

2.2 Η έννοια της ταχύτητας

Στην καθημερινή μας γλώσσα χρησιμοποιούμε την έννοια της ταχύτητας για να δείξουμε πόσο γρήγορα ή πόσο αργά κινείται ένα αντικείμενο. Η έννοια αυτή χρησιμοποιείται με δυο διαφορετικούς τρόπους:

Λέμε ότι ένας δρομέας Α είναι ταχύτερος από κάποιον άλλον Β, όταν ο Α μπορεί να διανύσει την ίδια διαδρομή με τον Β (π.χ. 100 μέτρα) σε μικρότερο χρόνο (εικόνα 2.12). Επίσης, μεταξύ δυο οδηγών Α και Β που κινούνται σ' έναν αυτοκινητόδρομο, ταχύτερος είναι εκείνος, που στον ίδιο χρόνο διανύει διαδρομή μεγαλύτερου μήκους. Σε κάθε περίπτωση βλέπουμε ότι η ταχύτητα συνδέεται με δυο μεγέθη: **το μήκος της διαδρομής και τον χρόνο.**

Στην καθημερινή γλώσσα η λέξη ταχύτητα χρησιμοποιείται με δυο έννοιες: της **μέσης** και της **στιγμιαίας ταχύτητας**.

Μέση ταχύτητα στην καθημερινή γλώσσα

Σ' έναν αγώνα κολύμβησης 100 m, ο κολυμβητής διανύει δυο φορές το μήκος της πισίνας και επιστρέφει στο σημείο εκκίνησης. Σ' αυτή την περίπτωση, το μήκος της διαδρομής που διήνυσε είναι $s = (50 \text{ m}) + (50 \text{ m})$ ή $s = 100 \text{ m}$. Γενικά, το μήκος της διαδρομής είναι διαφορετικό από το μέτρο της μετατόπισης (εικόνα 2.13).

Ορίζουμε μέση ταχύτητα το πηλίκο του μήκους της διαδρομής που διήνυσε ο κολυμβητής ή γενικότερα ένα κινητό σε ορισμένο χρόνο (χρονικό διάστημα) προς τον χρόνο αυτό.

$$\text{μέση ταχύτητα} = \frac{\text{μήκος της διαδρομής}}{\text{χρονικό διάστημα}}$$

$$u_{\mu} = \frac{s}{\Delta t} \quad (2.1)$$

Όταν ως αρχή μέτρησης των χρόνων t_1 έχει επιλεγεί το 0 ($t_1 = 0 \text{ s}$), τότε το Δt ταυτίζεται με το t_2 και συμβολίζουμε $\Delta t = t$, οπότε γράφουμε

$$u_{\mu} = \frac{s}{t}$$

Η ταχύτητα είναι παράγωγο μέγεθος και σύμφωνα με τη σχέση (2.1), η μονάδα της στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I.) είναι το **1 m/s** δηλαδή μέτρο ανά δευτερόλεπτο. Επιπλέον, κάθε συνδυασμός μονάδων μήκους και χρόνου μπορεί να επιλεγεί ως μονάδα μέτρησης της μέσης ταχύτητας. Έτσι το χιλιόμετρο ανά ώρα (km/h) ή το μίλι ανά ώρα (mi/h) ή και το εκατοστό ανά ώρα (ταχύτητα σαλιγκαριού) (cm/h) κτλ. μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μονάδες ταχύτητας.



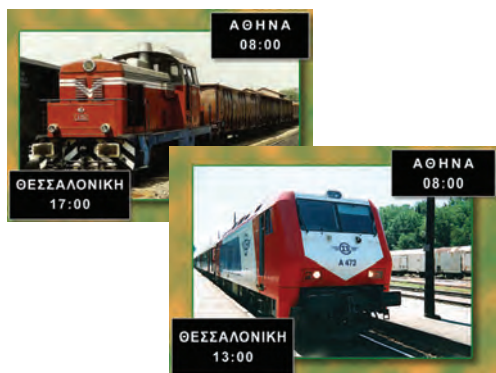
Εικόνα 2.12.

Στους Ολυμπιακούς αγώνες του 2000 στο Σίδνεϋ ο Κώστας Κεντέρης ήταν ταχύτερος από τον δεύτερο στην κούρσα, διότι διήνυσε τα 200 m σε 20,09 s, ενώ ο δεύτερος σε 20,14 s.



