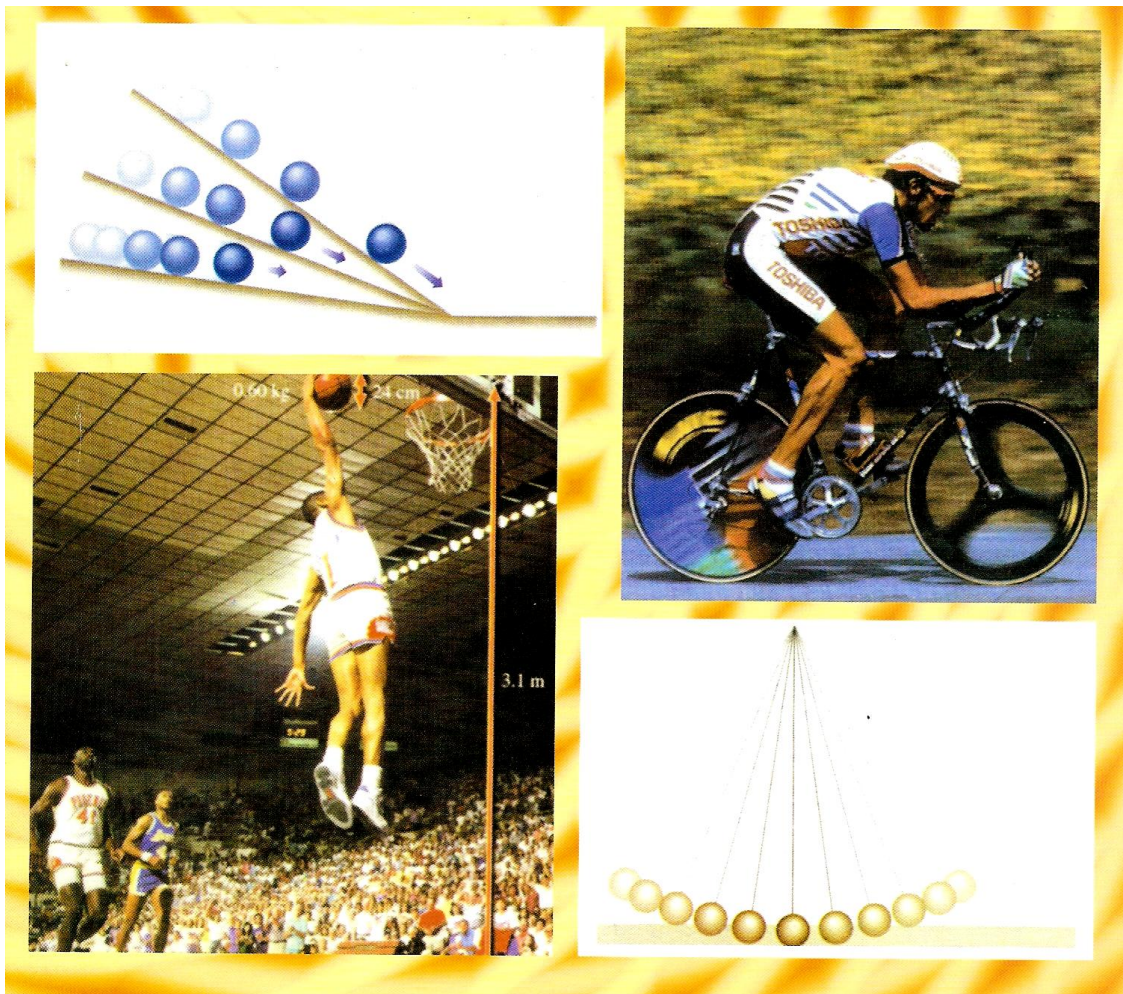


ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ



ΦΥΣΙΚΗ

ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ Α΄ ΤΑΞΗΣ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

Τόμος 5ος

ΦΥΣΙΚΗ

ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ
Α΄ ΤΑΞΗΣ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

5ος τόμος

ΥΠΕΥΘ. ΤΗΣ ΣΥΓΓΡΑΦ. ΟΜΑΔΑΣ

**Παναγιώτης Β. Κόκκοτας, Καθηγ.
της Διδακτικής των Φυσικών
Επιστημών του Παν/μίου Αθηνών.**

ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

**Ιωάννης Α. Βλάχος, Διδάκτορας,
Σχολ. Σύμβουλος του κλάδου ΠΕ4.**

**Ιωάννης Γ. Γραμματικάκης,
Επίκουρος Καθηγητής Φυσικής στο
Πανεπιστήμιο Αθηνών.**

**Βασίλης Α. Καραπαναγιώτης,
Φυσικός, Καθηγητής Πειραματικού
Σχολείου Πανεπιστημίου Αθηνών.**

**Παναγιώτης Β. Κόκκοτας, Καθηγ.
της Διδακτικής των Φυσικών
Επιστημών του Παν/μίου Αθηνών.**

**Περικλής Εμ. Περιστερόπουλος,
Φυσικός, Υποψήφιος Διδάκτορας,
Καθηγητής στο 3ο Λύκειο Βύρωνα.**

**Γιώργος Β. Τιμοθέου, Φυσικός,
Λυκειάρχης στο 2ο Λύκειο
Αγ. Παρασκευής.**

Οι συγγραφείς ευχαριστούν τον Ιωάννη Βαγιωνάκη, Φυσικό, για τη συμβολή του στη συγγραφή ασκήσεων και ερωτήσεων, για τις παρατηρήσεις και υποδείξεις του, καθώς και για τη βοήθειά του στην επιμέλεια έκδοσης.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΡΙΣΗΣ

Φλυτζάνης Νικ. (Πρόεδρος), *Καθηγ. Τμ. Φυσικής του Παν/μίου Κρήτης.*

Καλοψικάκης Εμμανουήλ,

Φυσικός, τ. Σχολικός Σύμβουλος.

Ξενάκης Χρήστος, Δρ. Φυσικός,

Σχολικός Σύμβουλος Φθιώτιδος.

Πάλλας Δήμος, Φυσικός,

Υποδιευθυντής 1ου Λυκείου Λαμίας.

Στεφανίδης Κωνσταντίνος, Δρ.

Φυσικός, Σχ. Σύμβουλος Πειραιά.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους Καθηγητές της Φυσικής που μας

βοήθησαν στο έργο μας:

- 1. Την Σωτηρία Θεοδωρίδου για τη συμβολή της στις Λύσεις των Ασκήσεων, στις Περιλήψεις, στο Ευρετήριο και στο Γλωσσάρι.**
- 2. Την Σοφία Ιωαννίδου για τη συμβολή της στη Λύση των ασκήσεων Α΄ και Β΄ Λυκείου.**
- 3. Τον Κώστα Ζαχαριάδη και την Ταρσώ Μπουγά για τις εύστοχες παρατηρήσεις τους στο βιβλίο της Γ΄ Λυκείου Γενικής Παιδείας.**
- 4. Την Γεωργία Αγγελοπούλου για τις Ασκήσεις που πρότεινε να συμπεριληφθούν στα βιβλία.**
- 5. Την Μαρία Σωτηράκου για τη συμβολή της στο Ευρετήριο.**

Οι συγγραφείς

**ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΓΙΑ
ΜΑΘΗΤΕΣ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΟΡΑΣΗ**

Ομάδα Εργασίας ΥΠΔΒΜΘ

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ
ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ**

**ΙΩΑΝΝΗΣ Α. ΒΛΑΧΟΣ
ΙΩΑΝΝΗΣ Γ. ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΑΚΗΣ
ΒΑΣΙΛΗΣ Α. ΚΑΡΑΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ
ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Β. ΚΟΚΚΟΤΑΣ
ΠΕΡΙΚΛΗΣ ΕΜ.
ΠΕΡΙΣΤΕΡΟΠΟΥΛΟΣ
ΓΙΩΡΓΟΣ Β. ΤΙΜΟΘΕΟΥ**

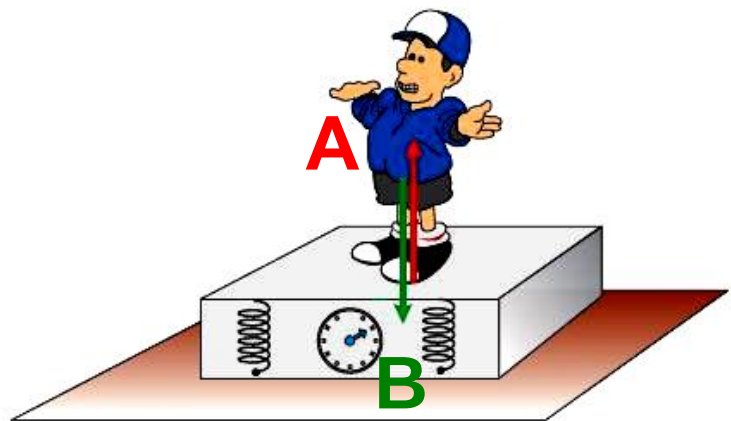
ΦΥΣΙΚΗ

**ΓΕΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ
Α΄ ΤΑΞΗΣ ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ**

5ος τόμος

1.4.5 Φαινομενική έλλειψη βάρους

Ένας άνθρωπος είναι πάνω σε ζυγό ελατηρίου, όμοιο με αυτόν, που συνήθως έχουμε στο μπάνιο του σπιτιού μας (Εικ. 1.4.11). Η ένδειξη του ζυγού είναι η δύναμη A που ασκείται από το ζυγό στον άνθρωπο, που στην προκειμένη περίπτωση είναι ίση με τη βαρυτική έλξη της Γης, δηλαδή το βάρος του ανθρώπου.

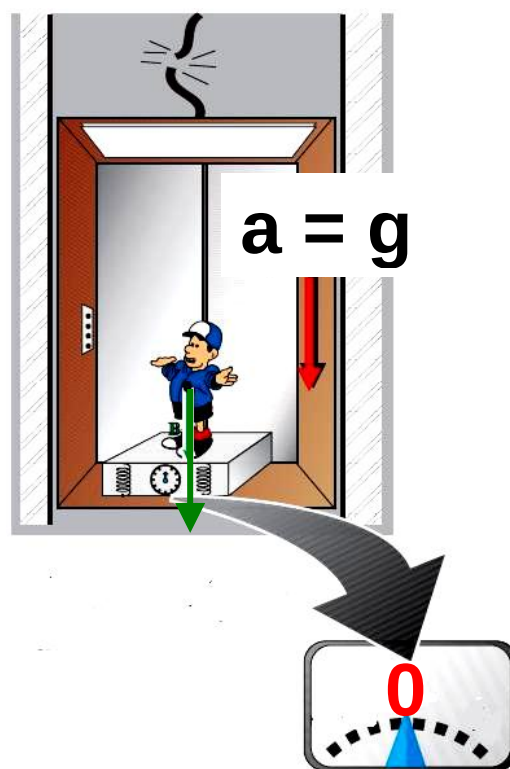


Εικόνα 1.4.11

Ποια θα ήταν η ένδειξη του ζυγού, αν το σύστημα βρισκόταν μέσα σε έναν ανελκυστήρα που επι-

ταχυνόταν προς τα κάτω; Ή ποια θα ήταν η ένδειξη, αν κόβονταν τα συρματοσχοίνα και ο ανελκυστήρας έπεφτε ελεύθερα; (Εικ. 1.4.12).

Εικόνα 1.4.12
Ο ανελκυστήρας με τον άνθρωπο εκτελούν ελεύθερη πτώση



Στην πρώτη περίπτωση, η δύναμη από το ζυγό θα ήταν μικρότερη, δηλαδή ο άνθρωπος θα είχε την εντύπωση πως το βάρος του είναι μικρότερο από το πραγματικό. Πόσοι άραγε από εμάς δεν είχαμε μία τέτοια εμπειρία όταν βρεθήκαμε μέ-

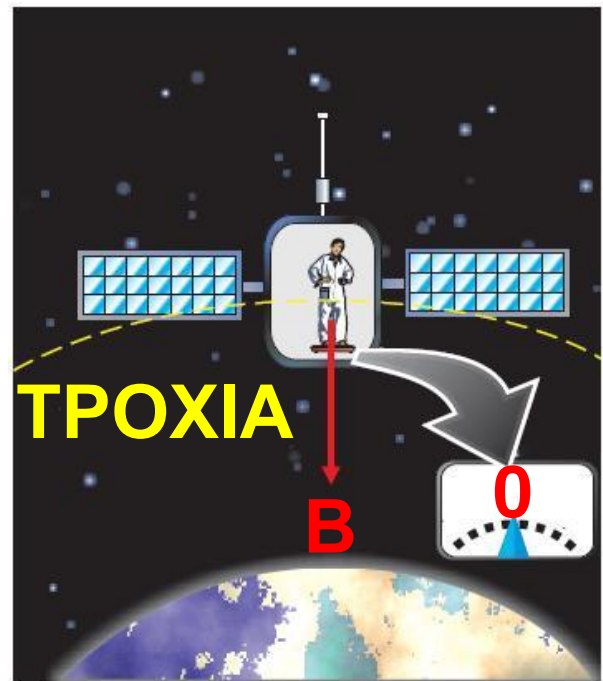
σα σε έναν ανελκυστήρα, που εκινείτο προς τους κάτω ορόφους ενός πολυόροφου κτιρίου επιταχυνόμενος; Επιβεβαίωση αυτής της δήλωσης μπορεί να προκύψει από το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα.

Πράγματι, αφού ο άνθρωπος επιταχύνεται προς τα κάτω με την επίδραση του βάρους του B και της δύναμης A από το ζυγό, πρέπει να ισχύει:

$B - A = ma$ ή $A = B - ma$,
δηλαδή η ένδειξη A του ζυγού είναι μικρότερη από το πραγματικό βάρος B του ανθρώπου.

Στη δεύτερη περίπτωση, ο άνθρωπος θα εκτελούσε ελεύθερη πτώση μαζί με τον ανελκυστήρα και έτσι τίποτα δε θα τον υποβάσταζε. Το ελατήριο του ζυγού κάτω από τα πόδια του ανθρώπου δε θα συμπιεζόταν, επειδή θα εκτελούσε και αυ-

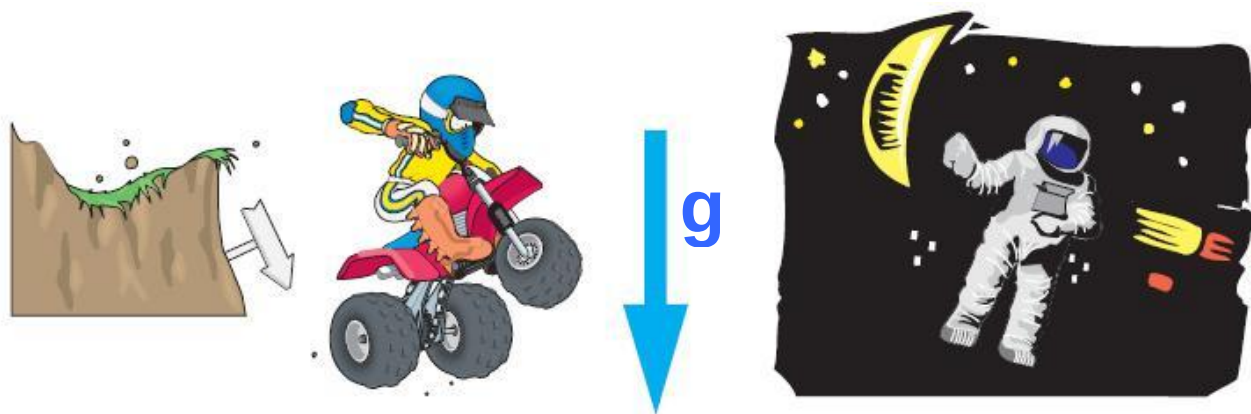
τός ελεύθερη πτώση. Έτσι ο ζυγός θα είχε μηδενική ένδειξη, δηλαδή ο άνθρωπος θα σχημάτιζε τη λανθασμένη εντύπωση πως μηδενίστηκε το βάρος του.



Εικόνα 1.4.13

Η κατάσταση αυτή περιγράφεται με τον όρο κατάσταση φαινομενικής έλλειψης βαρύτητας και τέτοια κατάσταση επικρατεί μέσα στους τεχνητούς δορυφόρους της Γης (Εικ. 1.4.13).

Ο αστροναύτης μέσα στο δορυφόρο αλλά και ο δορυφόρος, πέ-



Ο αστροναύτης πέφτει με την επιτάχυνση της βαρύτητας όπως και ο οδηγός της μοτοσυκλέτας. Με άλλα λόγια και οι δύο αισθάνονται "αβαρείς".

Στο διαστημόπλοιο που περιφέρεται γύρω από τη Γη, η βαρύτητα φαινομενικά είναι μηδέν. Σ' αυτές τις συνθήκες, είναι δυνατό να γίνουν επιδείξεις ισορροπίας, όπως αυτή που φαίνεται στην εικόνα.



