

Κατανοώντας αρχές της Φυσικής μέσω της βιντεοανάλυσης της ανθρώπινης κίνησης στο μάθημα της Φυσικής Αγωγής

Αναστασία Σαββίδου¹, Μυρτώ Πατέρα², Θεολογία Μαυρογιαννίδη³
1ο Πειραματικό Λύκειο Θεσσαλονίκης «Μανόλης Ανδρόνικος»

savvanastasia@gmail.com, myrtpat@gmail.com, theliaam@gmail.com

Επιβλέπων Καθηγητής/Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Κωνσταντίνος Χατζηνικολάου¹, Κλαίρη Αχιλλέως², Σταύρος Παπαδόπουλος³

¹Δρ ΚΦΑ ΠΕ11, ^{2,3} Δρ. Φυσικοί ΠΕ04.01, 1^ο Πειραματικό Λύκειο Θεσσαλονίκης
«Μανόλης Ανδρόνικος»

¹ kon.chatzinikolaou@gmail.com, ² cachilleosa@gmail.com, ³ stpapado@sch.gr

ID Number **ΑΣΚΧ1203** (Διαθεματικότητα στη Φυσική, προφορική παρουσίαση)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

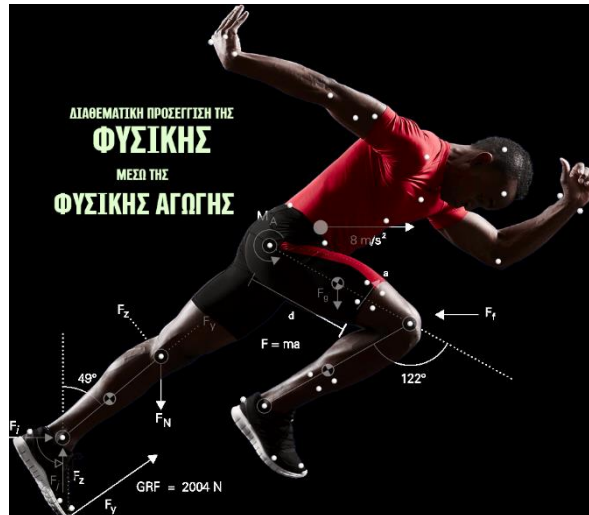
Στο πλαίσιο διαθεματικής προσέγγισης της Φυσικής της Α' Λυκείου, κατά την διάρκεια του μαθήματος της Φυσικής Αγωγής αφιερώνεται ένα 10λεπτο διεξαγωγής πειράματος σχετικό με τη διδαχθείσα ύλη. Το γενικό ερώτημα που τίθεται είναι αν το γυμναστήριο του σχολείου μπορεί να χρησιμεύσει ως ένα εργαστήριο φυσικής, με σκοπό την κατανόηση του ρόλου της φυσικής στις καθημερινές δραστηριότητές μας. Παρουσιάζονται δυο πειράματα: Ένα κινηματικής και ένα δυναμικής. Μαθητές εκτέλεσαν συγκεκριμένα κινητικά προγράμματα. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν με τη χρήση βίντεο υψηλής ανάλυσης, καθώς και τη χρήση ελεύθερου λογισμικού ανάλυσης της κίνησης. Η καθημερινή εφαρμογή αρχών της φυσικής στη ζωή μας, καταδεικνύει ότι η φυσική ως διδασκόμενο μάθημα δεν είναι μόνο τύποι και ασκήσεις, αλλά μπορεί να αξιοποιηθεί ακόμα και στην εξερεύνηση και ερμηνεία των παραγόντων της απόδοσης της ανθρώπινης κινητικής συμπεριφοράς.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: φυσική, φυσική αγωγή, εμβιομηχανική, ανάλυση ανθρώπινης κίνησης, βιντεοανάλυση, κινηματική, διαθεματική διδακτική, project-based learning.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μηχανική της Ανθρώπινης κίνησης

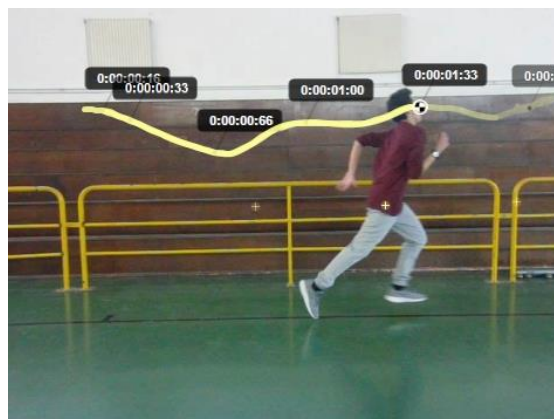
Η ανθρώπινη κίνηση είναι το αποτέλεσμα εφαρμογής δυνάμεων που παράγονται από τον ίδιο τον οργανισμό (εσωτερικές δυνάμεις) αλλά και των δυνάμεων που δέχεται το ανθρώπινο σώμα από το περιβάλλον (εξωτερικές δυνάμεις). Η κινητική ανάλυση είναι ο κλάδος της εμβιομηχανικής που εξετάζει την αιτία δημιουργία της κίνησης, σε αντίθεση με την κινηματική που εξετάζει την περιγραφή της κίνησης.



