

Μέση Διανυσματική Ταχύτητα, Στιγμαία Ταχύτητα

Σημείωση: Οι έννοιες της μέσης αριθμητικής και της μέσης διανυσματικής ταχύτητας έχουν διδαχθεί με αντίστοιχα παραδείγματα (σελ. 54-56, 57-59 του βιβλίου). Στη μελέτη σας, να ανακαλέσετε αυτές τις έννοιες.

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 12

Χρόνος: 40 λεπτά

Μαθησιακοί στόχοι: Οι μαθητές/τριες μαθαίνουν να:

- Μελετούν κάποιο παράδειγμα κίνησης στο οποίο η ταχύτητα μεταβάλλεται με το χρόνο
- Καταλήγουν σε ένα λειτουργικό ορισμό/τρόπο μέτρησης της στιγμιαίας ταχύτητας
- Χρησιμοποιούν αυτό τον ορισμό για να υπολογίσουν τη στιγμιαία ταχύτητα σε διάφορα σημεία της κίνησης

Σχετικές ενότητες για μελέτη από το **Κεφάλαιο 2** του βιβλίου:

- Μέση αριθμητική ταχύτητα (σελ. 54-57)
- Μέση διανυσματική ταχύτητα (σελ. 57-59)
- Στιγμαία ταχύτητα (σελ. 59-61)

Προτεινόμενη Δραστηριότητα 12: Μέτρηση της Στιγμιαίας Ταχύτητας με Σύστημα Φωτοπυλών

Απαιτούμενα Όργανα/Εργαλεία:

Αλουμινένιος διάδρομος, φωτοπύλες, διεπαφή (interface), υπολογιστής, αμαξάκι.

Χρόνος: 40 λεπτά

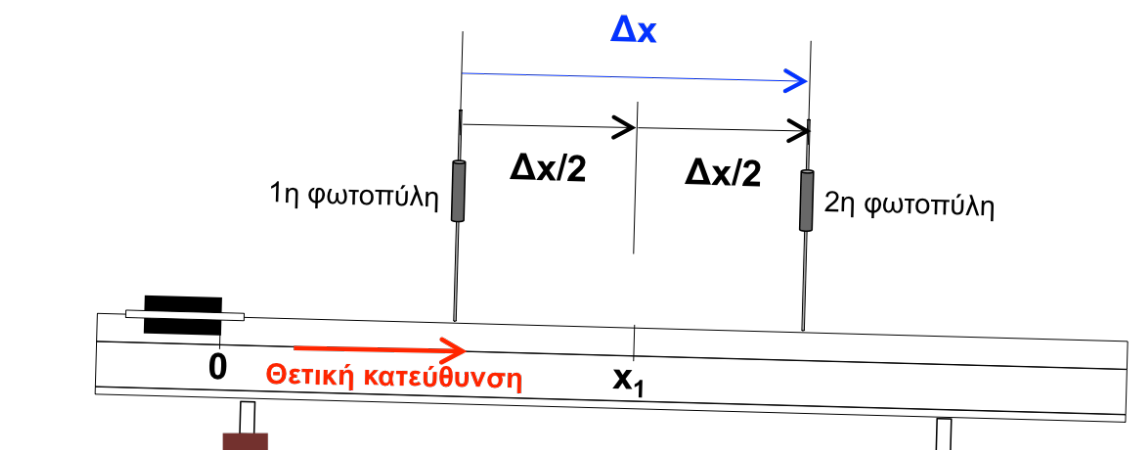
Σχετική θεωρία από το βιβλίο του μαθητή: Σελ. 62-63

Στην προτεινόμενη δραστηριότητα θα μετρήσετε τη μέση διανυσματική ταχύτητα ενός αυτοκινήτου που κατεβαίνει σε κεκλιμένο διάδρομο. Θα μάθετε ότι στο όριο ενός μικρού χρονικού διαστήματος, η μέση ταχύτητα προσεγγίζει τη στιγμιαία ταχύτητα του αμαξιού.

Η πειραματική διάταξη αποτελείται από ένα κεκλιμένο διάδρομο, φωτοπύλες, διεπαφή (interface), υπολογιστή, αμαξάκι και διάφορα διαφράγματα. Η μέση ταχύτητα του αμαξιού μπορεί να μετρηθεί με τους ακόλουθους τρόπους.

