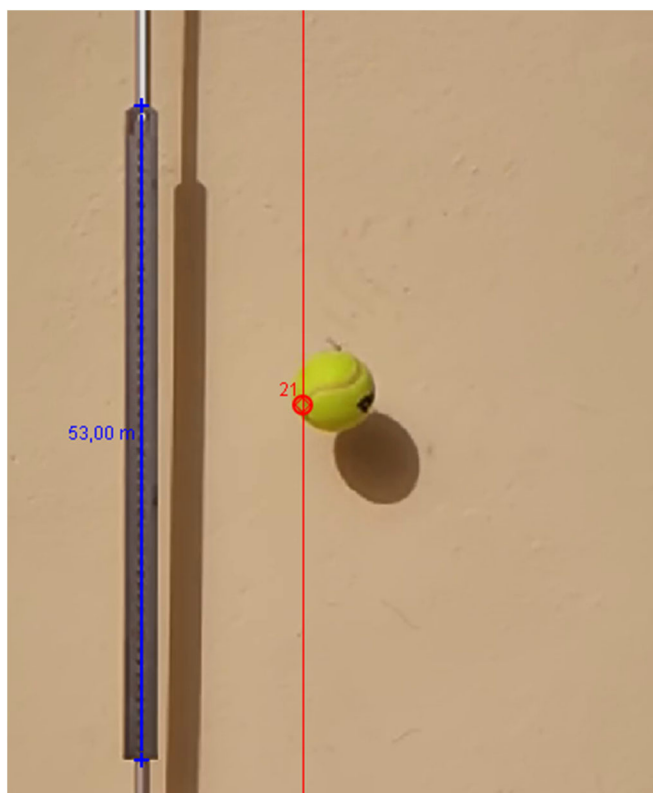


Ελεύθερη πτώση

Στο βίντεο **“Free Fall.mp4”** της άσκησης καταγράφεται η κίνηση μιας μπάλας του τένις, η οποία αφήνεται ελεύθερη να πέσει από κάποιο ύψος πάνω από το έδαφος. Καταγράφεται και ένας μεταλλικός χάρακας συνολικού μήκους **53 cm**, τοποθετημένος δίπλα στην τροχιά της μπάλας.



Θα υπολογίσουμε τη επιτάχυνση της κίνησης της μπάλας, και θα τη συγκρίνουμε με την τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας στον τόπο του πειράματος ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$).

Από τη σελίδα του σεμιναρίου <https://free.openeaclass.org/courses/SC1151/> και από το υλικό της 1^{ης} συνάντησης μεταφορτώστε στον υπολογιστή σας το αρχείο με το βίντεο “Ελεύθερη Πτώση” και αποθηκεύστε το στον υπολογιστή σας με το όνομα **“Free Fall.mp4”**. Μετά ανοίξτε το αρχείο αυτό στο Tracker και ακολουθήστε τις οδηγίες που δίνονται για να ολοκληρώσετε τη διαδικασία της ανάλυσης του βίντεο.

Οδηγίες

1. Ρύθμιση βίντεο-κλιπ

Βίντεο κλιπ είναι το υποσύνολο των καρτέ του αρχικού βίντεο που θα αναλυθούν.

Δυνατότητες ρύθμισης μέσω του εργαλείου «Ρυθμίσεις βίντεο κλιπ»:

- Αρχικό καρτέ
- Τελικό καρτέ
- Το μέγεθος βήματος καθορίζει ότι τα καρτέ του αρχικού βίντεο που θα αναλυθούν θα είναι τα:
(αρχικό καρτέ) + $n \cdot$ (μέγεθος βήματος)
με n ακέραιο αριθμό.

Με τις ρυθμίσεις που θα κάνουμε στο δικό μας βίντεο και φαίνονται στην Εικόνα 1 τα καρτέ που θα αναλυθούν είναι τα: 18, 20, 22, 24, ... και τα οποία πλέον θα αριθμούνται ως: 0, 1, 2, 4, ...

Άλλες ρυθμίσεις (2^η περιοχή ρυθμίσεων):


- Αρχικός χρόνος (συνήθως αφήνουμε την εξ ορισμού τιμή: 0)
- Ταχύτητα καρτέ: (είναι ο ρυθμός εναλλαγής των καρτέ. **Βασικότερη ρύθμιση** καθώς καθορίζει την κλίμακα χρόνου για το βίντεο κλιπ. Συνήθως το Tracker εντοπίζει το ρυθμό εναλλαγής των καρτέ αυτόματα. Άρα δεν πειράζουμε την εξ ορισμού ρύθμιση)
- Δt ανά καρτέ: Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ δύο καρτέ. Υπολογίζεται αυτόματα ως το αντίστροφο της ταχύτητας καρτέ. Δεν το πειράζουμε.

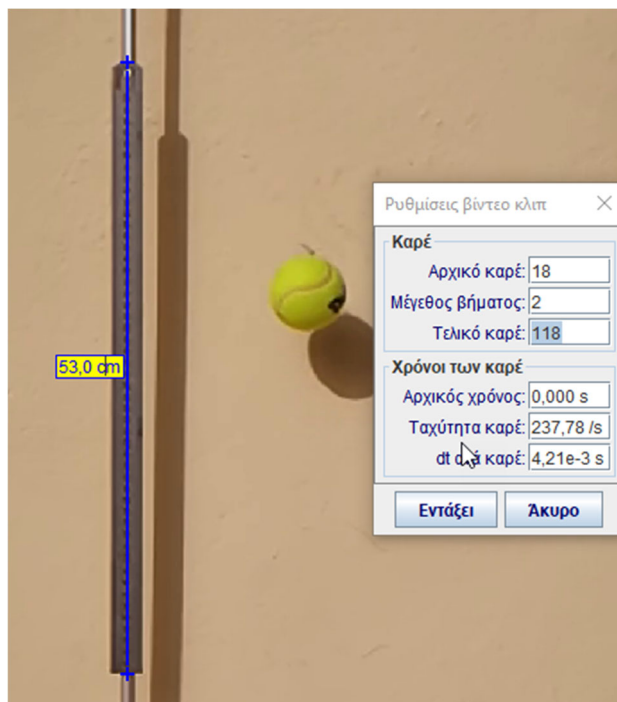
Με τις ρυθμίσεις της Εικόνας 1, το καρτέ 0 του βίντεο κλιπ θα αντιστοιχεί στη χρ. στιγμή 0, το καρτέ 1 στη χρ. στιγμή $4,21 \times 10^{-3}$ s, το καρτέ 2 στη χρ. στιγμή $2 \times (4,21 \times 10^{-3})$ s, κ.ο.κ.

2. Βαθμονόμηση βίντεο κλιπ

Η σωστή βαθμονόμηση μας επιτρέπει μετρώντας μια απόσταση σε pixels στην οθόνη, να βρίσκουμε την αντίστοιχη απόσταση στον πραγματικό κόσμο. Για το σκοπό αυτό πρέπει στο βίντεο να καταγράφεται κάποιο σώμα με γνωστές τις διαστάσεις του στον πραγματικό κόσμο. Στην περίπτωση μας αυτό το αντικείμενο είναι ο μεταλλικός χάρακας, του οποίου το μήκος στον πραγματικό κόσμο είναι ίσο με 53 cm.

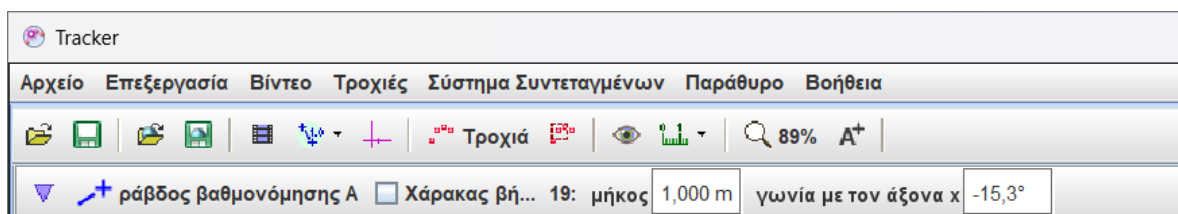
Το Tracker διαθέτει διάφορα εργαλεία για τη βαθμονόμηση ενός βίντεο-κλιπ. Θα χρησιμοποιήσουμε εδώ ένα εργαλείο τύπου “**Ράβδος βαθμονόμησης**”, που μπορεί να δημιουργηθεί με δύο τρόπους:

- Μέσω του μενού “**Τροχιές / Νέο / Εργαλεία βαθμονόμησης / Ράβδος βαθμονόμησης**”.
- Μέσω του εργαλείου “**Εμφάνιση, απόκρυψη ή δημιουργία εργαλείων βαθμονόμησης**” (Εικονίδιο  στη γραμμή εργαλείων του Tracker) και επιλέγοντας “**Νέο / Ράβδος βαθμονόμησης**”.