Σχήμα 1: Κινηματικά και κινητικά χαρακτηριστικά της ανθρώπινης κίνησης

Το μάθημα της Φυσικής αγωγής ως εργαστήριο Φυσικών Επιστημών

Στο πλαίσιο διαθεματικής προσέγγισης της Φυσικής μέσω του μαθήματος της Φυσικής Αγωγής, κατά την διάρκεια του μαθήματος φυσικής αγωγής (πρώτο δεκάλεπτο) ως μαθητές της Α' Λυκείου πραγματοποιήσαμε πειράματα που συνδέονται με τη διδακταία ύλη της Φυσικής της Α' Λυκείου λαμβάνοντας δεδομένα από την στοχευμένη κινητική συμπεριφορά του ανθρώπινου σώματος (στάση, βάδιση, τρέξιμο, άλμα, κ.α) αλλά και αντικειμένων (π.χ. μπάλες). Στόχος αυτής της διδακτικής προσέγγισης ήταν η καλύτερη κατανόηση των βασικών εννοιών της Φυσικής κατά την ανθρώπινη κίνηση στη διάρκεια του μαθήματος της Φυσικής Αγωγής. Μοιρασμένοι σε ομάδες οι μαθητές πειραματίζονταν αντλώντας δεδομένα που έχουν αποτυπωθεί σε βίντεο.



Εικόνα 1: Βντεοσκόπηση μαθητή που τρέχει

ΤΟ ΣΕΝΑΡΙΟ

Πείραμα 1^ο: Κινηματική ανάλυση της κεφαλής κατά την διάρκεια του τρεξίματος

Κατά την διάρκεια της προθέρμανσης των μαθητών στο μάθημα της ΦΑ το τρέξιμο με χαμηλή ταχύτητα αποτελεί βασική δραστηριότητα. Παρατηρούμε ότι υπάρχουν διαφορετικά στυλ τρεξίματος όπου και η κινητική συμπεριφορά της κεφαλής των μαθητών διαφοροποιείται. Πως θα μπορούσαμε να περιγράψουμε ποσοτικά την συμπεριφορά αυτή βάσει των αρχών της κινηματικής; Η τροχιά της κεφαλής κατά το τρέξιμο είναι ευθύγραμμη; Πως μεταβάλεται η γραμμική ταχύτητα στο χρόνο;

Βοηθήστε τα παιδιά να δώσουν τις σωστές απαντήσεις!

Τα υλικά που βρίσκονται στη διάθεση σας είναι τα παρακάτω:

1. Μετροταινία.
2. Βιντεοκάμερα
3. Κόνη σήμανσης

Τα ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν:

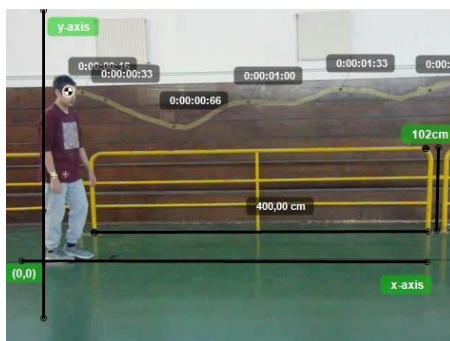
Αξιοποιώντας τις πληροφορίες που σας δίνονται και τα διαθέσιμα υλικά :

- α) Βρείτε την τροχιά της κίνησης της κεφαλής του μαθητή.
- β) Προσδιορίσετε την οριζόντια, και κάθετη συνιστώσα της ταχύτητας .
- γ) Ποιά το μέτρο της συνιστάμενης ταχύτητας 1s μετά την εκίνηση;
- δ) Τι είδος κίνηση πραγματοποιεί ο αθλητής;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ-ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Για να απαντήσουμε τα ερωτήματα πρέπει να αποτυπώσουμε την κίνηση σε ψηφιακό αρχείο βίντεο ώστε να μπορέσουμε να πάρουμε δεδομένα από την κίνηση της κεφαλής του μαθητή που τρέχει. Έτσι λοιπόν επιλέξαμε μια περιοχή στο γυμναστήριο όπου ένας μαθητής θα έτρεχε σε μια προκαθρισμένη απόσταση. Ο μαθητής θα ξεκινούσε από ηρεμία να τρέχει μιά απόσταση 5μ. Η βιντεοκάμερα στήθηκε κάθετα στο επίπεδο της κίνησης του μαθητή και σε τέτοια απόσταση ώστε να αποτυπωθεί όλοι την τροχια της κίνησης του. Επίσης έπρεπε να υπάρχουν σταθερά σημεία στο χώρο τα οποία θα χρησιμοποιούνταν για να διαβαθμίσουμε τον χώρο κίνησης. Χρησιμοποιήθηκαν κώνοι σε συγκεκριμένα σημεία (αρχή, τέλος) όπως και κάποια στατικά αντικείμενα που είχαν συγκεκριμένες διαστάσεις (κάγκελα) και βρίσκονταν μόνιμα στο χώρο βιντεοσκόπησης.

