

ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ

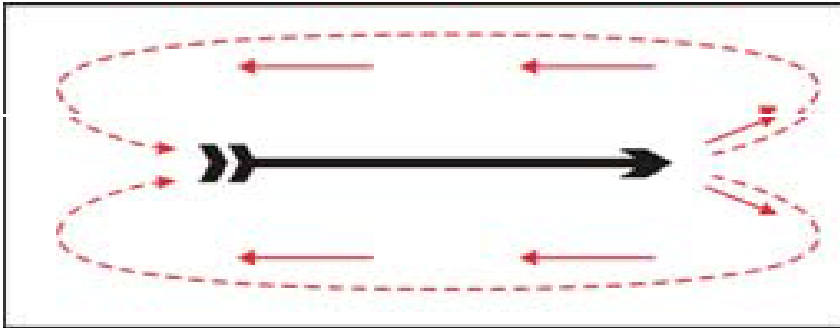
Νίκος Κανδεράκης

Η ΚΙΝΗΣΗ ΣΤΗΝ ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

- **Φυσική κίνηση:** τα σώματα πηγαίνουν προς στη φυσική τους θέση
- Βαριά σώματα (γη, νερό) προς τα κάτω
- Ελαφριά σώματα (αέρας, φωτιά) προς τα πάνω
- Τα βαρύτερα πέφτουν πιο γρήγορα
- Το βάρος είναι εσωτερική ιδιότητα των σωμάτων
- Βάρος και ποσότητα υλικού

Βίαη κίνηση

- Δύναμη (αιτία) → κίνηση (αποτέλεσμα)
- Βλήματα: πως κινούνται χωρίς δύναμη;
- Αριστοτελικοί: αντιπερίστασις



- Φιλόπρονος (6^{ος} αιώνας μ.Χ.): εσωτερική δύναμη
- Μεσαιωνικοί φιλόσοφοι: impetus

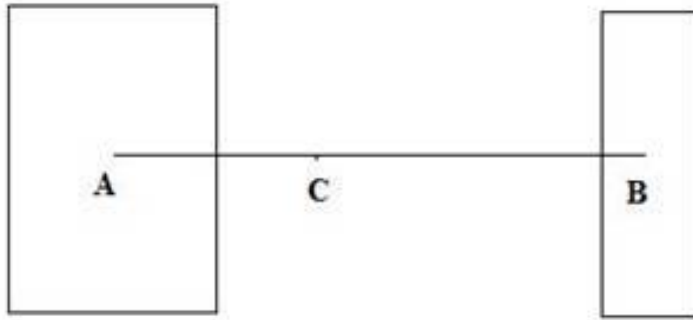
Η αριστοτελική φυσική είναι ποιοτική

Αριστοτελικοί: η (υποσελήνια) φύση είναι περίπλοκη και χνώδης και δεν περιγράφεται μαθηματικά

Εξαίρεση

Αρχιμήδης - Στατική

Γεωμετρικά μοντέλα απλών μηχανών



Ο ΓΑΛΙΛΑΙΟΣ ΜΕΛΕΤΑ ΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ

- Μοντέλα τμημάτων του φυσικού κόσμου
απλοποιήσεις (π.χ. όχι τριβές, όχι αντίσταση του αέρα)
εξιδανικεύσεις (π.χ. αβαρές νήμα)
αναπαραστάσεις με γεωμετρικά σχήματα
- Μαθηματική περιγραφή της κίνησης
- Πειράματα για επαλήθευση-ισχυροποίηση των συμπερασμάτων

Ορισμός ομοιόμορφης [ευθύγραμμης ομαλής] κίνησης

«Αντιλαμβάνομαι την ισοταχή ή ομοιόμορφη κίνηση να είναι εκείνη της οποίας τα μέρη [διαστήματα] που διατρέχονται από το κινητό σε ίσους χρόνους να είναι ίσα μεταξύ τους.»

- Δε δίνει ορισμό της ταχύτητας - προσδιορίζεται έμμεσα
- Ακριβής μαθηματικός ορισμός της ταχύτητας από τον Varignon (1700 μ.Χ.)

Ταχύτητα στην ευθύγραμμη ομαλή κίνηση

$$v = s/t \quad (\text{ταχύτητα} = \text{διάστημα} / \text{χρόνος})$$

ή το διάστημα που διανύεται στη μονάδα του χρόνου

Μονάδες

- 1km/h
- 1m/s (στη φυσική)

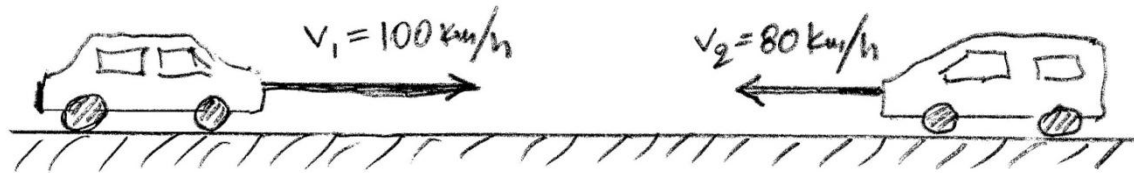
Διεθνές σύστημα μονάδων (S.I.)