Εικόνα 1 : Ρυθμίσεις βίντεο κλιπ

Τότε, στο τρέχον καρτέ του βίντεο κλιπ εμφανίζεται μια ράβδος βαθμονόμησης κάθε άκρο της οποίας σημαίνεται με ένα σταυρό. Αφού μεταφέρετε το δρομέα του ποντικιού στο ένα άκρο της ράβδου βαθμονόμησης, πιάστε το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού και κρατώντας το πατημένο μετακινήστε (διαδικασία **“συγκράτηση και σύρσιμο”**) το άκρο της ράβδου βαθμονόμησης στο πάνω άκρο του μεταλλικού χάρακα. Όταν είστε σίγουροι για την ακρίβεια της τοποθέτησης σταματήστε τη διαδικασία **“συγκράτηση”** του ποντικιού, απελευθερώνοντας το αριστερό πλήκτρο του. Αν διαπιστώσετε ότι η τοποθέτηση δε σας ικανοποιεί, μπορείτε να επαναλάβετε το σύρσιμο του ποντικιού. Μπορεί να σας φανεί χρήσιμη η μεγέθυνση της εικόνας του αντίστοιχου καρτέ με χρήση της ροδέλας του ποντικιού. Επαναλάβετε τη διαδικασία ώστε να τοποθετήσετε το άλλο άκρο της ράβδου βαθμονόμησης στο κάτω άκρο του μεταλλικού χάρακα (Εικόνα 1). Η όλη διαδικασία τοποθέτησης των άκρων της ράβδου βαθμονόμησης ολοκληρώνεται προσέχοντας ώστε η ράβδος βαθμονόμησης να είναι κατακόρυφη δηλ. να σχηματίζει γωνία -90° με τον άξονα x. Τη σχετική ένδειξη δίνει το Tracker στη **“Γραμμή επιλογής και ιδιοτήτων ενεργού τροχιάς”** (Εικόνα 2).



Εικόνα 2: Ιδιότητες ενεργού τροχιάς (ράβδος βαθμονόμησης)

Στο πλαίσιο κειμένου της ράβδου βαθμονόμησης γράψτε την τιμή **0,53 m** (δηλ. το μήκος του χάρακα στον πραγματικό κόσμο σε μέτρα). Το λογισμικό τότε αυτόματα υπολογίζει την κλίμακα αποστάσεων και πλέον είναι σε θέση μετρώντας αποστάσεις σε pixels στην οθόνη, να υπολογίζει τις αντίστοιχες αποστάσεις στον πραγματικό κόσμο


Τέλος, αν θέλετε ένα καθαρό περιβάλλον εργασίας, μπορείτε να αποκρύψετε τη ράβδο βαθμονόμησης που μόλις δημιουργήσατε πιέζοντας στο εργαλείο **“Εμφάνιση, απόκρυψη και δημιουργία εργαλείων βαθμονόμησης”** (εικονίδιο ) στη γραμμή εργαλείων του Tracker.

3. Ιχνηλασία υλικού σημείου

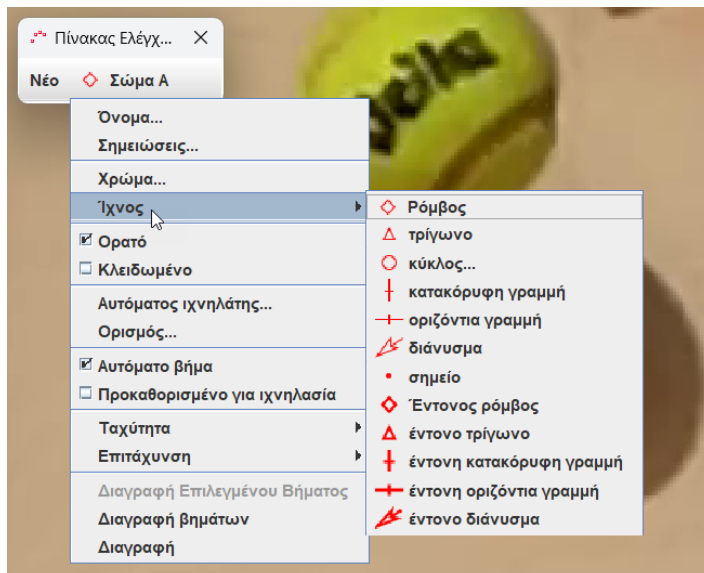
Εδώ μιλάμε για την ουσία της ανάλυσης βίντεο: Πρόκειται για τη διαδικασία με την οποία εξάγουμε δεδομένα θέσης-χρόνου για κάποιο αντικείμενο που η κίνησή του έχει καταγραφεί στο βίντεο. Στην περίπτωση μας αυτή είναι η μπάλα του τένις που αφήνεται να πέσει. Για την ιχνηλασία απαιτούνται τρία βήματα:

- α. Δημιουργία υλικού σημείου.
- β. Προσαρμογή του υλικού σημείου πάνω σε κάποιο σημείο του σώματος, την κίνηση του οποίου θέλουμε να μελετήσουμε. Σκεφτείτε το σαν εικονικό «πινεζάρισμα» με το οποίο καρφώνουμε το υλικό σημείο πάνω στο σώμα και δημιουργούμε το ίχνος του στο πρώτο καρτέ του βίντεο-κλιπ.
- γ. Έρευνα και δημιουργία του ίχνους του υλικού σημείου και στα υπόλοιπα καρτέ.

Δημιουργία υλικού σημείου

Μέσω του μενού “Τροχιές” ή του εργαλείου “Τροχιά” ( Τροχιά) και επιλέγοντας “Νέο / Υλικό σημείο” δημιουργούμε ένα υλικό σημείο (με το εξ ορισμού όνομα “Σώμα Α”) με τη βοήθεια του οποίου θα ιχνηλατήσουμε την κίνηση της μπάλας τένις.

Στο παράθυρο “Πίνακας Ελέγχου Τροχιών” που ανοίγει, προστίθεται ένα “κουμπί” με το όνομα του υλικού σημείου που μόλις δημιουργήθηκε, και το οποίο μας επιτρέπει μέσω ενός αναδυόμενου μενού την αλλαγή ιδιοτήτων της τροχιάς. Πιο συνηθισμένες αλλαγές είναι: η ορατότητα, το όνομα, το χρώμα και το είδος του ίχνους του.

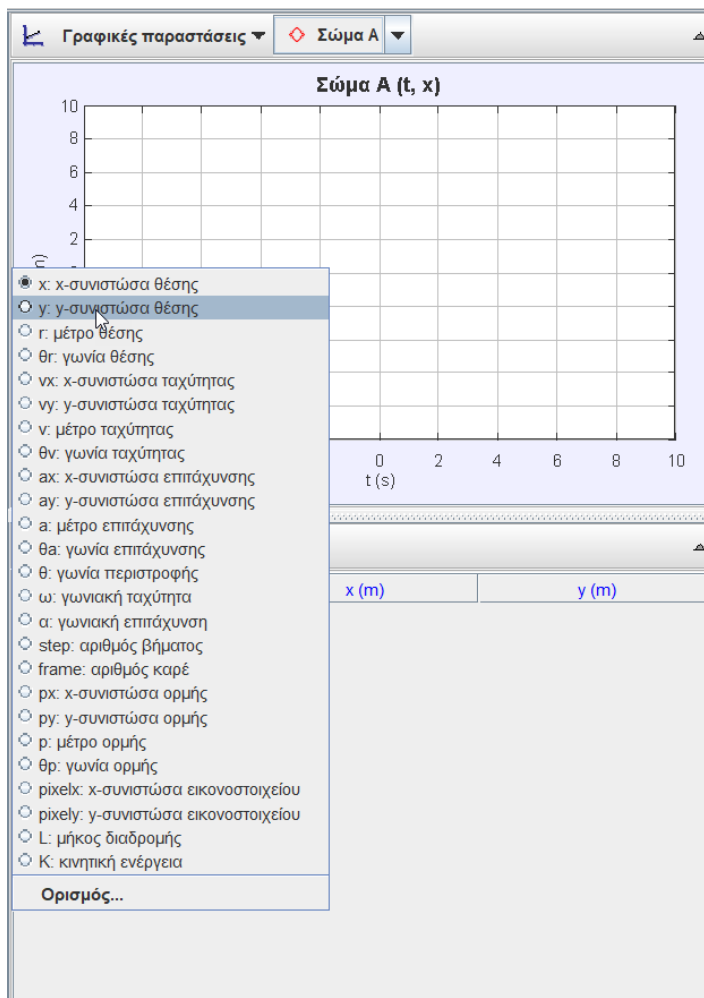


Εικόνα 3: Πίνακας ιδιοτήτων τροχιάς

Προαιρετική αλλά χρήσιμη ρύθμιση

Αμέσως μετά τη δημιουργία του υλικού σημείου το Tracker προετοιμάζει δύο νέες γραφικές παραστάσεις την $x = f(t)$ και την $y = f(t)$. Στην περίπτωση της κίνησης που εξετάζουμε η γραφική παράσταση $x = f(t)$ δεν ενδιαφέρει. Θα την απομακρύνουμε από την περιοχή γραφικών παραστάσεων ως εξής:

- α. Πιέζουμε το πλήκτρο “Γραφικές Παραστάσεις” και επιλέγουμε “1”. Το Tracker ανταποκρίνεται σχεδιάζοντας σύστημα αξόνων μόνο για μία γραφική παράσταση την $x = f(t)$.
- β. Αλλάζουμε την εμφανιζόμενη γραφική παράσταση σε $y = f(t)$, κάνοντας “κλικ” πάνω στην ετικέτα “x (m)” του κατακόρυφου άξονα και επιλέγοντας “y: y-συνιστώσα θέσης”.