Η συχνότητα δηγματοληψίας της βιντεοκάμερας επιλεχθηκε να είναι 30καρέ/δευτ. Μέσω του ψηφιακού αρχείου βίντεο από την λήψη και διαμέσω ειδικού λογισμικού ανάλυσης της κίνησης (KINOVEA, και TRACKER) προσπαθήσαμε να καθορίσουμε



Εικόνα 2: Αρχή της βαθμονόμησης

την συμπεριφορά της κεφαλής κατά την διάρκεια της κίνησης του μαθητή, ορίζοντας τη θέση της κεφαλής στο επίπεδο κίνησης μαρκάροντας πάνω σε κάθε καρέ το κέντρο

της επιφάνειας της κεφαλής του μαθητή. Έτσι καταγράφοντας σε ένα διαβαθμισμένο σύστημα συντεταγμένων (x, y) τη θέση που είχε το κέντρο της κεφαλής του μαθητή σε κάθε καρέ της κίνησης και ενώνοντας αυτά τα σημεία παρακολουθήσαμε την τροχιά τη κεφαλής στη διάρκεια της κίνησης του μαθητή.



Εικόνα 3: Τροχιά κίνησης της κεφαλής του μαθητή

Στη συνέχεια χρησιμοποιήσαμε της γραμμικές θέσης της κεφαλής για να υπολογίσουμε τις συνιστώσες της ταχύτητας κίνησης της κεφαλής.

Η εξίσωση υπολογισμού της γραμμικής οριζόντιας και κάθετης συνιστώσας της ταχύτητας σε μια χρονική στιγμή i είναι:

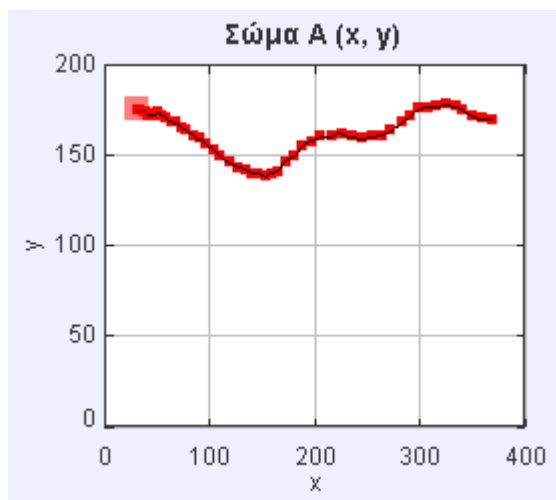
$$Vx[i]=(x[i+1]-x[i-1])/2*dt) \text{ και } Vy[i]=(y[i+1]-y[i-1])/2*dt) \quad \text{Εξισώσεις (1) και (2)}$$

$$\text{και της συνισταμένης ταχύτητας: } Vres = \sqrt{(V_{x[i]})^2 + (V_{y[i]})^2} \quad \text{Εξίσωση (3)}$$

Από την καμπύλη της συνισταμένης ταχύτητας μπορούμε να συμπεράνουμε το είδος της κίνησης και το αν είναι επιταχυνόμενη ή όχι.

ΟΙ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΣΤΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

Απαντώντας στο πρώτο ερώτημα, μετά από την καταγραφή μέσω του ειδικού λογισμικού των συντεταγμένων θέσης (x,y) της κεφαλής σε μια χρονοσειρά αποτυπώσαμε την συμπεριφορά της κεφαλής στο διάγραμμα 1.



Διάγραμμα 1: Η τροχιά της κεφαλής του μαθητή.

Κατόπιν προσδιορίσαμε την κάθετη (διάγραμμα 3) και οριζόντια (διάγραμμα 2) συνιστώσα της ταχύτητας βάσει της κάθετης και οριζόντιας μετατόπισης της κεφαλής στο διάστημα του χρόνου που διήρκεσε η δρομική κίνηση του μαθητή.