Στη **διάταξη 1** χρησιμοποιούμε δύο φωτοπύλες, που καταγράφουν το χρονικό διάστημα από τη στιγμή που διακόπτεται η φωτεινή δέσμη της 1^{ης} φωτοπύλης μέχρι τη στιγμή που διακόπτεται η δέσμη της 2^{ης} φωτοπύλης.

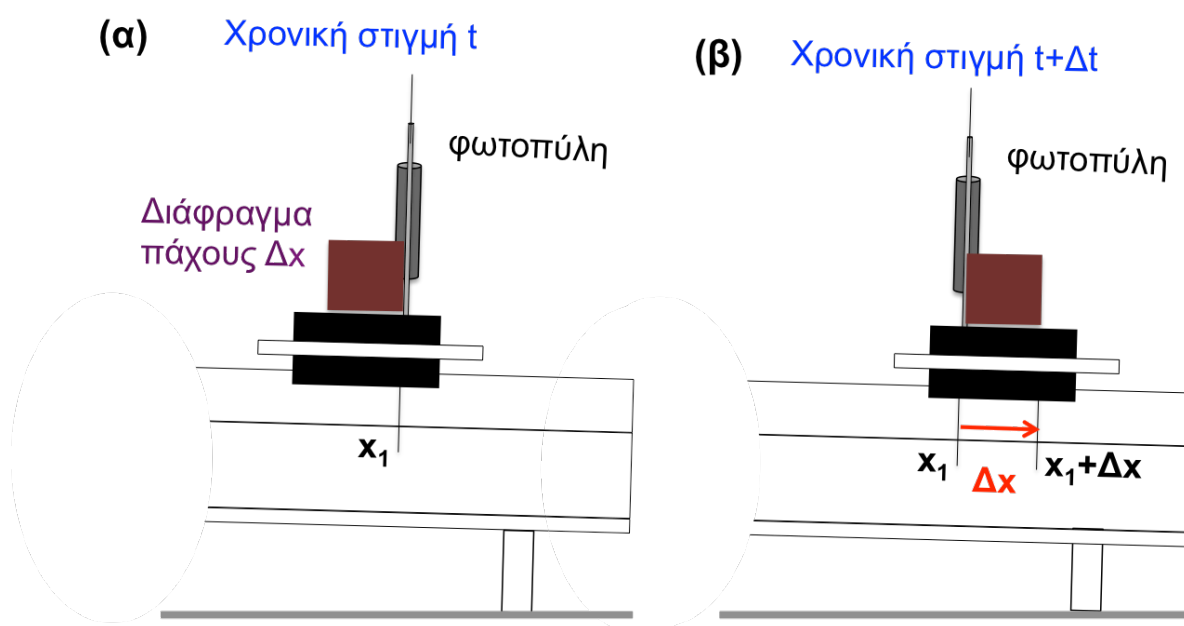
Επιλέγουμε ένα σημείο αναφοράς κοντά στην επάνω άκρη του κεκλιμένου διαδρόμου (θέση 0). Ορίζουμε τη θετική κατεύθυνση κατά μήκος του διαδρόμου, από την επάνω προς την κάτω άκρη. Σημειώνουμε μια θέση x_1 . Τοποθετούμε τις δύο φωτοπύλες έτσι ώστε να ισαπέχουν από τη θέση x_1 και η μεταξύ τους απόσταση να είναι ίση με Δx . Εάν το χρονικό διάστημα που καταγράφεται από τις φωτοπύλες είναι ίσο με Δt , η μέση διανυσματική ταχύτητα του αμαξιού για την κίνησή του ανάμεσα στις φωτοπύλες υπολογίζεται ως $v_{\mu\delta} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$. Όταν το χρονικό διάστημα Δt είναι αρκετά μικρό, αυτή η τιμή προσεγγίζει τη στιγμιαία ταχύτητα του αμαξιού καθώς διέρχεται από τη θέση x_1 .