Εικόνα 4: Αλλαγή γραφικής παράστασης

Δημιουργία του ίχνους στο πρώτο καρτέ

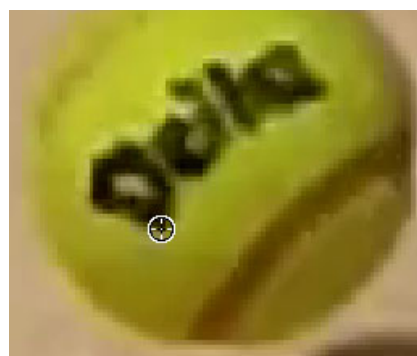
Το ίχνος στο πρώτο καρτέ μπορεί να δημιουργηθεί με δύο τρόπους, οι οποίοι καθορίζουν και τον τρόπο με τον οποίο θα ολοκληρωθεί η ιχνηλασία.

- α. Με το συνδυασμό **“Shift + κλικ”** για χειροκίνητη ιχνηλασία
- β. Με το συνδυασμό **“Ctrl + Shift + κλικ”** για αυτόματη ιχνηλασία

Στην περίπτωση μας θα ακολουθήσουμε την αυτόματη ιχνηλασία, κυρίως λόγω του μεγάλου αριθμού καρτέ που πρόκειται να αναλυθούν.

Πιέστε το πλήκτρο **“Επαναφορά στο αρχικό θήμα”** () στην περιοχή των χειριστηρίων του βίντεο κλιπ, ώστε να κάνετε τρέχον καρτέ το πρώτο καρτέ του βίντεο-κλιπ.

Πιέστε και κρατήστε πατημένα τα πλήκτρα **“Ctrl”** και **“Shift”**. Ο δρομέας μετατρέπεται σε κύκλο με σταυρόνημα. Κρατώντας πατημένα τα πλήκτρα Ctrl και Shift μετακινήστε, με το ποντίκι του υπολογιστή, το δρομέα προς το κέντρο της μπάλας του τένις. Πιέστε το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού (**“κλικ”**), όταν ο δρομέας φτάσει στη γωνία του μαύρου γράμματος **“D”** στην ετικέτα πάνω στη μπάλα, όπως φαίνεται και στη διπλανή εικόνα.



Εικόνα 5: Δημιουργία του ίχνους στο πρώτο καρτέ

Το υλικό σημείο “πινεζάρεται” στο κέντρο του σταυρονήματος και το ίχνος του σημειώνεται με ένα μικρό σταυρό, που περιβάλλεται από ένα μικρό κύκλο (που καθορίζει το **“πρότυπο ταύτισης”**) και με ένα μεγαλύτερο στικτό τετράγωνο (που καθορίζει την **“περιοχή αναζήτησης”**), ενώ ταυτόχρονα ανοίγει και το παράθυρο **“Αυτόματος Ιχνηλάτης”**.

Παρόλο που και το σχήμα και το μέγεθος του “προτύπου ταύτισης” και της “περιοχής αναζήτησης” μπορούν να αλλάξουν, σε πρώτη φάση δε θα τα πειράξουμε καθόλου.

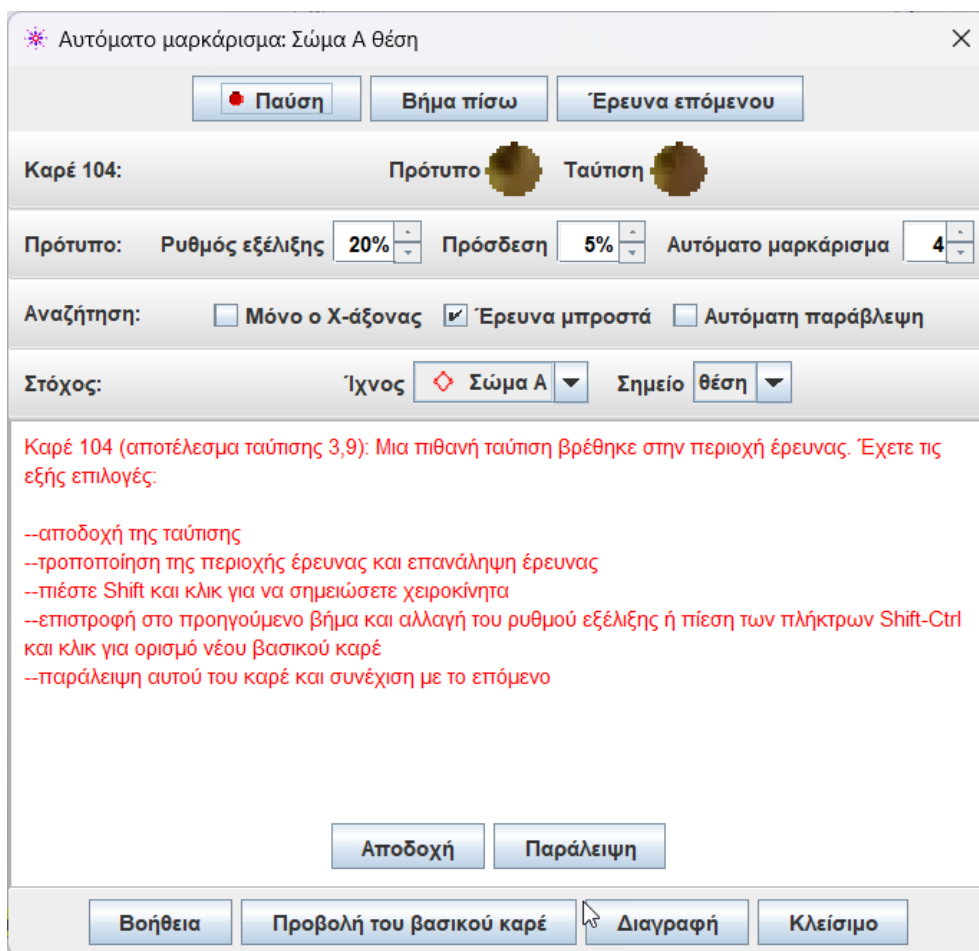


Εικόνα 6: Το ίχνος του υλικού σημείου στο πρώτο καρτέ

Ολοκλήρωση της ιχνηλασίας

Θα ολοκληρώσουμε την αυτόματη ιχνηλασία πιέζοντας το πλήκτρο **“Ερευνα”** στο παράθυρο του **“Αυτόματου ιχνηλάτη”**. Το επόμενο καρτέ του βίντεο-κλιπ γίνεται το τρέχον και το Tracker αναζητά στην **“περιοχή αναζήτησης”** στο καρτέ αυτό το σύνολο των pixels που αποτελούν το **“πρότυπο ταύτισης”**. Όταν βρεθεί μια ταύτιση στο παράθυρο του **“Αυτόματου ιχνηλάτη”** σημειώνεται σχετικό μήνυμα και το ίχνος του υλικού σημείου σημειώνεται στο κέντρο της ταύτισης. Η αναζήτηση δε γίνεται σε ολόκληρο το καρτέ, καθώς και χρονοβόρα θα ήταν και σε πολλές λανθασμένες ταυτίσεις θα οδηγούσε.

Η καλή επιλογή του προτύπου ταύτισης, που κατά βάση είναι θέμα πειραματισμού και εμπειρίας, θα οδηγήσει σε επιτυχή ολοκλήρωση της ιχνηλασίας. Όμως στην περίπτωση μας και προς τα τελευταία καρτέ του βίντεο-κλιπ το μήνυμα στο παράθυρο του **“Αυτόματου ιχνηλάτη”** δηλώνει με κόκκινα γράμματα ότι το λογισμικό εντόπισε μια πιθανή αν και όχι ικανοποιητική ταύτιση.




Εικόνα 7: Προβλήματα στην αυτόματη ιχνηλασία

Σε τέτοιες περιπτώσεις το λογισμικό οι πιο συνηθισμένες λύσεις, από αυτές που προσφέρει το λογισμικό, είναι:

