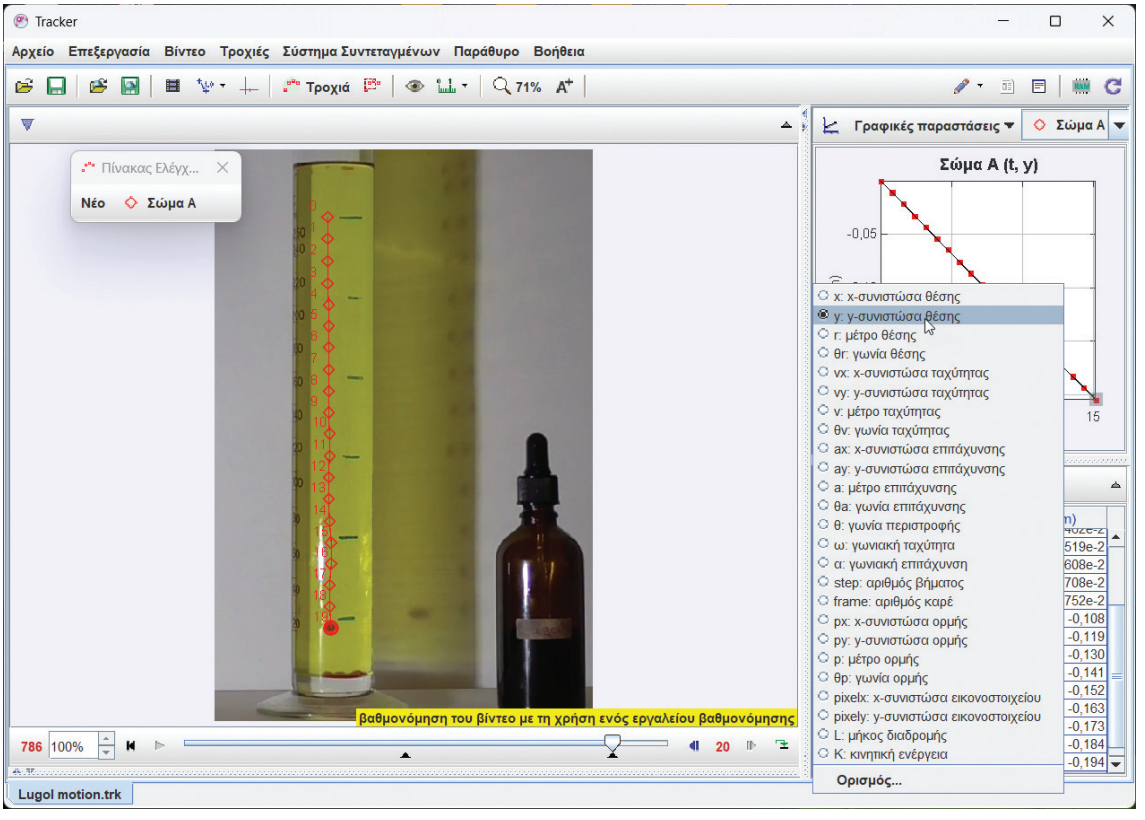
Ανάλυση βίντεο με το Tracker

Σύντομος οδηγός χρήσης



Εικόνα 1 Ανάλυση βίντεο με το Tracker

Μιλώντας απλουστευτικά ένα ψηφιακό βίντεο είναι η ηλεκτρονική καταγραφή κάποιας δραστηριότητας με τη μορφή μιας σειράς διαδοχικών εικόνων (καρέ) που έχουν ληφθεί και μπορούν να αναπαραχθούν με καθορισμένο ρυθμό (frame rate ή fps ή καρέ/s). Συνηθισμένοι ρυθμοί είναι τα 25 ή 30 καρέ ανά δευτερόλεπτο (fps).

Η **ανάλυση βίντεο** είναι μια διαδικασία που μας επιτρέπει να παρακολουθήσουμε ένα προς ένα όλα ή επιλεγμένα καρέ ενός ψηφιακού βίντεο, στο οποίο έχει καταγραφεί κάποιο φυσικό φαινόμενο, να σημειώσουμε σε αυτά τα καρέ τη θέση ενός ή περισσότερων αντικειμένων και να εξαγάγουμε για τα αντικείμενα αυτά δεδομένα που αφορούν σε πρώτη φάση τη θέση τους στον πραγματικό κόσμο σε συνάρτηση με τον χρόνο.

Πρόκειται για μια διαδικασία που, εκτός από την καταγραφή τού υπό μελέτη φαινομένου σε αρχείο βίντεο, περιλαμβάνει τρία βασικά βήματα:

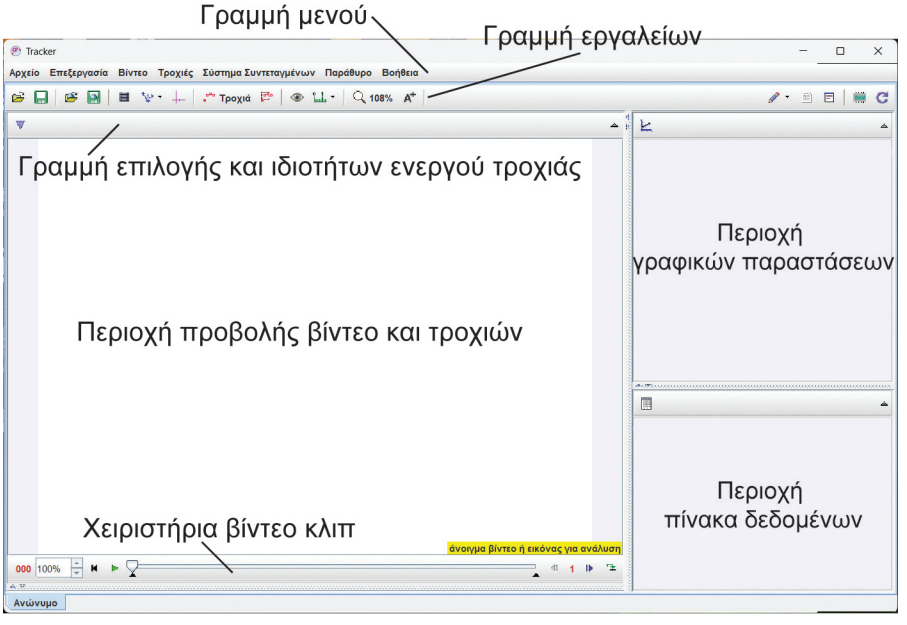
1. Τη **ρύθμιση του βίντεο κλιπ** που θα αναλυθεί, αφού δεν αναλύεται συνήθως ολόκληρο το βίντεο, αλλά ένα τμήμα του και πιθανότατα όχι όλα τα καρέ του επιλεγμένου τμήματος. Ρυθμίζεται επιπρόσθετα, συνήθως αυτόματα, η ταχύτητα αναπαραγωγής των καρέ (frame rate). Αυτή η ρύθμιση είναι σημαντική, διότι καθορίζει τη βάση χρόνου της ανάλυσης βίντεο. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, ένα βίντεο είναι μια σειρά διαδοχικών εικόνων (καρέ) που έχουν ληφθεί με συγκεκριμένο σταθερό ρυθμό, π.χ. 25 καρέ το δευτερόλεπτο (fps). Δηλαδή, αν το πρώτο καρέ έχει ληφθεί τη χρονική στιγμή $t_0 = 0$, το δεύτερο θα έχει ληφθεί τη χρονική στιγμή $t_1 = 1/25$ s, το τρίτο την $t_2 = 2/25$ s κ.ο.κ.
2. Τη **βαθμονόμηση του βίντεο** που μας επιτρέπει σε οποιονδήποτε αριθμό pixels στα διάφορα καρέ του ψηφιακού βίντεο να αντιστοιχίζουμε μια απόσταση στον πραγματικό κόσμο, δηλαδή να καθορίζουμε την κλίμακα αποστάσεων του βίντεο κλιπ. Για τον σκοπό αυτόν πρέπει στο βίντεο να καταγράφεται κάποιο σώμα με γνωστές διαστάσεις στον πραγματικό κόσμο.
3. Την **ιχνηλασία του βίντεο** με την οποία στα καρέ του βίντεο σημειώνουμε το ίχνος ενός υλικού σημείου που το έχουμε προσαρμόσει σε κάποιο αντικείμενο, την κίνηση του οποίου θέλουμε να μελετήσουμε. Με το τέλος της ιχνηλασίας, που μπορεί να γίνει αυτόματα ή χειροκίνητα, το λογισμικό με το οποίο υλοποιείται η ανάλυση βίντεο θα έχει συμπληρώσει τουλάχιστον έναν πίνακα τιμών χρόνου και συντεταγμένων θέσης για την κίνηση του υλικού σημείου, καθώς και τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις.