Θεμελιώδη μεγέθη

Μήκος \rightarrow 1m , μάζα \rightarrow 1kg , χρόνος \rightarrow 1s

Η ταχύτητα έχει κατεύθυνση
Διανυσματικό μέγεθος

Η ταχύτητα είναι σχετική
Σε σχέση με άλλο σώμα ή σύστημα σωμάτων
Σύστημα αναφοράς



Πόση είναι η σχετική ταχύτητα του πρώτου ως προς το δεύτερο;

Νόμοι της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης

α. Η ταχύτητα είναι σταθερή

\vec{v} = σταθερό (μέτρο και κατεύθυνση)

Μηχανάκι κινείται σε ίσιο δρόμο με ταχύτητα $v = 10\text{m/s}$

χρόνος	1s	2s	3s	4s	5s
διάστημα					

β. Το διάστημα είναι ανάλογο με το χρόνο

$$s = v \cdot t$$

διάστημα = ταχύτητα επί χρόνο

Γαλιλαίος: θεώρημα VI για την ομοιόμορφη κίνηση

«Αν δύο σώματα κινούνται με ομοιόμορφη κίνηση, αλλά με διαφορετικές ταχύτητες, οι αποστάσεις που διανύουν σε άνισους χρόνους είναι ανάλογες με τις ταχύτητες και τους χρόνους.»

Γραφικές παραστάσεις

- Ταχύτητας – χρόνου
- Διαστήματος - χρόνου

Ευθύγραμμα ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση

Γαλιλαίος: ορισμός της ομοιόμορφα επιταχυνόμενης κίνησης

«Η κίνηση είναι ομοιόμορφα επιταχυνόμενη όταν, εγκαταλείποντας την ηρεμία, προσθέτει στον εαυτό της ίσες ποσότητες ταχύτητας σε ίσους χρόνους.»

Δεν ορίζει την επιτάχυνση

Η επιτάχυνση ορίζεται από το Νεύτωνα (με λόγια) το 1687, και από τον Varignon (με αλγεβρικό τύπο) το 1700.

Ο Γαλιλαίος δείχνει με πείραμα ότι η πτώση των σωμάτων είναι επιταχυνόμενη κίνηση.

Επιτάχυνση στην ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση

Επιτάχυνση = μεταβολή ταχύτητας / χρονικό διάστημα,

$$a = \Delta v / t \quad \text{ή} \quad a = (v_{\text{tel}} - v_0) / t$$

Αν $v_0 = 0$, τότε $a = v_{\text{tel}} / t$

π.χ. $a_1 = 100\text{km/h}/10\text{s} = 10\text{km/h/s}$ (ρεπρίζ)

$$a_2 = 3\text{m/s/s} = 3\text{m/s}^2$$

Στην πτώση των σωμάτων κοντά στην επιφάνεια της Γης
 $g = 9,81\text{m/s/s} = 9,81\text{m/s}^2$

Εξίσωση της ταχύτητας

$$a = (v_{\text{tel}} - v_o) / t \rightarrow v_{\text{tel}} - v_o = at \rightarrow v_{\text{tel}} = v_o + at$$

Αν $v_o = 0$, τότε $v_{\text{tel}} = at$

Η ταχύτητα είναι ανάλογη με το χρόνο

Εξίσωση διαστήματος

Θεώρημα της μέσης ταχύτητας
(του κολεγίου Merton)

Διάστημα = μέση ταχύτητα x χρόνο

Απόδειξη του Γαλιλαίου

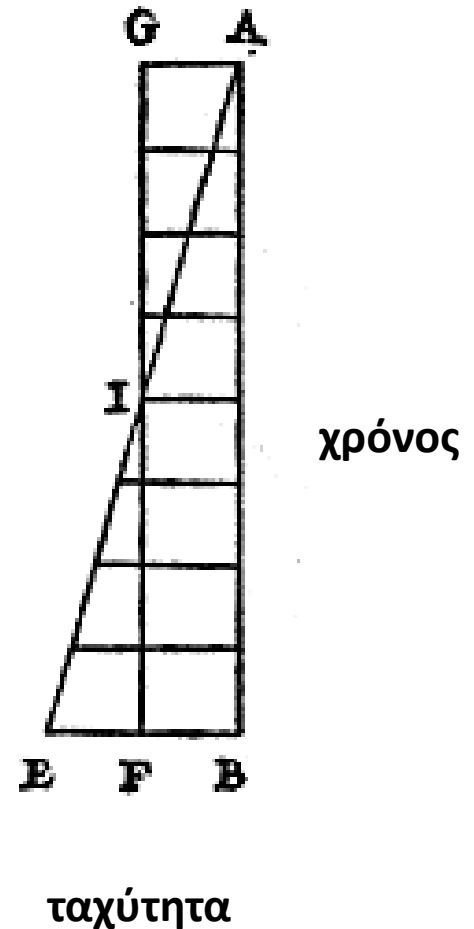
Διάστημα = μέση ταχύτητα επί το χρόνο.