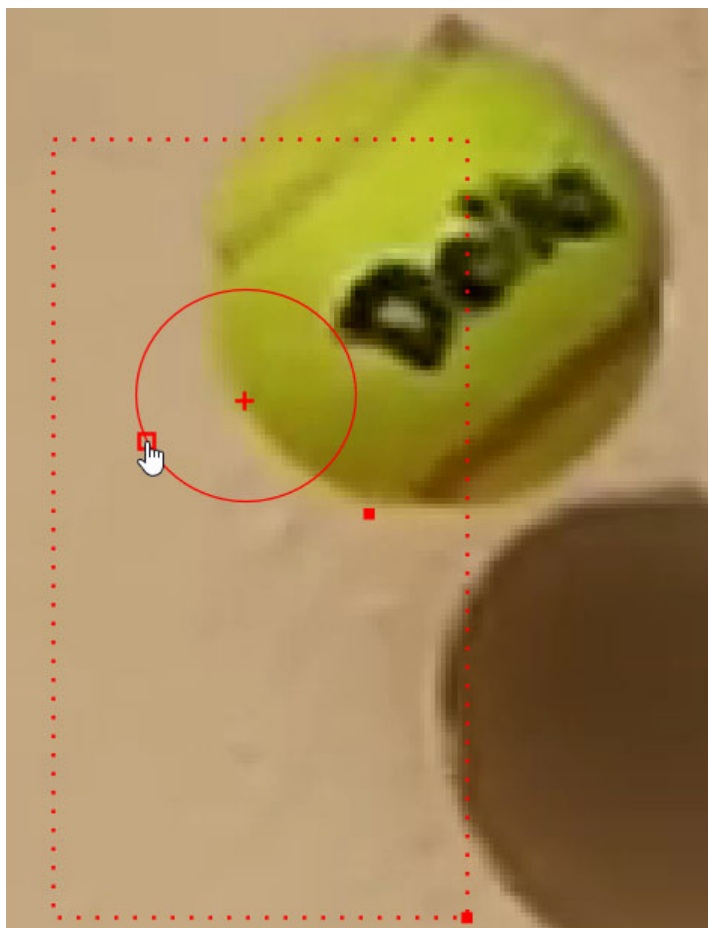
- α. Αποδοχή της ταύτισης
- β. Χειροκίνητη σημείωση του ίχνους με **“Shift + κλικ”** και συνέχιση της έρευνας
- γ. Ορισμός νέου βασικού καρέ με **“Ctrl + Shift + κλικ”**

Στην περίπτωση μας, που τα προβλήματα εμφανίζονται στα τελευταία καρέ, θα μπορούσαμε ακόμη να τερματίσουμε την ιχνηλασία, κλείνοντας το παράθυρο του **“Αυτόματου ιχνηλάτη”**. Αλλά έτσι κι αλλιώς αυτή η ιχνηλασία είναι προβληματική, αφού με την επιλογή του προτύπου ταύτισης που κάναμε το αποτέλεσμα της ιχνηλασίας του υλικού σημείου επηρεάζεται από την περιστροφή της μπάλας. Έτσι εδώ θα ακολουθήσουμε τη διαδικασία τροποποίησης του προτύπου ταύτισης και της περιοχής έρευνας και επανάληψη της διαδικασίας, ως εξής:

- α. Πιέστε το πλήκτρο **“Επαναφορά στο αρχικό βήμα”** () στην περιοχή των χειριστηρίων του βίντεο κλιπ, ώστε να κάνετε τρέχον καρέ το πρώτο καρέ του βίντεο-κλιπ.
- β. Το σχήμα και η θέση του προτύπου ταύτισης, της περιοχής αναζήτησης μπορούν να αλλάξουν με τη διαδικασία **“συγκράτηση και σύρσιμο”** των λαβών που διαθέτουν.
- γ. Αφού αλλάξετε το πρότυπο ταύτισης και την περιοχή αναζήτησης, επαναλάβετε την έρευνα, ώστε να ολοκληρωθεί η διαδικασία της ιχνηλασίας. Μετά κλείστε το παράθυρο του **“Αυτόματου Ιχνηλάτη”**.

Οι λαβές συγκράτησης:


- Με τα μικρά συμπαγή τετράγωνα αλλάζουμε το σχήμα του προτύπου ταύτισης ή της περιοχής αναζήτησης.
- Με “κλικ” πάνω στο κυκλικό όριο του προτύπου ταύτισης ή στο στικτό τετράγωνο της περιοχής αναζήτησης εμφανίζεται ακόμη μια λαβή συγκράτησης με την οποία ολόκληρο το πρότυπο ταύτισης ή η περιοχή αναζήτησης μετακινείται σε άλλη θέση.
- Μια ακόμη λαβή συγκράτησης εμφανίζεται με “κλικ” στο σταυρό που σημαίνει το ίχνος του υλικού σημείου. Με αυτή τη λαβή μετακινείται το ίχνος του υλικού σημείου σε άλλη θέση.



Εικόνα 8: Αλλαγή του προτύπου ταύτισης και της περιοχής αναζήτησης

Χειροκίνητη ιχνηλασία

Στην περίπτωση μας δεν χρησιμοποιήσαμε τη χειροκίνητη ιχνηλασία. Αποτελεί όμως μια χρήσιμη δυνατότητα ειδικά σε περιπτώσεις που αναλύονται λίγα μόνο καρέ και η αυτόματη ιχνηλασία αποτυγχάνει. Επιπλέον είναι και διδακτικά χρήσιμη, αφού εμπλέκει τους μαθητές περισσότερο στον καθορισμό της θέσης και τα σχετικά σφάλματα. Για τους λόγους αυτούς ας δούμε πως θα μπορούσε να γίνει:


1. Πιέστε το πλήκτρο **“Επαναφορά στο αρχικό βήμα”** () στην περιοχή των χειριστηρίων του βίντεο κλιπ, ώστε να κάνετε τρέχον καρέ το πρώτο καρέ του βίντεο-κλιπ.
2. Πιέστε και κρατήστε πατημένα το πλήκτρο **“Shift”**. Ο δρομέας μετατρέπεται σε τετράγωνο με σταυρόνημα. Κρατώντας πατημένο το πλήκτρο Shift μετακινήστε, με το ποντίκι του υπολογιστή, το δρομέα σε ένα χαρακτηριστικό σημείο της μπάλας που να παρουσιάζει καλή αντίθεση με το περιβάλλον, π.χ. το κατώτερο σημείο της μπάλας (Εικόνα 9).
3. Πιέστε το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού (**“κλικ”**), όταν ο δρομέας φτάσει στο επιθυμητό σημείο. Το υλικό σημείο “πινεζάρεται” στο κέντρο του σταυρονήματος και το ίχνος του υλικού σημείου σημειώνεται στο πρώτο καρέ, ενώ το βίντεο προωθείται αυτόματα στο επόμενο καρέ (επόμενο καρέ = τρέχον καρέ + μέγεθος βήματος).
4. Με το συνδυασμό **“Shift + κλικ”** συνεχίζουμε να σημειώνουμε το ίχνος του υλικού σημείου σε όλα τα αναλυόμενα καρέ του βίντεο-κλιπ.



Εικόνα 9: Χειροκίνητη ιχνηλασία

4. Ρύθμιση συστήματος συντεταγμένων

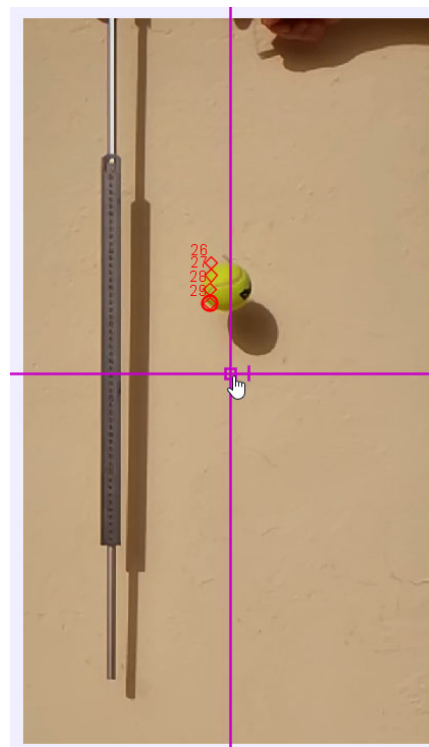
Εξ ορισμού το Tracker δημιουργεί ένα σύστημα συντεταγμένων που έχει την αρχή του στο κέντρο των καρτέ του βίντεο-κλιπ, τον x άξονα οριζόντιο στην οθόνη και ο θετικός Ox ημιάξονας σημειώνεται με μια μικρή κάθετη στον άξονα γραμμή.

Το σύστημα συντεταγμένων (τροχιά “**άξονες**”) εμφανίζεται στην οθόνη με το εργαλείο “**Εμφάνιση ή απόκρυψη των αξόνων των συντεταγμένων**” (εικονίδιο  στη γραμμή εργαλείων).

Για την αλλαγή θέσης και του προσανατολισμού του, το σύστημα συντεταγμένων διαθέτει δύο λαβές:


- Μια λαβή που εμφανίζεται με “κλικ” στην αρχή των αξόνων και χρησιμεύει για τη μετατόπιση της αρχής σε άλλο σημείο.
- Μια λαβή που εμφανίζεται με “κλικ” σε κάποιο σημείο του Ox ημιάξονα και χρησιμεύει για την περιστροφή του συστήματος συντεταγμένων.