Θα μπορούσαμε να πούμε πως η ανάλυση βίντεο είναι μια διαδικασία με την οποία μπορούν να πραγματοποιηθούν *πραγματικά πειράματα* με τη χρήση *εικονικών οργάνων*. Καθώς τα λογισμικά ανάλυσης βίντεο έχουν τη δυνατότητα να επισυνάπτουν στο αναλυόμενο βίντεο διάφορα στοιχεία όπως π.χ. τα ίχνη και την τροχιά των ιχνηλατούμενων υλικών σημείων ή και του αντίστοιχου θεωρητικού μοντέλου, τα διανύσματα ταχύτητας, επιτάχυνσης κ.ά., η ανάλυση βίντεο θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και ως κάποια (απλή) μορφή *επαυξημένης πραγματικότητας*.

Το λογισμικό ανάλυσης βίντεο Tracker

Το Tracker είναι ελεύθερο λογισμικό ανάλυσης βίντεο (**Εικόνα 1**). Δημιουργός του είναι ο καθηγητής Douglas Brown, ενώ τη μετάφρασή του στα Ελληνικά επιμελήθηκε ο Κύπριος καθηγητής Γεώργιος Τσαλακός.

Τον εγκαταστάτη του Tracker για το λειτουργικό σύστημα του υπολογιστή σας μπορείτε να τον «κατεβάσετε» από την ιστοσελίδα: https://physlets.org/tracker/. Με διπλό κλικ στο αρχείο του εγκαταστάτη αρχίζει η εγκατάσταση που ολοκληρώνεται ακολουθώντας τις οδηγίες στην οθόνη του υπολογιστή σας.



Εικόνα 2 Το κύριο παράθυρο του Tracker (έκδοση 6.0 ή νεότερη)

Το Tracker είναι μια εφαρμογή γραμμένη σε Java και βασισμένη στη συλλογή εργαλείων Open Source Physics, που μπορεί να αναλύσει: Ψηφιακά αρχεία βίντεο (.mov, .avi, .mp4, .flv, .wmv κ.λπ.), αρχεία κινούμενων εικόνων τύπου animated GIF (.gif), αλλά και στατικές εικόνες ή σειρές εικόνων (.jpg, .png).

Στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του (**Εικόνα 2**), που το ξεχωρίζουν από αντίστοιχα εμπορικά προϊόντα, είναι:

- Η πληθώρα εργαλείων βαθμονόμησης και μέτρησης.
- Η δυνατότητα γραφικής αναπαράστασης των πρωτογενών πειραματικών δεδομένων, αλλά και πολλών παράγωγων μεγεθών, τις τιμές των οποίων υπολογίζει το λογισμικό με βάση τα πρωτογενή δεδομένα θέσης-χρόνου που εξαγάγει κατά τη διάρκεια της ιχνηλασίας.
- Το εργαλείο δεδομένων που διαθέτει, μέσω του οποίου απλοποιείται η μελέτη γραφικών παραστάσεων που αφορούν στη μελετώμενη κίνηση και η εξαγωγή δεδομένων από αυτές.
- Οι δυνατότητες μοντελοποίησης με τις οποίες μπορούμε να δημιουργήσουμε και να επισυνάψουμε στο βίντεο τα ίχνη ενός υλικού σημείου με βάση το αντίστοιχο θεωρητικό μοντέλο, επιτρέποντάς μας την άμεση σύγκριση πραγματικού φαινομένου και θεωρητικού μοντέλου.
- Η ψηφιακή βιβλιοθήκη του. Πρόκειται για μια συλλογή από online βίντεο ή άλλους πόρους έτοιμα προς χρήση.

Παράδειγμα χρήσης του Tracker

Δημιουργήστε στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή σας έναν φάκελο με το όνομα Tracker Example. Μεταφορτώστε μέσω του συνδέσμου: https://tinyurl.com/rexm6277 το αρχείο του βίντεο και αποθηκεύστε το με το όνομα Lugol motion.mp4 στον φάκελο Tracker Example, που έχετε δημιουργήσει.

Θα αναλύσουμε ένα τμήμα (βίντεο κλιπ) από το βίντεο Lugol motion.mp4, στο οποίο καταγράφεται η κίνηση μιας σταγόνας Lugol μέσα σε ογκομετρικό κύλινδρο που περιέχει αραβοσιτέλαιο. Στην πλευρική επιφάνεια του ογκομετρικού κυλίνδρου έχουμε χαράξει έξι μικρές οριζόντιες γραμμές ανά 4 cm.

Βήμα 1ο: Καθορισμός του βίντεο κλιπ

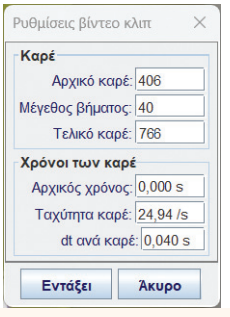
α. Εκτελέστε το λογισμικό ανάλυσης βίντεο Tracker και μέσω του μενού ***Αρχείο / Άνοιγμα / File Chooser*** ανοίξτε το αρχείο βίντεο ***Lugol motion.mp4***.