Μέση ταχύτητα = $\frac{1}{2}$ τελικής ταχύτητας

Η τελική ταχύτητα είναι ανάλογη με το χρόνο

Επομένως, η μέση ταχύτητα είναι ανάλογη με το χρόνο.

Τελικά, **το διάστημα είναι ανάλογο με το τετράγωνο του χρόνου.**



Απόδειξη με άλγεβρα

Το διάστημα είναι ανάλογο με το τετράγωνο του χρόνου

Αν $v_0 = 0$, τότε μέση ταχύτητα $= v_{\text{ΤΕΛ}}/2$ ή $v_{\mu} = v_{\text{ΤΕΛ}}/2$

αλλά $v_{\text{ΤΕΛ}} = at$ (εξίσωση της ταχύτητας)

και $s = v_{\mu} \cdot t$

και τελικά $s = (v_{\text{ΤΕΛ}}/2) \cdot t = (at/2) \cdot t = \frac{1}{2} at^2$

Δηλαδή $s = \frac{1}{2} at^2$

Γραφικές παραστάσεις

- Ταχύτητας – χρόνου
- Διαστήματος – χρόνου

Η ελεύθερη πτώση είναι ευθύγραμμη ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση

Γαλιλαίος – πειραματικός έλεγχος

Πείραμα με κεκλιμένο επίπεδο και μπίλια

Δείχνει ότι: διάστημα (s)
ανάλογο με το τετράγωνο
του χρόνου (t^2)

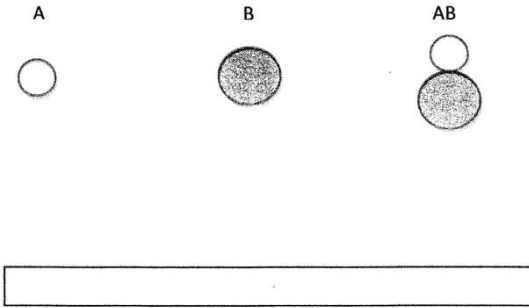


Όλα τα σώματα πέφτουν με την ίδια επιτάχυνση

Αριστοτελικοί: τα πιο βαριά σώματα πέφτουν πιο γρήγορα

Γαλιλαίος: όλα τα σώματα (στο κενό) πέφτουν το ίδιο γρήγορα – με την ίδια επιτάχυνση

Νοητικό πείραμα



Σύμφωνα με την αριστοτελική άποψη:

Το AB θα πέσει πιο αργά από το B, αφού το ελαφρύ A το φρενάρει.

Το AB θα πέσει πιο γρήγορα από το B, αφού το AB είναι βαρύτερο από το B.

Αντίφαση. Άρα θα πέσουν ταυτόχρονα – ίδια επιτάχυνση.

Πραγματικό πείραμα

Κέρμα και τσαλακωμένο χαρτί

Πτώση φτερού και σφυριού στη Σελήνη, το 1971
από τον αστροναύτη David Scott

Εξισώσεις της ελεύθερης πτώσης

Στον ίδιο τόπο, όλα τα σώματα πέφτουν με την ίδια επιτάχυνση.