Οι αστροναύτες εκπαιδεύονται σε συνθήκες μικρής βαρύτητας, προκειμένου να προσαρμοστούν σ' αυτές.



φτουν με την ίδια επιτάχυνση που είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας, στο ύψος περιφοράς (Εικ. 1.4.13). Έτσι ο αστροναύτης δε δέχεται καμία δύναμη από το δάπεδο, δηλαδή δεν τον υποβαστάζει τίποτα, με αποτέλεσμα να αισθάνεται χωρίς βάρος. Όποια αντικείμενα αφήσει από τα χέρια του, μένουν δίπλα του, αντίθετα με το ότι θα συνέβαινε, αν βρισκόταν στο έδαφος. Όλα τα όργανα του σώματός του λειτουργούν, ως να μην υπάρχουν βα-

**ρυτικές δυνάμεις, και αυτό δίνει την
αίσθηση της έλλειψης βάρους. Πά-
ντως, πρέπει να αντιληφθούμε ότι ο
αστροναύτης δεν είναι πραγματικά
αβαρής, αφού σε μια αληθινά χωρίς
βάρος περίπτωση, θα εκτελούσε
ευθύγραμμη και όχι κυκλική κίνηση.**

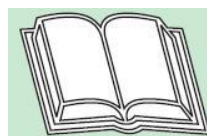
**Στο διαστημόπλοιο
που περιφέρεται
γύρω από τη Γη, τα
πράγματα δεν "πέ-
φτουν προς τα κά-
τω" αλλά αιωρούνται. Στην εικόνα,
φαίνεται μια ποσότητα νερού να αιω-
ρείται ως μια μεγάλη σταγόνα.**



**Οι συνθήκες φαινομενικής έλλει-
ψης βάρους, δημιουργούν προβλή-
ματα υγείας στους αστροναύτες,**

όταν παραμείνουν στις συνθήκες αυτές για παρατεταμένα χρονικά διαστήματα. Τα πόδια τους γίνονται νωθρά, αφού δεν έχουν να στηρίξουν το βάρος τους και έτσι οι μύες ατροφούν και τα οστά αδυνατίζουν. Τα προβλήματα αυτά, αλλά και άλλα, που είναι δυνατόν να εμφανιστούν, σήμερα αντιμετωπίζονται ικανοποιητικά.

Οι παλίρροιες



Αν έχετε μείνει για αρκετό διάστημα σε παραθαλάσσιο τόπο (ιδίως σε ανοιχτή θάλασσα) μπορεί να έχετε παρατηρήσει ότι η επιφάνεια της θάλασσας ανυψώνεται και κατεβαίνει δύο φορές στη διάρκεια ενός ημερονυκτίου. Η ανύψωση της στάθμης της θάλασσας ονομάζεται πλημμυρίδα και η πτώση της,

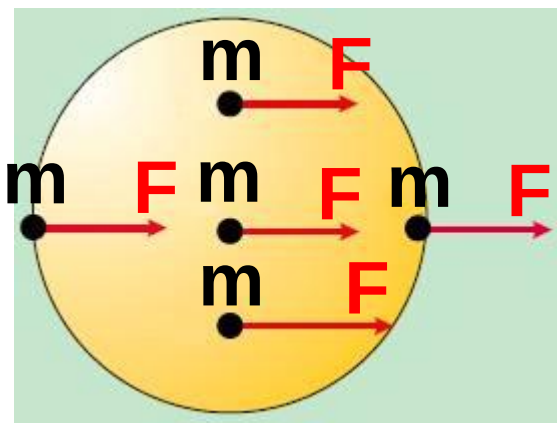
αμπώτιδα. Και οι δύο κινήσεις μαζί αποτελούν το φαινόμενο της παλίρροιας. Σε πολλούς τόπους, η διαφορά στη στάθμη της θάλασσας κατά την πλημμυρίδα και την άμπωτη δεν ξεπερνά τα 0,3m. Υπάρχουν όμως θέσεις στον κόσμο, όπου η διαφορά αυτή φτάνει μερικές φορές τα 12m.

Ο χρόνος μεταξύ μιας πλημμυρίδας και της αμπώτιδας που την ακολουθεί είναι κατά μέσο όρο 6 1/4 ώρες. Έτσι, σε κάθε ημερονύκτιο γίνονται συνήθως δύο πλημμυρίδες και δύο αμπώτιδες (με αντίστοιχες πλημμυρίδες και αμπώτιδες μισή ώρα αργότερα την επόμενη ημέρα). Η διαφορά στη στάθμη της θάλασσας μεταξύ μιας πλημμυρίδας και της αμπώτιδας που την ακολουθεί παρουσιάζει περιοδική μεταβολή κάθε δύο εβδομάδες: τη μία εβδο-

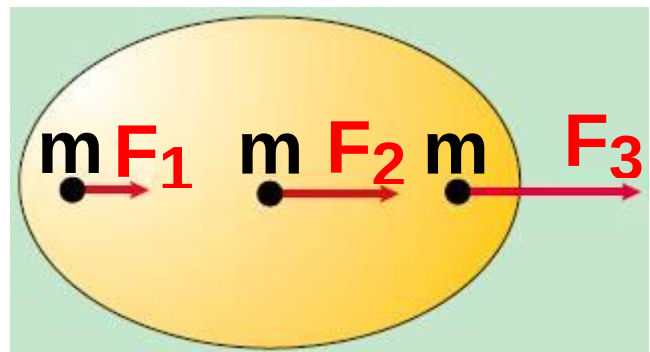
μάδα η διαφορά γίνεται μέγιστη (μέγιστη παλίρροια), μετά μία εβδομάδα γίνεται ελάχιστη (ελάχιστη παλίρροια), μία εβδομάδα αργότερα πάλι μέγιστη κ.ο.κ. Οι μεταβολές αυτές ανταποκρίνονται ακριβώς στις φάσεις της Σελήνης: οι μέγιστες παλίρροιες συμβαίνουν στις φάσεις της νέας Σελήνης και της πανσελήνου, ενώ οι ελάχιστες στο πρώτο και στο τρίτο τέταρτό της.

Η παλιρροιακή κίνηση λοιπόν σχετίζεται με τη Σελήνη. Αυτό το διαισθάνθηκαν οι άνθρωποι από την αρχαιότητα. Με πολύ απλό τρόπο φαντάζονταν, πως, όπως τόσα άλλα φυσικά φαινόμενα όπως το χιόνι, ο κεραυνός, η βροχή, έτσι και η παλίρροια θα έπρεπε να συνδεόταν άμεσα με τον ουρανό. Συγκεκριμένα, οι άνθρωποι διαισθάνονταν πως υπάρχει σχέση ανάμε-

σα στις παλίρροιες και τη Σελήνη, δεν μπορούσαν όμως να συγκροτήσουν μία συγκεκριμένη θεωρία. Πρώτος ο Νεύτωνας έδειξε πως οι παλίρροιες είναι αποτέλεσμα της διαφοράς στη βαρυτική έλξη που ασκεί η Σελήνη σε δύο εκ διαμέτρου αντίθετες περιοχές της Γης.



Εικόνα α



Εικόνα β

Για να κατανοήσουμε πώς αυτό οδηγεί στη δημιουργία των παλιρροιών, θα περιγράψουμε το εξής πείραμα: Έστω ότι έχουμε μία μεγάλη μπάλα από εύπλαστο υλικό. Αν τραβήξουμε προς την ίδια κα-

τεύθυνση, ίδιες ποσότητες m από τη μπάλα και με την ίδια δύναμη F , η μπάλα θα επιταχυνθεί, διατηρώντας όμως το εξωτερικό της σχήμα, εικόνα α.

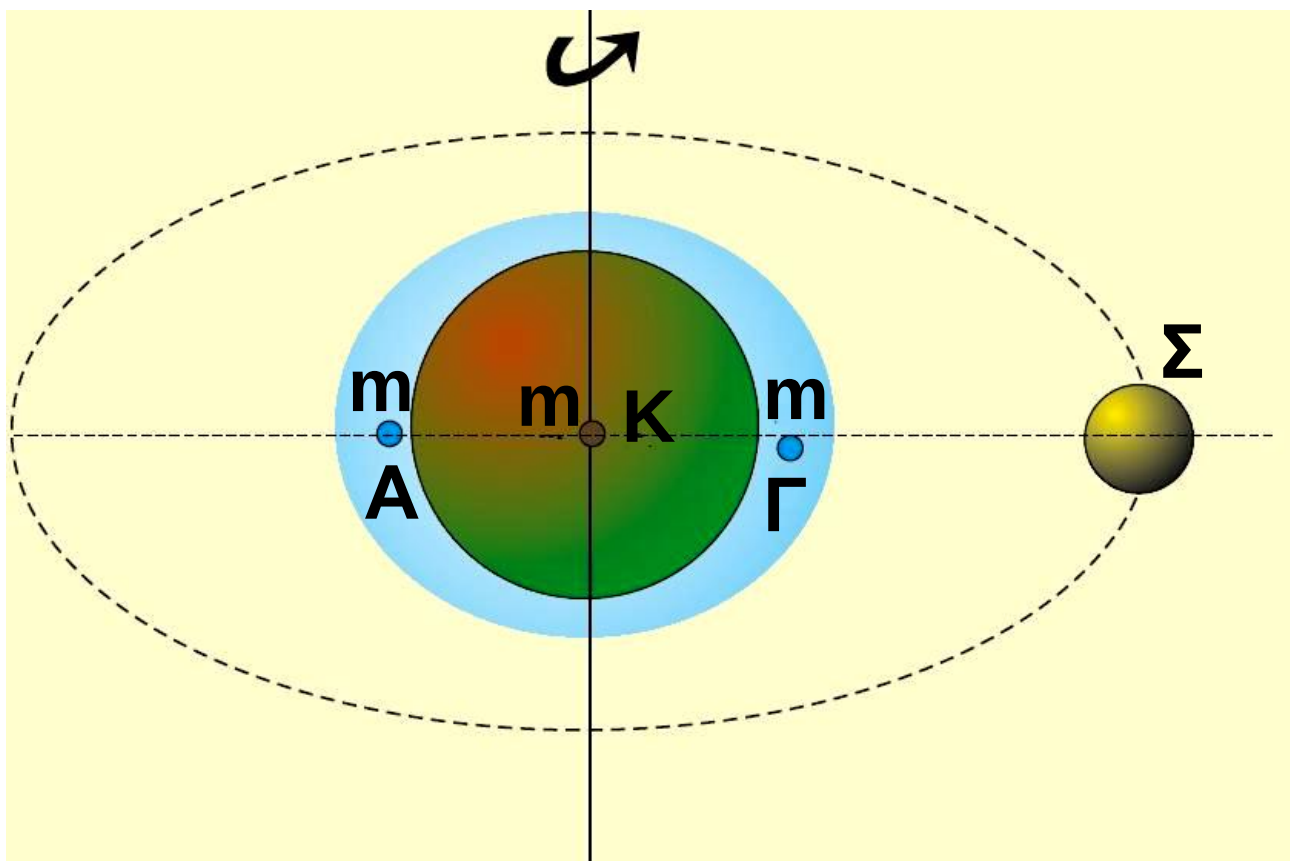
Τι θα συμβεί όμως, αν τις μάζες m τις τραβήξουμε προς την ίδια κατεύθυνση με δυνάμεις $F_3 > F_2 > F_1$, εικόνα β; Το αποτέλεσμα τώρα θα είναι, το εύπλαστο σώμα να χάσει το σφαιρικό του σχήμα, και να αποκτήσει σχήμα ελλειψοειδές. Με πολύ καλή προσέγγιση, έτσι περίπου συμβαίνουν τα πράγματα στη μεγάλη σφαίρα που ζούμε, δηλαδή στη Γη μας.

Θα απλοποιήσουμε την περιγραφή της δημιουργίας των παλιρροιών, κάνοντας κάποιες υποθέσεις που μας διευκολύνουν. Συγκεκριμένα, θεωρούμε, πως ο άξονας

περιστροφής της Γης είναι κάθετος στο επίπεδο της τροχιάς της γύρω από τον Ήλιο, και ότι πάνω στο επίπεδο αυτό βρίσκεται και η Σελήνη, η οποία διαγράφει κυκλική τροχιά γύρω από τη Γη. Επίσης, θεωρούμε ότι η Γη καλύπτεται εξ' ολοκλήρου από θάλασσα, που έχει παντού μεγάλο και ίδιο βάθος.

Μπορούμε να παρατηρήσουμε, πως η μάζα m που βρίσκεται στο σημείο Γ της θάλασσας, δέχεται έλξη από τη Σελήνη μεγαλύτερη από αυτήν που δέχεται ίδια μάζα m στο κέντρο K της Γης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός παλιρροιακού εξογκώματος στο νερό που βρίσκεται απέναντι από τη Σελήνη. Ένα δεύτερο παλιρροιακό εξογκωμα δημιουργείται στο νερό που βρίσκεται μακρύτερα από τη Σελήνη, αφού εκεί η βαρυτική έλ-

ξη σε μάζα m (σημείο A), είναι μικρότερη από την έλξη που δέχεται η μάζα m (σημείο K) (Εικ. γ). Η διαφορά των βαρυτικών έλξεων στα σημεία Γ και A ονομάζεται παλινδρομική δύναμη έλξης.



Εικόνα γ

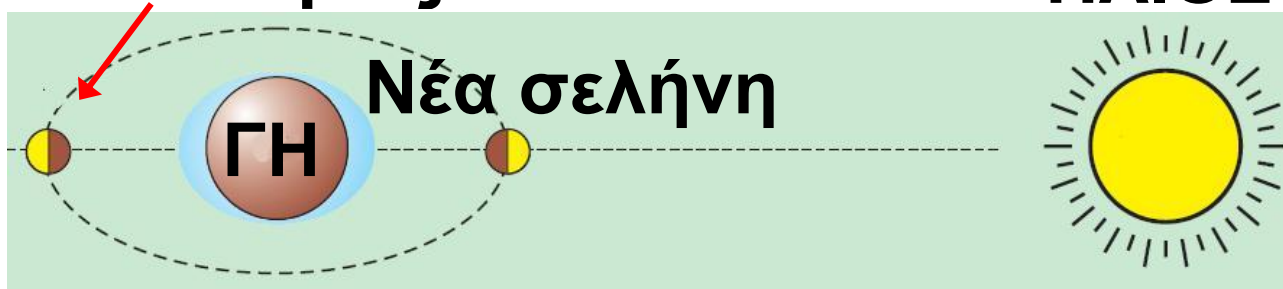
Ένα μοντέλο της Γης με τη Σελήνη, που αναπαριστά το φαινόμενο της παλίρροιας.

Καθώς η Γη περιστρέφεται, ένα συγκεκριμένο σημείο της επιφάνειάς της θα περνά από τις θέσεις Γ, Α μια φορά την ημέρα, έτσι ώστε να δημιουργείται δύο φορές την ημέρα το γνωστό φαινόμενο της πλημμυρίδας (ανύψωση της στάθμης των νερών). Εκτός από τη Σελήνη, συμμετοχή στη δημιουργία των παλιρροιών έχει και ο Ήλιος. Η παλιρροιακή δύναμη έλξης του Ήλιου είναι ίση με το 0,44 της παλιρροιακής έλξης της Σελήνης. Επομένως, οι παλίρροιες που προκαλεί ο Ήλιος έχουν ύψος περίπου 5/11 εκείνων που προκαλεί η Σελήνη. Αν ο Ήλιος βρίσκεται στην ίδια πλευρά με τη Σελήνη (Νέα Σελήνη) ή στην αντίθετη (Πανσέληνος), τότε οι επιδράσεις των δύο ουράνιων σωμάτων προστίθενται και προκαλούν μέγιστες παλίρροιες (Εικ. δ).

