονικός υπολογιστής και βιντεοπροβολέας ή ικανός αριθμός ηλεκτρονικών υπολογιστών).
- Απαιτείται χρόνος για την εκμάθηση του προγράμματος (αν και αυτό ισχύει για όλα τα λογισμικά, π.χ. το λογισμικό για τη διασύνδεση, το λογισμικό για τις προσομοιώσεις).
- Απαιτείται ακρίβεια στην καταγραφή της θέσης του σώματος σε κάθε καρέ του βίντεο. Σε διαφορετική περίπτωση οι τιμές της ταχύτητας και της επιτάχυνσης μπορεί να είναι παραπλανητικές.
- Χρειάζονται περισσότερες μελέτες για τη διερεύνηση της διδακτικής αξίας της AB.

Μια καλή σύγκριση της AB και της χρήσης Διασύνδεσης υπάρχει στο άρθρο Bryan (2010).

5 Συμπέρασμα

Η AB είναι ένα σχετικά νέο (για την Κύπρο) διδακτικό εργαλείο. Μέσα από την προσωπική πείρα στην αξιοποίηση της AB στο μάθημα της Φυσικής αλλά και από τη μελέτη της βιβλιογραφίας φαίνεται ότι η AB μπορεί να βοηθήσει στην πιο ενδιαφέρουσα και αποτελεσματική προώθηση των στόχων του Αναλυτικού Προγράμματος της Φυσικής.

Βιβλιογραφία

- Beichner, R. (1996). The impact of video motion analysis on kinematic graph interpretation skills. *Am. J. Phys.*, 64(10), 1272 – 1277.
- Brown, D. & Cox, A. J. (2009). Innovative Uses of Video Analysis. *The Physics Teacher*, 47(3), 145 – 150.
- Bryan, J. A. (2005). Video Analysis. *Learning & Leading with Technology*, 32(6), 22 – 24.
- Bryan, J. A. (2010). Investigating the conservation of mechanical energy using video analysis: four cases. *Physics Education*, 45(1), 50 – 57.
- Escalada, L. & Zollman, D. (1997). An investigation on the effects of using interactive digital video in a physics classroom on student learning and attitudes. *J. Res. Sci. Teach.*, 34(5), 467 – 489.
- Gates, J. (2011). A Teachable Moment Uncovered by Video Analysis. *The Physics*

Teacher, 49,(5), 284 – 285.

Heck, A. & Ellermeijer, T. (2010). Mathematics assistants: Meeting the needs of secondary physics education. *Acta Didactica Napocensia*, 3(2), 17 – 34.

Laws, P. & Pfister, H. (1998). Using Digital Video Analysis in Introductory Mechanics Projects. *The Physics Teacher*, 36(5), 282 – 287.

Laws, P. W. (1997). Millikan Lecture 1996: Promoting active learning based on physics education research in introductory physics courses. *Am. J. Physics*, 65(1), 14 – 21.

Lewis, R. (1995). Video Introductions to the Laboratory: Students Positive, Grades Unchanged. *Am. J. Phys.*, 63(5), 468 – 470.

Overcash, D. R. (1987). Video Analysis of Motion. *The Physics Teacher*, 25(8), 503.

Τσαλακός, Γ. (2010). Εγχειρίδιο χρήσης του προγράμματος ανάλυσης βίντεο Tracker 3.10. Διαθέσιμο στο: http://www.schools.ac.cy/eyliko/mesi/themata/fysiki/didaktiko_yliko.html .

Wehrbein, W. M. (2001). Using video analysis to investigate intermediate concepts in classical mechanics. *Am. J. Phys.*, 69(7), 818 – 820.

Wyrembeck, E. P. (2009). Video Analysis with a Web Camera. *The Physics Teacher*, 47(1), 28 – 29.