

Φυσική ΜΙΘΕ
ΔΥΝΑΜΙΚΗ - 1

Νίκος Κανδεράκης

Αριστοτελική Φυσική

Γιατί πέφτουν τα (βαριά) σώματα;

Πηγαίνουν στη φυσική τους θέση.

Βάρος: η τάση του βαρέως σώματος να κινηθεί προς το κέντρο της Γης.

Μέτρο του υλικού που έχει το σώμα (εμπόριο).

Εσωτερική ιδιότητα του σώματος – όχι εξωτερικά επιβαλλόμενη δύναμη.

Γιατί κινούνται τα άστρα (και οι πλανήτες) κυκλικά γύρω από τη Γη;

Αποτελούνται από «πεμπτουσία» – δεν έχουν βάρος

Βίαιη κίνηση

Η κίνηση χρειάζεται δύναμη για να συντηρηθεί

Χωρίς συνεχή δράση δύναμης όλες οι κινήσεις σταματούν

Από το γεωκεντρικό στο ηλιοκεντρικό σύστημα

Ανατρέπεται η Αριστοτελική Κοσμολογία

- Η Γη δεν είναι το κέντρο του κόσμου.
- Η Γη κινείται.
- Τα άστρα και οι πλανήτες αποτελούνται από συνηθισμένη ύλη.

Κεντρικά προβλήματα της μετακοπερνίκειας Φυσικής

Η Αριστοτελική Φυσική δεν είναι συμβατή με το ηλιοκεντρικό σύστημα.

- Δεν εξηγείται η πτώση των σωμάτων.
- Δεν εξηγείται η τροχιακή κίνηση των πλανητών γύρω από τον Ήλιο.

Γαλιλαίος

Το κοπερνίκειο σύστημα από μαθηματικό μοντέλο γίνεται φυσική πραγματικότητα.

Βασικό σημείο διαμάχης: η κίνηση της Γης.

Ένσταση: αφού η Γη κινείται γιατί τα σώματα δεν πέφτουν προς τα πίσω;

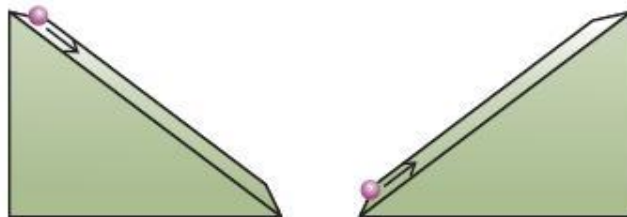
- **Καράβι – πέτρα**
- **Καβαλάρης – σπαθί**

Η αρχή της αδράνειας δίνει απάντηση

Αρχή της αδράνειας του Γαλιλαίου

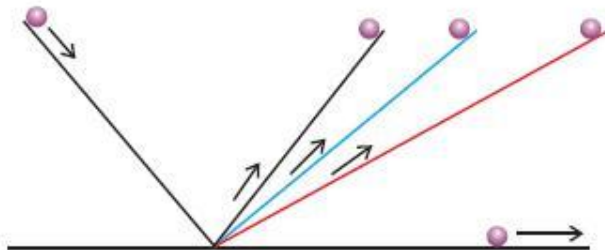
Νοητικά πειράματα

- κινούμενο σώμα σε όλο και πιο γυαλισμένο επίπεδο
- συνδυασμός κεκλιμένων επιπέδων



(a)

(b)



(c)

Αρχή της αδράνειας του Γαλιλαίου

«... με όποια ταχύτητα και αν βρεθεί ένα κινητό, αυτή από τη φύση εντυπώνεται ανεξίτηλα σε αυτό, όταν αφαιρεθούν οι εξωτερικές αιτίες που το διαταράσσουν. Αλλά αυτό συμβαίνει μόνο στο οριζόντιο επίπεδο ... Από αυτά ... έπεται ότι η κίνηση στο οριζόντιο επίπεδο είναι αιώνια ...» (Γαλιλαίος 1638: Δύο νέες επιστήμες)

Κυκλική αδράνεια – το οριζόντιο επίπεδο κάνει κύκλο γύρω από τη Γη.

Η κυκλική κίνηση είναι ένα είδος φυσικής αδρανειακής κίνησης - δε χρειάζεται εξήγηση

Εξετάζει την πτώση των σωμάτων ως επιταχυνόμενη κίνηση, αλλά δεν εξετάζει την αιτία της.