Εικόνα 2.13.

Το μήκος της διαδρομής που κάνει η μέλισσα είναι διαφορετικό από την ευθύγραμμη απόσταση της αρχικής και τελικής της θέσης (μέτρο της μετατόπισης). Η μέση ταχύτητα στην καθημερινή γλώσσα συνδέεται με το μήκος της διαδρομής.



Εικόνα 2.14.

Δεχόμαστε ότι η σιδηροδρομική απόσταση Αθήνας-Θεσσαλονίκης είναι 500 km. Η μέση ταχύτητα του επιβατηγού τρένου είναι 100 km/h, ενώ του εμπορικού 58 km/h.

Δραστηριότητα

Μέση ταχύτητα

- ▶ Πάρε ένα χρονόμετρο και μια μετροταινία. Πήγαινε στην αυλή του σχολείου ή στο γήπεδο.
- ▶ Μέτρησε τον χρόνο που χρειάζεσαι για να περπατήσεις 20 μέτρα.
- ▶ Υπολόγισε τη μέση ταχύτητά σου.
- ▶ Μέτρησε τον χρόνο που χρειάζεσαι για να διανύσεις την ίδια απόσταση τρέχοντας.
- ▶ Ποια είναι τώρα η μέση ταχύτητά σου;



Εικόνα 2.15.

Η ένδειξη του ταχύμετρου του αυτοκινήτου είναι η στιγμιαία ταχύτητά του.

Αν διανύσουμε μ' ένα αυτοκίνητο 90 χιλιόμετρα σε μια ώρα, τότε λέμε ότι η **μέση ταχύτητα** του οχήματος ήταν 90 χιλιόμετρα την (ανά) ώρα και γράφουμε 90 km/h. Ένα κινούμενο σώμα έχει μεγαλύτερη μέση ταχύτητα από ένα άλλο, όταν διανύει την ίδια απόσταση σε μικρότερο χρόνο. Ένα επιβατικό τρένο χρειάζεται περίπου πέντε ώρες για το ταξίδι Αθήνα-Θεσσαλονίκη, ενώ ένα εμπορικό καλύπτει την ίδια απόσταση σε 9 ώρες. Το επιβατηγό τρένο έχει μεγαλύτερη μέση ταχύτητα από το εμπορικό (εικόνα 2.14).

Στιγμιαία ταχύτητα στην καθημερινή γλώσσα

Ένα σώμα που κινείται δεν έχει πάντοτε την ίδια ταχύτητα. Για παράδειγμα, ένα αυτοκίνητο κινείται σε μια λεωφόρο με ταχύτητα 50 km/h. Όταν το αυτοκίνητο σταματά στο κόκκινο φανάρι, η ταχύτητά του μηδενίζεται. Στη συνέχεια όταν αρχίζει να κινείται πάλι, εξαιτίας της έντονης κυκλοφορίας, φθάνει σταδιακά μόνο τα 30 km/h.

Μπορούμε να μιλήσουμε για την ταχύτητα του αυτοκινήτου σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή κοιτάζοντας την ένδειξη του ταχύμετρου (κοντέρ) (εικόνα 2.15). Η ταχύτητα του κινητού σε μια ορισμένη χρονική στιγμή λέγεται **στιγμιαία ταχύτητα**. Η μονάδα μέτρησης της στιγμιαίας ταχύτητας στο S.I. είναι m/s.

Όταν ένας οδηγός σχεδιάζει ένα ταξίδι με αυτοκίνητο, ενδιαφέρεται για το χρονικό διάστημα που απαιτείται για να διανύσει τη συνολική διαδρομή που αντιστοιχεί στο ταξίδι. Ενδιαφέρεται, λοιπόν για τη μέση ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει στη διάρκεια όλου του ταξιδιού. Η μέση ταχύτητα, επειδή αναφέρεται στη συνολική διαδρομή, δε δίνει πληροφορίες για τις μεταβολές της στιγμιαίας ταχύτητας, στη διάρκεια της διαδρομής. Στις περισσότερες κινήσεις, η στιγμιαία ταχύτητα δε διατηρείται σταθερή, έτσι γενικά είναι διαφορετική από τη μέση ταχύτητα.

Φυσική και Μαθηματικά

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1.

ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

Αντικείμενο που κινείται	$\frac{m}{s}$	$\frac{km}{h}$
Περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη	1000	3.600=3,6·1.000
Ήχος στον αέρα	334	1.202,4=3,6·334
Σύνθετες επιβατικό αεροπλάνο	267	961,2=3,6·267
Γεράκι σε κατάδυση	37	133,2=3,6·37
Μέλισσα που πετά	5	18=3,6·5
Άνθρωπος που τρέχει	4	14,4=3,6·4

– Μπορούμε να μετατρέψουμε την ταχύτητα από σε διαιρώντας με το 3,6.

Μπορείς να το αιτιολογήσεις;

Διανυσματική περιγραφή της ταχύτητας (ή η έννοια της ταχύτητας στη φυσική)

Για να περιγράψουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια την κίνηση ενός σώματος, πρέπει να προσδιορίσουμε την έννοια της ταχύτητας με μεγαλύτερη προσοχή. Για παράδειγμα, ένα τρένο κινείται πάνω σ' ένα ευθύγραμμο τμήμα της σιδηροδρομικής γραμμής Θεσσαλονίκης-Κατερίνης, όπου η φορά προς την Κατερίνη έχει οριστεί ως θετική. Διέρχεται από το 40ό χιλιόμετρο κινούμενο με σταθερή ταχύτητα $2 \frac{\text{km}}{\text{min}}$ (εικόνα 2.16).

Αρκεί μόνο αυτή η πληροφορία για να προβλέψουμε τη θέση του τρένου μετά από 1 min;

Σε 1 min το τρένο διανύει 2 km. Έτσι, αν κινείται προς την Κατερίνη, η μετατόπιση είναι θετική (+2 km), και θα περάσει από το 42ο km. Αν, αντίθετα, κινείται προς τη Θεσσαλονίκη, η μετατόπισή του είναι αρνητική (-2 km) και θα περάσει από το 38ο km. Για να προβλέψουμε τη θέση του τρένου μετά από 1 min, δεν αρκεί να γνωρίζουμε μόνο πόσο γρήγορα κινείται, δηλαδή το μέτρο της ταχύτητάς του (2 km/min), αλλά και την κατεύθυνση της κίνησής του. Γι' αυτό τον λόγο ορίζουμε ένα νέο φυσικό μέγεθος, τη **μέση διανυσματική ταχύτητα** όχι με βάση το μήκος της διαδρομής που διανύει ένα κινητό, αλλά με βάση τη μετατόπισή του:

$$\text{διανυσματική μέση ταχύτητα} = \frac{\text{μετατόπιση}}{\text{χρονικό διάστημα}}$$

$$\text{ή συμβολικά: } \vec{u} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} \quad (2.2),$$

όπου $\Delta \vec{x} = \vec{x}_t - \vec{x}_a$ με \vec{x}_t την τελική θέση του κινητού και \vec{x}_a την αρχική. $\Delta t = t_t - t_a$ με t_t και t_a τις αντίστοιχες χρονικές στιγμές. Η μέση διανυσματική ταχύτητα είναι διανυσματικό μέγεθος. Η κατεύθυνσή της συμπίπτει με την κατεύθυνση της μετατόπισης.

Από τον ορισμό (σχέση 2.2) προκύπτει ότι οι μονάδες της μέσης διανυσματικής ταχύτητας είναι ίδιες με τις μονάδες της μέσης ταχύτητας.

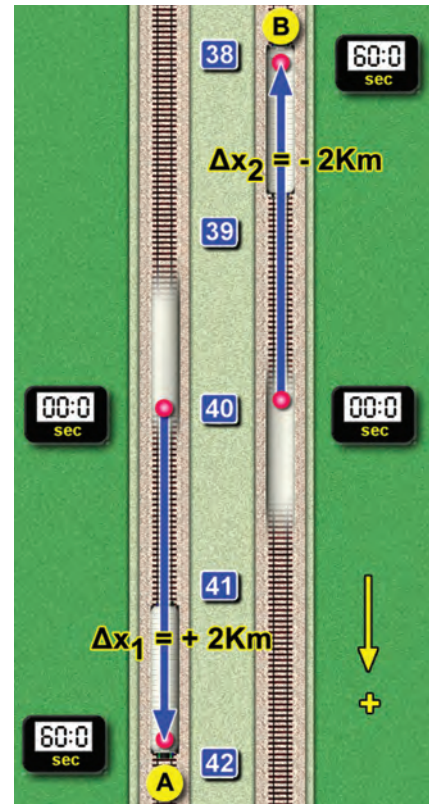
Όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.17, για να παραστήσουμε με συμβολικό τρόπο τη διανυσματική ταχύτητα ενός σώματος, μπορούμε να χρησιμοποιούμε ένα βέλος.