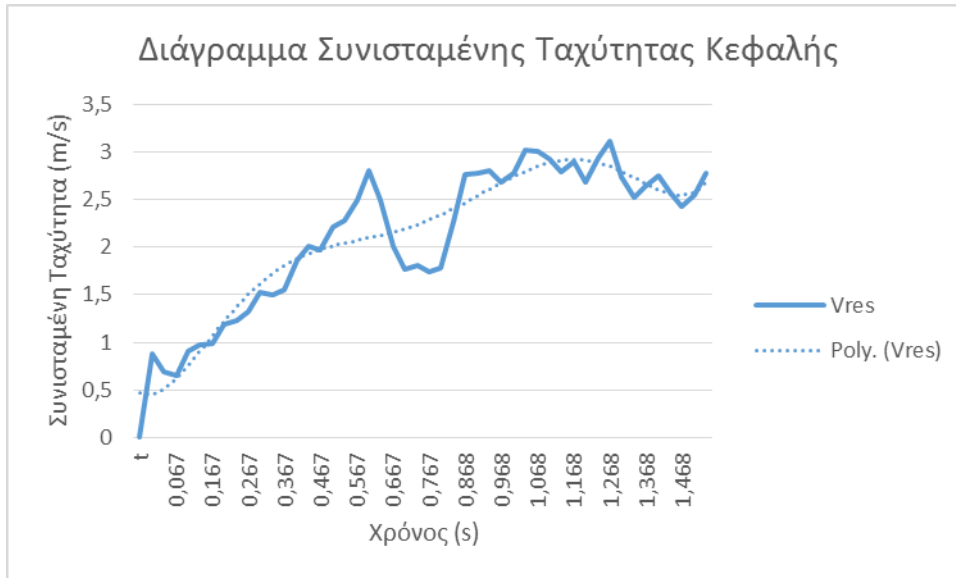
Διάγραμμα 2: Η οριζόντια συνιστώσα της ταχύτητας V_x της κεφαλής του δρομέα .



Διάγραμμα 3: Η κάθετη συνιστώσα της ταχύτητας V_y της κεφαλής του δρομέα

Για να υπολογίσουμε την συνισταμένη ταχύτητα της κεφαλής την χρονική στιγμή του 1s, χρησιμοποιήσαμε τον τύπο υπολογισμού της συνισταμένης ταχύτητας, όπου $V_x = 2,5783\text{m/s}$ και $V_y = 0,7366\text{m/s}$. Έτσι η συνισταμένη ταχύτητα είναι $V_{res} = 2,6815\text{m/s}$.

Υπολογίζοντας συνισταμένη ταχύτητα της κίνησης της κεφαλής παρατηρούμε ότι διαγράφει αρχικά αυξητικά καμπυλόγραμμη συμπεριφορά και αφού σταθεροποιηθεί για λίγο, μετέπειτα μειώνεται (Διάγραμμα 4). Φαίνεται ότι ακολουθεί παρόμοια συμπεριφορά με αυτή της οριζόντιας συνιστώσας της ταχύτητας (δες Διάγραμμα 2).



Διάγραμμα 4: Η συνισταμένη ταχύτητα Vres της κεφαλής του δρομέα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η μεθοδολογία που ακολουθήσαμε βασίστηκε σε δύο παραδοχές:

1. Η αποτύπωση της κίνησης μέσω βιντεοκάμερας και η επιλογή του τρόπου δειγματοληψίας υπόκεινται σε απώλεια δεδομένων εξ αιτίας του ρυθμού καταγραφής.
2. Ο φακός της κάμερας καταγραφής παραμορφώνει τον χώρο καταγραφής.

Διαπιστώνουμε ότι με πολύ απλά υλικά και χωρίς να έχουμε στη διάθεσή μας πανάκριβες συσκευές μπορούμε να πειραματιστούμε και να προσδιορίσουμε με αρκετά μεγάλη ακρίβεια την ανθρώπινη κίνηση. Η κινητική συμπεριφορά του μαθητή κατά τη διάρκεια της κίνησης δεν ήταν σταθερή αλλά μεταβαλλόμενη.

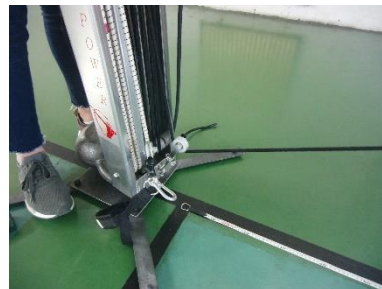
Πείραμα 2^ο: Βάδιση με αντιστάσεις: παρακολούθηση δυναμικών παραμέτρων κατά την βάδιση χωρίς τη χρήση ειδικού δυναμοδάπεδου

Το δυναμοδάπεδο είναι μια συσκευή καταγραφής της δύναμης σε πραγματικό χρόνο και με πολύ μεγάλη ακρίβεια σε 2 ή 3 άξονες. Η βάδιση και το τρέξιμο αποτελούν βασικά κινητικά προγράμματα που ένας άνθρωπος έχει σταθεροποιήσει από την νηπιακή ηλικία. Η χρήση του δυναμοδάπεδου για την μελέτη της βάδισης όμως έχει δυσκολίες λόγω του κόστους αγοράς του, αλλά και της δυσκολίας μετακίνησης του. Πως θα μπορούσαμε να περιγράψουμε ποσοτικά την συμπεριφορά παραμετρών της δύναμης χωρίς την χρήση δυναμοδάπεδου, π.χ. όπως ο συντελεστής μ ;

Βοηθήστε τα παιδιά να δώσουν τις σωστές απαντήσεις!

