

# **ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΜΑΖΑΣ ΚΑΙ ΟΡΜΗΣ**

**Νίκος Κανδεράκης**

# ΑΡΧΕΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ

## Διατήρηση της μάζας

Τρεις εξελίξεις οδηγούν στη διατήρηση της μάζας

i. Η ιδέα του απομονωμένου ή κλειστού συστήματος

Γαλιλαίος, Newton: εξετάζουν όχι ολόκληρο το σύμπαν  
αλλά μόνο ένα απομονωμένο τμήμα του

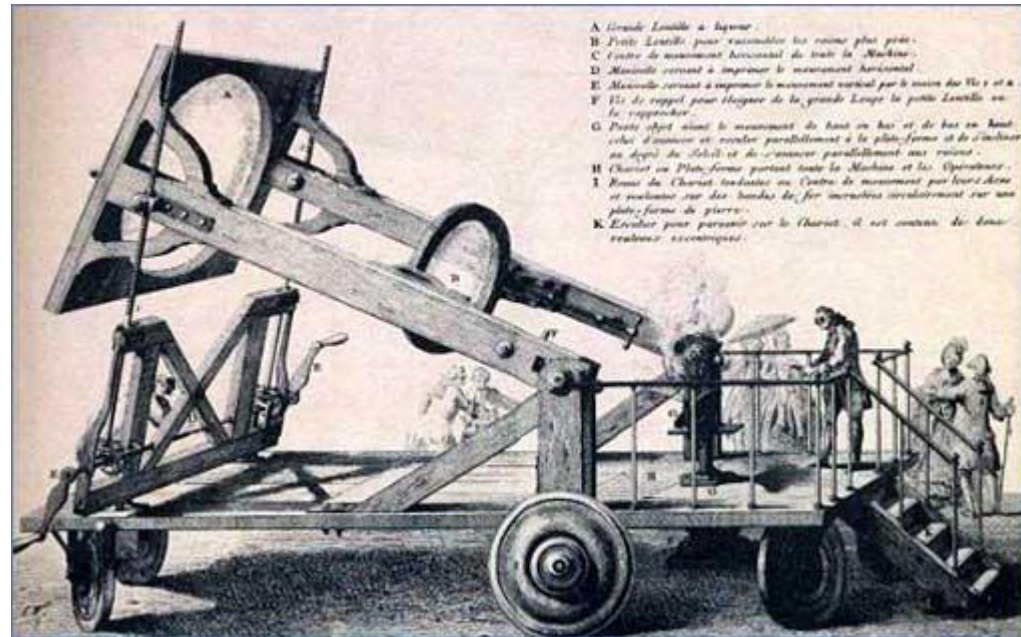
ii. Η μέτρηση της «ποσότητας της ύλης» – μάζας

Newton:  $\text{μάζα} = \text{όγκος επί πυκνότητα}$

Αναλογία μάζας με βάρος  $\rightarrow$  ζυγαριά

### iii. Χημικές αντιδράσεις σε κλειστά δοχεία

## A. Lavoisier: Traité Élémentaire de Chimie 1789



## **Αρχή διατήρησης της μάζας**

**Σε ένα κλειστό σύστημα σωμάτων, η συνολική μάζα του συστήματος παραμένει σταθερή.**

# Διατήρηση της ορμής

## Descartes: Αρχές της φιλοσοφίας 1644

«Ο θεός είναι η πρωτεύουσα αιτία της κίνησης· και την αυτή πάντα ποσότητα κίνησης διατηρεί στο σύμπαν.»

«Σε τι συνίσταται η δύναμη κάθε σώματος να ενεργεί και να αντιστέκεται;

... Πρέπει να αποτιμήσουμε αυτή τη δύναμη από το μέγεθος του σώματος στο οποίο ανήκει, και το μέγεθος της επιφάνειας που το ξεχωρίζει από τα άλλα σώματα· κι επίσης, από την ταχύτητα της κίνησης...»