g : επιτάχυνση της βαρύτητας

Στην Ελλάδα, κοντά στο επίπεδο της επιφάνεια της θάλασσας: $g = 9,8m/s^2$

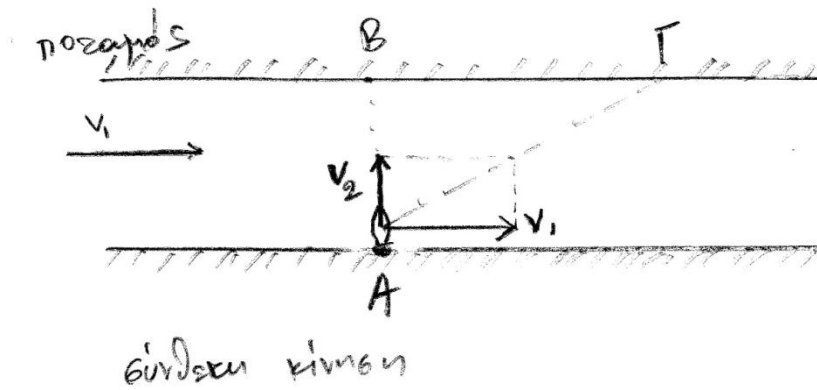
Εξισώσεις της ελεύθερης πτώσης

Ταχύτητα πτώσης $v = g \cdot t$

Απόσταση που διανύθηκε $s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$

Ανεξαρτησία των κινήσεων - Σύνθετη κίνηση

π.χ. Βάρκα διασχίζει ποταμό

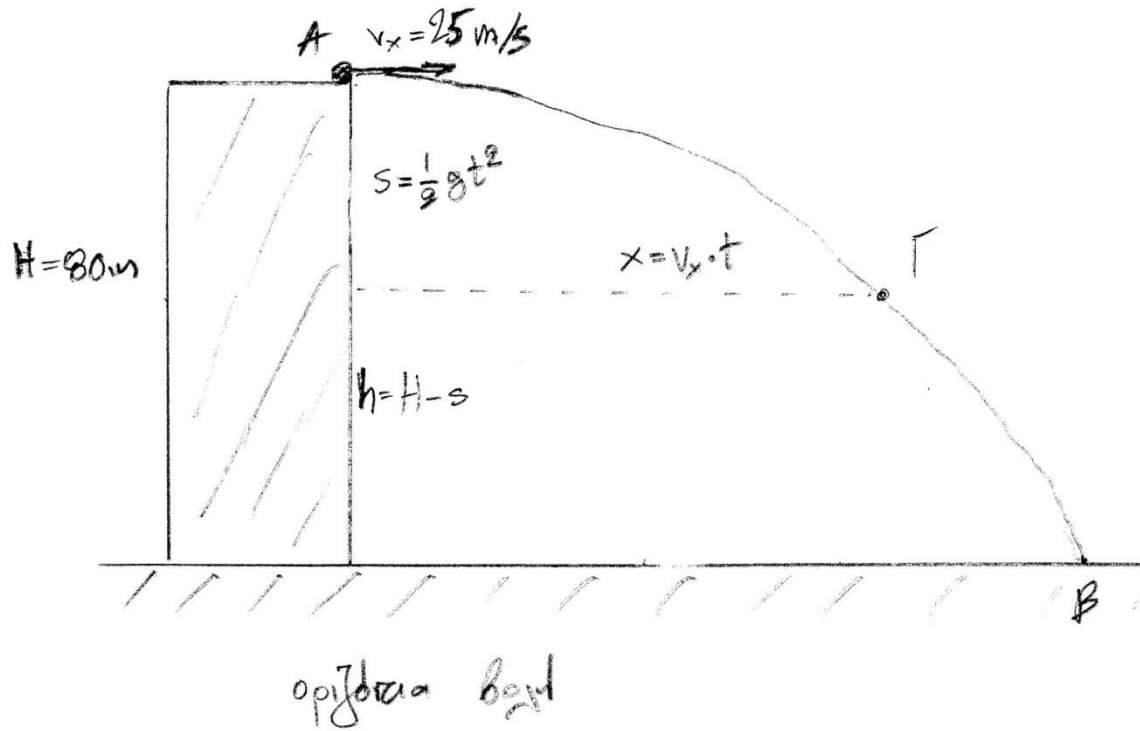


Αρχή της ανεξαρτησίας των κινήσεων

Όταν ένα σώμα εκτελεί δύο κινήσεις ταυτόχρονα, η μία κίνηση δεν επηρεάζει την άλλη.

Η κίνηση του σώματος προκύπτει από το συνδυασμό των δύο κινήσεων.

Οριζόντια βολή



Επιταχυνόμενη κίνηση με αρχική ταχύτητα

Αρχική ταχύτητα v_0 , επιτάχυνση a

Η κίνηση είναι συνδυασμός ευθύγραμμης ομαλής κίνησης με ταχύτητα v_0 και ευθύγραμμης ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης (χωρίς αρχ. ταχύτητα) με επιτάχυνση a .

Επομένως

ταχύτητα $v = v_0 + at$

διάστημα $s = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$

Επιβραδυνόμενη κίνηση (με αρχική ταχύτητα)

αρχική ταχύτητα v_0 , επιβράδυνση a (ή $-a$)

Η κίνηση είναι συνδυασμός ευθύγραμμης ομαλής κίνησης με ταχύτητα v_0 και ευθύγραμμης ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης με επιτάχυνση a προς τα πίσω (ή επιβράδυνση).

Επομένως

ταχύτητα $v = v_0 - at$

διάστημα $s = v_0 t - \frac{1}{2} at^2$