Τα υλικά που βρίσκονται στη διάθεση σας είναι τα παρακάτω:

1. Μετροταινία.
2. Βιντεοκάμερα
3. Κόνοι σήμανσης
4. Πυλώνες άσκησης POWER FIELD με 2 ελαστικούς μάντες (Εικόνα 4.)



Εικόνα 4: Πυλώνας Άσκησης

5. Γυλέκο αθλητή με κρικάκια για να γαντζώνονται οι ελαστικοί μιάντες άσκησης.

Τα **ερωτήματα** που πρέπει να απαντηθούν:

Αξιοποιώντας τις πληροφορίες που σας δίνονται και τα διαθέσιμα υλικά :

α) Βρείτε την τροχιά της κίνησης του σταθερού σημείου του κορμού της μαθήτριας όπου εφαρμόζονται οι δύο δυνάμεις (περιοχή θώρακα-στέρνου).

β) Προσδιορίσετε την οριζόντια, και κάθετη συνιστώσα της δύναμης που εφαρμόζεται στο σώμα τη αθλήτριας κατά την βάδιση. με λάστιχα, αν γνωρίζετε ότι η δύναμη, που ασκούν το καθένα απο τα δύο λάστιχα, είναι σταθερή και ισόποση μεταξύ των.

γ) Ποιά η συμπεριφορά της κάθετης αντίδρασης του επίπεδου N;

δ) Μπορεί να υπολογιστεί ο συντελεστής τριβής μ και ποιά η συμπεριφορά του;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ-ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Όπως και στο πείραμα 1, για να απαντήσουμε τα ερωτήματα πρέπει να αποτυπώσουμε την κίνηση σε ψηφιακό αρχείο βίντεο ώστε να πάρουμε δεδομένα από την κίνηση βάδισης της μαθήτριας με επιβάρυνση. Έτσι λοιπόν επιλέξαμε μια περιοχή στο γυμναστήριο όπου μια μαθήτρια θα περπατούσε σε μια προκαθρισμένη απόσταση. Η βιντεοκάμερα στήθηκε κάθετα στο επίπεδο της κίνησης της μαθητριας και σε τέτοια απόσταση ώστε να αποτυπωθεί όλοι η τροχια της κίνησης της. Επίσης έπρεπε να υπάρχουν σταθερά σημεία στο χώρο τα οποία θα χρησιμοποιούνταν για να διαβαθμίσουμε τον χώρο κίνησης. Χρησιμοποιήθηκαν ως σταθερά σημεία οι δύο πυλώνες σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές (αρχή, τέλος) και καταγραφονταν πάντα κατά τη βιντεοσκόπηση.

Η συχνότητα δηγματοληψίας της βιντεοκάμερας επιλεχθηκε να είναι 120καρέ/δευτ. Μέσω του ψηφιακού αρχείου βίντεο από την λήψη και διαμέσω ειδικού λογισμικού ανάλυσης της κίνησης (TRACKER) αλλά και του MS Excel προσπαθήσαμε να καθορίσουμε



Εικόνα 5: Περιοχή πειραματικής διαδικασίας

την συμπεριφορά του σημείου όπου οι δύο μιάντες σταθεροποιούνταν πάνω στο σώμα διαμέσω του γιλεκου που φορούσε κατά την διάρκεια της βάδισης της μαθήτριας ορίζοντας τη θέση στο επίπεδο κίνησης μαρκάροντας το πάνω σε κάθε καρέ . Έτσι καταγράφοντας σε ένα διαβαθμισμένο σύστημα συντεταγμένων (x, y) τη θέση που είχε και ενώνοντας αυτά τα σημεία παρατηρούμε την τροχιά της στη διάρκεια της κίνησης της μαθητριας.

Η βάδιση είναι ένα πολύπλοκο φαινόμενο, δύσκολο να παραμετροποιηθεί. Με μια απλοποιημένη προσέγγιση μπορούμε να θεωρήσουμε στον κατακόρυφο άξονα της ισορροπίας τέσσερις δυνάμεις: Το βάρος w , την κάθετη αντίδραση του επιπέδου N, και

τις κάθετες συνιστώσες των δυνάμεων από τα λάστιχα F_{1y} και F_{2y} . Από την εξίσωση ισορροπίας έχουμε :

$$\Sigma F_y = 0 \quad \text{άρα} \quad N = w + F_{1y} + F_{2y} \quad \text{Εξίσωση (4)}$$