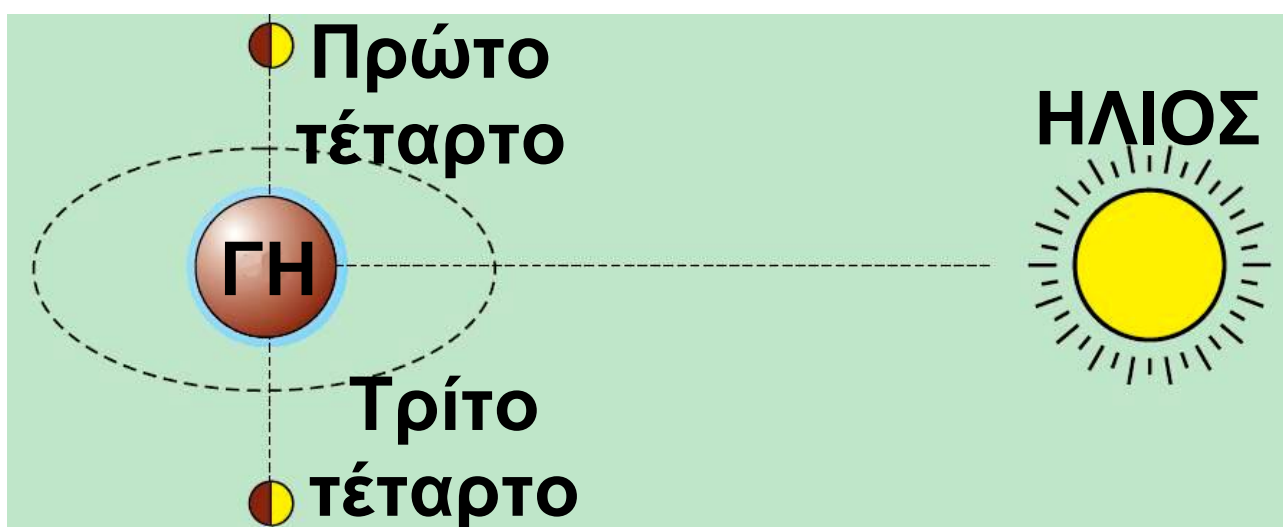
Όταν η Σελήνη βρίσκεται στο πρώτο ή το τελευταίο τέταρτό της, οπότε ο Ήλιος βρίσκεται σε γωνία 90° με τη Σελήνη, το συνολικό αποτέλεσμα της επίδρασης των δύο σωμάτων είναι εξασθενημένο (Εικ. ε).

Πανσέληνος

ΗΛΙΟΣ



Εικόνα δ



Εικόνα ε

Τελειώνοντας, θα επισημάνουμε το γεγονός, πως η μηχανική ενέργεια που απελευθερώνεται από τις παλιρροιακές κινήσεις του νερού των ωκεανών, έχει ήδη αρχίσει να χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μπορούμε να



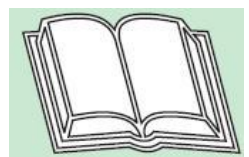
**Εικόνα στ
Ο σταθμός
παραγωγής
ηλεκτρικής**

**ενέργειας από παλίρροιες στο Rance
έχει μέγιστη ισχύ 240MW, η οποία
αρκεί για να ικανοποιήσει τις ανά-
γκες μιας πόλης 300.000 κατοίκων.**

**φανταστούμε, πως με τον τρόπο
αυτό θα έχουμε μία αστείρευτη πη-
γή ενέργειας, χωρίς την επικίνδυνη**

μόλυνση του περιβάλλοντος που προκαλούν τα εργοστάσια ηλεκτρικής ενέργειας με την καύση άνθρακα ή πετρελαίου, που χρησιμοποιούμε σήμερα. Στην περιοχή Rance της Γαλλίας λειτουργεί σταθμός παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την ενέργεια των παλιρροιών (Εικ. στ).

Η παλιρροιακή κίνηση των νερών του Ευρίπου



Ο πορθμός του Ευρίπου είναι ένα στενό τμήμα θάλασσας, πλάτους 40m και μήκους 40m, που χωρίζει την ανατολική Στερεά Ελλάδα από την Εύβοια και ενώνει το βόρειο με το νότιο Ευβοϊκό κόλπο.

Στον πορθμό του Ευρίπου παρατηρείται το εξής εντυπωσιακό παλιρροιακό φαινόμενο: επί 23 έως 24

ημέρες του σεληνιακού μήνα ο πορθμός διαρρέεται από ισχυρό ρεύμα, του οποίου η ροή κατευθύνεται 6 ώρες προς το Βορρά και 6 ώρες προς το Νότο. Δηλαδή η φορά της ροής εναλλάσσεται τέσσερις φορές στο 24ωρο. Το ρεύμα αυτό ονομάζεται κανονικό και η ταχύτητά του είναι συνήθως 5 έως 6 μίλια την ώρα αλλά μπορεί να φτάσει και τα 8 μίλια την ώρα. Τόσο η κανονικότητα όσο και η ταχύτητα του ρεύματος έχουν σχέση με τις φάσεις της Σελήνης. Συγκεκριμένα, οι μεγαλύτερες τιμές ταχύτητας παρατηρούνται κατά τη νέα Σελήνη και την πανσέληνο, ενώ οι μικρότερες στις φάσεις των σεληνιακών τετάρτων. Κατά τις υπόλοιπες 5 έως 6 ημέρες του σεληνιακού μήνα το ρεύμα ρέει ακανόνιστα. Το ρεύμα αυτό έχει μικρότερη ταχύτητα, μπορεί να αλλάξει

κατεύθυνση έως 14 φορές (ή και καθόλου) σε ένα 24ωρο και ονομάζεται ακανόνιστο.

Το κανονικό ρεύμα του Ευρίπου είναι αποτέλεσμα των ελκτικών δυνάμεων της Σελήνης και του Ήλιου. Το παλιρροιακό κύμα που δημιουργείται από τις δυνάμεις αυτές στη Μεσόγειο, κατευθύνεται στις ελληνικές θάλασσες από ανατολικά, διχάζεται όταν φτάσει στις ανατολικές ακτές της Εύβοιας και εισβάλλει στο βόρειο και νότιο Ευβοϊκό κόλπο. Κατά τη διαδρομή αυτή, οι δύο κλάδοι του διχαζόμενου παλιρροιακού κύματος, εξαιτίας της άνισης διαδρομής που διανύουν αλλά και της διαφορετικής μορφολογίας των ακτών, φτάνουν στον πορθμό σε διαφορετικούς χρόνους. Το κύμα από το νότιο Ευβοϊκό φτάνει στον πορθμό κατά μία ώρα και 15 λεπτά

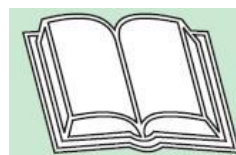
νωρίτερα από εκείνο που προέρχεται από τον βόρειο Ευβοϊκό. Η μη ταυτόχρονη άφιξη του παλιρροιακού κύματος στα δύο άκρα του πορθμού έχει ως συνέπεια τη δημιουργία διαφοράς στάθμης στην επιφάνεια του νερού μεταξύ του βόρειου και του νότιου λιμανιού. Η διαφορά στο ύψος του νερού είναι η αιτία που δημιουργεί το κανονικό ρεύμα του Ευρίπου. Την αιτία του κανονικού ρεύματος του Ευρίπου είχε διαγνώσει, κατά τον Στράβωνα, ο Ερατοσθένης με το "ότι η εφ' εκατέρα θάλαττα άλλην και άλλην επιφάνειαν έχει", ότι δηλαδή στα δύο άκρα του πορθμού υπάρχει υψομετρική διαφορά στην επιφάνεια της θάλασσας. Η υψομετρική αυτή διαφορά, σύμφωνα με την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων, δημιουργεί ρεύμα αποκατάστασης ισορ-

ροπίας από την υψηλότερη επιφάνεια προς τη χαμηλότερη.

Εκτός από τη Σελήνη και τον Ήλιο, στο ρεύμα του Ευρίπου επιδρούν και άλλοι παράγοντες που προέρχονται από τη Γη. Γήινοι παράγοντες είναι: τα διάφορα άλλα θαλάσσια ρεύματα, οι άνεμοι, οι διαφορές βαρομετρικής πίεσης που δημιουργούνται λόγω μεταβολής θερμοκρασίας, η διαμόρφωση των ακτών στις οποίες προσκρούουν τα ρεύματα κ.α. Αυτοί οι τοπικοί, γήινοι παράγοντες επηρεάζουν τις επιδράσεις της Σελήνης και του Ήλιου άλλοτε ενισχυτικά και άλλοτε ανασταλτικά. Στην εποχή του πρώτου και του τελευταίου σεληνιακού τετάρτου το συνολικό αποτέλεσμα της επίδρασης της Σελήνης και του Ήλιου είναι εξασθενημένο. Το διχασμένο κύμα λοιπόν, εισέρχεται μι-

κρότερο σε όγκο στα λιμάνια που είναι από τη μια και την άλλη πλευρά του πορθμού. Η διαφορά ύψους του νερού στα δύο λιμάνια είναι μικρή, γι' αυτό και το ρεύμα είναι αδύνατο. Τα ασθενή τότε παλιρροιακά κύματα, όχι μόνο επηρεάζονται έντονα από τους τοπικούς, γήινους παράγοντες, αλλά πολλές φορές και εξουδετερώνονται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τις συχνές αλλαγές της φοράς των ρευμάτων, καθιστώντας το παλιρροιακό ρεύμα ακανόνιστο.

Η ιστορική εξέλιξη των θεωριών της βαρύτητας



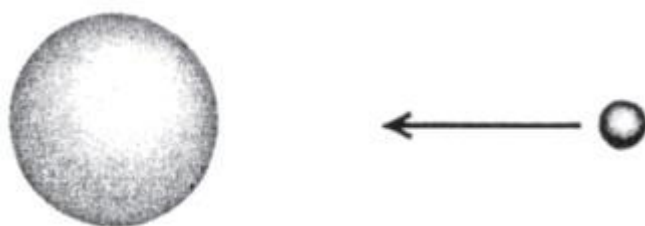
Η πρώτη θεωρία βαρύτητας μπορούμε να πούμε ότι προτάθηκε από τον Αριστοτέλη μέσα από τις θέσεις του για το δομή του σύμπαντος και την πρότασή του για τα τέσσερα

"στοιχεία" από τα οποία αποτελούνται όλα τα γήινα σώματα. Σύμφωνα με τον Αριστοτέλη το κέντρο του σύμπαντος ήταν η γη και όλα τα σώματα τα οποία αποτελούνται κατά κύριο λόγο από το "βαρύ στοιχείο" τη "γη", όπως το είχε ονομάσει, έχουν εκ φύσεως την τάση να κινούνται προς το κέντρο του σύμπαντος, να πέφτουν δηλαδή στην επιφάνεια της γης ή στις τρύπες που υπάρχουν σε αυτή. Η θεωρία αυτή για τη την κίνηση των σωμάτων προς το κέντρο της γης δεν άλλαξε σημαντικά παρόλο που αυξήθηκε η γνώση των ανθρώπων για την κίνηση των ουρανίων σωμάτων και ειδικότερα των πλανητών του ηλιακού συστήματος. Έτσι αν και η άποψη ότι η γη είναι το κέντρο του σύμπαντος κλονίστηκε από το έργο του N. Copernicus (N. Κοπέρνικος)

του T. Brahe (Τ. Μπράχε) και του J. Kepler (Ι. Κέπλερ), δεν άλλαξαν ουσιαστικά οι απόψεις για τη βαρύτητα έως την περίοδο που δημοσίευσε ο Νεύτωνας τις απόψεις του για την παγκόσμια έλξη.

Σύμφωνα με τη θεωρία της παγκόσμιας έλξης η δύναμη μεταξύ δύο οποιονδήποτε σωμάτων είναι ανάλογη προς το γινόμενο των μαζών τους και αντιστρόφως ανάλογη προς το τετράγωνο της μεταξύ τους απόστασης. Ο Νεύτωνας θεωρούσε αξιωματικά ότι ο χώρος και ο χρόνος είναι φυσικές οντότητες ανεξάρτητες η μια από την άλλη και ότι η κίνηση ενός σώματος καθορίζεται από τη μάζα του και τη συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό. Το θεωρητικό αυτό οικοδόμημα ερμήνευσε ικανοποιητικά την κίνηση των ουράνιων και επίγειων

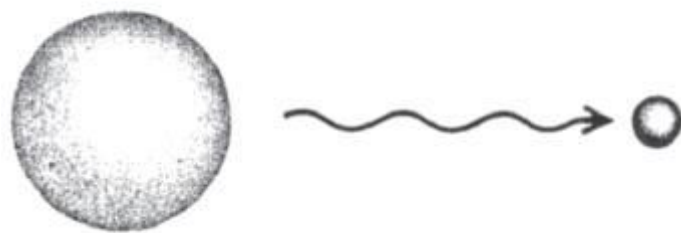
σωμάτων ενοποιώντας φαινομενικά διαφορετικές κινήσεις ανεξάρτητα από το μέγεθος των κινούμενων σωμάτων. Σύμφωνα με αυτό η εμφάνιση της δύναμης γίνεται ακαριαία και δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη κάποιου μέσου μεταξύ των μαζών. Η βαρυτική δύναμη μπορεί να διαδοθεί στο κενό που παρεμβάλλεται μεταξύ των πλανητών και του ήλιου. Σχηματικά η θεωρία του Νεύτωνα για την άσκηση της βαρυτικής δύναμης φαίνεται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1. Η άσκηση βαρυντικής δύναμης σύμφωνα με το Νεύτωνα.

Όμως ο τρόπος διάδοσης της βαρυτικής έλξης όπως τον περιγρά-

ψαμε δεν είναι και τόσο οικείος στον άνθρωπο. Γι' αυτό δεν είναι παράξενο το ότι οι επιστήμονες αναζήτησαν μια άλλη περιγραφή του τρόπου άσκησης της δύναμης μεταξύ δύο σωμάτων. Η αναζήτηση αυτή οδήγησε στην εισαγωγή της έννοιας του πεδίου, ενός μεγέθους που διαμεσολαβεί στην άσκηση της δύναμης ή πιο σωστά στην εμφάνιση της αλληλεπίδρασης μεταξύ δύο σωμάτων. Το βαρυτικό πεδίο διαμεσολαβεί μεταξύ των δύο μαζών και η εμφάνιση της δύναμης σε ένα από αυτά είναι αποτέλεσμα της ύπαρξης του ενός σώματος στο χώρο του βαρυτικού πεδίου του άλλου. Ο τρόπος άσκησης της δύναμης σύμφωνα με αυτή τη θεωρία που ονομάζεται Κλασική θεωρία πεδίου, φαίνεται στο σχήμα 2.



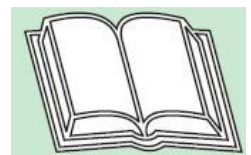
Σχήμα 2. Η άσκηση της βαρυτικής δύναμης σύμφωνα με την Κλασική θεωρία πεδίου.

Αν και άλλαξε η θεωρία για τον τρόπο άσκησης της βαρυτικής δύναμης δεν άλλαξε όμως το μέτρο της το οποίο είναι ίσο με αυτό που είχε προσδιορίσει ο Νεύτωνας.

Η θεωρία αυτή για το βαρυτικό πεδίο τροποποιήθηκε μετά από την εμφάνιση της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας και μέσα από το έργο του Αϊνστάιν για τη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας. Ο περιορισμός που τίθεται από την Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας για τη μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να υπάρξει στη

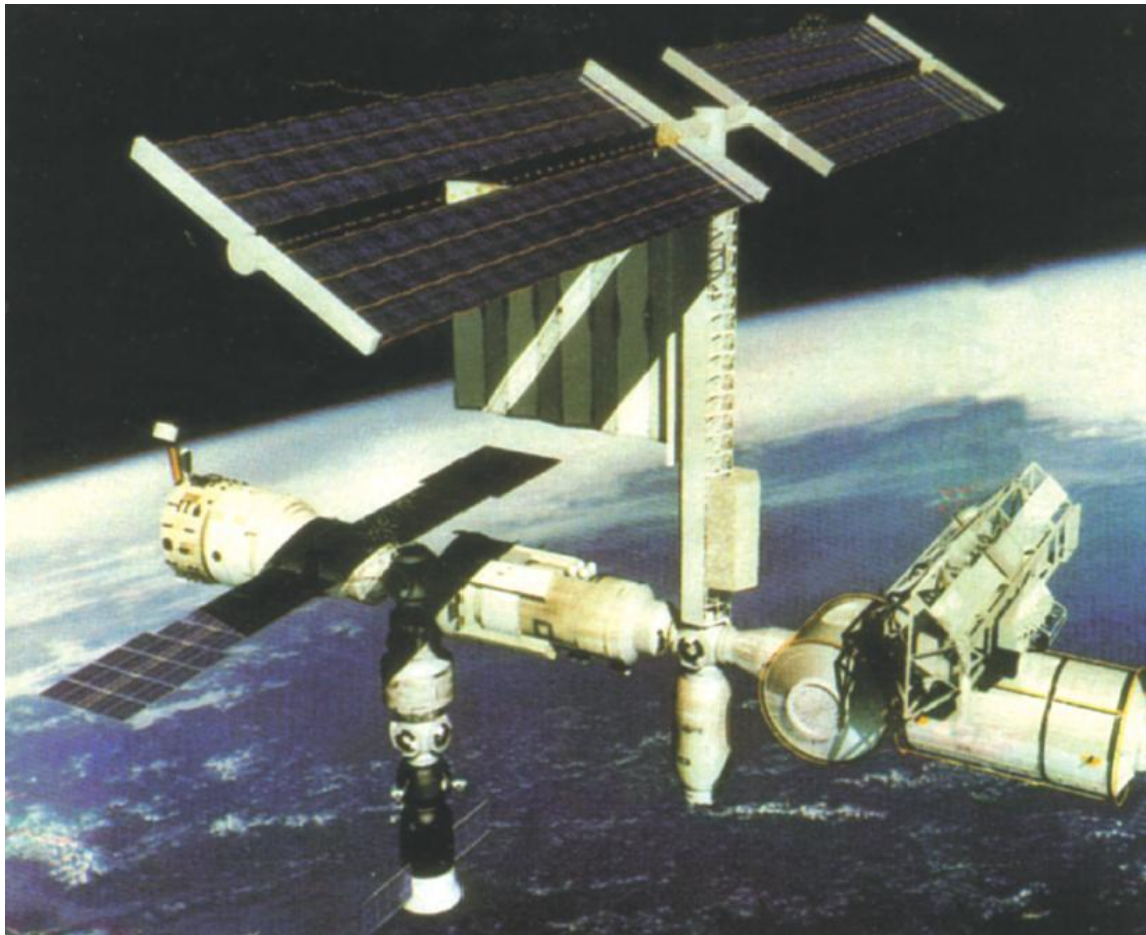
φύση (ταχύτητα του φωτός στο κενό $c = 3 \cdot 10^8$ m/s) έθεσε περιορισμούς στην ταχύτητα διάδοσης του βαρυτικού πεδίου κατά τη βαρυτική αλληλεπίδραση.