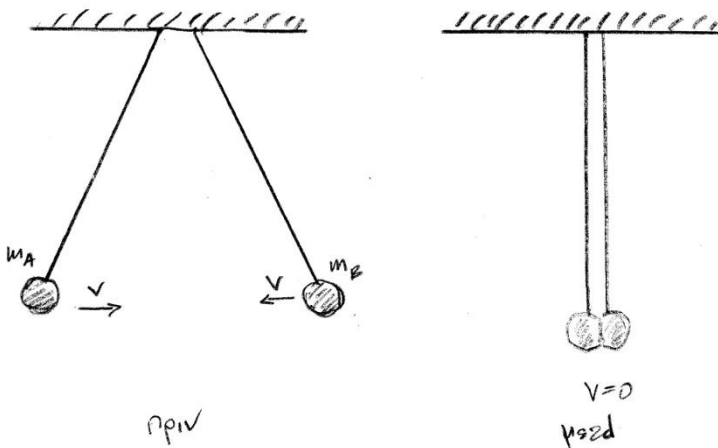
## Καρτεσιανοί

**«δύναμη κινούμενων σωμάτων»** = ποσότητα κίνησης =  
«μέγεθος του σώματος» επί ταχύτητα ( $m \cdot v$ )

**Αρχή διατήρησης:** η συνολική ποσότητα κίνησης στο σύμπαν διατηρείται σταθερή

# Πρόβλημα στις μετωπικές συγκρούσεις

Π.χ. πλαστική μετωπική σύγκρουση με ίσες μάζες και ίσου μέτρου ταχύτητες



**Πριν:** Συνολική ποσότητα κίνησης =  $m_A \cdot v + m_B \cdot v$

**Μετά:** Συνολική ποσότητα κίνησης = 0 ( $m_A = m_B$ )

Η αρχική ποσότητα κίνησης χάθηκε;

# Λύση στο πρόβλημα της διατήρησης της ποσότητας κίνησης

1669 Philosophical Transactions - τρεις ανακοινώσεις

- Christian Huygens
- Christopher Wren
- John Wallis

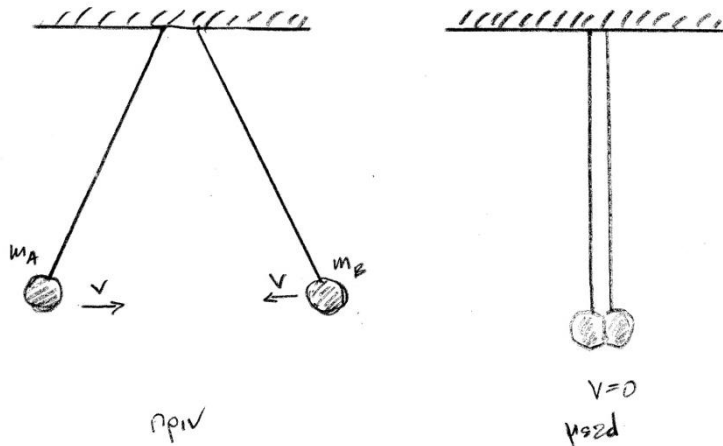
Η ποσότητα κίνησης έχει κατεύθυνση – διανυσματικό μέγεθος

momentum – ορμή

$$\vec{p} = m\vec{v}$$



# Μετωπική πλαστική κρούση με ίσες μάζες και ίσου μέτρου ταχύτητες



**Πριν**

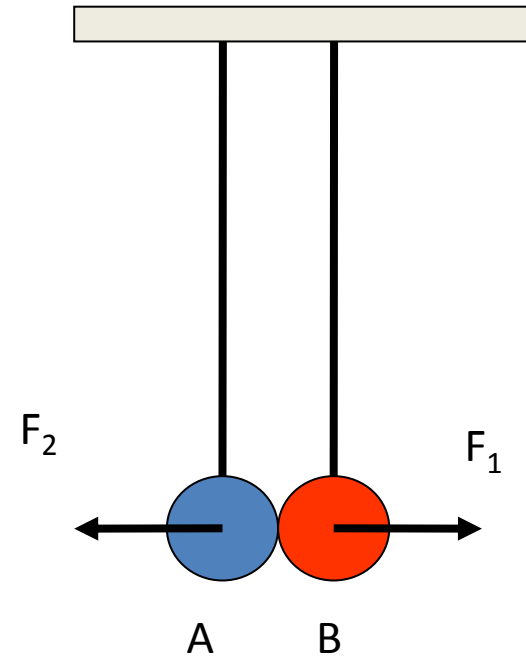
$$p_{\text{πριν}} = m_A \cdot v - m_B \cdot v = 0$$