β. Θα καθορίσετε ποια ακριβώς καρέ του βίντεο θα αναλύσετε με το εργαλείο ***Ρυθμίσεις βίντεο κλιπ***, που μπορείτε να ενεργοποιήσετε μέσω του μενού ***Βίντεο / Ρυθμίσεις βίντεο κλιπ*** ή του σχετικού εικονιδίου ( ) της γραμμής εργαλείων του Tracker.

Στο παράθυρο των ρυθμίσεων του βίντεο κλιπ (**Εικόνα 3**) εισάγετε τις τιμές:

- Αρχικό καρέ: 406
- Μέγεθος βήματος: 40
- Τελικό καρέ: 766

Έτσι, το πρώτο καρέ του βίντεο που θα αναλυθεί είναι το υπ' αριθμόν 406, το δεύτερο το 446, το τρίτο το 486 και τελευταίο το 766. Συνολικά, δηλαδή, θα αναλυθούν 10 καρέ. Μέγεθος βήματος ίσο με 1 θα σήμαινε πως θα αναλύονταν όλα τα καρέ από το 406 μέχρι το 766, αριθμός υπερβολικά μεγάλος για το συγκεκριμένο πείραμα.



Εικόνα 3 Ρυθμίσεις βίντεο κλιπ

γ. Το Tracker αναγνωρίζει σωστά την **ταχύτητα καρέ** (frame rate) και συνεπώς δε χρειάζεται να μεταβάλλετε την τιμή στο σχετικό πεδίο. Δεν αλλάζετε ούτε και την τιμή μηδέν του πεδίου **αρχικός χρόνος**. Το λογισμικό υπολογίζει επίσης την τιμή στο πεδίο **dt ανά καρέ** ως το αντίστροφο της ταχύτητας καρέ.

δ. Στη συνέχεια κλείστε το παράθυρο ***Ρυθμίσεις βίντεο κλιπ*** πιέζοντας το πλήκτρο ***Εντάξει***.

Βήμα 2ο: Βαθμονόμηση βίντεο κλιπ

α. Πιέζοντας το πλήκτρο ***Επαναφορά στο αρχικό βήμα*** ( ) στην περιοχή των χειριστηρίων του βίντεο κλιπ, θα επαναφέρετε το βίντεο κλιπ στο πρώτο καρέ που θα αναλυθεί.

β. Μέσω του μενού ***Τροχιές / Νέο / Εργαλεία βαθμονόμησης / Ράβδος βαθμονόμησης*** δημιουργήστε μια ράβδο βαθμονόμησης του βίντεο. Στο ίδιο αποτέλεσμα μπορείτε να καταλήξετε μέσω του εργαλείου ***Εμφάνιση, απόκρυψη ή δημιουργία εργαλείων βαθμονόμησης*** ( ) στη γραμμή εργαλείων του Tracker και επιλέγοντας ***Νέο / Ράβδος βαθμονόμησης*** στο μενού που αναδύεται.

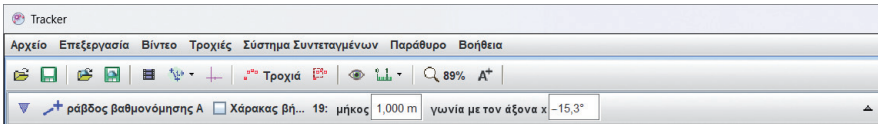
γ. Στο πρώτο καρέ του βίντεο κλιπ εμφανίζεται μια ράβδος βαθμονόμησης, κάθε άκρο της οποίας σημαίνεται με έναν σταυρό. Αφού μεταφέρετε τον δρομέα του ποντικιού στο ένα άκρο της ράβδου βαθμονόμησης, πιέστε το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού και κρατώντας το πατημένο μετακινήστε (διαδικασία «συγκράτηση και σύρσιμο») (**Εικόνα 4**) το άκρο της ράβδου βαθμονόμησης στην ανώτερη γραμμή που έχει σχεδιαστεί στην πλευρική επιφάνεια του ογκομετρικού κυλίνδρου.

Όταν είστε σίγουροι για την ακρίβεια της τοποθέτησης, σταματήστε τη διαδικασία «συγκράτηση» του ποντικιού, ελευθερώνοντας το αριστερό πλήκτρο του. Αν διαπιστώσετε ότι η τοποθέτηση δεν σας ικανοποιεί, μπορείτε να επαναλάβετε το σύρσιμο του ποντικιού. Μπορεί να σας φανεί χρήσιμη η μεγέθυνση της εικόνας του αντίστοιχου καρέ με χρήση της ροδέλας του ποντικιού.

Επαναλάβετε τη διαδικασία, ώστε να τοποθετήσετε το άλλο άκρο της ράβδου βαθμονόμησης στην κατώτερη γραμμή που έχει σχεδιαστεί στον κύλινδρο.

Η όλη διαδικασία τοποθέτησης των άκρων της ράβδου βαθμονόμησης ολοκληρώνεται προσέχοντας, ώστε η ράβδος βαθμονόμησης να είναι κατακόρυφη, δηλαδή να σχηματίζει γωνία 90° ή –90° με τον *x*-άξονα. Τη σχετική ένδειξη δίνει το Tracker στη ***Γραμμή επιλογής και ιδιοτήτων ενεργού τροχιάς*** (**Εικόνα 5**).

Εικόνα 4 «Σύρσιμο» του άκρου της ράβδου βαθμονόμησης



Εικόνα 5 Ιδιότητες ενεργού τροχιάς (ράβδος βαθμονόμησης)

δ. Στο πλαίσιο κειμένου της ράβδου βαθμονόμησης γράψτε την τιμή 0,20 m, (δηλαδή την τιμή που είναι ίση με την απόσταση σε μέτρα ανάμεσα στην ανώτερη και την κατώτερη γραμμή που έχουν σχεδιαστεί στην πλευρική επιφάνεια του κυλίνδρου). Κατ' αυτόν τον τρόπο καθορίζουμε και τη μονάδα μέτρησης αποστάσεων στον πραγματικό κόσμο, μέτρα (m) στην περίπτωσή μας.

ε. Τέλος, πιέζοντας στο εργαλείο ***Εμφάνιση, απόκρυψη ή δημιουργία εργαλείων βαθμονόμησης*** ( ) στη γραμμή εργαλείων του Tracker, μπορείτε να αποκρύψετε τη ράβδο βαθμονόμησης που μόλις δημιουργήσατε.