Εξερεύνηση του διαστήματος



Στις αρχές του 20ου αιώνα, σε μια εποχή που δεν είχε ακόμα εφευρεθεί το αυτοκίνητο, ο Ρώσος μαθηματικός Κονσταντίν Τσιολκόφσκι αφιέρωσε τη ζωή του στη μελέτη της πτήσης των πυραύλων και στην επίτευξη διαστημικών ταξιδιών.

Πολλά χρόνια πριν ένας ευφάνταστος Γάλλος συγγραφέας, ο Ιούλιος Βερν είχε φανταστεί το ταξίδι από τη Γη στη Σελήνη στο ομώνυμο μυθιστόρημά του.



Σχέδιο του διαστημικού σταθμού που πρόκειται να συναρμολογηθεί σταδιακά μετά από το 2000. Ο σταθμός θα βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τη γη και θα χρησιμοποιηθεί για τη πραγματοποίηση πειραμάτων σε συνθήκες "μηδενικής" βαρύτητας καθώς επίσης και ως ενδιάμεσος σταθμός για ταξίδια σε άλλους πλανήτες.

Τις τελευταίες δεκαετίες, πολλοί τεχνητοί δορυφόροι έχουν μπει σε τροχιά γύρω από τη Γη, ενώ άλλα διαστημικά εξερευνητικά οχήματα ταξιδεύουν προς κάθε γωνιά του Ηλιακού Συστήματος. Μέχρι σήμερα έχουν μελετηθεί όλοι οι πλανήτες, εκτός από τον Πλούτωνα. Μη επανδρώμενα διαστημόπλοια προσεδάφιστηκαν στον Άρη και στην Αφροδίτη, απ' όπου έστειλαν στη Γη φωτογραφίες και άλλα στοιχεία.

Οι διαστημικές πτήσεις έγιναν πραγματικότητα χάρη στην επινόηση και την κατασκευή πολυόροφων πυραύλων.

Η διαστημική εποχή άρχισε το 1957, όταν η Ε.Σ.Σ.Δ. εκτόξευσε τον πρώτο τεχνητό δορυφόρο (Σπούτνικ Ι). Τα ταξίδια του ανθρώπου στο Διάστημα άρχισαν το 1961, που έγινε η πρώτη επανδρωμένη πτήση,

με τον Γιούρι Γκαγκάριν (Ε.Σ.Σ.Δ.). Οκτώ χρόνια αργότερα, το 1969, αστροναύτες από τις Η.Π.Α. με το Απόλλων 11, πάτησαν για πρώτη φορά στη Σελήνη και άρχισαν να εξερευνούν την επιφάνειά της.

**Έκτοτε έγιναν πολλές αποστο-
λές ειδικευμένων αστροναυτών.**

**Την περίοδο 1969 - 1972, οι Η.Π.Α. έστειλαν 6 επανδρωμένες αποστο-
λές στη Σελήνη, ενώ ένα μη επαν-
δρωμένο σοβιετικό διαστημόπλοιο
έφερε στη Γη δείγματα πετρωμά-
των από το έδαφος της Σελήνης.**

**Αργότερα, διάφορες ευρωπαϊκές
χώρες κατασκεύασαν από κοινού
διαστημικό πύραυλο. Ακολούθησαν
και άλλες χώρες, όπως η Κίνα και η
Ινδία. Οι Αμερικανοί το 1981 κατα-
σκεύασαν διαστημικό λεωφορείο
(Columbia), όχημα που μπορεί να
πραγματοποιεί πολλές πτήσεις. Οι**

Σοβιετικοί κατάφεραν να παραμείνουν στο διάστημα, σε σταθμούς που είχαν εγκαταστήσει, για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Το 1989 εκτοξεύτηκε από την τότε Ε.Σ.Σ.Δ. ο επανδρωμένος διαστημικός σταθμός Μιρ, ο οποίος λειτουργεί ως σήμερα. Ήδη προγραμματίζεται επανδρωμένη πτήση στον Άρη, πιθανώς στις αρχές του 21^{ου} αιώνα.

Για να φτάσει ένα διαστημόπλοιο στον Άρη θα χρειαστεί ταξίδι 3 ετών. Μη επανδρωμένα διαστημόπλοια έχουν ήδη προσγειωθεί στον Άρη και έχουν στείλει στη Γη τηλεφωτογραφίες και σήματα από άλλους πλανήτες.

Σήμερα, η Ευρωπαϊκή Ένωση, η Ρωσία, η Αμερική και η Ιαπωνία συνεργάζονται στην οργάνωση και

πραγματοποίηση διαστημικών πτήσεων και ερευνών.

Φωτογραφία του δορυφόρου του Ποσειδώνα, Τρίτωνα, που έστειλε στη Γη ο Βόγιατζερ. Οι λεπτομέρειες στην επιφάνεια του δορυφόρου είναι εκπληκτικές.



Ορόσημα στην εξερεύνηση του Διαστήματος

1957 Εκτόξευση του Σπούτνικ 1 (Ε.Σ.Σ.Δ.).

1961 Εκτόξευση του πρώτου επανδρωμένου δορυφόρου (Ε.Σ.Σ.Δ.).

1965 Κοντινές φωτογραφικές λήψεις πλανήτη (Άρης) από το Μάρινερ 4 (Η.Π.Α.).

1969 Προσεδάφιση κοσμοναυτών στη Σελήνη με το Απόλλων 11 (Η.Π.Α.).

1970 Το Βένερα 7 (Ε.Σ.Σ.Δ.), το πρώτο διαστημικό εξερευνητικό όχημα, προσεδαφίζεται σε πλανήτη (Αφροδίτη).

1971 Ο πρώτος διαστημικός σταθμός Σαλιούτ 1 (Ε.Σ.Σ.Δ.) μπαίνει σε τροχιά.

1976 Δύο οχήματα Βίκινγκ (Η.Π.Α.) προσεδαφίζονται στον Άρη.

1977 Εκτόξευση του Βόγιατζερ 2. Το 1989 είχε περάσει από 4 πλανήτες.

1981 Εκτόξευση του πρώτου διαστημικού λεωφορείου Κολούμπια (Η.Π.Α.).

1986 Εκτόξευση του πρώτου διαστημικού σταθμού Μιρ (Ε.Σ.Σ.Δ.).

1990 Εκτόξευση του τηλεσκοπίου Χαμπλ (Η.Π.Α.).

Σύγχρονα διαστημικά οχήματα.

1985 Αποστολή 5 οχημάτων στον Κομήτη του Χάλεϊ.

1988 Το Φόβος (Ε.Σ.Σ.Δ.) μελετάει τον Άρη και τους δορυφόρους του.

1989 Προσεδάφιση του Μαγγελάνος (Η.Π.Α.) στην επιφάνεια της Αφροδίτης.

1989 Εκτόξευση του Γαλιλαίος (Η.Π.Α.) σε τροχιά γύρω από το Δία και προσεδάφιση ερευνητικής συσκευής.

1990 Αποστολή του Οδυσσέας πάνω από τους πόλους του Ήλιου.

1997 Αποστολή του Cassini σε τροχιά γύρω από τον Κρόνο.

Ο τελευταίος σταθμός του ταξίδι του Voyager 2 στο Ηλιακό μας σύστημα, 12 χρόνια μετά την εκτόξευσή του, ήταν ο δορυφόρος του Ποσειδώνα, Τρίτων. Μετά το σταθμό αυτό, ο Voyager 2 θα "χαθεί" στο μεσοαστρικό χώρο. Ο Voyager 2 μεταφέρει ένα χρυσό δίσκο, στον οποίο έχουν ηχογραφηθεί ήχοι της Γης, όπως ήχος της θάλασσας, του ανέμου, της βροχής, κελαιδμήματα πουλιών και χαιρετισμοί σε 60 ανθρώπινες γλώσσες.



Ιστορικοί δορυφόροι.

Σπούτνικ Ι (Ε.Σ.Σ.Δ., 1957) Ο πρώτος τεχνητός δορυφόρος.

Εξπλόρερ Ι (Η.Π.Α., 1958) Ο πρώτος δορυφόρος των Η.Π.Α., που εντόπισε τις ζώνες Βαν Άλεν.

Τίρος Ι (Η.Π.Α., 1960) Ο πρώτος μετεωρολογικός δορυφόρος.

Τράνζιτ ΙΒ (Η.Π.Α., 1960) Ο πρώτος δορυφόρος ναυσιπλοΐας.

Τέλσταρ Ι (Η.Π.Α., 1962) Ο πρώτος δορυφόρος αναμετάδοσης τηλεοπτικών εκπομπών.

Σίνκομ ΙΙ (Η.Π.Α., 1963) Ο πρώτος γεωστατικός δορυφόρος.

Έρλι Μπερντ (Η.Π.Α., 1965) Ο πρώτος δορυφόρος τηλεπικοινωνιών που παραχωρήθηκε για εμπορική εκμετάλλευση.

Πρωτοπόροι.

Κονσταντίν Τσιολκόφσκι: Ρώσος, που πρόβλεψε τη χρήση των πυραύλων για διαστημικά ταξίδια.

Ρόμπερτ Γκόνταρντ: Αμερικανός, που έκανε πειραματικές δοκιμές με μικρούς πυραύλους (1930).

Βέρνερ φον Μπράουν: Γερμανός, που σχεδίασε τους πολεμικούς πυραύλους V2 και τον αμερικανικό πύραυλο, που πήγε στο φεγγάρι.

Σεργκέι Κορολιέφ: Σχεδίασε τους πρώτους σοβιετικούς διαστημικούς πυραύλους.

Γιούρι Γκαγκάριν: Ρώσος, που ταξίδεψε πρώτος στο διάστημα.

Βαλεντίνα Τερέσκοβα: Ρωσίδα, η πρώτη γυναίκα κοσμοναύτης που ταξίδεψε στο διάστημα (1963).

Νιλ Άρμστρονγκ: Αμερικανός, που πάτησε πρώτος στην επιφάνεια της Σελήνης (1969).

Τζων Γκλεν: Αμερικανός, ο γηραιότερος κοσμοναύτης (77 χρονών) που έμεινε σε περιστροφή γύρω από τη Γη για μια βδομάδα (1998).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο νόμος της παγκόσμιας έλξης αναφέρεται στις ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μαζών που λέγονται συνήθως βαρυτικές έλξεις ή απλά βαρυτικές δυνάμεις και έχουν μεταξύ τους σχέση δράσης - αντίδρασης.

Διατυπώνεται ως εξής: "κάθε σωμάτιο μάζας m_1 που βρίσκεται σε απόσταση R από άλλο σωμάτιο μάζας m_2 , οπουδήποτε στο σύ-

μπαν, έλκει το δεύτερο αλλά και έλκεται απ' αυτό με δύναμη που είναι ανάλογη του γινομένου των δυο μαζών και αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της μεταξύ τους απόστασης".

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Οι βαρυτικές έλξεις περιγράφονται με την έννοια του **βαρυτικού πεδίου**, που είναι ο χώρος γύρω από μία μάζα M , ο οποίος έχει αποκτήσει την ιδιότητα να ασκεί δύναμη σε κάθε άλλη μάζα m που θα βρεθεί μέσα σ' αυτόν.

Το βαρυτικό πεδίο της Γης είναι ο χώρος γύρω από την Γη. Η δύναμη που ασκείται από τη Γη σε κάθε σώμα που βρίσκεται στο πεδίο της ονομάζεται βάρος του σώματος και κατευθύνεται προς το κέντρο της.

Το πεδίο της Γης περιγράφεται με το διανυσματικό μέγεθος της έντασης g του βαρυτικού πεδίου σ' ένα σημείο. Το μέτρο της έντασης δίνεται από τη σχέση:

$$g = \frac{B}{m} = G \frac{M_{\Gamma}}{r^2}$$

και έχει κατεύθυνση ίδια με αυτή του βάρους.

Οι δυναμικές γραμμές απεικονίζουν το βαρυτικό πεδίο. Είναι νοητές γραμμές που χαράσσονται αν υποθέσουμε ότι το διάνυσμα της έντασης του βαρυτικού πεδίου ολισθαίνει κατά την κατεύθυνσή του από σημεία που βρίσκονται πολύ μακριά από τη Γη και μέχρι την επιφάνειά της. Υπάρχει ισοδυναμία ανάμεσα στην ένταση του βαρυτικού πεδίου και την επιτάχυνση της βαρύτητας.

Μη ομογενές πεδίο είναι το πεδίο της Γης αλλά και κάθε άλλου ουράνιου σώματος επειδή έχει στα διάφορα σημεία του διαφορετική ένταση. Θεωρούμε όμως το πεδίο της Γης ως ομογενές σε μικρή έκταση και κοντά στην επιφάνειά της. Στο ομογενές βαρυτικό πεδίο θα θεωρούμε το βάρος των σωμάτων σταθερό.

Τεχνητός δορυφόρος θεωρείται κάθε σώμα που ο άνθρωπος θέτει σε κυκλική τροχιά, κυρίως γύρω από τη Γη. Φυσικός δορυφόρος είναι κάθε ουράνιο σώμα που περιφέρεται γύρω από κάποιο άλλο.

Η ταχύτητα περιφοράς των δορυφόρων δίνεται από τη σχέση:

$$u = \sqrt{G \frac{M_{\Gamma}}{r}}$$

Θεωρητικά ο δορυφόρος δε χρειάζεται ενέργεια για να παραμείνει στην τροχιά του.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Η μονάδα μέτρησης της σταθεράς της παγκόσμιας έλξης G στο διεθνές σύστημα, νομίζετε ότι είναι:

A. 1N kg^{-2}

B. 1N mkg^{-2}

Γ. $1\text{N m}^2\text{kg}^{-2}$

Δ. $1\text{N m}^{-2}\text{kg}^{-2}$

Ε. $1\text{N kg}^2\text{m}^{-2}$

2. Δύο σωμάτια έλκονται με δύναμη F . Αν η μάζα καθενός ήταν διπλάσια και τα σωμάτια βρίσκονταν σε διπλάσια απόσταση θα έλκονταν με δύναμη:

A. F

B. $\frac{F}{2}$

Γ. $2F$

Δ. $4F$

3. Η βαρυτική έλξη που ασκεί η Γη σε έναν τηλεπικοινωνιακό δορυφόρο είναι 1.500N . Ποια από τις παρακάτω προτάσεις νομίζετε ότι είναι λανθασμένη;

A. Το βάρος του δορυφόρου είναι 1.500N .

B. Ο δορυφόρος έλκει τη Γη με δύναμη 1.500N .

Γ. Το βάρος της Γης είναι μεγαλύτερο από 1.500N (κάθε άλλη αλληλεπίδραση θεωρείται αμελητέα).

4. Ένα σώμα, όταν βρίσκεται στην επιφάνεια της Γης, δέχεται βαρυτική έλξη 144N . Αν το σώμα μεταφερθεί σε ύψος $h=3R_{\Gamma}$ όπου R_{Γ} η ακτίνα

της Γης η βαρυτική έλξη από τη Γη θα είναι:

A. 9N

B. 12N

Γ. 16N

Δ. 20N

5. Ένα σώμα πέφτει από πολύ μεγάλο ύψος, κινούμενο μόνο με την επίδραση του βάρους του. Ο ρυθμός με τον οποίο αυξάνει η ταχύτητα του σώματος νομίζετε ότι:

A. Είναι σταθερός.

B. Συνεχώς αυξάνεται.

Γ. Συνεχώς μειώνεται.