Στην ευθύγραμμη κίνηση η φορά της ταχύτητας προσδιορίζεται από το πρόσημό της.

Στο παράδειγμά μας βέλη που κατευθύνονται προς την Κατερίνη δείχνουν θετικές ταχύτητες, ενώ βέλη που κατευθύνονται προς τη Θεσσαλονίκη δείχνουν αρνητικές ταχύτητες (εικόνα 2.17).

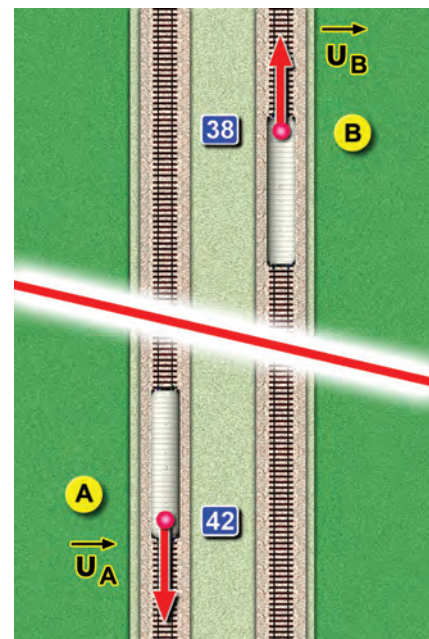
Ωστε, η μέση διανυσματική ταχύτητα του τρένου A είναι: $u_A = +2 \frac{\text{km}}{\text{min}}$, ενώ του B: $u_B = -2 \frac{\text{km}}{\text{min}}$.

Η διανυσματική ταχύτητα που έχει ένα κινούμενο σώμα μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή ονομάζεται **στιγμιαία ταχύτητα**.



Εικόνα 2.16.

Θέτουμε σε λειτουργία το χρονόμετρο (χρονική στιγμή $t_a=0 \text{ s}$) όταν και τα δυο τρένα διέρχονται από το 40ό χιλιόμετρο (τα τρένα έχουν την ίδια θέση). Ύστερα από 1 min (τη χρονική στιγμή $t_t=1 \text{ min}$) οι θέσεις τους είναι διαφορετικές.



Εικόνα 2.17.

Η ταχύτητα είναι διανυσματικό μέγεθος και παριστάνεται με ένα βέλος.



Εικόνα 2.18.

Η ταχύτητα του αεροπλάνου προσδιορίζεται από το ταχύμετρο και την πυξίδα του.

Με τη λέξη στιγμιαία ταχύτητα αναφερόμαστε σε δυο όρους, έναν από την καθημερινή ζωή και έναν από τη φυσική. Στην καθημερινή μας γλώσσα, με τη λέξη στιγμιαία ταχύτητα εννοούμε ό,τι δείχνει το ταχύμετρο. Στη γλώσσα της φυσικής, όμως, η στιγμιαία ταχύτητα είναι διανυσματικό μέγεθος και περιλαμβάνει τόσο το μέτρο της όσο και την κατεύθυνσή της.

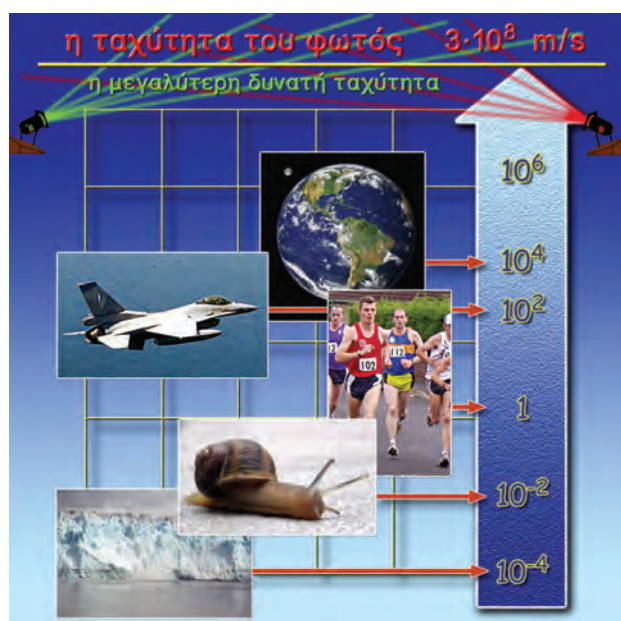
Για παράδειγμα, το ταχύμετρο του αεροπλάνου που παριστάνεται στην εικόνα 2.18 δείχνει ότι κινείται με ταχύτητα $500 \frac{\text{km}}{\text{h}}$.