René Descartes – ευθύγραμμη αδράνεια

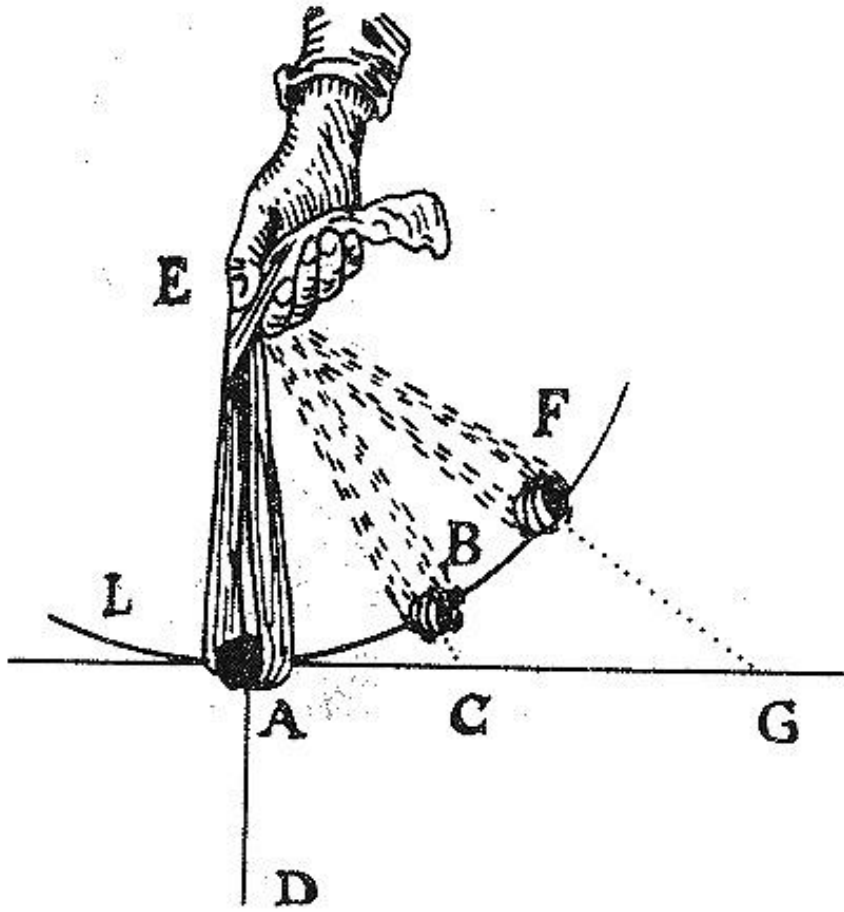
1644 «Αρχές Φιλοσοφίας» (Principia Philosophia)

Αρχή της αδράνειας (σημερινή μορφή)

«1^{ος} νόμος της φύσης. Κάθε πράγμα, όσο εξαρτάται από το ίδιο, εμμένει πάντα στην ίδια κατάσταση· και έτσι ό,τι κινείται, συνεχίζει πάντα να κινείται...

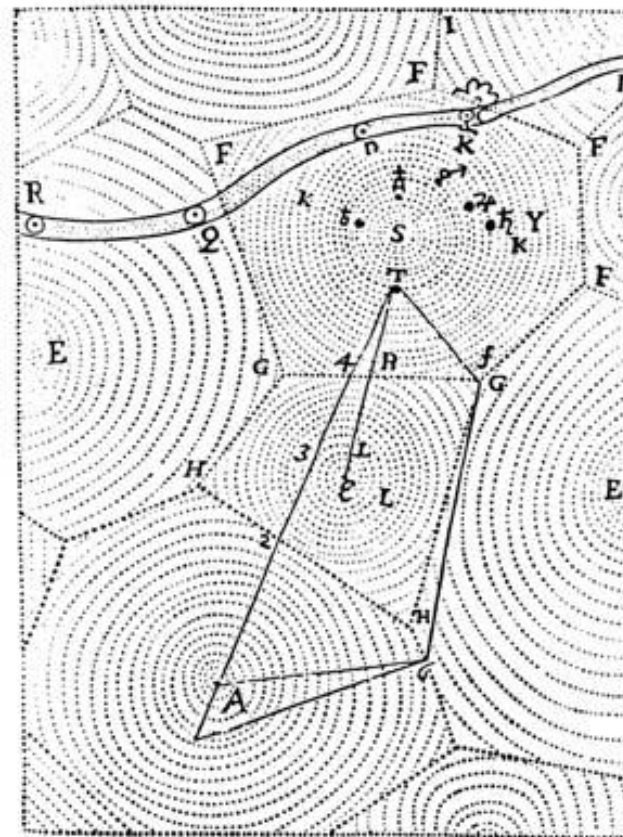
2^{ος} νόμος της φύσης. Κάθε κίνηση είναι από μόνη της ευθύγραμμη· και επομένως κάθε σώμα κινούμενο σε κύκλο τείνει πάντα να απομακρύνεται από το κέντρο του κύκλου τον οποίο διαγράφει.» (Principia Philosophia)

