

## Η έννοια της ορμής

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} \quad (1)$$



Η ορμή  $\vec{P}$  σώματος είναι ένα διανυσματικό μέγεθος και ορίζεται από τη σχέση (1).

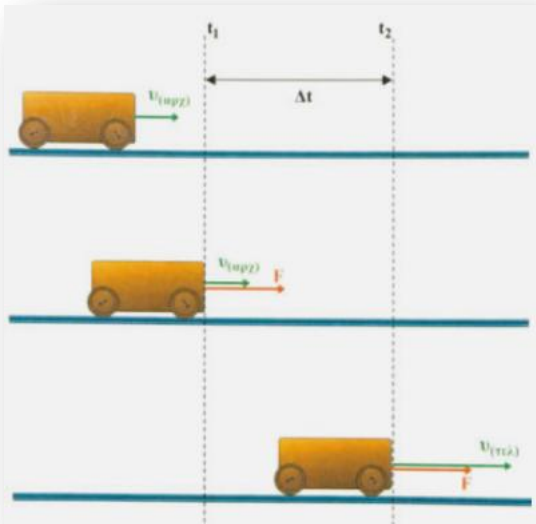
Είναι **ΠΑΝΤΑ** ομόρροπο διάνυσμα, με εκείνο της ταχύτητας.

Έχει μονάδα μέτρησης στο S.I. το  $1 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{sec}}$

Ως μέγεθος, γεννήθηκε από την μελέτη του φαινομένου της κρούσης. Η εν λόγω μελέτη έδειξε ότι το αποτέλεσμα της κρούσης επηρεάζεται τόσο από τη μάζα, όσο και από την ταχύτητα των συγκρουόμενων σωμάτων.

Το μέγεθος ορμή, μας έδωσε τη δυνατότητα να εκφράσουμε μια θεμελιώδη συμπαντική αρχή, την Αρχή Διατήρησης της Ορμής (Α.Δ.Ο.).

## Η δύναμη και η μεταβολή της ορμής



Σώμα κινείται σε οριζόντιο λείο επίπεδο με ταχύτητα  $u_{αρχ}$ . Την στιγμή  $t_1$  δέχεται δύναμη  $F$  σταθερή και ομόρροπη με την αρχική ταχύτητα. Αποκτά επιτάχυνση και αυξάνει το μέτρο της ταχύτητας σε  $u_{τελ}$ , την στιγμή  $t_2$ .

Θεμελιώδης νόμος της μηχανικής...

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \rightarrow \vec{F} = m \cdot \frac{\Delta \vec{u}}{\Delta t} \rightarrow \vec{F} = m \cdot \frac{\vec{u}_{τελ} - \vec{u}_{αρχ}}{\Delta t} \rightarrow \vec{F} = \frac{m \cdot \vec{u}_{τελ} - m \cdot \vec{u}_{αρχ}}{\Delta t} \rightarrow \vec{F} = \frac{\vec{P}_{τελ} - \vec{P}_{αρχ}}{\Delta t} \rightarrow \boxed{\vec{F} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}} \quad (2)$$

Ας δούμε τι μας λέει η σχέση (2)

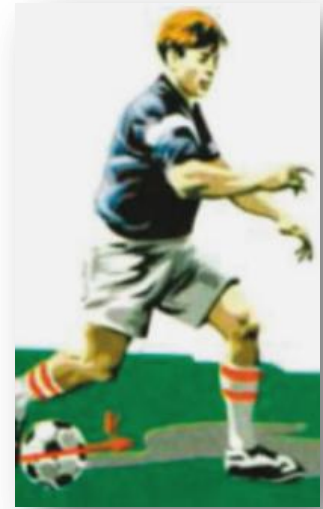
- Η σχέση (2) είναι μια νέα μορφή του θεμελιώδη νόμου της μηχανικής...
- Μας λέει ότι δεν μπορεί να υπάρξει μεταβολή στην ορμή ενός σώματος, αν σε αυτό δεν ασκηθεί δύναμη για κάποιο χρονικό διάστημα.
- Μας λέει ότι η δύναμη (ή η συνισταμένη δύναμη σε περίπτωση δράσης πολλών δυνάμεων) και η μεταβολή στην ορμή, είναι διανύσματα ομόρροπα.
- Αυτή η σχέση δίνει δυνατότητα να εξηγήσουμε εύκολα φαινόμενα της καθημερινότητας και να τα μελετήσουμε ποσοτικά...