Διάταξη 1. Το σύστημα των φωτοπυλών μετρά το χρονικό διάστημα Δt από τη στιγμή που διακόπτεται η φωτεινή δέσμη της 1^{ης} φωτοπύλης (το αμαξάκι φθάνει στην πρώτη φωτοπύλη) μέχρι τη στιγμή που διακόπτεται η δέσμη της 2^{ης} φωτοπύλης (το αμαξάκι φθάνει στη δεύτερη φωτοπύλη). Στο διάστημα Δt , η μπροστινή πλευρά του αμαξιού μετατοπίζεται κατά Δx .

Διάταξη 2: Η στιγμιαία ταχύτητα του αυτοκινήτου μπορεί να μετρηθεί χρησιμοποιώντας μόνο μία φωτοπύλη. Σε αυτή την περίπτωση, πρέπει να επικολλήσετε διαφράγματα διαφορετικού πάχους Δx στο αυτοκίνητο και να ανασηκώσετε τη φωτοπύλη, έτσι ώστε μόνο τα διαφράγματα να μπορούν να διακόπτουν τη φωτεινή δέσμη. Εάν θέσετε το διακόπτη της συσκευής στην κατάλληλη ενδειξη (GATE), η συσκευή μετρά το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα στη διακοπή και επαναφορά της φωτεινής δέσμης, δηλαδή ανάμεσα στις χρονικές στιγμές κατά τις οποίες αρχίζει και ολοκληρώνεται η διέλευση του διαφράγματος μπροστά από τη φωτοπύλη.

Αν το διάφραγμα έχει πάχος Δx και το αντίστοιχο χρονικό διάστημα είναι Δt , η εκτίμηση για τη στιγμιαία ταχύτητα του αυτοκινήτου, καθώς διέρχεται από τη φωτοπύλη, είναι $v = \Delta x / \Delta t$.



Διάταξη 2. Μία φωτοπύλη μετρά το χρονικό διάστημα από την στιγμή που διακόπτεται η φωτεινή δέσμη (το διάφραγμα πάχους Δx αρχίζει να διέρχεται από τη φωτοπύλη) μέχρις ότου αποκαθίσταται η δέσμη (το διάφραγμα ολοκληρώνει τη διέλευσή του από τη φωτοπύλη).

Στην διενέργεια των μετρήσεων είτε χρησιμοποιώντας τη διάταξη 1, είτε τη διάταξη 2, να σιγουρευθείτε ότι οι φωτοπύλες είναι κάθετα τοποθετημένες ως προς τον κεκλιμένο διάδρομο, έτσι ώστε να μετρούν χρονικά διαστήματα που αντιστοιχούν σε μετατοπίσεις κατά μήκος του διαδρόμου.

Ερώτηση: Να ανατρέξετε στη μελέτη που είχατε κάνει για το τυπικό σφάλμα χρόνου αντίδρασης των μελών της ομάδας σας, και να συγκρίνετε αυτό το σφάλμα με την αναμενόμενη διάρκεια της κίνησης του αμαξιού. Γιατί χρησιμοποιούμε φωτοπύλες αντί για χρονόμετρο χειρός στο συγκεκριμένο πείραμα;

A) Μέτρηση μέσης διανυσματικής ταχύτητας

1. Θα χρησιμοποιήσετε τη **διάταξη 1** για να υπολογίσετε τη μέση ταχύτητα του αμαξίου σε διαφορετικές περιοχές του κεκλιμένου διαδρόμου.

Να τοποθετήσετε τις δύο φωτοπύλες έτσι ώστε να ισαπέχουν από τη θέση x_1 , και η απόσταση μεταξύ των φωτοπυλών Δx να ισούται με 50 cm. Το μέγεθος Δx ισούται με τη μετατόπιση της μπροστινής πλευράς του αμαξίου από την πρώτη στη δεύτερη φωτοπύλη.

Να αφήσετε το αμαξάκι με μηδενική αρχική ταχύτητα από το σημείο εκκίνησης (θέση 0), και να καταγράψετε το χρονικό διάστημα Δt στο οποίο η μπροστινή πλευρά του αμαξίου μετατοπίζεται από την πρώτη στη δεύτερη φωτοπύλη. Από το χρονικό διάστημα Δt και την μετατόπιση Δx να υπολογίσετε τη μέση ταχύτητα του αμαξίου.