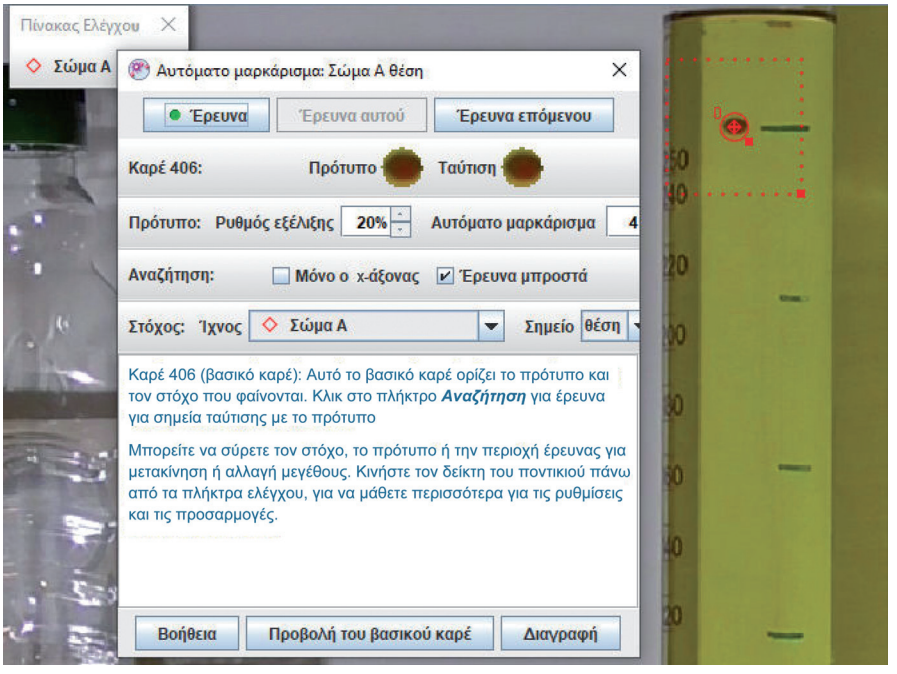
Βήμα 3ο: Ιχνηλασία

α. Μέσω του μενού ***Τροχιές*** ή του εργαλείου ***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 σταγόνας του Lugol.

β. Η ιχνηλασία μπορεί να γίνει αυτόματα ή χειροκίνητα.

Αυτόματη ιχνηλασία

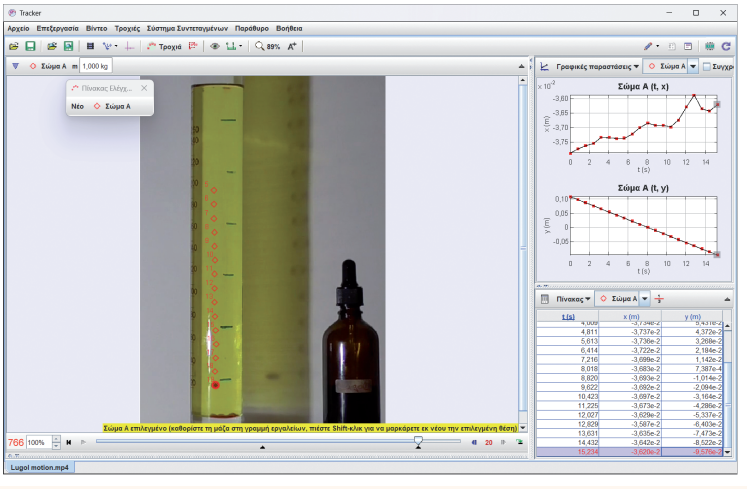
Κρατώντας πατημένα τα πλήκτρα ***Ctrl*** και ***Shift*** κάντε κλικ, (πιέζοντας το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού), στο κέντρο της σταγόνας Lugol, στο πρώτο καρέ του βίντεο κλιπ που αναλύετε. Με τη διαδικασία αυτή, στο πρώτο καρέ του βίντεο κλιπ σημειώνεται με έναν σταυρό το **ίχνος** του υλικού σημείου που δημιουργήσατε. Το ίχνος περιβάλλεται από έναν κύκλο με συμπαγή γραμμή περιφέρειας που καθορίζει το **πρότυπο ταύτισης**, δηλαδή το σύνολο των pixels που το λογισμικό θα αναζητήσει στα επόμενα καρέ του βίντεο κλιπ.



Εικόνα 6 Αυτόματη ιχνηλασία

Με διακεκομμένη γραμμή ορίζεται η **περιοχή έρευνας**, ένα τετράγωνο που αντιστοιχεί στην περιοχή στην οποία θα αναζητηθεί το πρότυπο ταύτισης στο επόμενο καρέ. Τόσο ο συμπαγής κύκλος όσο και το στικτό τετράγωνο διαθέτουν από μία λαβή χειρισμού (μικρό συμπαγές τετράγωνο), με το οποίο μπορούν να αλλάξουν τόσο το σχήμα τους όσο και οι διαστάσεις τους. Χρησιμοποιώντας τη λαβή του προτύπου ταύτισης μεταβάλλετε το μέγεθός του, ώστε να περιλαμβάνει ολόκληρη τη σταγόνα Lugol (**Εικόνα 6**). Με την ίδια διαδικασία μεταβάλλετε το σχήμα της περιοχής έρευνας σε παραλληλόγραμμο με τη μεγάλη του πλευρά κατά μήκος της κίνησης της σταγόνας.

Κάνοντας κλικ στο κουμπί ***Έρευνα*** στο παράθυρο ***Αυτόματο μαρκάρισμα*** που έχει ανοίξει (**Εικόνα 6**), το Tracker σημειώνει αυτόματα το ίχνος της σταγόνας Lugol και στα επόμενα καρέ του βίντεο κλιπ.



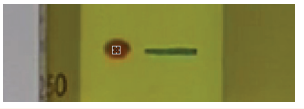
Εικόνα 7 Αποτελέσματα της αυτόματης ιχνηλασίας του βίντεο κλιπ

Με το τέλος της διαδικασίας το Tracker έχει συμπληρώσει τον σχετικό πίνακα τιμών και έχει σχεδιάσει τις γραφικές παραστάσεις θέσης-χρόνου, από τις οποίες μας ενδιαφέρει εδώ μόνο η $y = f(t)$ (**Εικόνα 7**).

Χειροκίνητη ιχνηλασία

Στις περισσότερες περιπτώσεις η αυτόματη ιχνηλασία δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Ωστόσο, ακόμη και για εκπαιδευτικούς σκοπούς είναι προτιμότερη η χειροκίνητη ιχνηλασία η οποία υλοποιείται ως εξής:

I. Με τα πλήκτρα χειρισμού του βίντεο κλιπ μεταφερόμαστε στο πρώτο καρέ (**Εικόνα 8**).



Εικόνα 8 Έναρξη χειροκίνητης ιχνηλασίας

II. Κρατώντας πατημένο το πλήκτρο ***Shift***, οπότε ο δρομέας μετατρέπεται σε τετράγωνο με σταυρόνημα, κάνουμε κλικ στο κέντρο της σταγόνας Lugol στο πρώτο καρέ ή σε οποιοδήποτε άλλο χαρακτηριστικό της σημείο (π.χ. στο κατώτερο σημείο της περιφέρειάς της). Το ίχνος του υλικού σημείου σημειώνεται στο καρέ αυτό και γίνεται αυτόματη προώθηση στο επόμενο καρέ.