$$m_A = m_B$$

**Μετά**

$$p_{\text{μετά}} = 0$$

## Ελαστική κρούση

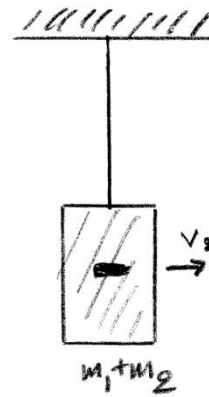
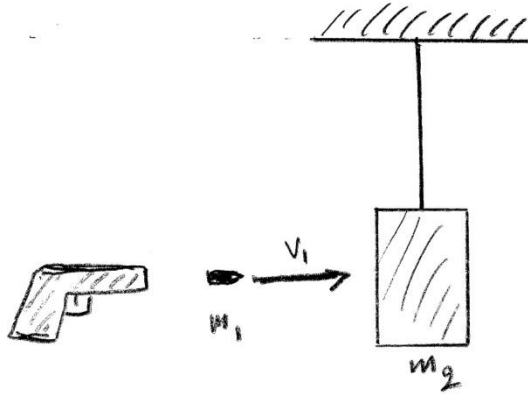


**Πριν**  $\rho_{\text{ολ. πριν}} = m_1 \cdot v_1 + 0 = m_1 \cdot v_1$

**Μετά**  $\rho_{\text{ολ. μετά}} = 0 + m_2 \cdot v_2 = m_2 \cdot v_2$

$\rho_{\text{ολ. πριν}} = \rho_{\text{ολ. μετά}} \rightarrow m_1 \cdot v_1 = m_2 \cdot v_2$  , αλλά  $m_1 = m_2 \rightarrow v_1 = v_2$

# Πλαστική κρούση



$$p_{\text{ολ. πριν}} = m_1 \cdot v_1 + 0$$

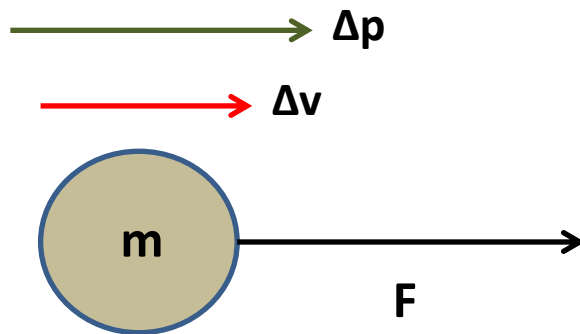
$$p_{\text{ολ. μετά}} = (m_1 + m_2) \cdot v_2$$

$$p_{\text{ολ. πριν}} = p_{\text{ολ. μετά}} \quad \rightarrow$$

$$m_1 \cdot v_1 = (m_1 + m_2) \cdot v_2$$

# Δύναμη και μεταβολή της ορμής

Δύναμη ασκείται σε σώμα



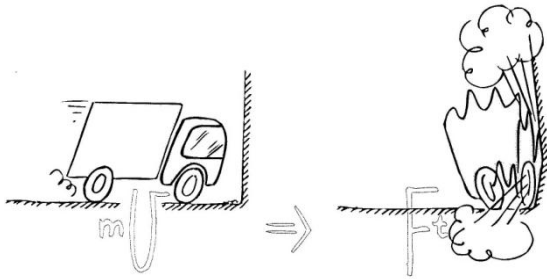
2<sup>ος</sup> νόμος του Νεύτωνα:  $F = m \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow F = \frac{m \Delta v}{\Delta t} \Rightarrow F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$