Σημείωση:

- Ο αριθμός σημαντικών ψηφίων της μετατόπισης Δx θα καθορισθεί από την κλίμακα του οργάνου με το οποίο θα μετρήσετε την απόσταση μεταξύ φωτοπυλών.
- Η τιμή του χρονικού διαστήματος Δt ταυτίζεται με την ψηφιακή ένδειξη των φωτοπυλών, δηλαδή δεν προσθέτουμε έξτρα ψηφίο.
- Στην τελική έκφραση για τη μέση ταχύτητα να εφαρμόσετε τον κανόνα διαίρεσης μετρούμενων τιμών.

Μετατόπιση Δx (m)	Χρονικό διάστημα Δt (s)	Μέση διανυσματική ταχύτητα $v_{\mu\delta} = \Delta x / \Delta t$ (m/s)

2. Να επιλέξετε ένα δεύτερο σημείο σε θέση $x_2 > x_1$. Να τοποθετήσετε τις δύο φωτοπύλες συμμετρικά ως προς το νέο σημείο, διατηρώντας την απόσταση μεταξύ τους ίση με 50 cm. Να αφήσετε το αμαξάκι να εκκινήσει με μηδενική αρχική ταχύτητα, και να υπολογίσετε τη νέα μέση διανυσματική ταχύτητα του αμαξίου.

Μετατόπιση Δx (m)	Χρονικό διάστημα Δt (s)	Μέση διανυσματική ταχύτητα $v_{\mu\delta} = \Delta x / \Delta t$ (m/s)

3. (Για το σπίτι.) Να συγκρίνετε τις δύο τιμές που βρήκατε για τη μέση ταχύτητα. Τι συμπεραίνετε;

B) Μέτρηση της στιγμιαίας ταχύτητας

Οι επόμενες ερωτήσεις 4 - 7 μπορούν να μελετηθούν με την **πειραματική διάταξη 1** ή με την **πειραματική διάταξη 2**. Προσαρμόζουμε τις διατυπώσεις των ερωτήσεων και στις δύο διατάξεις. Προτείνεται να χρησιμοποιήσετε τη μία από τις δύο διατάξεις για τη μελέτη των ερωτήσεων 4 - 7.

Επιλογή της Διάταξης 1

4. Να επαναλάβετε το πείραμα αφήνοντας το αμαξάκι να εκκινήσει από την ηρεμία κρατώντας το σημείο εκκίνησης αμετάβλητο. Να μετακινείτε τις δύο φωτοπύλες έτσι ώστε να είναι συμμετρικά τοποθετημένες εκατέρωθεν της θέσης x_2 , αλλά η απόσταση μεταξύ των φωτοπυλών να μειώνεται ανά 10 cm (ξεκινώντας από 50 cm), κάθε φορά που επαναλαμβάνετε το πείραμα. Στην τελευταία σας μέτρηση να τοποθετήσετε τις φωτοπύλες έτσι ώστε η απόσταση μεταξύ τους να είναι η ελάχιστη δυνατή.

Οι φωτοπύλες καταγράφουν το χρονικό διάστημα Δt , στο οποίο η μπροστινή πλευρά του αμαξιού μετατοπίζεται από την πρώτη στην δεύτερη φωτοπύλη. Η τιμή της μετατόπισης Δx ισούται με την απόσταση μεταξύ των φωτοπυλών.

Να σημειώσετε στον πιο κάτω πίνακα τις τιμές της μετατόπισης Δx και του αντίστοιχου χρονικού διαστήματος Δt . Στην τελευταία στήλη του πίνακα να συμπληρώσετε τη μέση διανυσματική ταχύτητα του αμαξιού. Να χρησιμοποιήσετε το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων.

Μετατόπιση Δx (m)	Χρονικό διάστημα Δt (s)	Μέση διανυσματική ταχύτητα $v_{\mu\delta} = \Delta x / \Delta t$ (m/s)

5. α) (Για το σπίτι.) Πώς μεταβάλλεται η μέση ταχύτητα καθώς ελαττώνεται το χρονικό διάστημα Δt της κίνησης ανάμεσα στις φωτοπύλες;

β) (Για το σπίτι.) Στην τελευταία μέτρηση, το χρονικό διάστημα Δt είναι πολύ μικρό. Φαντασθείτε ότι μπορούμε να συνεχίσουμε το πείραμα με τον ίδιο τρόπο, ελαττώνοντας ακόμη περισσότερο την απόσταση Δx και το αντίστοιχο χρονικό διάστημα Δt . Τι εκφράζει η μέση ταχύτητα $\Delta x / \Delta t$, όταν το διάστημα Δt γίνει απειροελάχιστο;