Στον άξονα της κίνησης έχουμε την δύναμη της τριβής T , και τις οριζόντιες συνιστώσες των δυνάμεων από τα λάστιχα F_{1x} και F_{2x} . Από την εξίσωση ισορροπίας λοιπόν έχουμε :

$$\Sigma F_x = m \cdot a \quad \text{άρα} \quad T + F_{2x} - F_{1x} = m \cdot a \quad \text{Εξίσωση (4)}$$

$$\text{Δηλαδή : } T = m \cdot a + F_{1x} - F_{2x}$$

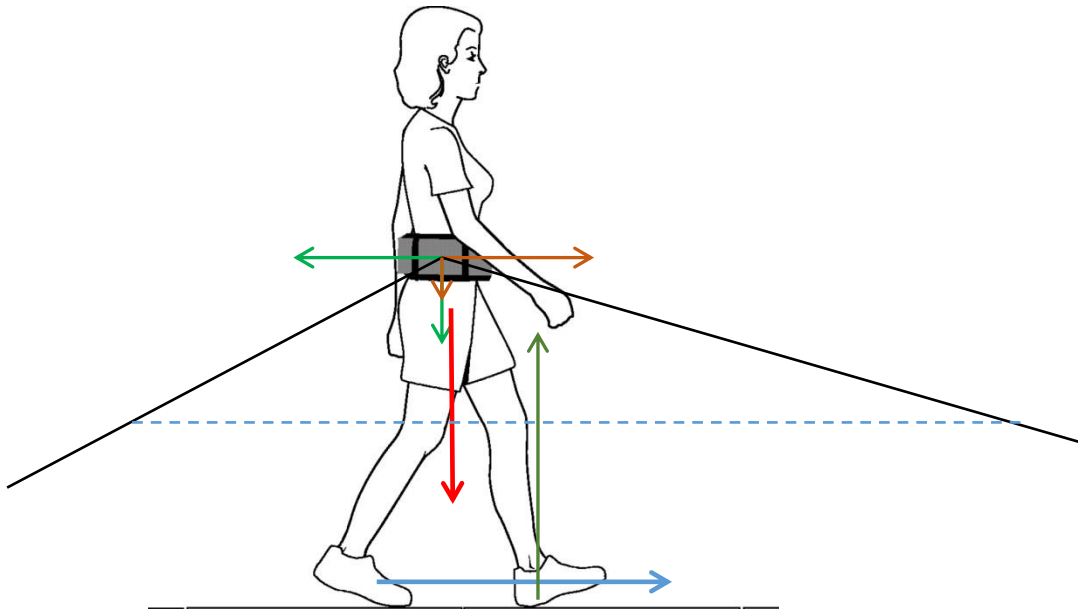
Από την τριγωνομετρία βέβαια έχουμε (η ω_1 αριστερά και η ω_2 δεξιά στο σχήμα):

$$F_{1x} = F_1 \sin \omega_1 \quad F_{2x} = F_2 \sin \omega_2 \quad \text{Εξισώσεις (4), (5)}$$

$$F_{1y} = F_1 \eta \mu \omega_1 \quad F_{2y} = F_2 \eta \mu \omega_2 \quad \text{Εξισώσεις (6), (7)}$$

Για την τριβή ισχύει ότι:

$$T = \mu \cdot N \quad \text{όπου } \mu \text{ ο συντελεστής τριβής} \quad \text{Εξίσωση (8)}$$

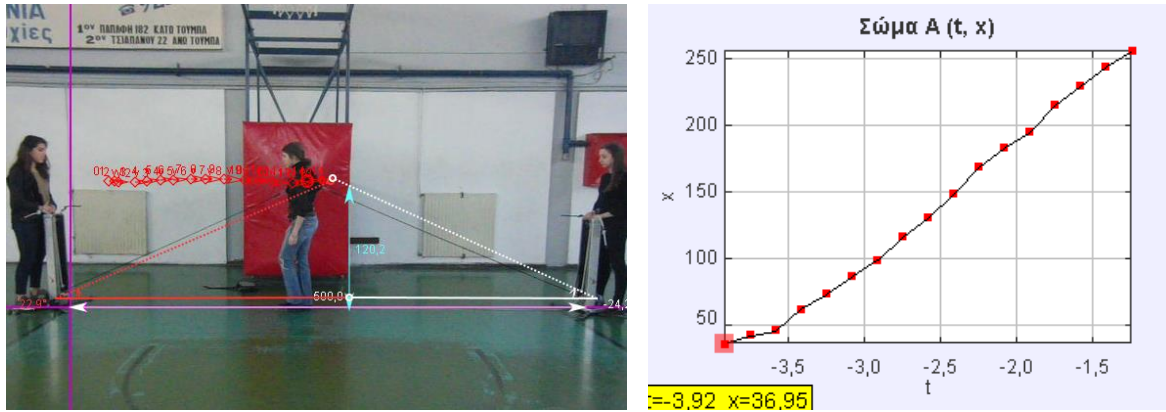


Σχήμα 1: Σχηματική αναπαράσταση των δυνάμεων που ασκούνται

Από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν μπορούμε να υπολογίσουμε την επιτάχυνση και στη συνέχεια την τριβή T .