Δ. Αρχικά αυξάνεται και στη συνέχεια μειώνεται.

6. Η ένταση του βαρυτικού πεδίου της Γης σε δύο σημεία που απέχουν από το κέντρο της Γης R_{Γ} και $2R_{\Gamma}$ είναι:

$$G \frac{M_{\Gamma}}{R_{\Gamma}^2} \text{ και } G \frac{M_{\Gamma}}{4R_{\Gamma}^2} \text{ αντίστοιχα.}$$

Για την ένταση σ' ένα σημείο, που απέχει από το κέντρο της Γης $\frac{R_{\Gamma}}{2}$, μπορούμε να πούμε ότι έχει

$$\text{τιμή } g = \frac{4GM_{\Gamma}}{R_{\Gamma}^2};$$

***7.** Γιατί νομίζετε, ότι δεν είναι δυνατόν να τέμνονται δύο δυναμικές γραμμές στο βαρυτικό πεδίο της Γης;

8. Τα συνηθισμένα οχήματα απαιτούν για την κίνησή τους κάποιο είδος καύσιμου. Ισχύει το ίδιο και για τους δορυφόρους;

Να δώσετε μια σύντομη απάντηση.

9. Δορυφόρος περιφέρεται γύρω από τη Γη σε ύψος $h=3R_{\Gamma}$ από την επιφάνειά της.

Να συγκριθούν οι δυνάμεις που δέχεται ο δορυφόρος από τη Γη και τη Σελήνη όταν βρεθεί ανάμεσά τους.

Δίνονται: η σχέση μεταξύ της μάζας της Γης M_{Γ} και της μάζας της Σελήνης M_{Σ} , $M_{\Gamma} = 81M_{\Sigma}$ και η απόσταση των κέντρων Γης - Σελήνης $d = 61R_{\Gamma}$.

10. Η μάζα του πλανήτη Πλούτωνα ήταν άγνωστη έως το 1978. Τη χρονιά εκείνη ανακαλύφθηκε ένας δορυφόρος του, του οποίου οι αστρονόμοι υπολόγισαν την ακτίνα περιφοράς R και την περίοδο του T . Πώς νομίζετε ότι μπόρεσαν με τα στοιχεία αυτά οι αστρονόμοι να

υπολογίσουν τη μάζα του Πλούτωνα;

11. Να χρησιμοποιήσετε το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα για να δείξετε ότι η ένδειξη σε ένα κανταράκι που βρίσκεται σε όχημα το οποίο πέφτει ελεύθερα (ανελκυστήρας) θα είναι ίση με μηδέν.

12. Να χαρακτηρίσετε ως σωστές (Σ), ή λάθος (Λ) τις παρακάτω προτάσεις:

A. Ο νόμος της παγκόσμιας έλξης ισχύει μεταξύ σωμάτων που οι διαστάσεις τους θεωρούνται αμελητέες.

B. Ο νόμος της παγκόσμιας έλξης ισχύει μεταξύ ομογενών σφαιρικών σωμάτων, υπό την προϋπόθεση πως είναι ακίνητα.

Γ. Η ένταση στο βαρυτικό πεδίο της Γης ελαττώνεται καθώς απομακρυνόμαστε από την επιφάνεια της Γης.

Δ. Η ένταση σε όλα τα σημεία της επιφάνειας της Γης είναι ίδια.

Ε. Σε κάθε σημείο του βαρυτικού πεδίου της Γης αντιστοιχεί μια ένταση $\vec{g}$ και μια δύναμη $\vec{F}$.

13. Δυο σωμάτια Σ_1 και Σ_2 με μάζα m και $2m$ αντίστοιχα συγκρατούνται ακίνητα. Αν αφήσουμε τα σωμάτια ελεύθερα, πλησιάζουν με την επίδραση της βαρυτικής αλληλεπίδρασης.

Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές, ποιες λάθος και γιατί.

Α. Το σωμάτιο Σ_1 δέχεται μεγαλύτερη δύναμη από αυτή που δέχεται το σωμάτιο Σ_2 .

Β. Τα δύο σωμάτια δέχονται κάθε στιγμή την ίδια δύναμη.

Γ. Και τα δύο σωμάτια κινούνται με την ίδια επιτάχυνση.

Δ. Κάθε σωμάτιο έχει σταθερή, διαφορετική επιτάχυνση από το άλλο.

Ε. Το σωμάτιο Σ_1 έχει κάθε στιγμή μεγαλύτερη επιτάχυνση από το Σ_2 .

14. Δύο δορυφόροι Α και Γ έχουν ίδια μάζα και στρέφονται γύρω από τη Γη σε κυκλικές τροχιές με ακτίνες R και $4R$ αντίστοιχα. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές, ποιες λάθος και γιατί;

Α. Η ταχύτητα περιφοράς του δορυφόρου Α είναι τετραπλάσια από αυτή του δορυφόρου Γ.

Β. Η ταχύτητα περιφοράς του δορυφόρου Γ είναι μεγαλύτερη από αυτή του δορυφόρου Α.

Γ. Ο δορυφόρος Α έχει μεγαλύτερη κινητική ενέργεια από το δορυφόρο Γ.

Δ. Και οι δυο δορυφόροι δέχονται την ίδια έλξη από τη Γη.

15. Ένας τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος στην επιφάνεια της Γης έχει βάρος B. Υποθέστε πως ο δορυφόρος περιφέρεται γύρω από τη Γη, σε κυκλική τροχιά ακτίνας διπλάσιας από την ακτίνα της Γης.

Ποια ή ποιες από τις παρακάτω προτάσεις νομίζετε πως είναι λανθασμένες και γιατί;

A. Το βάρος του δορυφόρου στην τροχιά του είναι μηδέν.

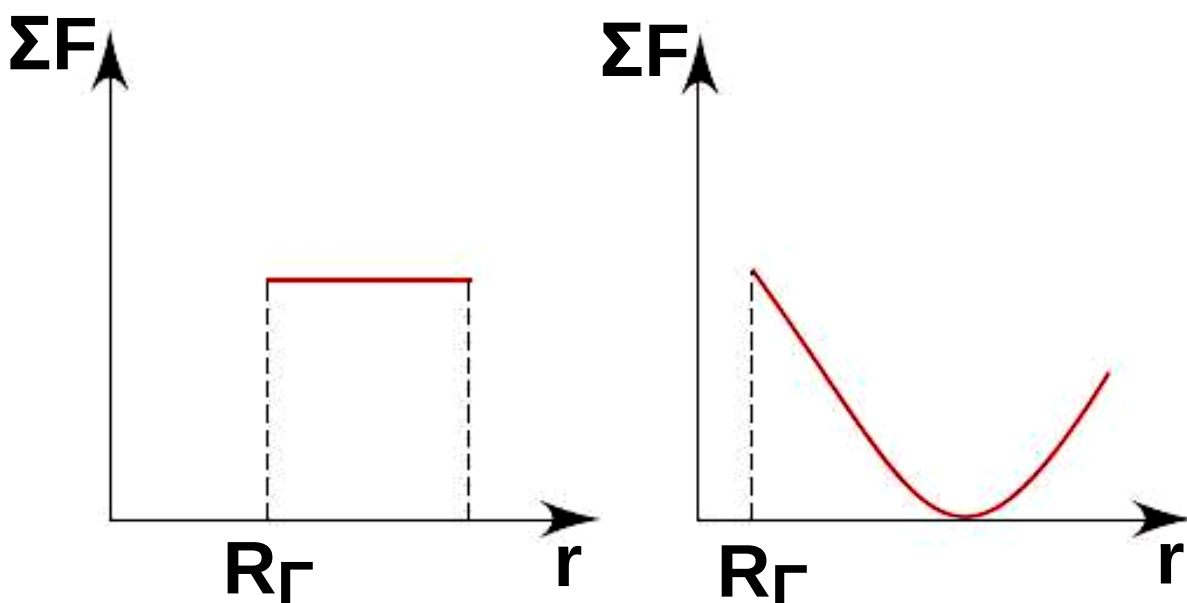
B. Το βάρος του δορυφόρου στην τροχιά του είναι $\frac{B}{2}$.

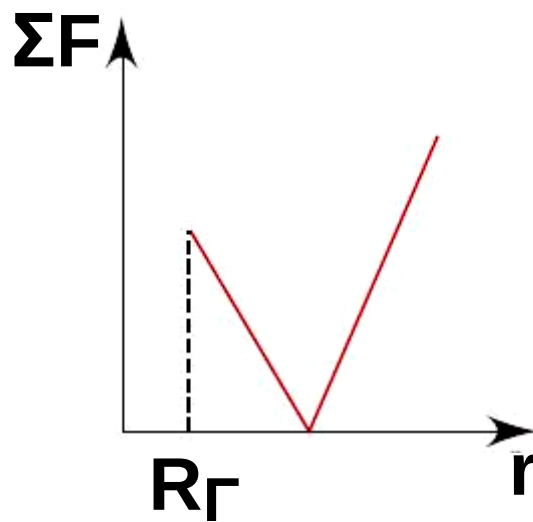
Γ. Το βάρος του δορυφόρου στην τροχιά του είναι ίσο με την κεντρομόλο δύναμη.

Δ. Η βαρυτική έλξη για κάθε σώμα μέσα στο δορυφόρο είναι μηδέν.

16. Ποιο από τα παρακάτω διαγράμματα αποδίδει καλύτερα τη συνισταμένη βαρυτική δύναμη που δεχεται ένας αστροναύτης κατά τη διαδρομή από τη Γη προς τη Σελήνη;

Να δώσετε μια σύντομη εξήγηση.





17. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;

A. Η βαρυτική δύναμη, κοντά στη Γη, που ασκείται στα σώματα που πέφτουν ελεύθερα έχει σταθερό μέτρο.

B. Η δύναμη που ασκεί η Γη σ' ένα μήλο δεν ανήκει στο ίδιο είδος με τη δύναμη που ασκεί η Γη στη Σελήνη.

Γ. Δεν ασκούνται βαρυτικές δυνάμεις στα σώματα που βρίσκονται στο διάστημα.

Δ. Οι δορυφόροι που περιφέρονται γύρω από τη Γη δέχονται βαρυτική

δύναμη απ' αυτή, η οποία λειτουργεί ως κεντρομόλος δύναμη.

Ε. Η δύναμη που δέχεται ένας δορυφόρος από τη Γη είναι σχεδόν μηδέν.

18. Η Σελήνη περιφέρεται γύρω από τη Γη, διότι:

Α. Η βαρυτική δύναμη που της ασκεί η Γη λειτουργεί ως κεντρομόλος και την αναγκάζει να περιφέρεται γύρω της.

Β. Δεν ασκείται πάνω της βαρυτική δύναμη από τη Γη.

Γ. Η κεντρομόλος δύναμη που ασκείται πάνω της εξουδετερώνεται από τη φυγόκεντρο δύναμη που δρα πάνω της.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Πόση είναι η βαρυτική έλξη ανάμεσα σε δύο πρωτόνια, που η μεταξύ τους απόσταση είναι ίση με τη διάμετρο τους;

**Δίνεται $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$, $r_p = 10^{-15} \text{ m}$,
 $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$.**

2. Ένας αστεροειδής έχει διάμετρο 11.105 m και μάζα 7.1020 kg .

A. Πόση είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας στην επιφάνειά του;

B. Πόση είναι η βαρυτική έλξη, την οποία ασκεί ο αστεροειδής, σ' ένα σώμα μάζας 100 kg , που βρίσκεται στην επιφάνειά του;

Δίνεται $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$.

3. Ένας δορυφόρος περιφέρεται γύρω από τη Γη σε ύψος $h = 3R_\Gamma$. Να

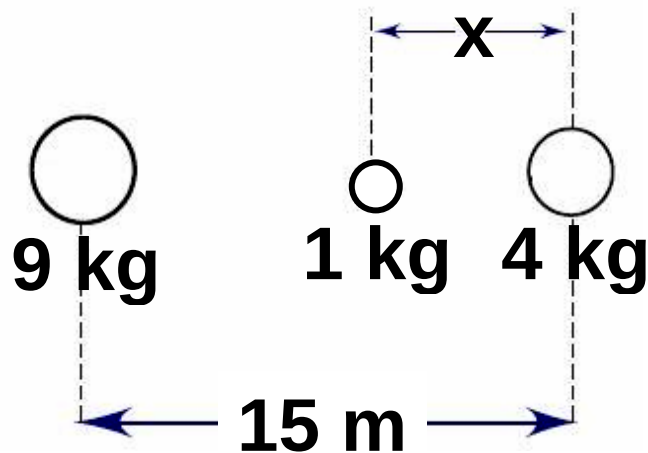
βρείτε την ταχύτητα με την οποία περιφέρεται ο δορυφόρος, αν γνωρίζετε την επιτάχυνση g_0 στην επιφάνεια της Γης και την ακτίνα της R_Γ .

4. Να υπολογίσετε την επιτάχυνση της βαρύτητας στην επιφάνεια της Σελήνης, αν γνωρίζετε ότι οι μάζες και οι ακτίνες της Γης και της Σελήνης συνδέονται με τις σχέσεις: $M_\Gamma = 81M_\Sigma$ και $R_\Gamma = 4R_\Sigma$ (Δίνεται η επιτάχυνση g_0 στην επιφάνεια της Γης).

5. Να βρείτε το χρόνο που χρειάζεται ένας δορυφόρος, ο οποίος περιφέρεται γύρω από τη Γη σε ύψος $h = R_\Gamma$ για να διαγράψει μια πλήρη περιφορά.

(Δίνονται τα g_0 και R_Γ).

6. Στην εικόνα φαίνονται τρεις ομογενείς σφαιρικές μάζες στη σειρά.



Να βρείτε την απόσταση x , ώστε η συνισταμένη δύναμη στη μάζα του ενός χιλιόγραμμου να είναι ίση με μηδέν.

7. Σε ένα σημείο Σ της ευθείας που συνδέει τη Γη με τη Σελήνη, το βαρυτικό πεδίο των δύο αυτών ουρανίων σωμάτων είναι μηδέν. Αν το σημείο αυτό απέχει από τη Σελήνη $4 \cdot 10^4$ km και η απόσταση των κέντρων τους είναι $40 \cdot 10^4$ km, να υπολογίσετε το λόγο της μάζας της Σελήνης προς τη μάζα της Γης.

8. Ένας πλανήτης μάζας m κινείται γύρω από τον Ήλιο που έχει μάζα M , διαγράφοντας με γωνιακή ταχύτητα ω κυκλική τροχιά ακτίνας r .

A. Να δείξετε ότι η γωνιακή ταχύτητα είναι ανεξάρτητη από τη μάζα του πλανήτη.

B. Να δείξετε ότι, αν η ακτίνα περιφοράς ήταν $4r$, η γωνιακή ταχύτητα θα ήταν $\frac{\omega}{8}$.

9. Ένας τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος περιφέρεται γύρω από τη Γη σε ύψος $h=2R_{\Gamma}$. Να βρείτε το βάρος του δορυφόρου στην τροχιά του, αν στην επιφάνεια της Γης έχει βάρος 90N .

***10. Να βρείτε τη βαρυτική έλξη, που δέχεται ένα σώμα μάζας $m=200\text{kg}$ (π.χ. ένας δορυφόρος),**

όταν βρίσκεται σε ύψος $h = \frac{R_{\Gamma}}{2}$ από την επιφάνεια της Γης. Υποθέστε ότι ένα σώμα μάζας ενός χιλιόγραμμου στην επιφάνεια της Γης έχει βάρος 10N.

***11.** Ένας δορυφόρος έχει μάζα m και περιφέρεται γύρω από τη Γη σε κυκλική τροχιά ακτίνας $4R_{\Gamma}$.

A. Πόση είναι η κινητική ενέργεια του δορυφόρου;

B. Κατά τη διάρκεια μιας περιφοράς, η κινητική ενέργεια του δορυφόρου παραμένει σταθερή. Ισχύει το ίδιο για την ταχύτητα και την ορμή του;

Γ. Πόσο είναι το έργο της βαρυτικής έλξης για μία περιφορά του δορυφόρου; (Δίνονται τα m , g_0 , R_{Γ}).

***12.** Ένας δορυφόρος περιφέρεται σε κυκλική τροχιά γύρω από τη Γη

με ταχύτητα $\sqrt{\frac{g_0 R_\Gamma}{3}}$.