Γνωρίζοντας αυτή την πληροφορία είναι δυνατόν να καθορίσουμε τον προορισμό του αεροπλάνου; Όχι, διότι το αεροπλάνο μπορεί να κινείται προς οποιοδήποτε σημείο του ορίζοντα. Για τον καθορισμό της διανυσματικής ταχύτητας ενός αεροπλάνου, πλοίου ή αυτοκινήτου και γενικά ενός σώματος που κινείται, εκτός από το ταχύμετρο που μας δείχνει το μέτρο της, χρειαζόμαστε και μια πυξίδα, με τη βοήθεια της οποίας μπορούμε να προσδιορίσουμε την κατεύθυνσή της.

Στη Φυσική με τον όρο «ταχύτητα» εννοούμε τη στιγμιαία ταχύτητα και με τον όρο «μέση ταχύτητα» τη μέση διανυσματική ταχύτητα.

Φυσική

και Βιολογία, Αστρονομία και Τεχνολογία



170.000 χρόνια περίπου πριν από εκείνη τη νύχτα. Όλα αυτά τα χρόνια το φως ταξίδευε για να φθάσει σ' εμάς. Ταυτόχρονα ο άνθρωπος εξελισσόταν για να μπορεί να παγιδέψει αυτό το φως με τις συσκευές του! Αυτό το εκρηγνύμενο άστρο το ονομάσαμε Supernova 1987A.

Αναζητήσε φωτογραφίες από τα πιο μακρινά σημεία του σύμπαντος. Ταξινόμησέ τις ανάλογα με την απόσταση από τον γαλαξία μας. Γιατί νομίζεις ότι αυτές οι φωτογραφίες μας δίνουν πληροφορίες για τη δημιουργία και την εξέλιξη του σύμπαντος;

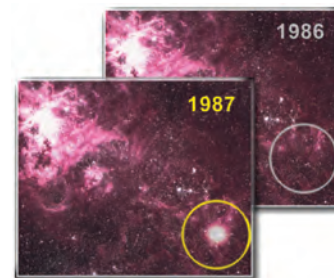
Η κλίμακα των ταχυτήτων στον κόσμο μας

Η ταχύτητα με την οποία διαδίδεται το φως είναι η μεγαλύτερη ταχύτητα που μπορεί να κινηθεί κάθε άλλο σώμα στη φύση. Το φως διανύει περίπου 300.000 km κάθε δευτερόλεπτο. Ένας παγετώνας, στον ίδιο χρόνο, μετατοπίζεται μόλις 0,1 mm. Το φως από τον ήλιο για να φθάσει στη γη χρειάζεται περίπου 8 min.

Υπολόγισε τη μέση απόσταση γης-ήλιου.

Τη νύχτα της 23ης Φεβρουαρίου του 1987 ο αστρονόμος Ίαν Σέλτον (Ian Shelton) φωτογράφησε με τη βοήθεια τηλεσκοπίου την έκρηξη ενός άστρου.