III. Επαναλαμβάνουμε το δεύτερο βήμα μέχρι και το τελευταίο καρέ.

Σε οποιαδήποτε περίπτωση θεωρήσετε πως σε κάποιο καρέ δεν έχει σημειωθεί καλά το ίχνος του υλικού σημείου, μπορείτε με τη διαδικασία «συγκράτηση και σύρσιμο ποντικιού» να το μετακινήσετε σε αυτό το καρέ και να το τοποθετήσετε στη θέση που κατά τη γνώμη σας είναι καλύτερη. Μπορείτε να πραγματοποιήσετε τέτοιες διορθώσεις, ανεξάρτητα αν έχετε επιλέξει την αυτόματη ή τη χειροκίνητη ιχνηλασία.

Πρόσθετες δυνατότητες

α. Με το πλήκτρο ***Γραφικές παραστάσεις*** της περιοχής γραφικών παραστάσεων μπορείτε να αλλάξετε τον αριθμό των εμφανιζόμενων γραφικών παραστάσεων σε 1, 2 ή 3. Μπορείτε επίσης να αλλάξετε τη γραφική παράσταση που σχεδιάζει το Tracker, κάνοντας κλικ στην ετικέτα του κατακόρυφου άξονα της γραφικής παράστασης και επιλέγοντας από το αναδυόμενο μενού το μέγεθος που επιθυμείτε. Το ίδιο μπορεί να γίνει και για το μέγεθος του οριζόντιου άξονα.

β. Το Tracker δημιουργεί εξ ορισμού ένα σύστημα αξόνων (**Εικόνα 9**) που έχει την αρχή του στο κέντρο των καρέ και τους δύο άξονες παραλληλισμένους με τις δύο κάθετες πλευρές των καρέ. Μπορείτε να εμφανίσετε ή να αποκρύψετε το σύστημα αξόνων που το Tracker δημιουργεί εξ ορισμού, κάνοντας κλικ στο εργαλείο ***Εμφάνιση ή απόκρυψη των αξόνων των συντεταγμένων*** ( ). Με κλικ στην αρχή των αξόνων εμφανίζεται μια τετράγωνη λαβή συγκράτησης, μέσω της οποίας και με τη διαδικασία «συγκράτηση και σύρσιμο» του ποντικιού μπορείτε να μεταφέρετε την αρχή των αξόνων σε οποιοδήποτε σημείο επιθυμείτε. Αντίστοιχη λαβή συγκράτησης εμφανίζεται και πάνω στον Ox-ημιάξονα, (η θέση του οποίου σημαίνεται με μικρή κάθετη γραμμή πάνω του). Με αυτήν τη λαβή μπορείτε να περιστρέψετε το σύστημα των αξόνων γύρω από την αρχή του.

Εικόνα 9 Το εξ ορισμού σύστημα αξόνων

γ. Με κλικ στο εργαλείο ***Έλεγχος εμφάνισης τροχιών*** ( ) και επιλέγοντας ***Σειρά ιχνών*** μπορείτε να

αλλάξετε το πλήθος των ιχνών που θα εμφανίζονται στην οθόνη από κανένα μέχρι όλα.

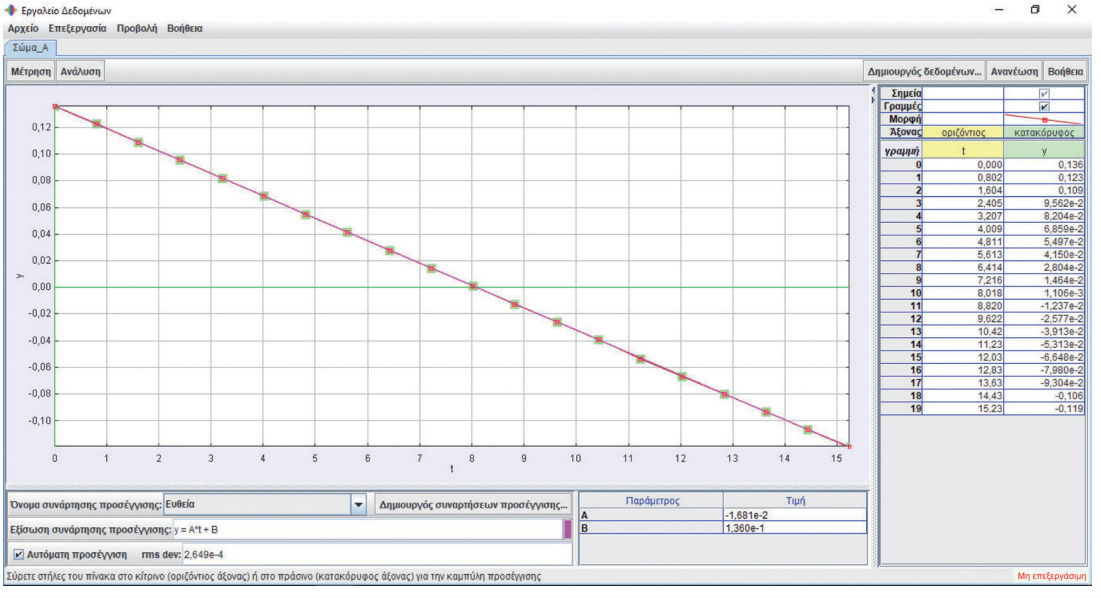
Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω δυνατότητες:

I. Να εμφανίσετε στην περιοχή γραφικών παραστάσεων μόνο μία γραφική παράσταση, την $y = \mathrm{f}(t)$.

II. Να μεταφέρετε την αρχή των αξόνων πάνω στο ίχνος του υλικού σημείου Α στο πρώτο καρέ του βίντεο κλιπ.

Ανάλυση δεδομένων

Με διπλό κλικ πάνω στη γραφική παράσταση $y = \mathrm{f}(t)$, στο κεντρικό παράθυρο του Tracker, ανοίγει το παράθυρο ***Εργαλείο δεδομένων*** που διαθέτει πολλές δυνατότητες ανάλυσης των πειραματικών δεδομένων, όπως για παράδειγμα τον σχεδιασμό της καλύτερης ευθείας προσαρμογής στα πειραματικά δεδομένα, που θα χρησιμοποιήσετε τώρα.



Εικόνα 10 Το Εργαλείο δεδομένων του Tracker

Κάνοντας κλικ στο κουμπί ***Ανάλυση*** του ***Εργαλείου δεδομένων*** στο μενού που αναδύεται, επιλέξτε ***Καμπύλες προσέγγισης / Ευθεία***. Το λογισμικό ανταποκρίνεται σχεδιάζοντας την καλύτερη ευθεία προσέγγισης και προσδιορίζει ταυτόχρονα την κλίση της και τον σταθερό της όρο, οι τιμές των οποίων εμφανίζονται στο κατώτερο τμήμα του παραθύρου.