A. Ποιο είναι το ύψος h στο οποίο περιφέρεται ο δορυφόρος.

B. Για κάποιο λόγο ο δορυφόρος χάνει ύψος και τελικά κινείται σε

κυκλική τροχιά σε ύψος $\frac{h}{2}$ πάνω

από τη Γη. Κάποιος μαθητής ισχυρίζεται ότι μείωση του ύψους προκαλεί ελάττωση στην ταχύτητα και την περίοδο περιστροφής του δορυφόρου. Ποια είναι η δική σας άποψη;

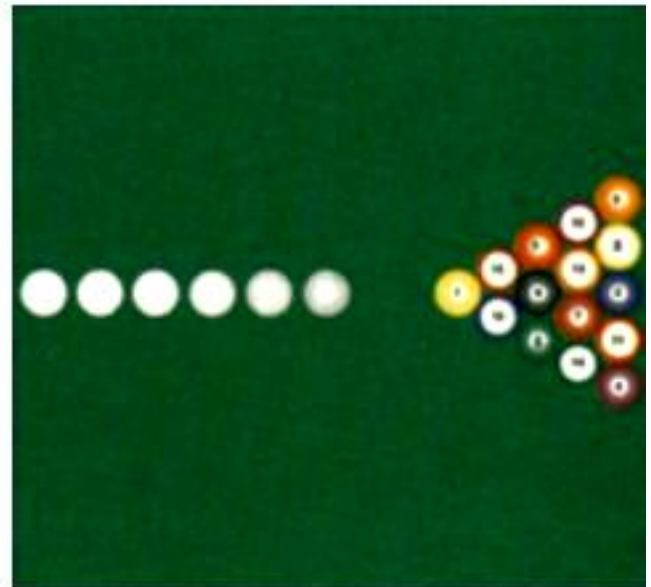
***13.** Ένας δορυφόρος μάζας m περιφέρεται γύρω από τη Γη σε κυκλική τροχιά και σε ύψος h από την επιφάνειά της. Αν η επιτάχυνση

της βαρύτητας στο ύψος περιστροφής του δορυφόρου είναι $\frac{1}{4} g_0$ να βρείτε:

A. Το ύψος h στο οποίο περιφέρεται ο δορυφόρος.

B. Την κινητική ενέργεια του δορυφόρου.

2.1 Διατήρηση της ορμής



Στις προηγούμενες ενότητες, μελετήσαμε την κίνηση των σωμάτων και την αλλαγή της με τη βοήθεια των μεγεθών της ταχύτητας, της επιτάχυνσης και της δύναμης. Η κίνηση των σωμάτων και ειδικότερα η αλλαγή της ταχύτητας τους μπορεί να περιγραφεί με τη βοήθεια περισσότερο αφηρημένων μεγεθών, όπως η ορμή. Η εισαγωγή του μεγέθους αυτού στη μελέτη των φαινομένων, μας επιτρέπει να δώσουμε ευρύτερο νόημα στο μέγεθος της δύναμης και να μελετήσουμε περισσότερο πολύπλοκα φαινόμενα, όπως η αλληλεπίδραση μεταξύ δύο σωμάτων.

Στο κεφάλαιο αυτό, θα εισαχθεί η έννοια του συστήματος δύο σωμάτων και θα μελετήσουμε τις δυνάμεις που επηρεάζουν την κινητική κατάσταση των σωμάτων του συ

στήματος. Θα μελετήσουμε τόσο θεωρητικά όσο και πειραματικά την αρχή διατήρησης της ορμής σε συστήματα δύο σωμάτων. Επίσης, θα χρησιμοποιήσουμε τη διατήρηση της ορμής στη μελέτη φαινομένων όπως η κρούση και η κίνηση των πυραύλων.

2.1.1 Η έννοια του συστήματος. Εσωτερικές και εξωτερικές δυνάμεις

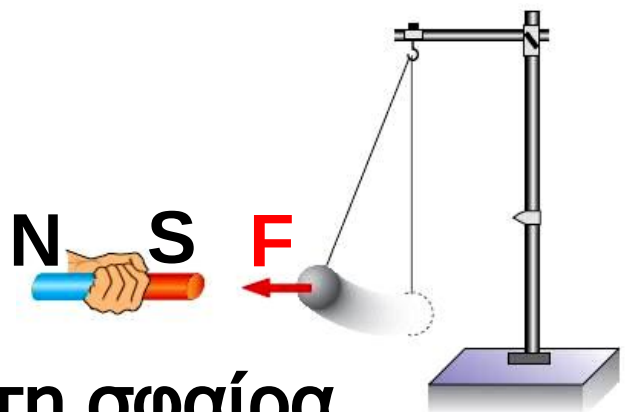
Στις προηγούμενες ενότητες ασχοληθήκαμε με τα θέματα της δύναμης και της κίνησης. Χαρακτηριστικό του τρόπου μελέτης ήταν ότι εστιάζαμε την προσοχή μας σε ένα μόνο σώμα. Επιπλέον παραβλέπαμε αν το κινούμενο σώμα ήταν αυτοκίνητο, άνθρωπος, αεροπλάνο κ.τ.λ. Τα πραγματικά σώματα τα

αντιπροσώπευε μια συμβολική οντότητα: το σωμάτιο. Στην πορεία της μελέτης μάθαμε ότι πρέπει στην περιγραφή μας να συμπεριλάβουμε εκτός από το κινούμενο σώμα, την αιτία της αλλαγής της κίνησης, δηλαδή τη δύναμη.

Έτσι η περιγραφή του φαινομένου της κίνησης έγινε πιο πλήρης.

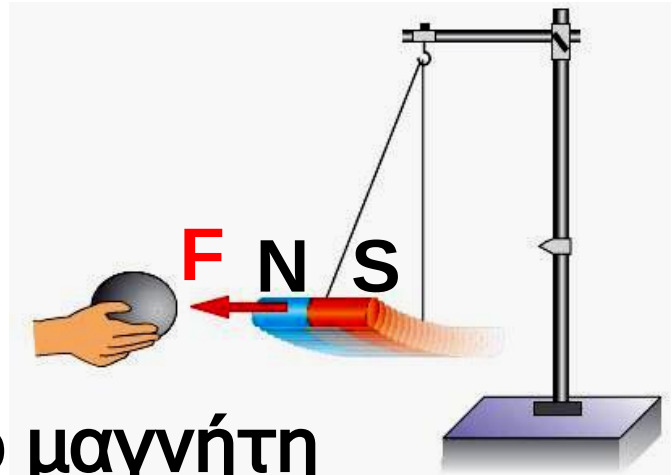
Εικόνα 2.1.1

Ο μαγνήτης έλκει τη σφαίρα



Οι δύο πρώτοι νόμοι του Νεύτωνα αφορούσαν την κίνηση ενός μόνο σώματος. Όμως ο τρίτος νόμος μας υποχρέωσε να συμπεριλάβουμε στην περιγραφή εκτός από το κινούμενο σώμα ένα δεύτερο, αυτό

με το οποίο αλληλεπιδρά το πρώ-
το.



Εικόνα 2.1.2

Η σφαίρα έλκει το μαγνήτη

Το βήμα αυτό είναι πολύ σημα-
ντικό καθώς εισάγει στην περιγρα-
φή του φαινομένου της κίνησης και
γενικότερα στην περιγραφή της φύ-
σης δύο νέες έννοιες: την έννοια
της αλληλεπίδρασης και την έννοια
του συστήματος των σωμάτων.

Δυο σώματα αλληλεπιδρούν
όταν ασκούν μεταξύ τους δυνάμεις.
Για παράδειγμα η μεταλλική σφαίρα
αλληλεπιδρά με τον μαγνήτη (Εικ.
2.1.1). Αν και σε εμάς φαίνεται, ότι

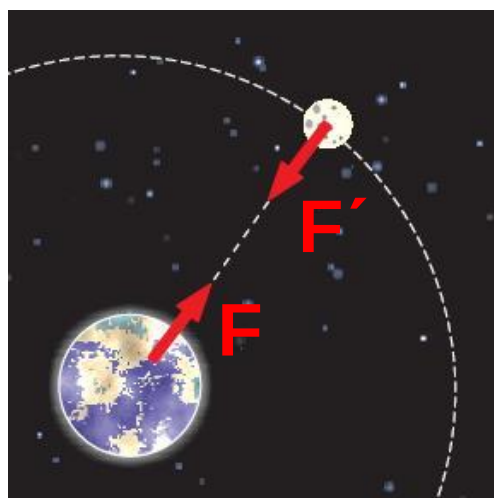
μόνο ο μαγνήτης έλκει τη μεταλλική σφαίρα, η πραγματικότητα είναι διαφορετική.

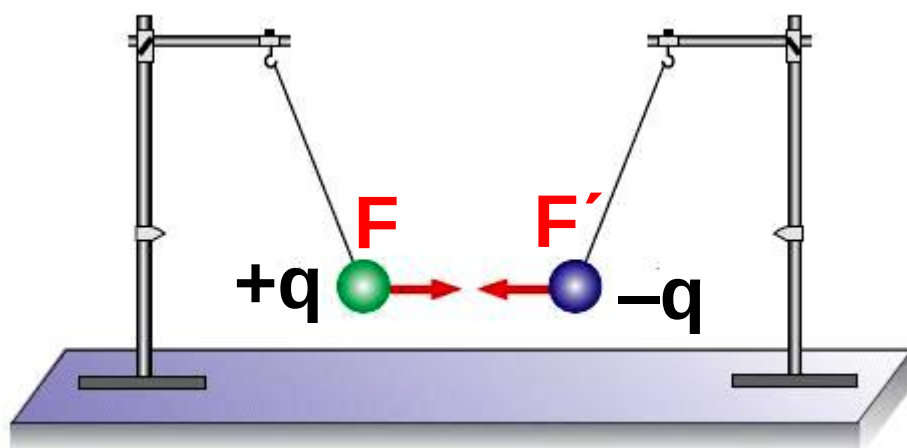
Πράγματι αν κάνουμε το πείραμα που φαίνεται στην εικόνα 2.1.2, θα δούμε ότι και η μεταλλική σφαίρα έλκει το μαγνήτη. Αυτό λοιπόν που συμβαίνει στη φύση είναι ότι ο μαγνήτης και η μεταλλική σφαίρα αλληλεπιδρούν.

Παραδείγματα αλληλεπίδρασης είναι η έλξη μεταξύ Γης και Σελήνης (Εικ. 2.1.3), μεταξύ φορτισμένων σωμάτων (Εικ. 2.1.4), κ.τ.λ.

Εικόνα 2.1.3

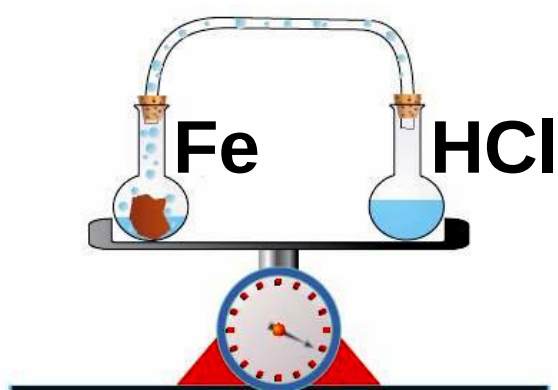
Η βαρυτική αλληλεπίδραση Γης - Σελήνης



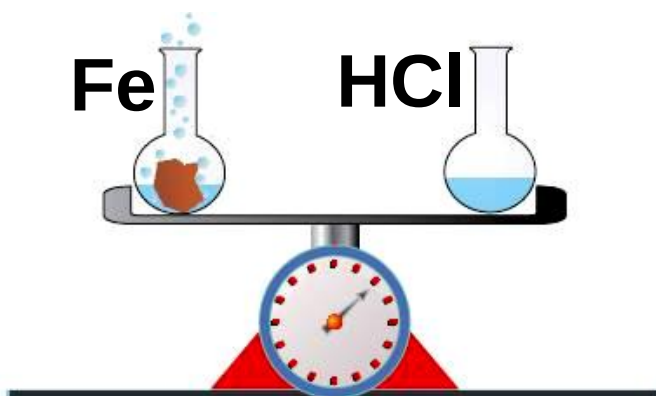


Εικόνα 2.1.4

Η έννοια του συστήματος μας είναι γνωστή και από το νόμο διατήρησης της μάζας τον οποίο διατύπωσε ο Lavoissier.



Εικόνα 2.1.5
Κλειστό σύστημα



Εικόνα 2.1.6
Ανοιχτό σύστημα

Σύμφωνα με το νόμο αυτό: η μάζα ενός συστήματος σωμάτων που

αλληλεπιδρούν χημικά παραμένει σταθερή.

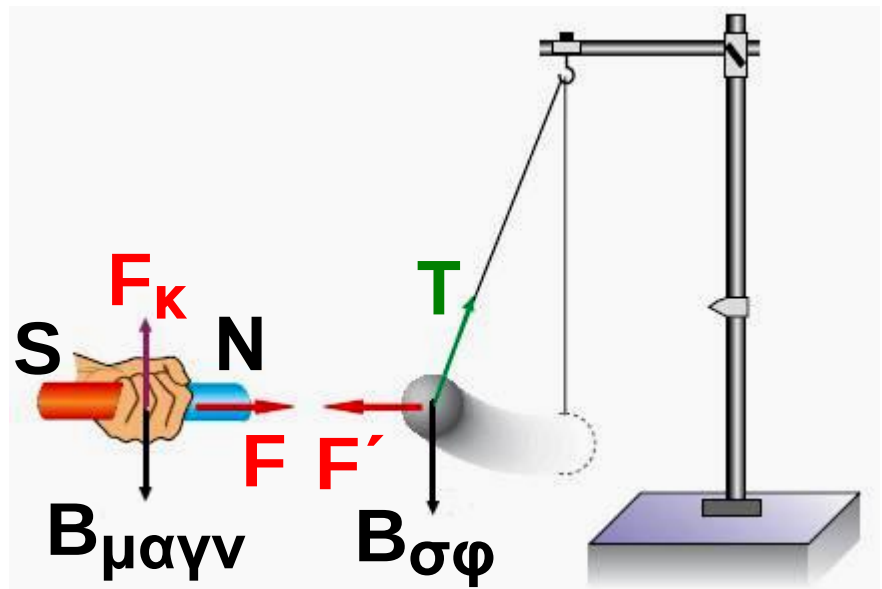
Γνωρίζουμε ότι ο σίδηρος (Fe) και το υδροχλωρικό οξύ (HCl) αλληλεπιδρούν χημικά. Ας θεωρήσουμε το σύστημα που φαίνεται στην εικόνα 2.1.5. Αν ανυψώσουμε τη φιάλη που περιέχει το HCl ώστε αυτό να έρθει σε επαφή με το Fe θα γίνει χημική αντίδραση και θα παραχθούν H_2 και $FeCl_2$. Θα παρατηρήσουμε ότι τόσο στη διάρκεια του φαινομένου, όσο και μετά απ' αυτό η ένδειξη του ζυγού παραμένει η ίδια (Εικ. 2.1.5). Αν όμως κάνουμε το ίδιο πείραμα με ανοικτά τα δυο δοχεία (Εικ. 2.1.6), τότε η ένδειξη του ζυγού θα γίνει μικρότερη διότι θα έχει διαφύγει στην ατμόσφαιρα το H_2 .

Συνεπώς η αρχή διατήρησης της μάζας στα χημικά φαινόμενα ισχύει

όταν το σύστημα είναι κλειστό, δηλαδή δεν εισέρχεται, ούτε εξέρχεται μάζα στο σύστημα.

Αν στη Χημεία είναι εύκολο να απομονώσουμε ένα σύστημα σωμάτων από το περιβάλλον του, για παράδειγμα τον αέρα που είναι και αυτός σώμα, στη Φυσική τα πράγματα είναι πιο πολύπλοκα. Για παράδειγμα ο μαγνήτης αλληλεπιδρά με τη μεταλλική σφαίρα (Εικ. 2.1.1 και Εικ. 2.1.2). Αποτελούν όμως ένα σύστημα;

Η απάντηση είναι ΝΑΙ. Στη Φυσική μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ένα σύνολο δύο ή περισσότερων σωμάτων που αλληλεπιδρούν, αποτελούν σύστημα. Ωστόσο τα σώματα αυτά επειδή αλληλεπιδρούν και με άλλα σώματα μπορούν να ανήκουν και σε άλλα συστήματα. Παραδείγματος χάρη στο



Εικόνα 2.1.7

μαγνήτη εκτός από την έλξη από τη μεταλλική σφαίρα ασκείται δύναμη από το χέρι μας και δύναμη από τη Γη (Εικ. 2.1.7). Στη μεταλλική σφαίρα ασκείται εκτός από την έλξη του μαγνήτη, το βάρος της και η τάση του νήματος (Εικ. 2.1.7). Επίσης στα σώματα ασκούνται δυνάμεις και από το μαγνητικό πεδίο της γης τις οποίες θεωρούμε αμελητέες διότι δεν επηρεάζουν την εξέλιξη του φαινομένου. Προκειμένου να αποδώσουμε τις διαφορές μεταξύ αυ-

τών των δυνάμεων χρησιμοποιούμε τους όρους:

εσωτερικές και εξωτερικές δυνάμεις.