→  $\Delta p = F \cdot \Delta t$

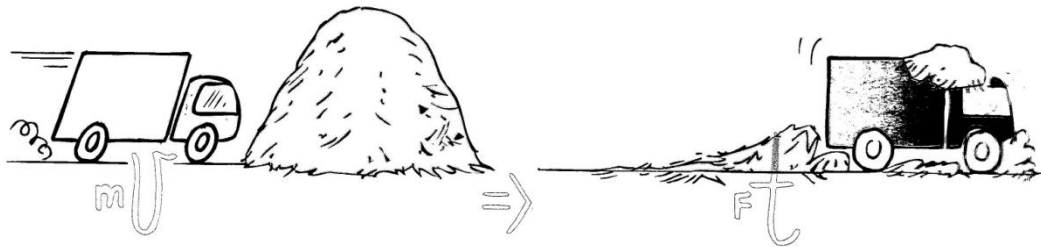
# Δύναμη και μεταβολή της ορμής

## Στις κρούσεις

Όσο πιο μικρό το  $\Delta t$ , τόσο πιο μεγάλη η κρουστική δύναμη



Σκληρά σώματα:  $\Delta t$  πολύ μικρό  $\rightarrow$  κρουστική δύναμη  $F$  πολύ μεγάλη



Μαλακά σώματα:  $\Delta t$  μεγάλο  $\rightarrow$  κρουστική δύναμη  $F$  μικρή

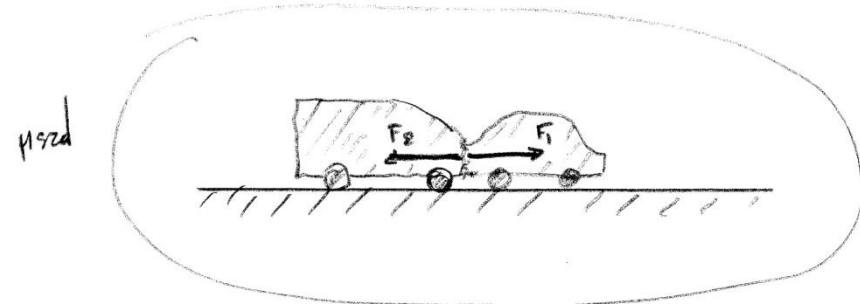
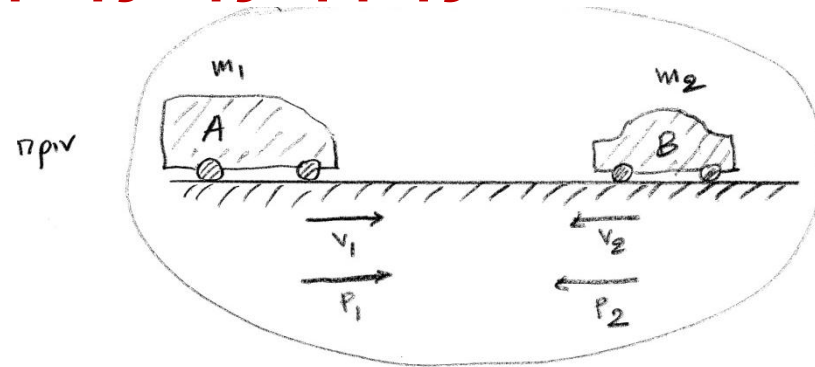
## **Σύστημα σωμάτων**

- **Εσωτερικές δυνάμεις**
- **Εξωτερικές δυνάμεις**

**π.χ. αυτοκίνητο - επιβάτες**

# Αιτιολόγηση της διατήρησης της ορμής

## Παράδειγμα



Το τσαλάκωμα διαρκεί  $\Delta t$

Αυτοκίνητο A:  $\Delta p_1 = F_2 \cdot \Delta t$

Αυτοκίνητο B:  $\Delta p_2 = F_1 \cdot \Delta t$

$F_2 = F_1$  εσωτερικές δυνάμεις (δράση – αντίδραση)

Επομένως  $\Delta p_1 = \Delta p_2$

Όση ορμή χάνει το ένα, τόση κερδίζει το άλλο.

**Η συνολική ορμή του συστήματος παραμένει σταθερή.**

## Αρχή διατήρησης της ορμής

Γενικά: Οι εσωτερικές δυνάμεις του συστήματος είναι ανά δύο αντίθετες (δράση – αντίδραση) και προκαλούν αντίθετες μεταβολές ορμής στα σώματα του συστήματος.