Να απαντήσετε στα παρακάτω ερωτήματα που αφορούν στην κίνηση της σταγόνας Lugol:

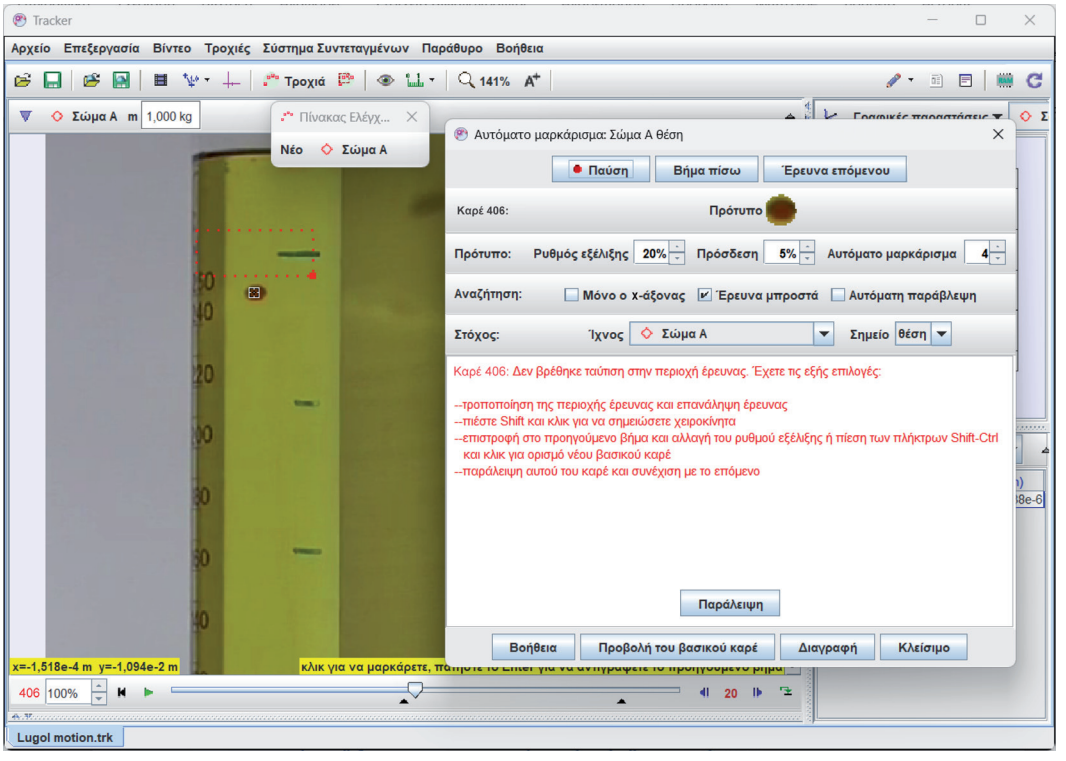
1. Με ποιον τρόπο τα πειραματικά δεδομένα για το τμήμα της κίνησης που αναλύσατε μπορούν να επιβεβαιώσουν πως η κίνηση της σταγόνας μέσα στο αραβοσιτέλαιο είναι ομαλή;

2. Πόση είναι η σταθερή ταχύτητα της κίνησης της σταγόνας και πώς υπολογίζεται από τη γραφική παράσταση $y = \mathrm{f}(t)$;

Παρατηρήσεις για την αυτόματη ιχνηλασία

Η αυτόματη ιχνηλασία μπορεί να αποτύχει σε ένα ή περισσότερα καρέ για δύο λόγους:

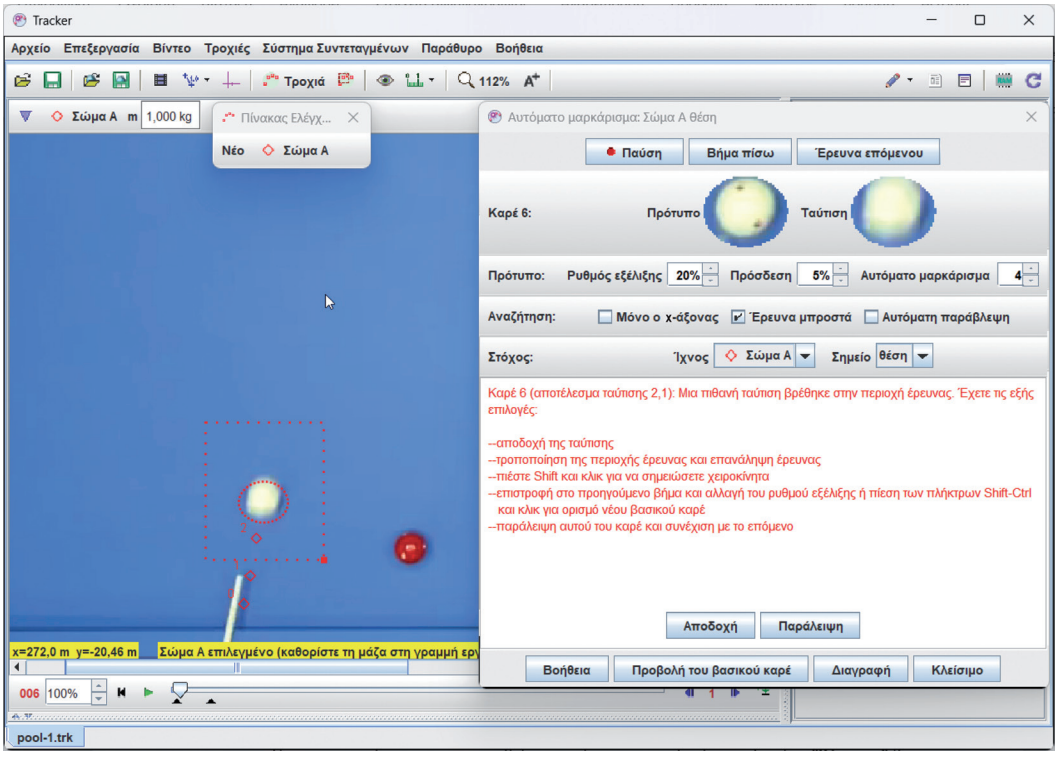
1. Το λογισμικό δεν μπορεί να εντοπίσει το πρότυπο ταύτισης στο καρέ αυτό. Αν και υπάρχουν διάφοροι τρόποι να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, συνήθως σημειώνουμε το ίχνος χειροκίνητα. Τοποθετούμε τον δρομέα του ποντικιού στη θέση που θέλουμε να σημειώσουμε το ίχνος του υλικού σημείου και σημειώνουμε τη θέση με τον συνδυασμό ***Shift +*** κλικ, (κρατώντας δηλαδή πατημένο το πλήκτρο ***Shift*** και πιέζοντας το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού).