Εικόνα 10: Το εξ ορισμού σύστημα συντεταγμένων



Μετατόπιση της αρχής των αξόνων

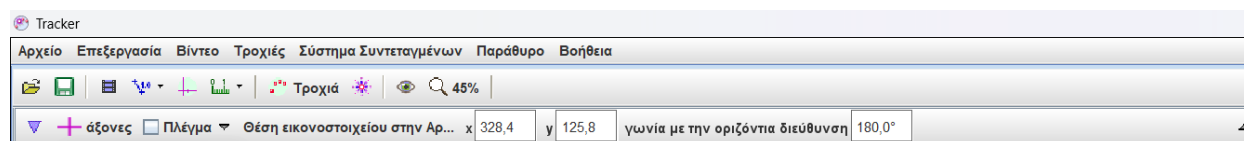
Αν και δεν είναι απαραίτητο, εκπαιδευτικά είναι καλό να τοποθετήσουμε την αρχή του συστήματος συντεταγμένων πάνω στο ίχνος O του υλικού σημείου, καθώς αυτό είναι η συνήθης τακτική κατά τη λύση ασκήσεων και προβλημάτων κινηματικής. Ας δούμε πως μπορεί να γίνει αυτό:

- Πιέστε το πλήκτρο “**Επαναφορά στο αρχικό θήμα**” () στην περιοχή των χειριστηρίων του βίντεο κλιπ, ώστε να κάνετε τρέχον καρτέ το πρώτο καρτέ του βίντεο-κλιπ.
- Με “**συγκράτηση και σύρσιμο**” της λαβής στην αρχή του συστήματος συντεταγμένων μεταφέρουμε και αποθέτουμε την αρχή των συντεταγμένων πάνω στο ίχνος του υλικού σημείου στο πρώτο καρτέ του βίντεο-κλιπ.
- Με τη λαβή ενεργοποιημένη μπορούμε να μικρορυθμίσουμε τη θέση της αρχής με τη χρήση των πλήκτρων κίνησης του δρομέα και μεγέθυνση της εικόνας με χρήση της ροδέλας του ποντικιού.

Περιστροφή του συστήματος συντεταγμένων


Μπορεί να γίνει με «συγκράτηση και σύρσιμο» της λαβής στον Ox ημιάξονα, ώστε να περιστραφεί το σύστημα αξόνων κατά 180° , ώστε ο άξονας y να αποκτήσει θετική φορά προς τα κάτω.


Εναλλακτικά, και πιο γρήγορα, η αλλαγή του προσανατολισμού μπορεί να γίνει μέσω των ιδιοτήτων του συστήματος συντεταγμένων, που εμφανίζονται στη γραμμή ενεργού τροχιάς, όταν το σύστημα αξόνων είναι η ενεργός (επιλεγμένη) τροχιά: Αρκεί στο πεδίο “**γωνία με την οριζόντια διεύθυνση**” να δώσουμε την τιμή “**180**” μοίρες.



Εικόνα 11: Ιδιότητες ενεργού τροχιάς (άξονες)

Αν η τροχιά “**άξονες**” δεν είναι η ενεργός, μπορούμε να την επιλέξουμε στο μενού που αναδιπλώνεται

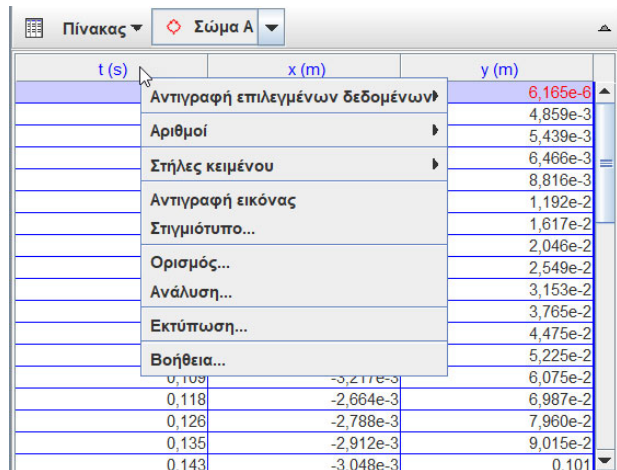
με “κλικ” στο εργαλείο “Επιλογή μιας υπάρχουσας τροχιάς” (εικονίδιο  στη γραμμή ενεργού τροχιάς).

Με το τέλος των ρυθμίσεων μπορούμε αν θέλουμε να αποκρύψουμε τους άξονες κάνοντας εκ νέου “κλικ” στο εργαλείο “Εμφάνιση ή απόκρυψη των αξόνων των συντεταγμένων” (εικονίδιο  στη γραμμή εργαλείων).

5. Ακρίβεια αναγραφής πειραματικών δεδομένων

Στην περίπτωση μας ακρίβεια αναγραφής των δεδομένων θέσης καλύτερη του 1 mm δεν έχει νόημα. Για το λόγο αυτό θα ρυθμίσουμε ώστε τα δεδομένα θέσης να αναγράφονται με ακρίβεια τριών δεκαδικών ψηφίων.

Αυτό γίνεται με “δεξιό κλικ” στον τίτλο των στηλών του πίνακα δεδομένων και επιλογή “Αριθμοί / Μορφές” στο αναδυόμενο μενού.



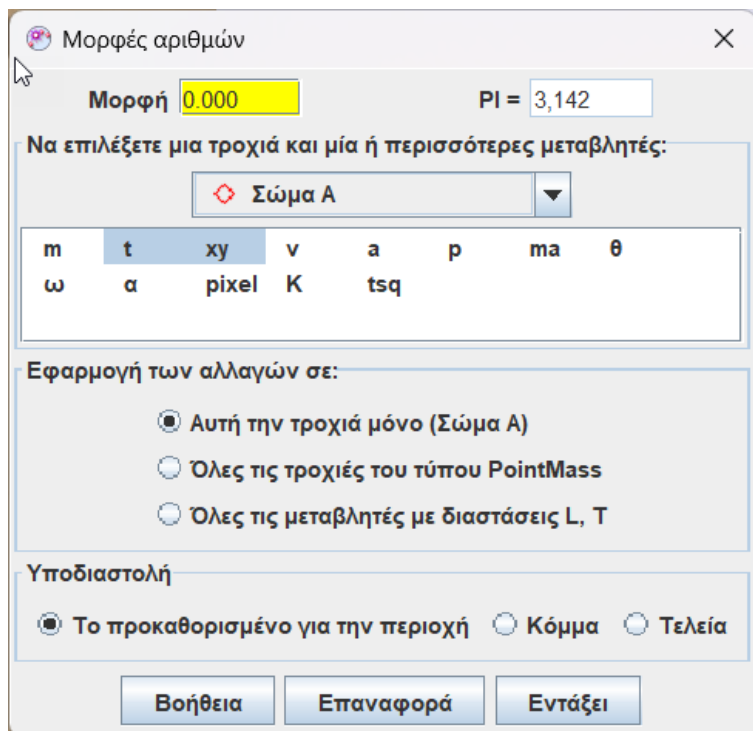
Εικόνα 12: Αλλαγή της μορφής αριθμών

Στο παράθυρο “Μορφές αριθμών” που ανοίγει και στο πεδίο “Μορφή” εισάγουμε την τιμή “0.000” για εμφάνιση των δεδομένων χρόνου και θέσης με τρία δεκαδικά ψηφία.


Παρατήρηση

Με “Ctrl + κλικ” μπορείτε να επιλέξετε τα δεδομένα στα οποία θα εφαρμοστεί η συγκεκριμένη μορφή αριθμών. Στο παράδειγμά μας η μορφοποίηση θα εφαρμοστεί στα δεδομένα χρόνου (t) και συντεταγμένων θέσης (x, y).

Εικόνα 13: Ρύθμιση μορφής αριθμών

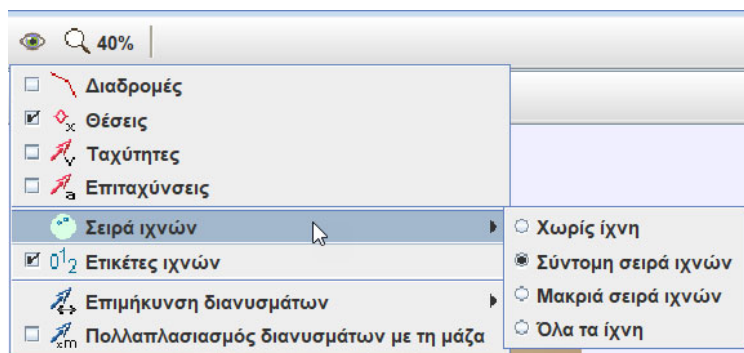


6. Ρυθμίσεις εμφάνισης τροχιάς

Με το εργαλείο “Ορατότητα” (εικονίδιο  της γραμμής εργαλείων) μπορούμε να τροποποιήσουμε την εμφάνιση διαφόρων στοιχείων των τροχιών. Εξ ορισμού είναι επιλεγμένη η εμφάνιση της θέσης της τροχιάς στα διάφορα καρέ καθώς και οι ετικέτες των ιχνών της.

Μεταξύ άλλων μπορεί:

- Να εμφανιστεί η τροχιά ενός υλικού σημείου μέσω της επιλογής “**Διαδρομές**”.
- Να εμφανιστούν τα διανύσματα ταχύτητας και επιτάχυνσης.
- Να ρυθμιστεί ο αριθμός των εμφανιζόμενων στην οθόνη ιχνών.



Εικόνα 14: Ρυθμίσεις εμφάνισης τροχιών

7. Ορισμός μη προκαθορισμένου μεγέθους

Ένας από τους συνηθισμένους τρόπους επεξεργασίας των πειραματικών δεδομένων στην περίπτωση της ευθύγραμμης ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης χωρίς αρχική ταχύτητας είναι ο μέσω της γραφικής παράστασης $y = f(t^2)$ υπολογισμός της επιτάχυνσης της κίνησης. Η γραφική παράσταση προβλέπεται πως είναι ευθεία γραμμή με κλίση ίση με το μισό της επιτάχυνσης.