ΟΙ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΣΤΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

Απαντώντας στο πρώτο ερώτημα, μετά από την καταγραφή μέσω του ειδικού λογισμικού των συντεταγμένων θέσης (x, y) του θώρακα-στέρνου σε μια χρονοσειρά αποτυπώσαμε την συμπεριφορά αυτού του σημείου στο διάγραμμα 5.



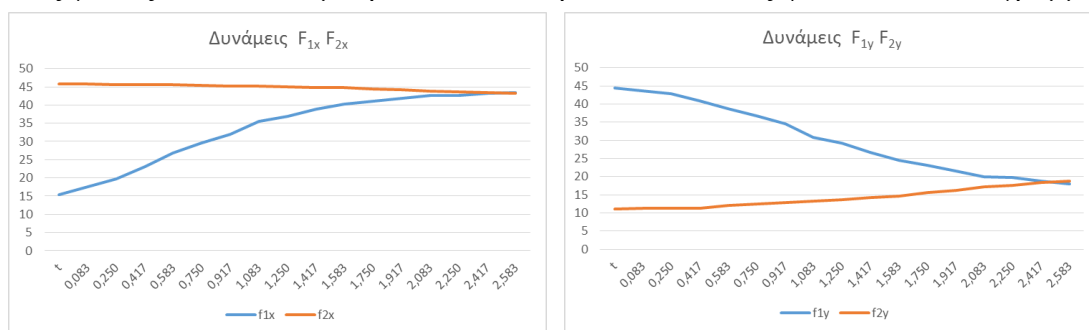
Διάγραμμα 5: Η οριζόντια συνιστώσα της μετόπισης του σημείου του θώρακα.

Οι ελαστικοί μάντες ασκούν δύναμη πάνω στην μαθήτρια της τάξης του 47,07Nt το καθένα, σύμφωνα με τον κατασκευαστή (Power Field). Ενώ το βάρος της μαθήτριας ήταν 470Nt.



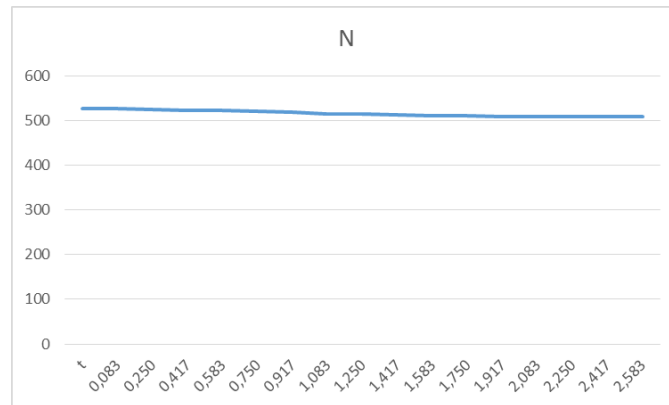
Διάγραμμα 5: Η οριζόντια συνιστώσα της επιτάχυνσης του σημείου του θώρακα

Απαντώντας στο δεύτερο ερώτημα παρατηρούμε ότι οι δυνάμεις F_{1x} και F_{2x} αλλά και F_{1y} και F_{2y} βάση της εξίσωσης υπολογισμού (εξισώσεις 4,5,6,7) και ανάλογα με τις γωνίες ω_1 και ω_2 μπορούν να αναπαρασταθούν όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 6:



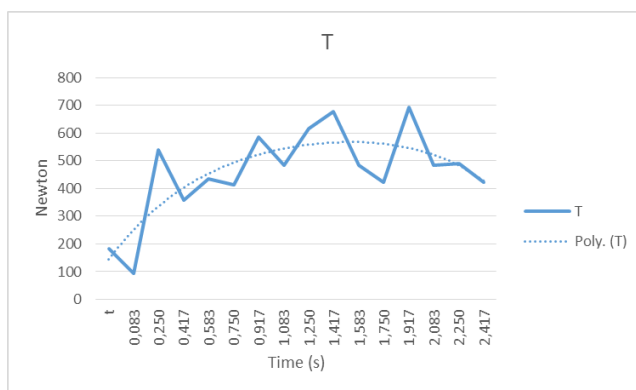
Διάγραμμα 6: Οι συνιστώσες δυνάμεων F_1 και F_2 που ασκούνται από τους δύο ελαστικούς μάντες.

Η συμπεριφορά της κάθετης αντίδρασης του επίπεδου N σύμφωνα με την εξίσωση (4) συνυπολογίζοντας το σταθερό βάρος της μαθήτριας όπως παρουσιάζεται στο διάγραμμα 7 είναι σχεδόν σταθερή σε όλη τη διάρκεια της βάρδισης.