γ) (Για το στίβι.) Στην τελευταία μέτρηση που κάνατε, το χρονικό διάστημα Δt είναι πολύ μικρό αλλά όχι απειροελάχιστο. Με βάση το πείραμα που εκτελέσατε, θεωρείτε ότι η στιγμιαία ταχύτητα που υπολογίσατε αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή που το αμαξάκι διέρχεται μπροστά από (1) την πρώτη φωτοπύλη, (2) τη δεύτερη φωτοπύλη, ή (3) σε κάποια ενδιάμεση χρονική στιγμή; Να αιτιολογήσετε την άποψή σας.

6. Στο προηγούμενο πείραμα δείξατε ότι αν η απόσταση Δx μεταξύ των φωτοπυλών γίνει πολύ μικρή (και συνεπώς αν το χρονικό διάστημα Δt της κίνησης του αμαξιού ανάμεσα στις φωτοπύλες γίνει πολύ μικρό), ο λόγος $\Delta x / \Delta t$ αποτελεί μια εκτίμηση για τη *στιγμιαία* ταχύτητα του αμαξιού σε μια θέση ανάμεσα στις φωτοπύλες.

Στο επόμενο πείραμα θα εφαρμόσετε αυτή τη λειτουργική μέθοδο προσδιορισμού της στιγμιαίας ταχύτητας για να την υπολογίσετε σε διάφορες αποστάσεις από το σημείο εκκίνησης.

Κρατώντας τις φωτοπύλες στην ελάχιστη μεταξύ τους απόσταση, να τις μετακινήσετε σε τρεις διαφορετικές θέσεις από το σημείο εκκίνησης με τέτοιο τρόπο ώστε το σημείο x , στη μέση μεταξύ των φωτοπυλών, να απέχει κατά 50 cm, 100 cm, 150 cm αντίστοιχα. Για κάθε περίπτωση να αφήνετε το αμαξάκι να κινηθεί από την ηρεμία.

α) Να σημειώσετε στον πιο κάτω πίνακα τη θέση του μέσου μεταξύ των φωτοπυλών από το σημείο εκκίνησης (x), τη μετατόπιση της μπροστινής πλευράς του αμαξιού κατά την κίνηση μεταξύ των φωτοπυλών (Δx), και τη χρονική διάρκεια (Δt) της κίνησης του αμαξιού μεταξύ των δύο φωτοπυλών. Στην τελευταία στήλη να συμπληρώσετε την εκτίμησή σας για την αντίστοιχη *στιγμιαία* ταχύτητα του αμαξιού.

Θέση του μέσου μεταξύ φωτοπυλών x (m)	Μετατόπιση Δx (m)	Χρονικό διάστημα Δt (s)	Στιγμιαία ταχύτητα $v = \Delta x / \Delta t$ (m/s)

7. (Για το σπίτι.) Να γράψετε κάποιες παρατηρήσεις για το πώς μεταβάλλεται η στιγμιαία ταχύτητα του αμαξιού με τη θέση του μέσου των φωτοπυλών (απόσταση από το σημείο εκκίνησης).

Οι επόμενες ερωτήσεις 4 - 7 έχουν το ίδιο περιεχόμενο με τις προηγούμενες, αλλά είναι προσαρμοσμένες στην **πειραματική διάταξη 2**. (Προτείνεται να χρησιμοποιηθεί η μία από τις δύο διατάξεις για την εκτέλεση των ερωτήσεων 4 - 7).

Επιλογή διάταξης 2

4. Να εκτελέσετε το πείραμα αφήνοντας το αμαξάκι να εκκινήσει από την ηρεμία, κρατώντας το σημείο εκκίνησης (θέση 0) αμετάβλητο. Σε κάθε πείραμα να τοποθετείτε ένα διάφραγμα διαφορετικού πάχους Δx στο αμαξάκι. Το πάχος του διαφράγματος ισούται με την τιμή της μετατόπισης της μπροστινής πλευράς του διαφράγματος, όταν ολόκληρο το διάφραγμα διέλθει μπροστά από τη φωτοπύλη.