Έτσι για το σύστημα μαγνήτης - σφαίρα, για μεν το μαγνήτη:

Εξωτερικές δυνάμεις είναι το βάρος $B_{\text{μαγν}}$ και η δύναμη F_K από το χέρι.
Εσωτερική δύναμη είναι η ελκτική δύναμη F από τη σφαίρα.

Για δε τη μεταλλική σφαίρα:

Εξωτερικές δυνάμεις είναι το βάρος της $B_{\text{σφ}}$ και η τάση T του νήματος.
Εσωτερική δύναμη είναι η ελκτική δύναμη F' του μαγνήτη.

Γενικεύοντας, μπορούμε να συμφωνήσουμε ότι σε ένα σύστημα σωμάτων διακρίνουμε δύο είδη δυνάμεων:

α) αυτές που προέρχονται αποκλειστικά από τα σώματα που απο-

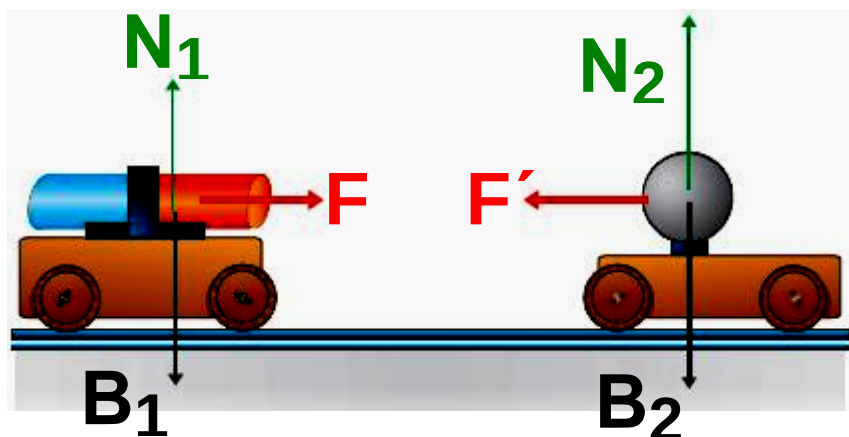
τελούν το σύστημα και τις οποίες ονομάζουμε εσωτερικές,

β) δυνάμεις που προέρχονται από άλλα σώματα και οι οποίες ονομάζονται εξωτερικές.

Αν στην περίπτωση της διατήρησης της μάζας στη χημική αλληλεπίδραση μπορέσαμε να "στεγανοποιήσουμε" το σύστημα από το περιβάλλον του, στη Φυσική δύσκολα μπορούμε να "απομονώσουμε" ένα σύστημα από την επίδραση των εξωτερικών δυνάμεων. Αν όμως οι εξωτερικές δυνάμεις έχουν συνισταμένη μηδέν, τότε το σύστημα αυτό θα ονομάζεται **μονωμένο.**

Ας εξετάσουμε το σύστημα που φαίνεται στην εικόνα 2.1.8. Ο μαγνήτης και η σφαίρα έχουν στερεωθεί πάνω σε αμαξάκια τα οποία

μπορούν να κινούνται χωρίς τριβές σε ένα οριζόντιο τραπέζι.



Εικόνα 2.1.8

Ποιες είναι οι εσωτερικές και ποιες οι εξωτερικές δυνάμεις που ασκούνται στα σώματα που αποτελούν το σύστημα;

Ας τις προσδιορίσουμε αναλυτικά.

Στο μαγνήτη ασκούνται οι δυνάμεις:

α) Το βάρος του B_1 .

β) Η αντίδραση N_1 από την επιφάνεια στην οποία βρίσκεται.

γ) Η έλξη F από τη μεταλλική σφαίρα.

Στη μεταλλική σφαίρα ασκούνται οι δυνάμεις:

α) Το βάρος της B_2 .

β) Η αντίδραση N_2 από την επιφάνεια στην οποία βρίσκεται.

γ) Η έλξη από το μαγνήτη.

Για τα σώματα του συστήματος το βάρος και η αντίδραση είναι εξωτερικές δυνάμεις, ενώ οι μεταξύ τους έλξεις είναι εσωτερικές.

Η συνισταμένη των εξωτερικών δυνάμεων για κάθε ένα από τα σώματα είναι μηδέν, διότι

ισχύει $B_1 = N_1$ και $B_2 = N_2$.

Συνεπώς το σύστημα μαγνήτης-μεταλλική σφαίρα είναι μονωμένο. Έτσι η κίνησή τους θα καθορίζεται αποκλειστικά από τις εσωτερικές δυνάμεις.

Γενικότερα, σε ένα μονωμένο σύστημα δεν ασκούνται εξωτερικές δυνάμεις ή αν ασκούνται έχουν μηδενική συνισταμένη.

Δραστηριότητα

Τα δύο συστήματα που φαίνονται στις εικόνες α, β, μπορούν να θεωρηθούν μονωμένα;

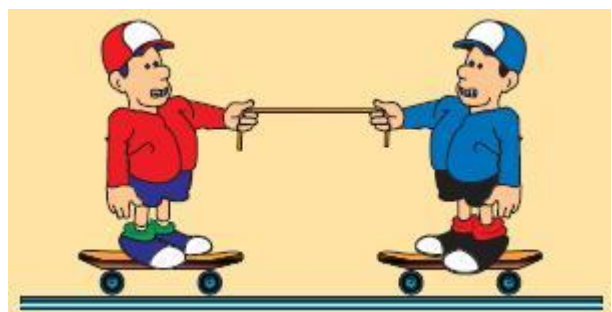
Να εξηγήσετε την άποψή σας.

Το ελατήριο είναι συσπειρωμένο και τα αμαξάκια συγκρατούνται με ένα σκοινί.



(α)

Και τα δυο παιδιά τραβούν προς το μέρος τους το σκοινί



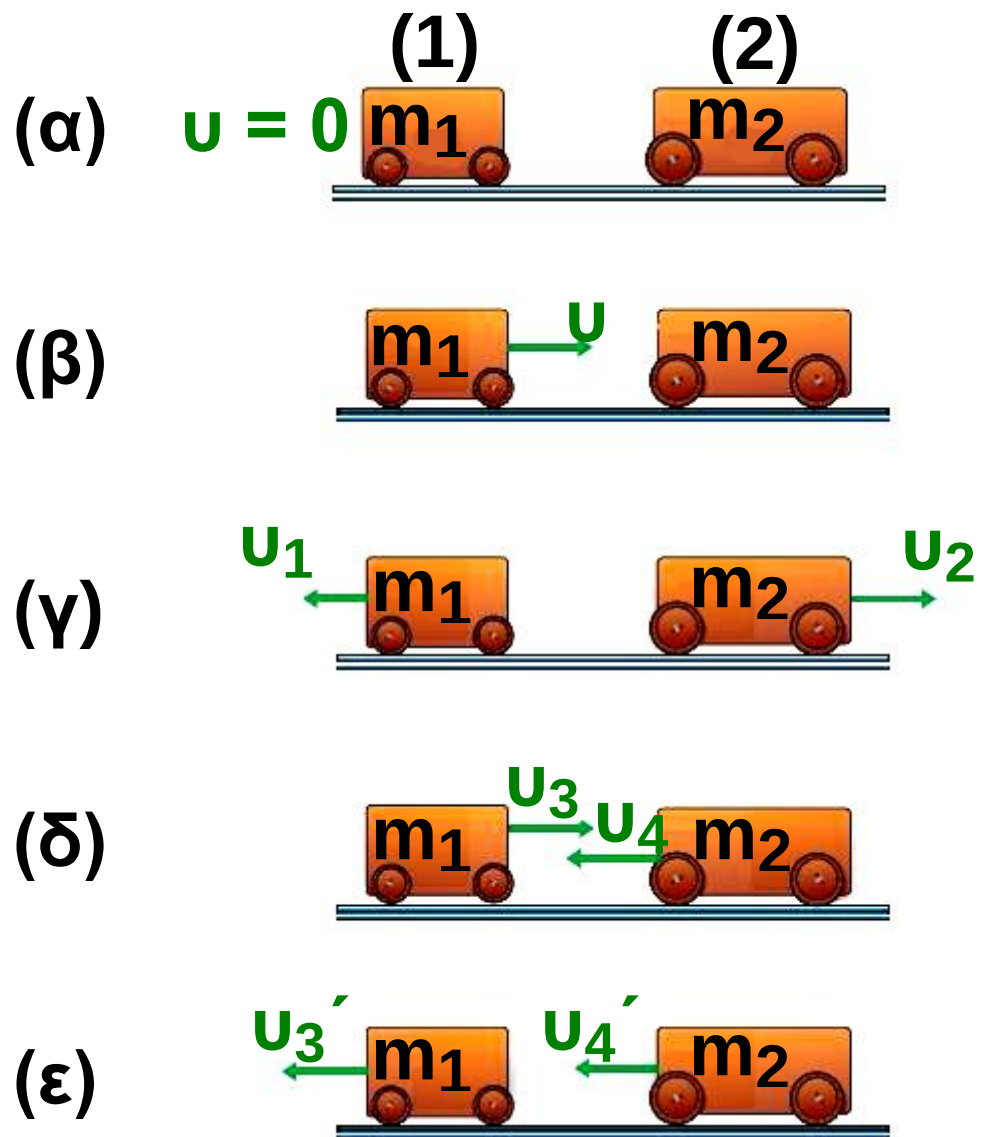
(β)

Πρέπει να τονίσουμε ότι στη φύση δεν υπάρχουν μονωμένα συστήματα. Μπορούμε όμως να θεωρήσουμε ένα σύστημα μονωμένο κάνοντας προσεγγίσεις στις οποίες θεωρούμε αμελητέες διάφορες εξωτερικές δυνάμεις.

Για παράδειγμα στο σύστημα που μελετήσαμε δεχθήκαμε ότι δεν υπάρχουν τριβές και αγνοήσαμε την αντίσταση του αέρα.

2.1.2 Το φαινόμενο της κρούσης

Ας θεωρήσουμε το μονωμένο σύστημα της εικόνας 2.1.9α. Το αμαξάκι (1) έχει μάζα m_1 , το αμαξάκι (2) έχει μάζα m_2 και γνωρίζουμε ότι $m_1 < m_2$. Αν σπρώξουμε το πρώτο αμαξάκι, αυτό θα αρχίσει να κινείται (Εικ. 2.1.9β). Στη συνέχεια θα χτυπήσει το δεύτερο και μετά τα δύο



Εικόνα 2.1.9

Οι ταχύτητες πριν από την κρούση (β), (δ). Οι ταχύτητες μετά την κρούση (γ), (ε), έχουν αλλάξει.

αμαξάκια θα κινούνται έστω σε αντίθετες κατευθύνσεις με διαφορετικές ταχύτητες (Εικ. 2.1.9γ). Μπορούμε

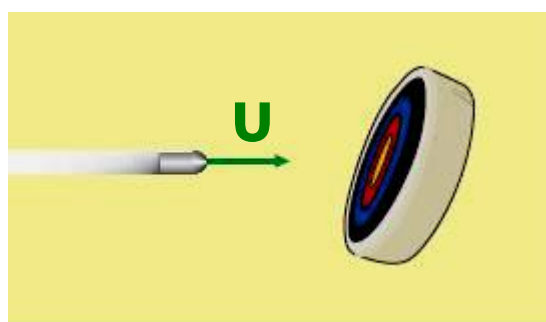
να σπρώξουμε ταυτόχρονα τα δύο αμαξάκια, ώστε αυτά να πλησιάσουν το ένα το άλλο (Εικ. 2.1.9δ). Ανάλογα με τις ταχύτητες που θα δώσουμε μπορεί να προκύψουν μετά τη σύγκρουση διάφορα αποτελέσματα, όπως για παράδειγμα να κινούνται όπως φαίνεται στην εικόνα 2.1.9ε.

Οι παραπάνω περιπτώσεις ανήκουν σε μια γενικότερη κατηγορία φαινομένων τα οποία ονομάζονται φαινόμενα κρούσης. Στην κατηγορία αυτή υπάγονται φαινόμενα όπως η σύγκρουση δύο αυτοκινήτων (Εικ. 2.1.10), το σφήνωμα του βλήματος στο στόχο (Εικ. 2.1.11), κ.ά. Υπάρχουν ακόμα φαινόμενα, όπως η σύγκρουση των σφαιρών του μπιλιάρδου (Εικ. 2.1.12), ο βομβαρδισμός των πυρήνων των

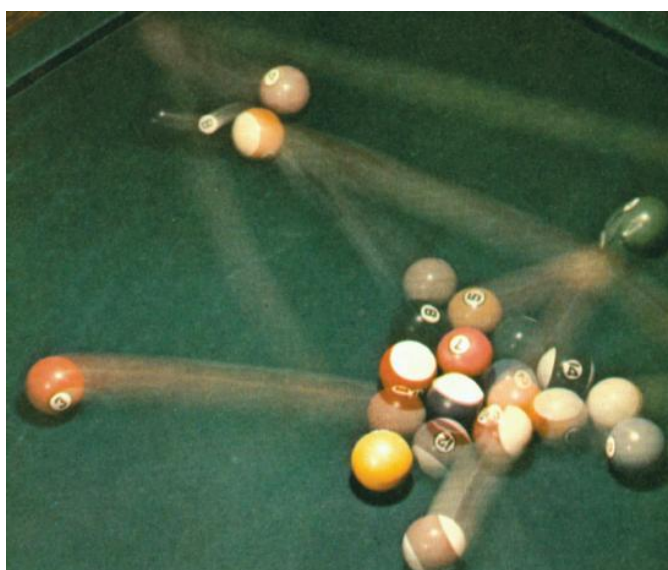


Εικόνα 2.1.10

ατόμων με σωματίδια, όπως τα πρωτόνια, κ.τ.λ.



Εικόνα 2.1.11



Εικόνα 2.1.12

Μπορούμε όμως να περιγράψουμε όλα αυτά τα φαινόμενα με έναν απλό και ενιαίο τρόπο; Η απάντηση είναι καταφατική και στηρίζεται στην έννοια του συστήματος. Πράγματι, σε όλες τις περιπτώσεις:

α) τα σώματα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους,

β) μπορούμε να θεωρήσουμε ότι αποτελούν ένα μονωμένο σύστημα.

Ακόμα και στην περίπτωση των αυτοκινήτων (Εικ. 2.1.10) στην οποία οι εξωτερικές δυνάμεις δεν έχουν συνισταμένη μηδέν, επειδή υπάρχουν τριβές, οι δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά τη σύγκρουση είναι τόσο μεγάλες ώστε μπορούμε να αγνοήσουμε όλες τις εξωτερικές δυνάμεις. Δηλαδή να θεωρούμε το σύστημα μονωμένο.

2.1.3 Η έννοια της ορμής

Η μελέτη του φαινομένου της κρούσης και η περιγραφή του με τη βοήθεια κατάλληλα επινοημένων μεγεθών, απασχόλησε τους επιστήμονες πολύ πριν από την εποχή του Νεύτωνα. Το αποτέλεσμα ήταν να καταλήξουν, περί τα τέλη του 17ου αιώνα, στην εισαγωγή ενός νέου φυσικού μεγέθους που σήμερα χαρακτηρίζεται με το όνομα ορμή. Το ερώτημα που προέκυπτε κάθε φορά που μελετούσαν μια σύγκρουση ήταν: το φαινόμενο θα είναι άραγε πιο έντονο αν τα συγκρουόμενα σώματα έχουν μεγάλη μάζα, ή μεγάλη ταχύτητα;

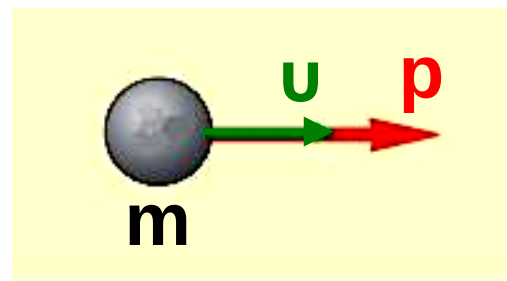
Η απάντηση στην οποία κατέληγαν και που σήμερα και εμείς επιβεβαιώνουμε με την καθημερινή μας εμπειρία ήταν πως το αποτέλεσμα

της κρούσης επηρεάζεται τόσο από τη μάζα, όσο και από την ταχύτητα των συγκρουόμενων σωμάτων.