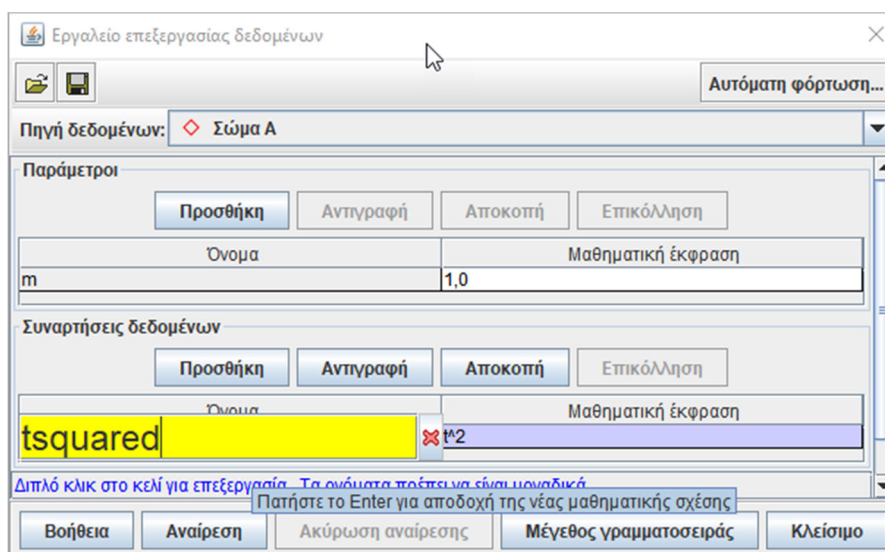
Το Tracker διαθέτει μια μεγάλη γκάμα φυσικών μεγεθών που μπορεί να προσδιορίσει από τα αποτελέσματα της ιχνηλασίας, δηλαδή πρωτογενή πειραματικά δεδομένα θέσης και χρόνου. Όμως δε διαθέτει εξ ορισμού (και ούτε θα μπορούσε) μέγεθος που να ορίζεται ως το τετράγωνο του χρόνου. Οπότε θα πρέπει εμείς να το δημιουργήσουμε, ώστε μετά να το χρησιμοποιήσουμε για την εμφάνιση της γραφικής παράστασης $y = f(t^2)$. Το Tracker διαθέτει για το σκοπό αυτό το “**Εργαλείο επεξεργασίας δεδομένων**”, που μπορεί να ενεργοποιηθεί με διάφορους τρόπους, π.χ.:

- Με “**δεξιά κλικ**” στην περιοχή γραφικών παραστάσεων και επιλογή “**Ορισμός**” στο αναδυόμενο μενού.
- Με “**κλικ**” στο κουμπί “**Πίνακας**” στην περιοχή του πίνακα τιμών του Tracker και επιλογή “**Ορισμός**” στο παράθυρο “**Ορατές στήλες πίνακα**” που ανοίγει.

Μετά στην περιοχή “**Συναρτήσεις δεδομένων**” στο “**Εργαλείο επεξεργασίας δεδομένων**” επιλέξτε “**Προσθήκη**” για να προσθέσετε ένα νέο μέγεθος με το όνομα “**tsquared**” και μαθηματική έκφραση “**t^2**”. Με το νέο αυτό μέγεθος το Tracker θα μπορεί να υπολογίζει τις τιμές του τετραγώνου του χρόνου (t^2).

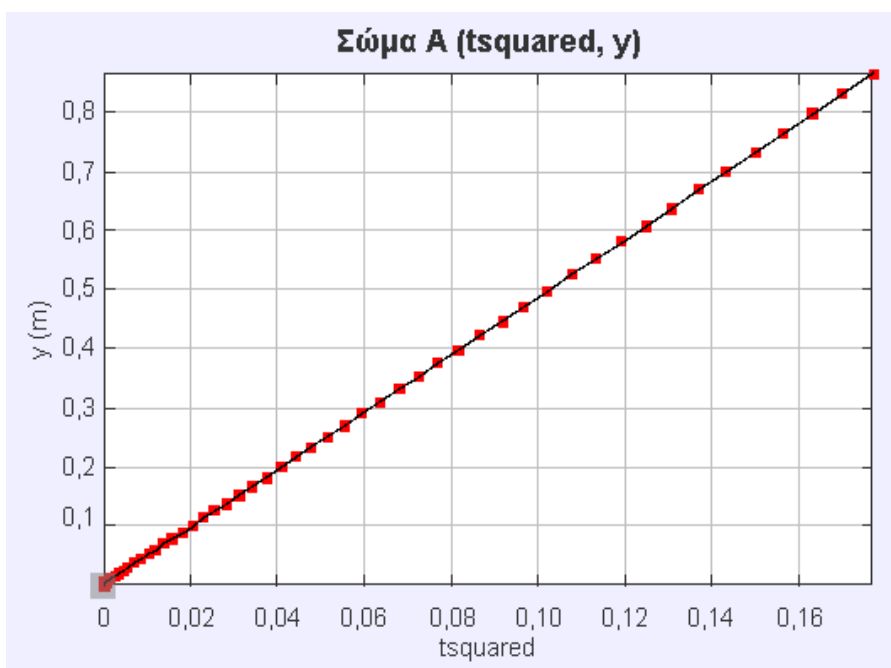
Σημαντικό

Χρησιμοποιήστε μόνο λατινικούς χαρακτήρες στο “**Εργαλείο επεξεργασίας δεδομένων**”. Ακόμη και ως δεκαδικό σημείο, αν χρειαστεί, χρησιμοποιήστε τελεία και όχι κόμμα.



Εικόνα 15 : Ορισμός νέου μεγέθους για τον υπολογισμό του τετραγώνου του χρόνου

Στην περιοχή γραφικών παραστάσεων του Tracker επιλέξτε εμφάνιση της γραφικής παράστασης $y = f(t^2)$. Θα το πετύχετε κάνοντας “κλικ” στην ετικέτα του οριζόντιου άξονα και επιλέγοντας το μέγεθος “tsquared”.



Εικόνα 16:
Η γραφική παράσταση $y = f(t^2)$

8. Το εργαλείο δεδομένων

Για την ανάλυση των πειραματικών δεδομένων μέσω γραφικών παραστάσεων το Tracker συνοδεύεται από το “**Εργαλείο δεδομένων**”, το οποίο μπορούμε να ενεργοποιήσουμε με διάφορους τρόπους:

- α. Με “**δεξιό κλικ**” στην περιοχή των γραφικών παραστάσεων και επιλέγοντας “**Ανάλυση**”.
- β. Με “**διπλό κλικ**” στην περιοχή των γραφικών παραστάσεων.
- γ. Από το μενού “**Παράθυρο**” επιλέγοντας “**Εργαλείο δεδομένων (Ανάλυση)**”.

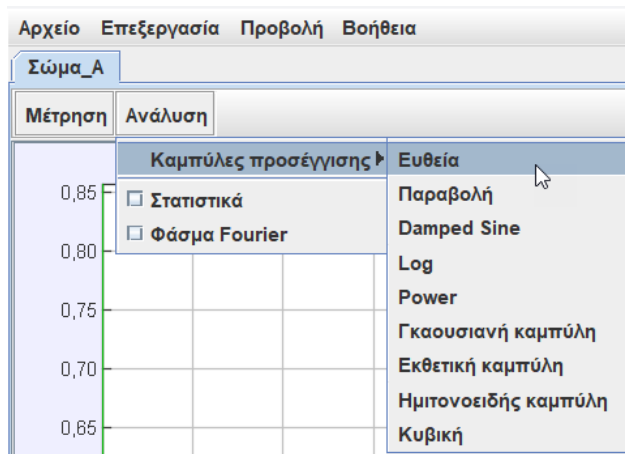
Με τις δύο πρώτες επιλογές στο “**Εργαλείο δεδομένων**” μεταφέρονται τα δεδομένα από τη γραφική παράσταση πάνω στην οποία έγινε το “**κλικ**”, ενώ με την τρίτη επιλογή μεταφέρονται τα δεδομένα από όλες τις ενεργές γραφικές παραστάσεις.

Στην περίπτωση μας τα πειραματικά δεδομένα (t^2 , y) μεταφέρονται στο “**Εργαλείο δεδομένων**”. Εξ ορισμού τα πειραματικά σημεία στη γραφική παράσταση συνδέονται μεταξύ τους με ευθύγραμμα τμήματα, κάτι που συνήθως δεν είναι επιθυμητό. Απενεργοποιήστε αυτή τη δυνατότητα ζετσεκάροντας την επιλογή “**Γραμμές**” στη στήλη με τα πειραματικά δεδομένα του άξονα y (Εικόνα 17).