Να σημειώσετε στον πιο κάτω πίνακα τη μετατόπιση της μπροστινής πλευράς του διαφράγματος (Δx), και την αντίστοιχη χρονική διάρκεια Δt της κίνησης με το σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων. Στην τελευταία στήλη του πίνακα να συμπληρώσετε τη μέση ταχύτητα του αμαξιού.

Μετατόπιση Δx (m)	Χρονικό διάστημα Δt (s)	Μέση Ταχύτητα $v_{\mu\delta} = \Delta x / \Delta t$ (m/s)

5. α) (Για το σπίτι.) Πώς μεταβάλλεται η μέση ταχύτητα καθώς ελαττώνεται το πάχος Δx του διαφράγματος;

β) (Για το σπίτι.) Στην τελευταία μέτρηση, το χρονικό διάστημα Δt είναι πολύ μικρό. Φαντασθείτε ότι μπορούμε να συνεχίσουμε το πείραμα με τον ίδιο τρόπο, ελαττώνοντας ακόμη περισσότερο το πάχος του διαφράγματος Δx και το αντίστοιχο χρονικό διάστημα Δt . Τι εκφράζει η μέση ταχύτητα $\Delta x / \Delta t$, όταν το διάστημα Δt γίνει απειροελάχιστο;

γ) (Για το σπίτι.) Στην τελευταία μέτρηση που κάνατε, το χρονικό διάστημα Δt είναι πολύ μικρό αλλά όχι απειροελάχιστο. Με βάση το πείραμα που εκτελέσατε, θεωρείτε ότι η στιγμιαία ταχύτητα που υπολογίσατε αντιστοιχεί στη χρονική στιγμή που διέρχεται μπροστά από τη φωτοπύλη (1) το μπροστινό άκρο του διαφράγματος, (2) το πίσω άκρο του διαφράγματος, ή (3) κάποια ενδιάμεση χρονική στιγμή; Να αιτιολογήσετε την άποψή σας.

6. Στη μέτρηση της μέσης ταχύτητας με τη **διάταξη 2**, δείξατε ότι αν το πάχος του διαφράγματος Δx γίνει πολύ μικρό (και συνεπώς αν το χρονικό διάστημα Δt της κίνησης του αμαξιού ανάμεσα στις φωτοπύλες γίνει πολύ μικρό), ο λόγος $\Delta x / \Delta t$ αποτελεί μια εκτίμηση για τη **στιγμιαία** ταχύτητα του αμαξιού σε μια χρονική στιγμή μέσα στο διάστημα Δt .

Στις επόμενες μετρήσεις θα εφαρμόσετε αυτή τη λειτουργική μέθοδο προσδιορισμού της στιγμιαίας ταχύτητας για να την υπολογίσετε σε διάφορες αποστάσεις από το σημείο εκκίνησης.

Να μεταβάλλετε τη θέση της φωτοπύλης έτσι ώστε να απέχει διαδοχικά κατά 50 cm, 100 cm, 150 cm από το σημείο εκκίνησης. Να χρησιμοποιείτε συνεχώς το ίδιο διάφραγμα με το ελάχιστο δυνατό πάχος Δx . Για κάθε περίπτωση να αφήνετε το αμαξάκι να κινηθεί από την ηρεμία.

α) Να σημειώσετε στον πιο κάτω πίνακα τη θέση της φωτοπύλης (x), τη μετατόπιση Δx και τη χρονική διάρκεια (Δt) της διέλευσης του διαφράγματος που καταγράφεται από τη φωτοπύλη. Στην τελευταία στήλη να συμπληρώσετε την εκτίμησή σας για την αντίστοιχη **στιγμιαία** ταχύτητα του αμαξιού.

Θέση φωτοπύλης x (m)	Μετατόπιση μπροστινής πλευράς διαφράγματος Δx (m)	Χρονικό διάστημα Δt (s)	Στιγμιαία ταχύτητα $v = \Delta x / \Delta t$ (m/s)

- 7. (Για το σπίτι.)** Να γράψετε κάποιες παρατηρήσεις για το πώς μεταβάλλεται η στιγμιαία ταχύτητα του αμαξιού με τη θέση της φωτοπύλης (απόσταση από το σημείο εκκίνησης).