Εικόνα 11 Αποτυχία της αυτόματης αναζήτησης. Η περιοχή έρευνας δεν περιλαμβάνει τη θέση του υλικού σημείου, δηλαδή το κέντρο της σταγόνας στο επόμενο καρέ.

Πιθανότατα η αδυναμία εντοπισμού του προτύπου ταύτισης να οφείλεται σε κακή επιλογή του μεγέθους και του σχήματος της περιοχής έρευνας (**Εικόνα 11**). Αν διαπιστωθεί αυτό το πρόβλημα, τότε η καλύτερη λύση θα είναι η αναρρύθμιση της περιοχής έρευνας και ίσως και του προτύπου ταύτισης.

2. Το λογισμικό εντοπίζει μια περιοχή που μοιάζει, όχι όμως ικανοποιητικά, με το πρότυπο ταύτισης (μικρό ποσοστό ταύτισης). Στην περίπτωση αυτήν (**Εικόνα 12**), μπορούμε είτε να αποδεχτούμε την προτεινόμενη θέση του ίχνους του υλικού σημείου είτε να σημειώσουμε χειροκίνητα το ίχνος του στο καρέ αυτό.



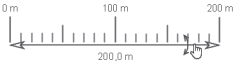
Εικόνα 12 Αποτυχία της αυτόματης ιχνηλασίας. Το πρότυπο ταύτισης μεταβάλλεται πολύ γρήγορα από καρέ σε καρέ.

Κύριο ρόλο στην επιτυχία ή την αποτυχία της αυτόματης ιχνηλασίας έχει η ορθή επιλογή του προτύπου ταύτισης στο πρώτο καρέ του βίντεο κλιπ. Θα πρέπει να είναι μια μικρή περιοχή του κινούμενου αντικειμένου με καλή αντίθεση σε σχέση με το περιβάλλον της. Αν το κινούμενο αντικείμενο είναι πολύ μικρό (όπως η σταγόνα του παραδείγματος), το πρότυπο ταύτισης μπορεί να περιλαμβάνει ολόκληρο το αντικείμενο. Πειραματιζόμενοι μπορείτε να βρείτε την ανά περίπτωση καλύτερη επιλογή.

Σύντομη παρουσίαση των οργάνων μέτρησης του Tracker

1. Χάρακας

Χρησιμεύει για τη μέτρηση της απόστασης μεταξύ δύο σημείων, καθώς και της γωνίας που σχηματίζει το ευθύγραμμο τμήμα τους με τον *x*-άξονα. Ο χάρακας (**Εικόνα 13**) έχει τη μορφή διπλού βέλους με ενσωματωμένη κλίμακα αποστάσεων, ενώ η μετρούμενη απόσταση εμφανίζεται σε πλαίσιο κειμένου στο κέντρο του χάρακα, αλλά στη γραμμή ιδιοτήτων και στον πίνακα τιμών του.



Εικόνα 13 Εικονικός χάρακας του Tracker

Η εμφάνιση της κλίμακας μπορεί να απενεργοποιηθεί, καταργώντας την επιλογή του πλαισίου ***Χάρακας*** (**Εικόνα 14**) στη γραμμή ιδιοτήτων ενεργού τροχιάς.

Εικόνα 14 Η γραμμή ιδιοτήτων για την τροχιά *Χάρακας*

Για την τοποθέτηση των άκρων του χάρακα στα επιθυμητά σημεία και την ευκολία μετακίνησής του ο χάρακας διαθέτει πέντε (5) λαβές συγκράτησης:

- Δύο στα δύο άκρα του, μία στο καθένα, που χρησιμεύουν για την ελεύθερη μετακίνηση κάθε άκρου στο επιθυμητό σημείο.
- Μία στο κεντρικό τμήμα του χάρακα, που χρησιμεύει για τη μετακίνηση ολόκληρου του χάρακα παράλληλα προς αυτόν.
- Δύο κοντά στα άκρα του, μία στο καθένα, που χρησιμεύουν για την περιστροφή του χάρακα γύρω από το απέναντι άκρο (**Εικόνα 13**).

Όλες οι λαβές λειτουργούν με τη διαδικασία «συγκράτηση και σύρσιμο» του ποντικιού.

2. Μοιρογνωμόνιο

Χρησιμεύει για τη μέτρηση γωνιών. Έχει μια γραμμή βάσης (συμπαγής), έναν μετρητικό βραχίονα (διακεκομμένη γραμμή) που τέμνονται στην κορυφή του μοιρογνωμονίου, ένα τόξο και ένα πλαίσιο κειμένου για την ένδειξη γωνίας που εμφανίζεται σε μοίρες ή σε ακτίνια (**Εικόνα 15**). Ένας πλήρης γωνιομετρικός κύκλος με το κέντρο του στην κορυφή του μοιρογνωμονίου (**Εικόνα 15**) σχεδιάζεται επίσης από προεπιλογή. Για να αποκρύψετε τον γωνιομετρικό κύκλο, καταργήστε την επιλογή του πλαισίου ***Χάρακας*** στη γραμμή ιδιοτήτων τροχιάς. Η διάμετρος του γωνιομετρικού κύκλου καθορίζεται από το μήκος της γραμμής βάσης.

Εικόνα 15 Το εικονικό εργαλείο *μοιρογνωμόνιο* χωρίς και με τον γωνιομετρικό κύκλο

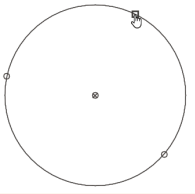
Για την τοποθέτηση του μοιρογνωμονίου στην επιθυμητή θέση και την ευκολία μετακίνησής του το μοιρογνωμόνιο διαθέτει τέσσερις (4) λαβές συγκράτησης:

- Μία στην κορυφή του μοιρογνωμονίου, για την ακριβή τοποθέτησή της στην κορυφή της γωνίας που θέλουμε να μετρήσουμε.
- Μία στο κεντρικό τμήμα της γραμμής βάσης, που χρησιμεύει για τη μετακίνηση ολόκληρου του μοιρογνωμονίου παράλληλα προς αυτό.
- Μία στο άκρο της γραμμής βάσης, που χρησιμεύει για την τοποθέτησή της στη μια πλευρά τής υπό μέτρηση γωνίας, αλλά και για τη μεταβολή της διαμέτρου και την περιστροφή του γωνιομετρικού κύκλου.
- Μία στο άκρο του μετρητικού βραχίονα, για την τοποθέτησή του στην άλλη πλευρά τής υπό μέτρηση γωνίας.

Τοποθετώντας τον δείκτη του ποντικιού πάνω στη γραμμή βάσης ή στον μετρητικό βραχίονα εμφανίζεται πλαίσιο κειμένου στο οποίο αναγράφεται το μήκος της αντίστοιχης γραμμής (**Εικόνα 15**). Αυτές οι τιμές όπως και η τιμή της μετρούμενης γωνίας εμφανίζονται στη γραμμή ιδιοτήτων της τροχιάς, καθώς και στον πίνακα τιμών της (χωρίς προεπιλογή).