Ας δούμε πόσο απλά ερμηνεύονται ποιοτικά ορισμένα φαινόμενα, με τη χρήση της σχέσης (2).

► Ο ποδοσφαιριστής τρέχει. Το πόδι του, έρχεται σε επαφή με το έδαφος με μια ταχύτητα, η οποία μηδενίζεται όταν πατήσει στο έδαφος. Άρα το πόδι του αλλάζει ορμή κι επομένως θα δεχτεί δύναμη λέει η σχέση (2).

Πώς όμως θα μειώσουμε αυτή τη δύναμη, ώστε στον αθλητή να μη καταπονούνται οι αρθρώσεις ;

Θα αυξήσουμε τον παρονομαστή  $\Delta t$  ! και αυτό το κάνουμε όταν οι αγώνες γίνονται σε γήπεδα με χλοοτάπητα και ο αθλητής φοράει παπούτσια με τάπες. Ο μαλακός χλοοτάπητας και η βύθιση που κάνουν η τάπες μέσα σε αυτόν, αυξάνουν τον χρόνο, που χρειάζεται ορμή να μηδενιστεί και έτσι η δύναμη στο πόδι μειώνεται.



► Αυτός είναι ο λόγος που οι αθλητές μπάσκετ παίζουν σε ξύλινα γήπεδα φορώντας παπούτσια με αντικραδασμική δομή.

► Αυτός είναι ο λόγος που τα άλογα που σέρνουν άμαξες στη παραλία της Θεσσαλονίκης, φορούν πέταλα λάστιχου και όχι μεταλλικά.

► Αυτός είναι ο λόγος που τα ποδήλατά σας έχουν λάστιχα με σαμπρέλα γεμάτη αέρα και όχι πλαστικό τροχό.

► Αυτός είναι ο λόγος όταν παίζουμε βόλεϊ, η μπάλα να μη είναι πολύ φουσκωμένη, γιατί θέλουμε να βουλιάζει λίγο όταν έρχεται σε επαφή με τα χέρια μας, αφού έτσι αυξάνεται ο χρόνος επαφής και μειώνεται η δύναμη που δέχεται η μπάλα και αυτή η δύναμη είναι αντίθετη αυτής που δεχόμαστε εμείς από την μπάλα.

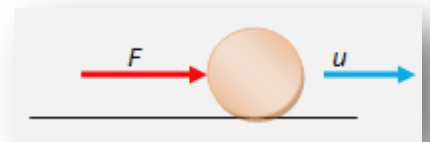
► Αυτός είναι ο λόγος που οι μποξέρ φορούν παχιά γάντια.

► Αυτός είναι ο λόγος που κανείς μας δεν κλωτσάει μια μεγάλη πέτρα!

**Εφαρμογή :** Ένας ποδοσφαιριστής δίνει μία “δυνατή κλωτσιά” και η μπάλα αποκτά ταχύτητα 23m/s. Από μετρήσεις βρέθηκε ότι στις δυνατές κλωτσιές η επαφή της μπάλας με το παπούτσι του ποδοσφαιριστή διαρκεί 0,008s. Η μάζα της μπάλας, σύμφωνα με τους κανονισμούς είναι 0,425kg. Μπορούμε χρησιμοποιώντας τη σχέση (2) να υπολογίσουμε τη δύναμη.

$$\vec{F} = \frac{m \cdot \vec{u}_{\text{τελ}} - m \cdot \vec{u}_{\text{αρχ}}}{\Delta t} \rightarrow \vec{F} = \frac{m \cdot \vec{u}_{\text{τελ}}}{\Delta t} \quad (*) \rightarrow \text{θετική φορά δεξιά} \rightarrow$$

$$F = \frac{m \cdot u}{\Delta t} \rightarrow F = \frac{0,425 \cdot 23}{0,008} = 1381,25 \text{ N}$$



Για να εκτιμήσουμε το πόσο μεγάλη είναι αυτή η δύναμη μπορούμε να τη

συγκρίνουμε με το βάρος του ποδοσφαιριστή. Αν δεχτούμε ότι η μάζα του ποδοσφαιριστή είναι 70kg, το βάρος του είναι  $70 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 700 \text{ N}$ .