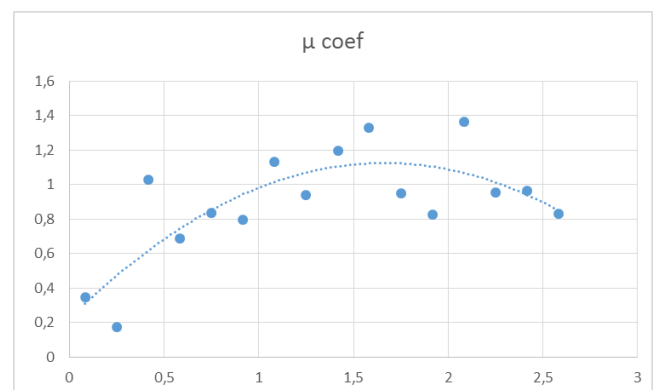


Διάγραμμα 7: Η κάθετη αντίδραση του επιπέδου N

Απαντώντας το 4 ερώτημα και σύμφωνα με την εξίσωση (8) είναι σημαντικό να δούμε η δύναμη της τριβής πως συμπεριφέρεται κατά την διάρκεια της βάρδισης. Έτσι σύμφωνα με το διάγραμμα 8, και λόγω του ότι η επιτάχυνση μεταβάλλεται στον οριζόντιο άξονα (διάγραμμα 5) η τιμή της T δεν παρουσιάζεται σταθερή καθ'όλη την διάρκεια της κίνησης.



Διάγραμμα 8: Η T δύναμη τριβής ολίσθησης



Διάγραμμα 9: Ο συντελεστής τριβής ολίσθησης

Ο συντελεστής τριβής όμως παρουσιάζει μια σχετική σταθερότητα πέρνοντας τιμές από 0,3 έως και 1,3 κατά την διάρκεια της βάρδισης της μαθήτριας. Αυτό είναι λογικό αν παρατηρήσουμε ότι κατά την επαφή του πελματος με το έδαφος αλλάζει και η επιφάνεια επαφής με το έδαφος.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η μεθοδολογία που ακολουθήσαμε βασίστηκε σε παραδοχές:

1. Η αποτύπωση της κίνησης μέσω βιντεοκάμερας και η επιλογή του τρόπου δειγματοληψίας υπόκεινται σε απώλεια δεδομένων εξ αιτίας του ρυθμού καταγραφής.
2. Ο φακός της κάμερας καταγραφής παραμορφώνει τον χώρο καταγραφής.
3. Η δύναμη που ασκεί ο κάθε ελαστικός ιμάντας στο ανθρώπινο σώμα του ασκουμένου, είναι σταθερή ανεξαρτήτως της επιμήκυνσής τους κατά την βάρδιση.

Στο δεύτερο πείραμα διαπιστώσαμε ότι η κίνηση δεν είναι ομαλά επιταχυνόμενη, έτσι η επιτάχυνση μεταβάλλεται, γεγονός που οδηγεί σε μη σταθερή τιμή της τριβής T . Για τον λόγο αυτό ο συντελεστής τριβής μ δεν είναι σταθερός αλλά έχει μια σχετικά μικρή διακύμανση.

Γενικά συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα, τέλος, που εξάγουμε από τις δύο πειραματικές διαδικασίες είναι τα εξής:

- a) τα φαινόμενα που αναλύονται μέσω των φυσικών επιστημών και παρουσιάζονται στη διδακταία ύλη της φυσικής, δεν είναι απομονωμένα αλλά συνεχή, πολυπαραγοντικά και πολυπαραμετρικά.
- b) μπορούμε πειραματικά, μέσω διερεύνησης άλλων παραμέτρων να εξάγουμε έμμεσα άλλες, όπως για παράδειγμα μέσω της κινηματικής να αντλήσουμε πληροφορίες σχετικές με δυνάμεις, χωρίς την χρήση των αντίστοιχων ηλεκτρονικών συσκευών και
- c) η υλοποίηση διαθεμετικών εργασιών και πειραμάτων όπως αυτό με την βοήθεια του μαθήματος της φυσικής αγωγή, μας βοηθά στην πρακτική απεικόνιση και βαθύτερη κατανόηση εννοιών της φυσικής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Winter, D. A. (1984). Kinematic and kinetic patterns in human gait: variability and compensating effects. *Human Movement Science*, 3, 51-77.
- Συγγραφική Ομάδα Κόκκοτα (2014). Βιβλίο Φυσική Γενικής Παιδείας Α΄ τάξης ΓΕΛ.
- Κέλλης, Ελ. (2015). Αθλητική εμβιομηχανική: Αρχές και μεθοδολογία εμβιομηχανικής ανάλυσης της κίνησης. (eBook – Εκδόσεις Καλιππος).
- Κόλλαις Η. (2002). Βιοκινητική της σθλητικής κίνησης.