3. Προσαρμογέας κύκλου (Εικόνα 16)

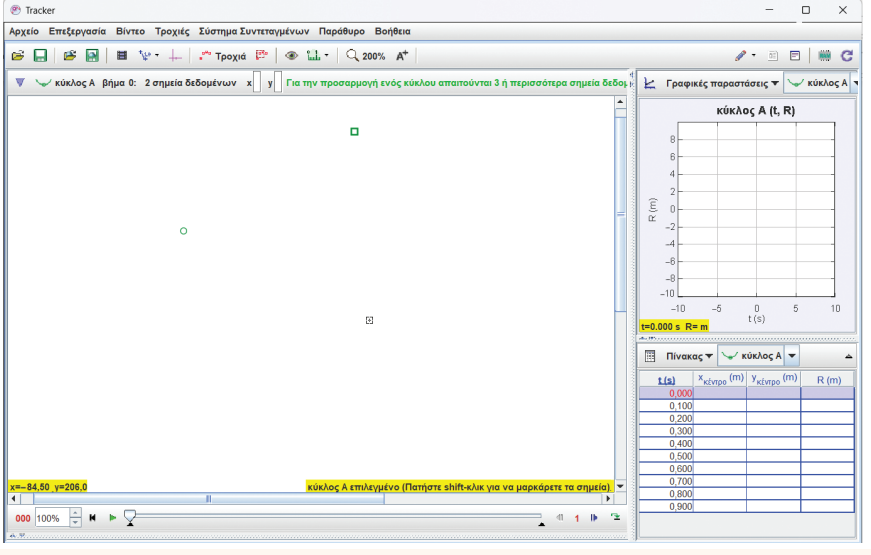
Χρησιμεύει για τον προσδιορισμό των στοιχείων (συντεταγμένες κέντρου και ακτίνα) και τον σχεδιασμό του κύκλου που διέρχεται από τρία σημεία. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και περισσότερα σημεία, αλλά τότε προσδιορίζεται κύκλος που προσαρμόζεται καλύτερα στα σημεία αυτά. Τα στοιχεία του κύκλου που προσδιορίζει το Tracker εμφανίζονται στη γραμμή ιδιοτήτων και στον πίνακα τιμών της τροχιάς.



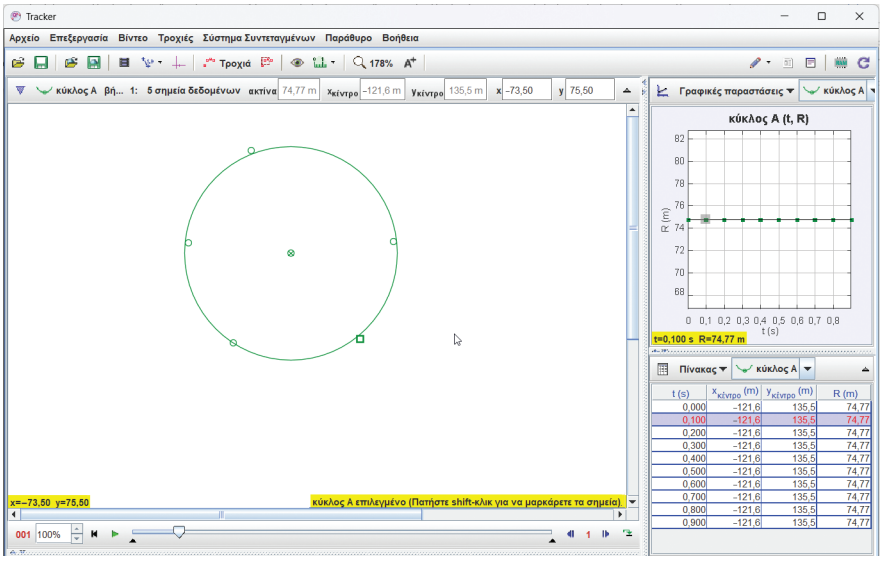
Εικόνα 16 Προσαρμογέας κύκλου

Μόλις επιλέξουμε τη δημιουργία ενός προσαρμογέα κύκλου, το Tracker ανταποκρίνεται με μήνυμα στη γραμμή ιδιοτήτων τροχιάς, ζητώντας να σημειωθούν τουλάχιστον τρία σημεία σε ένα ή και σε περισσότερα καρέ του βίντεο κλιπ. Για τον σκοπό αυτόν πιέζουμε και κρατάμε πατημένο το πλήκτρο ***Shift***. Τότε ο δρομέας μετατρέπεται σε μικρό τετράγωνο με σταυρόνημα (**Εικόνα 17**). Μετακινώντας τον δρομέα τον τοποθετούμε στο επιθυμητό σημείο το οποίο και σημειώνουμε με κλικ του ποντικιού. Με την ίδια διαδικασία σημειώνουμε ακόμη δύο σημεία στο ίδιο ή σε διαφορετικό καρέ. Αφού σημειωθεί και το τρίτο σημείο, το Tracker σχεδιάζει τον κύκλο που διέρχεται από τα τρία αυτά σημεία και προσδιορίζει τα στοιχεία του. Με τη διαδικασία Shift + κλικ μπορούμε στη συνέχεια να σημειώσουμε και άλλα σημεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καλύτερη προσαρμογή του κύκλου στο αντίστοιχο σχήμα στον πραγματικό κόσμο (**Εικόνα 18**). Επιπλέον με τη διαδικασία «συγκράτηση και σύρσιμο» οποιοδήποτε σημείο μπορεί να μετακινηθεί σε κάποια διαφορετική θέση, εφόσον κριθεί απαραίτητο.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του προσαρμογέα κύκλου αλλά και των άλλων εργαλείων μέτρησης είναι η διαδικασία «επικόλληση άκρων», που ενεργοποιείται μέσω του εργαλείου ***Ορισμός ιδιοτήτων τροχιάς*** και επιτρέπει την επικόλληση κάποιου σημείου του εργαλείου σε κάποιο υλικό σημείο που έχουμε ορίσει για ιχνηλασία.



Εικόνα 17 Σημείωση σημείων για τον προσαρμογέα κύκλου



Εικόνα 18 Ο καλύτερος κύκλος που προσαρμόζεται σε 5 επιλεγμένα σημεία

Όλα τα εργαλεία μέτρησης μπορούν να δημιουργηθούν στο Tracker επιλέγοντάς τα με δύο τρόπους:

I. Μέσω του μενού «Τροχιές / Νέο / Εργαλεία μέτρησης».

II. Μέσω του εργαλείου «Εμφάνιση, απόκρυψη ή δημιουργία εργαλείων μέτρησης» με το εικονίδιο ( ) της γραμμής εργαλείων.

Το εργαλείο ***Εμφάνιση, απόκρυψη ή δημιουργία εργαλείων μέτρησης***, όπως υποδηλώνει και το όνομά του, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απόκρυψη ή επανεμφάνιση ενός εργαλείου μέτρησης.