Η κυκλική κίνηση χρειάζεται εξήγηση



Πως εξηγεί ο Descartes την τροχιακή κίνηση των πλανητών;

Ο αιθέρας καλύπτει τα πάντα.
Δεν υπάρχει κενό.
Οι στρόβιλοι του αιθέρα κρατούν τους πλανήτες στην τροχιά τους.



Descartes: όλες οι δράσεις γίνονται εξ επαφής – με κρούση.

«**3^{ος} νόμος της φύσης.** Αν ένα σώμα προσκρούσει σε ένα άλλο ισχυρότερο από το ίδιο, δεν χάνει τίποτα από την κίνησή του. Αλλά αν προσκρούσει σε ένα ασθενέστερο, χάνει τόση ποσότητα κίνησης όση μεταβιβάζει στο άλλο σώμα.» (Principia Philosophia)

«**Δύναμη**» των κινούμενων σωμάτων

- καθορίζει τη συμπεριφορά στις κρούσεις
- είναι εσωτερική ιδιότητα των σωμάτων
- μέτρο της «δύναμης» των κινούμενων σωμάτων είναι η ποσότητα κίνησης

«**ποσότητα κίνησης**» = «μέγεθος σώματος» επί ταχύτητα

Σήμερα $p = m \cdot v$ «ορμή» = μάζα επί ταχύτητα

Christian Huygens

1673 “Horologium oscillatorium” , 1703 “De vi centrifuga”

Μελέτη της κυκλικής κίνησης

Το σώμα (για κάποιους λόγους) αναγκάζεται να κάνει κυκλική κίνηση.

Φυγόκεντρη δύναμη: η τάση του περιστρεφόμενου σώματος να απομακρυνθεί από το κέντρο

Υπολογισμός της φυγόκεντρης δύναμης
σημερινή μορφή $F = mv^2/r$

Isaac Newton: “Principia Mathematica” 1687

Αρχή της αδράνειας ή 1^{ος} νόμος της κίνησης

«Κάθε σώμα διατηρείται στην κατάσταση της ηρεμίας ή της ομοιόμορφης κίνησης σε ευθεία γραμμή, εκτός εάν αναγκασθεί να αλλάξει την κατάστασή του από δύναμη που του επιβάλλεται.»

αδράνεια = τεμπελιά των σωμάτων

αν $F_{ολ} = 0 \rightarrow v = \text{σταθερό}$

αν $v = \text{σταθερό} \rightarrow F_{ολ} = 0$

Αναζήτηση «Δυναμικής» συμβατής με την αρχή της αδράνειας

- **Βασικό πρόβλημα:** Η εξήγηση της τροχιακής κίνησης των πλανητών.
- **Κύριο επιστημολογικό εμπόδιο:** Η «δύναμη» θεωρείται εσωτερική ιδιότητα των σωμάτων.

Η δύναμη

Ορισμός IV – επιβαλλόμενη δύναμη

«Μια επιβαλλόμενη δύναμη είναι μια δράση που ασκείται πάνω σε ένα σώμα για να αλλάξει την κατάστασή του είτε της ηρεμίας του είτε της ομοιόμορφης κίνησης του σε ευθεία γραμμή. Αυτή η δύναμη συνίσταται στη δράση μόνο και δεν παραμένει στο σώμα όταν η δράση σταματήσει.»

- Η δύναμη ασκείται σε ένα σώμα από ένα άλλο σώμα.
- Η δύναμη δεν παραμένει στο σώμα μετά τη δράση.
- Η δύναμη μεταβάλλει την κίνηση.