Δημιουργός δεδομένων...				Ανανέωση	Βοήθεια
Σημεία	<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	
Γραμμές	<input checked="" type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	
Μορφή					
Άξονας	οριζόντιος	κατά	Επιλέξτε για να προβάλλονται οι γραμμές		
γραμμή	tsq	y	t		
0	0.000	-3,835e-5	0.000		
1	2,823e-4	1,288e-3	1,680e-2		
2	1,136e-3	5,423e-3	3,371e-2		
3	2,552e-3	1,220e-2	5,051e-2		

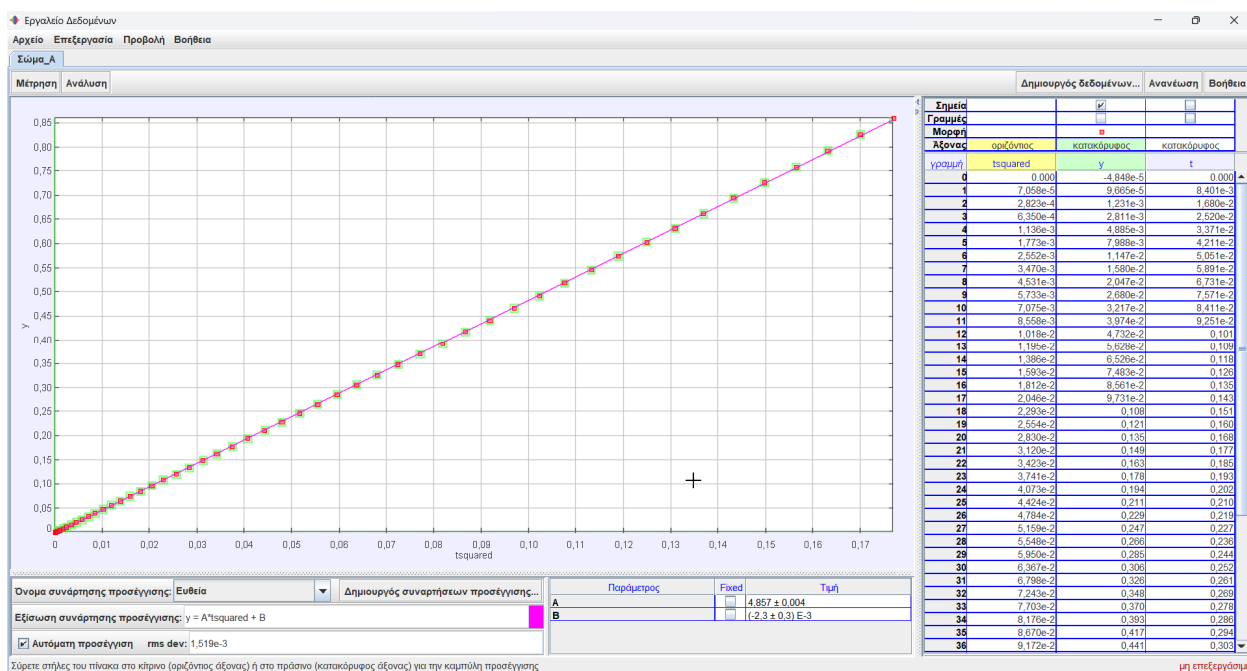
Εικόνα 17: Απενεργοποίηση εμφάνισης γραμμών

Η σημαντικότερη δυνατότητα που προσφέρει το **“Εργαλείο δεδομένων”** είναι ο προσδιορισμός της καλύτερης καμπύλης προσέγγισης στα πειραματικά δεδομένα της γραφικής παράστασης. Η επιλογή του είδους της καμπύλης, από μια σειρά προκαθορισμένων, γίνεται μέσω του μενού που αναδύεται πιέζοντας το πλήκτρο **“Ανάλυση”** και επιλέγοντας **“Καμπύλες προσέγγισης”** (Εικόνα 18). Στην περίπτωση μας επιλέξτε τύπο καμπύλης **“Ευθεία”**.



Εικόνα 18: Καμπύλες προσέγγισης

Το **“Εργαλείο δεδομένων”** ανταποκρίνεται σχεδιάζοντας την καλύτερη ευθεία προσαρμογής ($y = Ax + B$) σε όλη τη σειρά των πειραματικών δεδομένων της εμφανιζόμενης γραφικής παράστασης και προσδιορίζει τα στοιχεία (κλίση A και σταθερό όρο B) της καλύτερης ευθείας (Εικόνα 19).



Εικόνα 19: Το εργαλείο δεδομένων

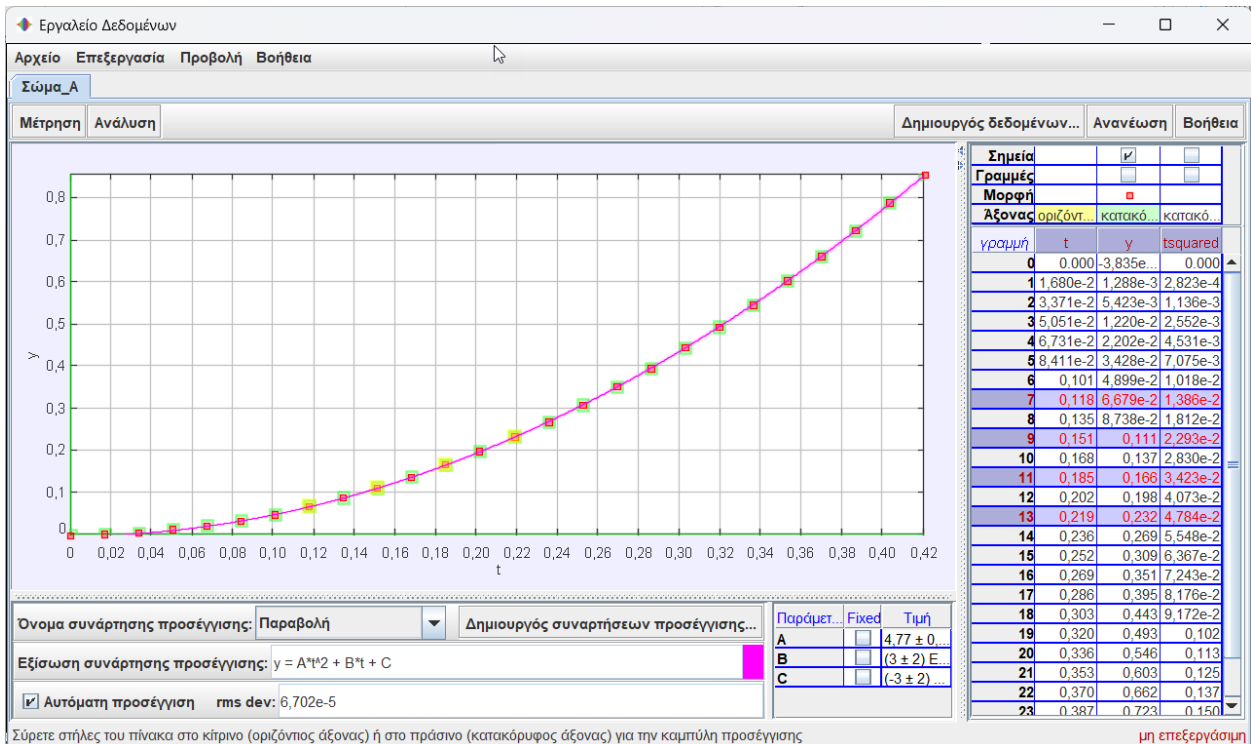
Στην περίπτωση που πολλαπλές γραφικές παραστάσεις έχουν σχεδιαστεί στο **“Εργαλείο δεδομένων”** ο προσδιορισμός της καλύτερης καμπύλης προσέγγισης εφαρμόζεται στη γραφική παράσταση της οποίας τα x-δεδομένα βρίσκονται στην πρώτη στήλη του πίνακα δεδομένων και τα y-δεδομένα στη δεύτερη. Για την εφαρμογή της ενέργειας σε κάποια άλλη γραφική παράσταση υπάρχει η δυνατότητα μεταφοράς άλλων στηλών του πίνακα στη θέση της πρώτης ή της δεύτερης στήλης. Η δυνατότητα αυτή ενεργοποιείται με **“κλικ”** στον τίτλο της αντίστοιχης στήλης και **“σύρσιμο”** της με το ποντίκι. Για παράδειγμα αν θέλετε ενεργή γραφική παράσταση να είναι η $y = f(t)$ ενεργήστε ως εξής:

- α. Κάντε “κλικ” στη στήλη με τον τίτλο “t” και με “συγκράτηση και σύρσιμο” του ποντικιού αποθέστε την πριν τη στήλη “tsquared” (κάντε δηλ. τη στήλη “t” πρώτη στον πίνακα δεδομένων).
- β. Κάντε “κλικ” στη στήλη με τον τίτλο “y” και με “συγκράτηση και σύρσιμο” του ποντικιού την αποθέστε την αμέσως μετά τη στήλη “t” (κάντε δηλ. τη στήλη “y” δεύτερη στον πίνακα δεδομένων).
- γ. Απενεργοποιήστε τις επιλογές “Σημεία” και “Γραμμές” στη στήλη “tsquared” και την επιλογή “Γραμμές” στη στήλη “y”.