Επομένως, για το σύστημα ως σύνολο, η συνολική ορμή παραμένει σταθερή.

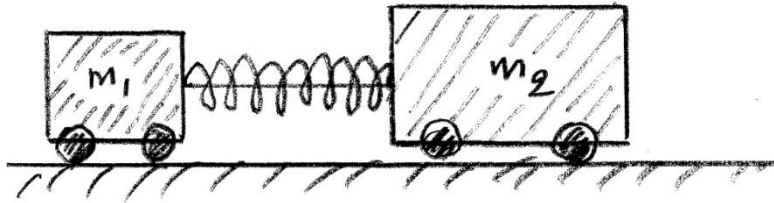
**Αναλογία:** Η Μαρία χαρίζει στην Ελένη 1000 ευρώ.  
Αυξήθηκε το εθνικό εισόδημα;

## Αρχή διατήρησης της ορμής

Αν δεν υπάρχουν εξωτερικές δυνάμεις (ή έχουν άθροισμα μηδέν), η συνολική ορμή του συστήματος διατηρείται σταθερή.



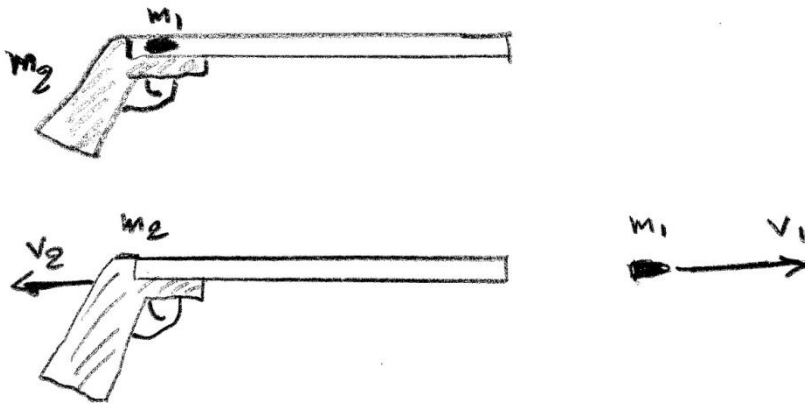
# Ανάκρουση



Τριβές ασήμαντες

$$p_{\text{ολ. πριν}} = p_{\text{ολ. μετά}} \rightarrow m_1 \cdot v_1 - m_2 \cdot v_2 = 0 \rightarrow m_1 \cdot v_1 = m_2 \cdot v_2$$

## Ανάκρουση όπλου

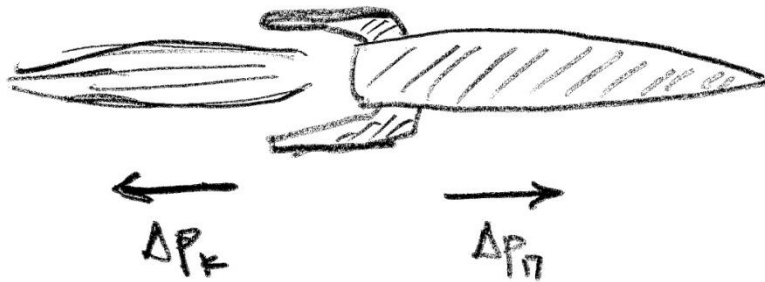


$$p_{\text{αρχ.}} = m_1 \cdot 0 + m_2 \cdot 0 = 0$$

$$p_{\text{τελ.}} = m_1 \cdot v_1 - m_2 \cdot v_2$$

$$p_{\text{τελ.}} = p_{\text{τελ.}} \rightarrow m_1 \cdot v_1 - m_2 \cdot v_2 = 0 \rightarrow m_1 \cdot v_1 = m_2 \cdot v_2$$

# Κίνηση πυραύλου



$$\Delta p_{\text{πυραύλου}} = \Delta p_{\text{καυσίμων}}$$

**Η ορμή και επομένως η ταχύτητα του πυραύλου αυξάνονται**