Μέτρηση δύναμης

Μέτρηση δύναμης με το δυναμόμετρο

Μονάδες δύναμης 1N (Newton)

1kg ζυγίζει περίπου 10N

Δύναμη και ισορροπία

Η δύναμη έχει κατεύθυνση – διάνυσμα

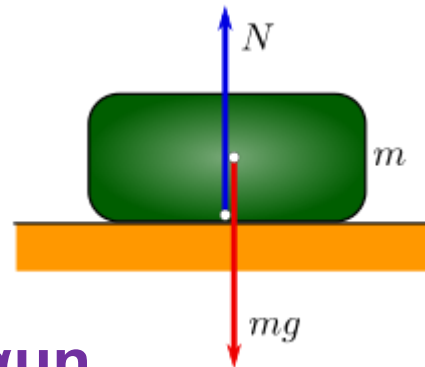
Ισορροπία δύο δυνάμεων

π.χ. κουτί – τραπέζι - Γη

$$N = B (mg)$$

Το βάρος είναι εξωτερική δύναμη

Ασκείται στο σώμα από τη Γη



2^{ος} Νόμος της κίνησης - Δύναμη και επιτάχυνση

«Η μεταβολή της κίνησης είναι ανάλογη με την επιβαλλόμενη κινούσα δύναμη και γίνεται στην κατεύθυνση της ευθείας γραμμής στην οποία αυτή η δύναμη επιβάλλεται.»

Νεύτων F ανάλογη με $\Delta(mv)$

Σήμερα F ανάλογο με $\Delta(mv)/t$ ή $F = \Delta(mv)/t$ (με ρύθμιση των μονάδων)

Εφ' όσον $m = \text{σταθ.}$ τότε $F = m\Delta v/t$ δηλαδή

$F = m \cdot a$ θεμελιώδης εξίσωση της δυναμικής
«δύναμη = μάζα επί επιτάχυνση»

$$F_{o\lambda} = m \cdot a \quad \rightarrow \quad a = F_{o\lambda} / m$$

$$\text{αν } F_{o\lambda} = \text{σταθερό} \quad \rightarrow \quad a = \text{σταθερό}$$

$$\text{αν } a = \text{σταθερό} \quad \rightarrow \quad F_{o\lambda} = \text{σταθερό}$$

$$a = F_{o\lambda} / m$$

a ανάλογο με $F_{o\lambda}$

a αντιστρόφως ανάλογο με m

Αιτιολόγηση του 2^{ου} νόμου

Πτώση των σωμάτων

- Τα σώματα πέφτουν με σταθερή επιτάχυνση
- Η δύναμη είναι $F = B = \text{σταθερή}$

Συμπέρασμα: Σταθερή δύναμη προκαλεί σταθερή επιτάχυνση
Η δύναμη μεταβάλλει την κίνηση

Χαρακτηριστικά της δύναμης

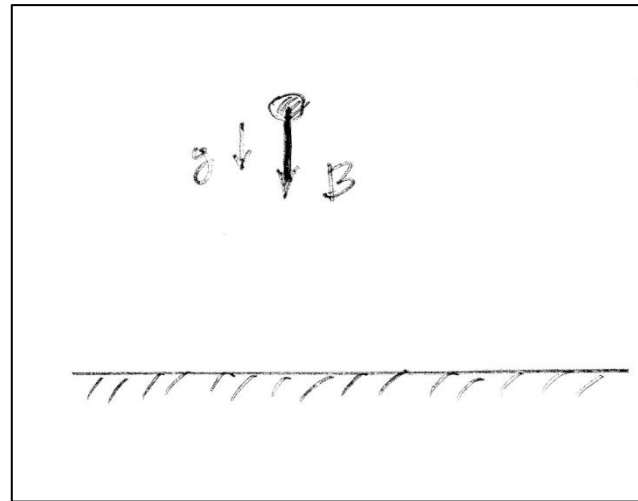
- i. Είναι εξωτερική δράση στο σώμα – ασκείται από ένα άλλο σώμα.
- ii. Δεν παραμένει στο σώμα μετά τη δράση.
- iii. Δε χρειάζεται δύναμη για να συντηρηθεί η κίνηση.
- iv. Μεταβάλλει την κίνηση.
- v. Είναι ανάλογη με τη μεταβολή της κίνησης Δmv .
(για την ακρίβεια, είναι ανάλογη με το ρυθμό μεταβολής της κίνησης $\Delta mv/t$)
- vi. Έχει κατεύθυνση. Είναι διανυσματικό μέγεθος.
- vii. Είναι το μισό μιας αλληλεπίδρασης.
- viii. Παραμορφώνει τα σώματα.