Στη φωτογραφία φαίνεται η ίδια περιοχή του ουρανού πριν και μετά την έκρηξη. Αυτή η έκρηξη είχε συμβεί



Φυσική
και Βιολογία**Γατόπαρδος: Το πιο γρήγορο ζώο στον πλανήτη μας**

Ο γατόπαρδος θεωρείται το πιο γρήγορο ζώο στη γη. Αναπτύσσει ταχύτητα κοντά στα 105 km/h, την οποία δεν μπορεί να διατηρήσει για μεγάλο χρονικό διάστημα. Οι κάτοικοι της ερήμου Καλαχάρι της Αφρικής κυνηγούν τον γατόπαρδο και μπορούν να τον πιάσουν. *Πώς γίνεται αυτό;* Οι ιθαγενείς έχουν συνειδητοποιήσει ότι ένας άνθρωπος έχει τη δυνατότητα να κινείται με σταθερή ταχύτητα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα απ' ό,τι ο γατόπαρδος. Έτσι, καταδιώκουν τον γατόπαρδο τρέχοντας με μια ταχύτητα την οποία μπορούν να διατηρήσουν σχεδόν σταθερή για μεγάλο χρονικό διάστημα. Αντίθετα, ο γατόπαρδος διατηρεί τη μεγάλη ταχύτητά του για μικρό χρονικό διάστημα.

Έτσι, λοιπόν, όταν κουράζεται, ελαττώνει την ταχύτητά του και οι Καλαχάρι μπορούν να τον πιάσουν.

2.3 Κίνηση με σταθερή ταχύτητα

Ας μελετήσουμε την κίνηση ενός αεροπλάνου το οποίο πετάει σε σταθερό ύψος από την επιφάνεια του εδάφους. Θεωρούμε ως σημείο αναφοράς τη θέση Α (εικόνα 2.19) στην οποία το αεροπλάνο απέκτησε το σταθερό ύψος πτήσης. Τη χρονική στιγμή που το αεροπλάνο βρίσκεται στο σημείο αναφοράς, θέτουμε σε λειτουργία το χρονόμετρό μας (αρχή των χρόνων). Στη συνέχεια, προσδιορίζουμε τις θέσεις του αεροπλάνου τις διάφορες χρονικές στιγμές. Στην εικόνα 2.19 αναγράφονται οι θέσεις και οι αντίστοιχες χρονικές στιγμές.

Προσδιορίζουμε τη μέση ταχύτητα του αεροπλάνου για κάθε χρονικό διάστημα ενός δευτερολέπτου.

Από 0 s – 1 s η μέση ταχύτητα είναι:

$$u_1 = \frac{\Delta x_1}{\Delta t} = \frac{+200 \text{ m} - 0 \text{ m}}{(1 \text{ s} - 0 \text{ s})} = +200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Από 1 s – 2 s είναι:

$$u_2 = \frac{\Delta x_2}{\Delta t} = \frac{+400 \text{ m} - (+200 \text{ m})}{(2 \text{ s} - 1 \text{ s})} = +200 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Διαπιστώνουμε ότι είναι ίδια και ίση με +200 m/s.

Αν υπολογίσουμε τη μέση ταχύτητα για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα, για παράδειγμα 1,5 ή 2 δευτερολέπτων, προκύπτει πάλι η ίδια τιμή για τη μέση ταχύτητα: +200 m/s.

Αν η μέση ταχύτητα (\bar{u}) είναι ίδια για οποιοδήποτε χρονικό διάστημα (Δt), τότε συμπίπτει με τη στιγμιαία ταχύτητα και λέμε ότι το σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα. Σταθερή ταχύτητα σημαίνει ταχύτητα σταθερού μέτρου, δηλαδή στο παράδειγμά μας, το ταχύμετρο του αεροπλάνου θα δείχνει κάθε χρονική στιγμή 200 m/s, και σταθερής κατεύθυνσης. Σ' αυτή την περίπτωση, επομένως, η κίνηση γίνεται σε ευθεία γραμμή και προς σταθερή κατεύθυνση.

Μια κίνηση στην οποία η ταχύτητα διατηρείται σταθερή, ονομάζεται ευθύγραμμη ομαλή κίνηση. Για την ευθύγραμμη ομαλή κίνηση με τη χρήση μαθηματικών σύμβολων γράφουμε:

$$\bar{u} = \frac{\Delta \bar{x}}{\Delta t} = \text{σταθερή} \quad (2.3)$$



Εικόνα 2.19.

Σε ίσους χρόνους οι μετατοπίσεις του αεροπλάνου είναι ίσες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.

Χρόνος σε sec	Ταχύτητα σε m/s
0	+200
0,5	+200
1	+200
1,5	+200
2	+200

Με βάση τις τιμές της εικόνας 2.19 και τη σχέση 2.2, υπολογίζουμε τη μέση ταχύτητα του αεροπλάνου για διάφορα χρονικά διαστήματα.