(\*) Η σχέση  $\vec{F} = \frac{m \cdot \vec{u}_{\text{τελ}}}{\Delta t}$  μαθηματικά λέει ότι τα διανύσματα  $\vec{F}$  και  $\vec{u}_{\text{τελ}}$ , είναι ομόρροπα.

**Ερώτημα I :** Ένας μαθητής ισχυρίζεται ότι, αν ένα σώμα το οποίο κινείται με ταχύτητα  $u$ , είναι εκτός του πεδίου βαρύτητας, δεν μπορεί να έχει ορμή.

Εφόσον σε σώμα αναγνωρίσουμε ταχύτητα, θα υπάρχει σε κάθε περίπτωση ορμή. Η μάζα του σώματος  $m$ , είναι μια σταθερή οντότητα, ανεξάρτητη από τη θέση του σώματος στο χώρο. (κοντά στη Γη, πάνω στη Γη, μακριά από τη Γη, στη Σελήνη, οπουδήποτε...)

**Ερώτημα II :** Μερικοί μαθητές θεωρούν την ορμή ενός σώματος παρόμοια έννοια με τη δύναμη που “έχει” το σώμα ή τη δύναμη που ασκείται στο σώμα.

Πρώτα-πρώτα: Το σώμα δέχεται ή ασκεί δύναμη και **δεν «έχει»** δύναμη. **Έχει όμως ορμή**, αν κινείται!

...και κατά δεύτερο λόγο, η σχέση  $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$  λέει ότι η δύναμη ισούται με τον ρυθμό μεταβολής της ορμής, δηλαδή με μια μαθηματική οντότητα που περιέχει μεταβολή και χρόνο.

Να αντιστρέψω το ερώτημα. Η σχέση  $\vec{a} = \Delta u / \Delta t$  μας λέει ότι η ταχύτητα και η επιτάχυνση είναι παρόμοιες έννοιες;

**Ερώτημα III :** Γιατί μας τραυματίζει μία σφαίρα και όχι η μπάλα ποδοσφαίρου αν και έχουν περίπου ίσες ορμές;

Η σφαίρα συναντά μια **μικρή** περιοχή επιφάνειας, εμβαδού  $A$ . Υποχρεώνεται να αλλάξει ορμή και αυτό σημαίνει ότι δέχεται δύναμη σύμφωνα με τη σχέση  $\vec{F} = \frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t}$ .

Αφού δέχεται δύναμη, προφανώς ασκεί αντίθετη δύναμη στην επιφάνεια  $A$ , σύμφωνα με τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα.

Δύναμη όταν ασκείται σε μικρή επιφάνεια, υποχρεώνει το μέγεθος πίεση  $P = \frac{F}{A}$  να πάρει μεγάλες τιμές!

Μεγάλη τιμή πίεσης σημαίνει καταπόνηση της επιφάνειας, που μπορεί να φτάσει μέχρι την κατάρρευση της. (βυθιζόμαστε στο χιόνι χωρίς χιονοπέδιλα, δεν περπατάς στην άμμο φορώντας τακούνι, θέλεις το καρφί να είναι αιχμηρό για να εισέλθει στο ξύλο, η καμήλα δεν έχει τυχαία φαρδιά πέλματα, ...)

Η μπάλα ποδοσφαίρου έρχεται σε επαφή με μεγαλύτερη επιφάνεια και επιπλέον έχει μια ελαστικότητα που αυξάνει τον χρόνο επαφής  $\Delta t$ , με αποτέλεσμα η δύναμη να είναι μικρότερη.

Θα έλεγα συμπερασματικά, ότι μας τραυματίζει η σφαίρα λόγω μεγάλης πίεσης...