Ελεύθερη πτώση σώματος

Το βάρος δεν είναι εσωτερική ιδιότητα του σώματος.
Το βάρος είναι η δύναμη που ασκεί η Γη στο σώμα.

Με την επίδραση του βάρους B το σώμα αποκτά
επιτάχυνση g .

$$2^{\text{ος}} \text{ νόμος} \rightarrow B = mg$$



Μάζα σώματος

Μάζα σώματος = ποσό της ύλης που περιέχει το σώμα
μέτρο της αδράνειας

Αδράνεια: δυσκολία να μεταβληθεί η κίνηση.

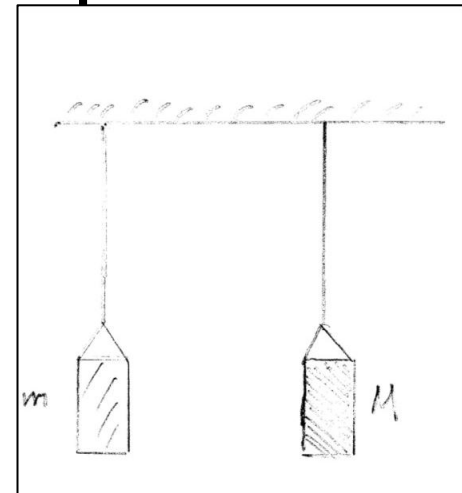
- Αν κινούνται συνεχίζουν να κινούνται με σταθερή ταχύτητα.
- Αν είναι ακίνητα συνεχίζουν να είναι ακίνητα.

Η μάζα καθορίζει τη δυσκολία να μεταβληθεί η κίνηση

Πείραμα: το γεμάτο με νερό μπουκάλι (μάζα M) μπαίνει σε κίνηση πιο δύσκολα από το άδειο μπουκάλι (μάζα m)

Γιατί το τραίνο έχει προτεραιότητα;

Η μάζα σώματος είναι σταθερή – δε αλλάζει από τόπο σε τόπο



Η μάζα ενός σώματος προσδιορίζει τη δύναμη βαρύτητας που δέχεται

Η μάζα ενός πλανήτη ή δορυφόρου προσδιορίζει την ένταση της βαρύτητας που προκαλεί

Η μάζα ενός σώματος δεν μεταβάλλεται από τόπο σε τόπο (και από πλανήτη σε πλανήτη)

Το βάρος του μεταβάλλεται

Το βάρος είναι ανάλογο με τη μάζα (αλλά εξαρτάται και από την ένταση της βαρύτητας)

Εμπειρία: πολύ υλικό → βαρύτερο σώμα

Βάρος σώματος

Βάρος = Έλξη της Γης (ή πλανήτη ή δορυφόρου)

Ανάλογο με τη **μάζα του σώματος**

Ανάλογο με τη **μάζα του πλανήτη**

Εξαρτάται από την **απόσταση από το κέντρο του πλανήτη**

Βάρος σώματος

Π.χ. κοπέλα με $m = 60\text{kg}$

Γη: βάρος $B_{\Gamma} = 600\text{N}$

Σελήνη: βάρος $B_{\Sigma} = 100\text{N}$, μάζα $m_{\Sigma} =$;

Γιατί ο αστροναύτης στο παρακάτω καρτούν έχει πρόβλημα;



Γιατί τα σώματα πέφτουν με την ίδια επιτάχυνση;

Το βάρος είναι ανάλογο με τη μάζα ($B = km$, όπου k σταθερά)

Όσο πιο μεγάλο το βάρος του σώματος (δύναμη) τόσο μεγαλύτερη και η μάζα του (αδράνεια).

Επομένως η επιτάχυνση δεν αλλάζει.

Με άλγεβρα

$$F = ma \rightarrow B = mg \rightarrow g = B/m = km/m = k$$

Επομένως η επιτάχυνση είναι σταθερή – η ίδια για όλα τα σώματα

Συνέπεια: μπορούμε να μετράμε τη μάζα με τη ζυγαριά

Μονάδα μάζας 1kg