Σημεία	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Γραμμές	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Μορφή	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Άξονας	οριζόντιος	κατακόρυφος	κατακόρυφος
γραμμή	t	y	tsquared
0	0.000	-3,835e-5	0.000
1	1,680e-2	1,288e-3	2,823e-4
2	3,371e-2	5,423e-3	1,136e-3
3	5,051e-2	1,220e-2	2,552e-3

Εικόνα 20: Ενεργός γραφική παράσταση είναι η $y=f(t)$

Μια άλλη δυνατότητα του “Εργαλείου δεδομένων” είναι ο προσδιορισμός της καλύτερης καμπύλης προσέγγισης όχι στο σύνολο των πειραματικών δεδομένων της εμφανιζόμενης γραφικής παράστασης, αλλά σε ένα μέρος τους. Για να ενεργοποιηθεί η δυνατότητα πρέπει πρώτα να επιλεχθούν τα δεδομένα για τα οποία θέλουμε να προσδιορίσουμε την καλύτερη καμπύλη προσέγγισης.



Εικόνα 21: Επιλογή σημείων στη γραφική παράσταση

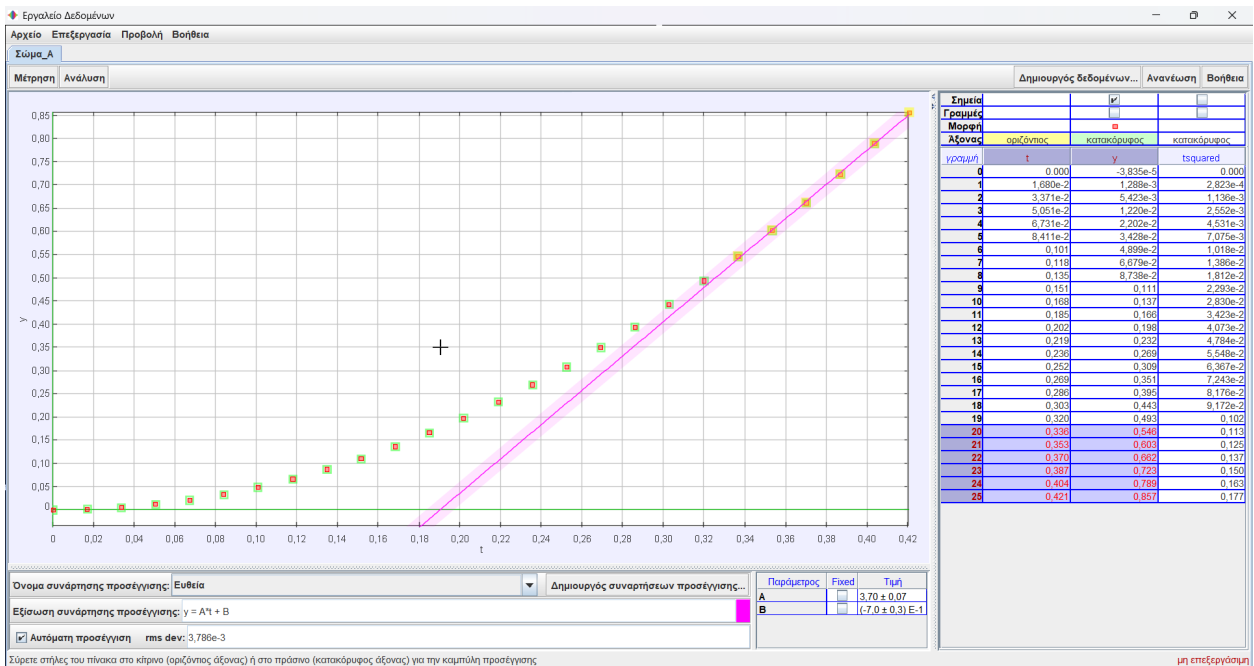
Η επιλογή των δεδομένων, που μπορεί να είναι συνεχόμενα ή διακριτά, μπορεί να γίνει με τους εξής τρόπους:

- α. Επιλέξτε στη γραφική παράσταση το πρώτο σημείο με “κλικ” πάνω του και μετά επιλέξτε και τα υπόλοιπα σημεία με “Ctrl + κλικ”.

- β. Επιλέξτε στον πίνακα δεδομένων το πρώτο σημείο με **“διπλό κλικ”** στην πρώτη στήλη (με τίτλο **“γραμμή”**) και στον αντίστοιχο αριθμό γραμμής. Επιλέξτε τα υπόλοιπα σημεία με το συνδυασμό **“Ctrl + κλικ”** στους αντίστοιχους αριθμούς γραμμής.
- γ. Αν τα σημεία είναι συνεχόμενα η επιλογή μπορεί να γίνει με **“συγκράτηση και σύρσιμο”** του ποντικιού πάνω στη γραφική παράσταση.

Τα επιλεγμένα σημεία εμφανίζονται τονισμένα στον πίνακα δεδομένων και στη γραφική παράσταση (Εικόνα 21). Μετά με το συνδυασμό **“Ανάλυση / Καμπύλες προσέγγισης”** μπορείτε να επιλέξετε το είδος της επιθυμητής καμπύλης προσέγγισης.

Προσοχή: Αν το πεδίο **“Αυτόματη προσαρμογή”** δεν είναι επιλεγμένο (τσεκαρισμένο), επιλέξτε το με **“κλικ”** του ποντικιού.



Εικόνα 22: Γραμμική προσαρμογή στα έξι τελευταία σημεία της γραφικής παράστασης $y=f(t)$

Μια ακόμη δυνατότητα σε σχέση με την καλύτερη καμπύλη προσέγγισης είναι η επιλογή κάποια παράμετρος στην εξίσωση της καμπύλης προσέγγισης να έχει σταθερή τιμή. Για παράδειγμα αν επιλέξετε ως καμπύλη προσέγγισης **“Ευθεία”** τότε εξ ορισμού το **“Εργαλείο δεδομένων”** προσδιορίζει την καλύτερη ευθεία με εξίσωση **“ $y=Ax+B$ ”**. Αν όμως θέλετε προσέγγιση με εξίσωση της μορφής **“ $y=Ax$ ”**, τότε μπορείτε να τσεκάρετε την επιλογή **“Fixed”** για την παράμετρο **“B”** και να της δώσετε την τιμή **“0”**.

Παράμετρος	Fixed	Τιμή
A	<input type="checkbox"/>	1.85 ± 0.06
B	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000e0

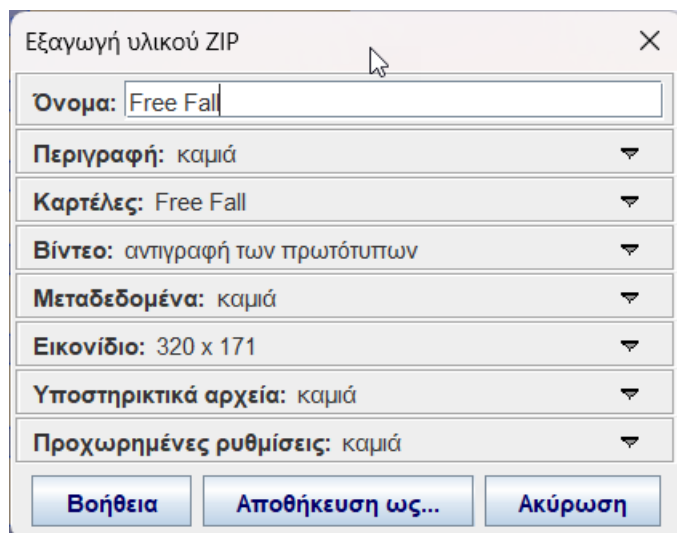
Εικόνα 23: Σταθερή τιμή παραμέτρου προσέγγισης

Την εμφάνιση των καμπυλών προσέγγισης μπορείτε να την απενεργοποιήσετε μέσω της επιλογής **“Ανάλυση / Κλείσιμο των καμπυλών προσέγγισης”**.

Κάποιες από τις βασικές δυνατότητες του **“Εργαλείου δεδομένων”**, που ενεργοποιούνται μέσω του πλήκτρου **“Μετρήσεις”** αφορούν τις μετρήσεις συντεταγμένων και της κλίσης σε κάποιο σημείο της γραφικής παράστασης, το εμβαδό μεταξύ γραφικής παράστασης και του άξονα των x , καθώς και τη δυνατότητα μετατόπισης της αρχής των αξόνων.

9. Αποθήκευση

Ο προτεινόμενος τρόπος αποθήκευσης της εργασίας σας με το Tracker είναι ως **“Έργο Tracker”** ή **“Tracker Project”**. Με τον τρόπο αυτό το βίντεο, η ανάλυσή του και οι όποιες πρόσθετες πληροφορίες επιθυμείτε, αποθηκεύονται σε ένα συμπιεσμένο αρχείο (τύπου .trz) απλοποιώντας έτσι τη διαδικασία μεταφοράς σε άλλον υπολογιστή. Η αποθήκευση γίνεται μέσω του μενού **“Αρχείο / Save / Project”**, οπότε ενεργοποιείται το παράθυρο **«Εξαγωγή υλικού ZIP»**.



Εικόνα 24: Αποθήκευση έργου

Αφού συμπληρώσετε το **“Όνομα”** με το οποίο θέλετε να αποθηκεύσετε το αρχείο, επιλέξτε **“Αποθήκευση ως...”** για να ολοκληρωθεί η διαδικασία. Σημαντική είναι και η δυνατότητα αποθήκευσης στο **“έργο”** περισσότερων της μιας από τις καρτέλες που είναι ανοικτές στο Tracker (με την επιλογή **“Καρτέλες”**).