Έτσι ορίζουμε την ορμή p ενός σώματος ως το φυσικό μέγεθος που η τιμή του εξαρτάται από τη μάζα και την ταχύτητα του σώματος. Συγκεκριμένα είναι:

$$\vec{p} = m \vec{u} \quad (2.1.1)$$

Η ορμή, όπως προκύπτει από τη σχέση (2.1.1), είναι μέγεθος διανυσματικό που έχει κατεύθυνση την κατεύθυνση της ταχύτητας του σώματος και η τιμή του είναι:



$$p = m u.$$

Η μονάδα μέτρησής της στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων S.I. είναι το 1kgm/s .

Όπως ήδη έχουμε αναφέρει, η σημασία της έννοιας της ορμής είναι πολύ μεγάλη για τη Φυσική, αφού με αυτήν μπορούμε να μελετήσουμε φαινόμενα κρούσης. Ωστόσο, πολλές φορές χρησιμοποιούμε την έννοια της ορμής για να μελετήσουμε εξίσου καλά μια κίνηση.

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

Συζητήστε στην ομάδα σας αν αληθεύει αυτός ο ισχυρισμός.

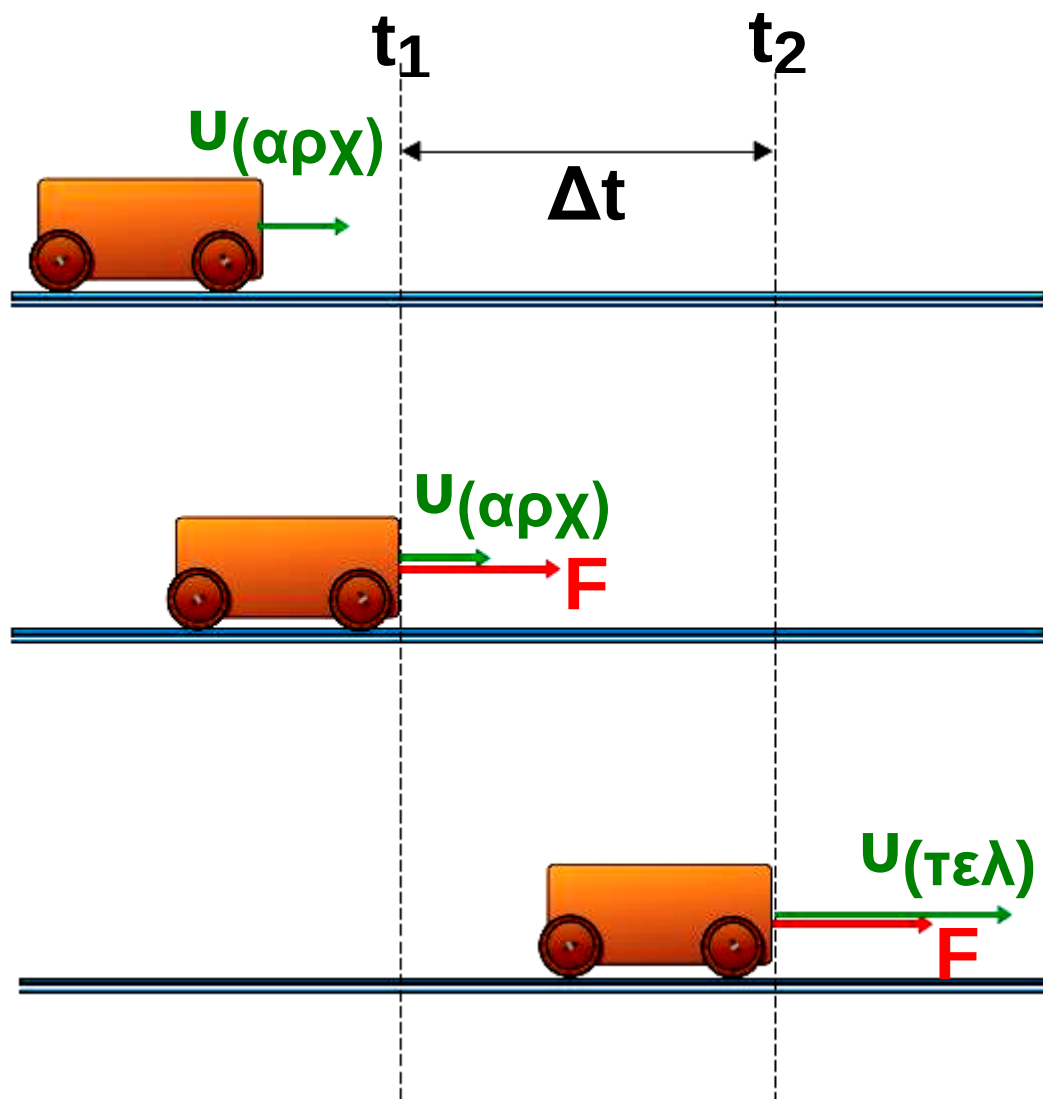
Όπως θα δούμε στις επόμενες παραγράφους, η περιγραφή της κρούσης με τη βοήθεια της έννοιας της ορμής, πλεονεκτεί της περιγραφής με τη βοήθεια της έννοιας της

ταχύτητας, γιατί η ορμή ως φυσικό μέγεθος διατηρείται.

Η ιδιότητα αυτή της ορμής είναι πολύ χρήσιμη, αφού μας επιτρέπει να κάνουμε προβλέψεις και να καταλήγουμε σε συμπεράσματα που αφορούν στην κίνηση ενός σώματος ή ενός συστήματος, χωρίς να χρειάζεται ο κουραστικός υπολογισμός όλων των λεπτομερειών της κίνησης.

2.1.4 Η δύναμη και η μεταβολή της ορμής

Όπως είδαμε στην παράγραφο 2.1.2, κατά τη διάρκεια της κρούσης εμφανίζονται δυνάμεις μεγάλου μέτρου. Αυτές οι δυνάμεις προκαλούν τις αλλαγές στην ταχύτητα και την ορμή των σωμάτων που συγκρούονται.



Εικόνα 2.1.13

Η άσκηση της δύναμης F προκάλεσε την αύξηση της ταχύτητας από $U_{\alpha\rho\chi}$ σε $U_{\tau\epsilon\lambda}$ και συνεπώς αύξηση της ορμής του σώματος.

Συνεπώς πρέπει να αναζητήσουμε σχέση μεταξύ δύναμης και ορμής, εικόνα 2.1.13.

Μερικοί μαθητές θεωρούν την ορμή ενός σώματος παρόμοια έννοια με τη δύναμη που "έχει" το σώμα ή τη δύναμη που ασκείται στο σώμα.

Ποια είναι η δική σας άποψη;

Τη σχέση αυτή μπορούμε να τη βρούμε, αν συνδυάσουμε το θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

με τη σχέση $\vec{a} = \frac{\vec{u}_{\text{τελ}} - \vec{u}_{\text{αρχ}}}{\Delta t}$

που ορίζει την επιτάχυνση.

Αντικαθιστώντας στην πρώτη την τιμή της επιτάχυνσης από τη δεύτερη προκύπτει ότι:

$$\vec{F} = m \frac{\vec{u}_{\text{τελ}} - \vec{u}_{\text{αρχ}}}{\Delta t} \quad \text{ή}$$

$$\vec{F} = \frac{m\vec{u}_{\text{τελ}} - m\vec{u}_{\text{αρχ}}}{\Delta t}$$

Γνωρίζουμε όμως ότι το γινόμενο $m\vec{u}_{\text{τελ}}$ είναι η τελική ορμή $\vec{p}_{\text{τελ}}$ του σώματος και $m\vec{u}_{\text{αρχ}}$ η αρχική ορμή του $\vec{p}_{\text{αρχ}}$. Η παραπάνω σχέση γράφεται έτσι:

$$\vec{F} = \frac{\vec{p}_{\text{τελ}} - \vec{p}_{\text{αρχ}}}{\Delta t} \quad (2.1.2)$$

Στην περίπτωση που τα διανύσματα $\vec{p}_{\text{αρχ}}$ και $\vec{p}_{\text{τελ}}$ είναι συγγραμικά, η σχέση (2.1.2) γράφεται:

$$F = \frac{p_{\text{τελ}} - p_{\text{αρχ}}}{\Delta t} \quad (2.1.3)$$

Από τη σχέση (2.1.2) προκύπτει ότι η μεταβολή της ορμής ($\vec{p}_{\text{τελ}} - \vec{p}_{\text{αρχ}}$) διά του χρόνου Δt εντός του οποίου συμβαίνει αυτή, ισούται με τη δύναμη $\vec{F}$ που την προκαλεί.

Συνεπώς για να αλλάξει η ορμή ενός σώματος απαιτείται η άσκηση δύναμης.



Εικόνα 2.1.13

Ας εξετάσουμε το νόημα που έχει αυτό το συμπέρασμα μέσα από ένα παράδειγμα. Όλοι μας λέμε ότι στο ποδόσφαιρο για να αποκτήσει η μπάλα μεγάλη ταχύτητα και συνεπώς μεγάλη ορμή πρέπει να της δώσουμε μια "δυνατή κλωτσιά" (Εικ. 2.1.14). Τι σημαίνει όμως αυτό; Σημαίνει ότι πρέπει στη μπάλα να ασκηθεί μεγάλη δύναμη. Έτσι, όπως προκύπτει από τη σχέση

(2.1.3) όσο πιο μεγάλη είναι η δύναμη, τόσο πιο μεγάλη θα είναι η μεταβολή της ορμής της μπάλας. Θεωρώντας ότι η μπάλα ήταν αρχικά ακίνητη, προκύπτει ότι:

$$F = \frac{m\mathbf{u}}{\Delta t} = \frac{p_{\text{μπάλας}}}{\Delta t}$$

όπου $p_{\text{μπάλας}}$ είναι η ορμή της μπάλας και Δt η διάρκεια της επαφής του ποδιού με τη μπάλα. Συνεπώς η σχέση (2.1.3) περιγράφει ικανοποιητικά την εμπειρία μας. Ας εξετάσουμε την ακόλουθη περίπτωση.

Ένας ποδοσφαιριστής δίνει μια "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 χρησιμοποιώ-

ντας τη σχέση (2.1.3) να υπολογίσουμε τη δύναμη.

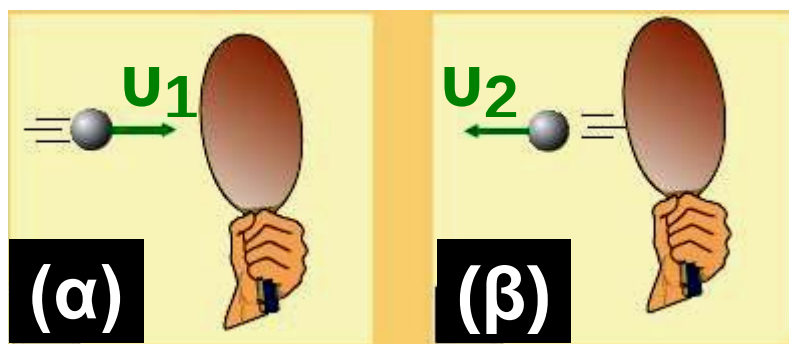
Αντικαθιστούμε τα παραπάνω δεδομένα και έχουμε:

$$F = \frac{0,425\text{kg} \cdot 23\text{m/s}}{0,008\text{s}} = 1.381,25\text{N}.$$

Για να εκτιμήσουμε το πόσο μεγάλη είναι αυτή η δύναμη μπορούμε να τη συγκρίνουμε με το βάρος του ποδοσφαιριστή. Αν δεχθούμε ότι η μάζα του ποδοσφαιριστή είναι 70kg, το βάρος του είναι $70\text{kg} \cdot 9,81\text{m/s}^2 = 686,7\text{N}$. Συγκρίνοντας τα μέτρα των δύο αυτών δυνάμεων προκύπτει ότι η δύναμη που άσκησε ο ποδοσφαιριστής στη μπάλα είναι περίπου διπλάσια από το βάρος του.

Δραστηριότητα 1

Ένα μπαλάκι του πινγκ - πονγκ προσπίπτει κάθετα πάνω στη ρακέτα με ταχύτητα u_1 και ανακλάται με ταχύτητα αντίθετης κατεύθυνσης u_2 . Αν γνωρίζουμε ότι το μπαλάκι έχει μάζα m μπορούμε με τη βοήθεια της σχέσης (2.1.3) να υπολογίσουμε τη δύναμη που ασκήθηκε. Δοκιμάστε διάφορα ζεύγη τιμών και συζητείστε τα αποτελέσματα που βρίσκετε. Η μάζα που έχει το μπαλάκι είναι 10g και το $\Delta t \approx 0,1\text{s}$.



Δραστηριότητα 2

Στις προηγούμενες παραγράφους μελετήσαμε την έννοια ορμής και τη σχέση της με τη δύναμη. Με τη βοήθεια των σχέσεων

$$p = mv \text{ και } F = \frac{\Delta p}{\Delta t} \text{ μπορούμε}$$

α) Να υπολογίσουμε, κατ' εκτίμηση, την ορμή που έχει ένα μικρό ή μεγάλο κινούμενο σώμα.

β) Να εκτιμήσουμε τη δύναμη που απαιτείται για να το σταματήσουμε.

Στον πίνακα της επόμενης σελίδας δίνονται κατ' εκτίμηση τιμές για τη μάζα και την ταχύτητα.

1) Χρησιμοποιώντας τα στοιχεία του πίνακα να υπολογίσετε την ορμή σε κάθε μια περίπτωση. Γράψτε το αποτέλεσμα στην πέμπτη στήλη του πίνακα.

A/A	Περιγραφή	Τιμές ταχύτητας	Τιμή μάζας	Τιμή ορμής
1	Αθλητής δρόμου 100m	$u = 10\text{m/s}$	$m = 80\text{kg}$	
2	Βλήμα πυροβό- λου όπλου	$u = 500\text{m/s}$	$m = 10\text{g}$	
3	Κουνούπι που πετάει	$u = 7\text{m/s}$	$m = 2\text{g}$	
4	Μόριο N_2 του ατμοσφαιρικού αέρα σε θερμο- κρασία 23°C	$u = 800\text{m/s}$	$m =$ $\frac{28}{6 \cdot 10^{23}} \text{g}$	

(2) Ποιο από τα σώματα με μήκος στην οριζόντια επιφάνεια είναι υδρόφοβο και ποιο όχι; ποιο είναι υδρόφιλο;

A/A	Περιγραφή	Τιμές	Τιμή	Τιμή
5	Περλάιοφορο πλίοιο (1m/h = 1.669km/h)	$v = 10 \text{ m/h}$	$m = 2 \cdot 10^8 \text{ kg}$	
6	Μπάλα ποδο- σφαίρου που κινείται	$v = 12 \text{ m/s}$	$m = 425 \text{ g}$	

3) Υποθέστε ότι όλα τα σώματα ακινητοποιούνται στο ίδιο χρονικό διάστημα Δt . Για ποιο απ' όλα απαιτείται μεγαλύτερη δύναμη;

4) Χρησιμοποιώντας τα στοιχεία του πίνακα και τα δικά σας αποτελέσματα, να ερμηνεύσετε τα εξής δεδομένα:

α) Ζώντας στην ατμόσφαιρα της Γης βομβαρδιζόμαστε διαρκώς από κινούμενα μόρια, αλλά δεν "αισθανόμαστε τίποτα".

β) Στους κλειστούς στίβους και συγκεκριμένα στο τέλος της διαδρομής των 100m υπάρχουν κατακόρυφοι τοίχοι καλυμμένοι με παχύ αφρώδες υλικό.

γ) Τα πλοία παθαίνουν μεγάλες ζημιές όταν συγκρούονται με την προβλήτα του λιμανιού, ακόμα και όταν κινούνται με μικρή ταχύτητα.

5) Γιατί μας τραυματίζει μια σφαίρα και όχι η μπάλα ποδοσφαίρου αν και έχουν περίπου ίσες ορμές;

2.1.5 Η αρχή διατήρησης της ορμής

Με τη βοήθεια της έννοιας της ορμής οι επιστήμονες απλοποίησαν τη μελέτη των πολύπλοκων φαινομένων της κρούσης και κατάληξαν στο ακόλουθο συμπέρασμα:

Η συνολική ορμή ενός μονωμένου συστήματος σωμάτων διατηρείται σταθερή.

Η πρόταση αυτή είναι άμεση συνέπεια του τρίτου νόμου του Νεύτωνα σύμφωνα με τον οποίο η δράση είναι ίση με την αντίδραση.

Ας θεωρήσουμε δυο σώματα που αλληλεπιδρούν. Εφ' όσον οι

δυνάμεις που ασκούνται σ' αυτά είναι αντίθετες, θα ισχύει

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \quad \text{ή} \quad m_1 \frac{\Delta \vec{u}_1}{\Delta t} = -m_2 \frac{\Delta \vec{u}_2}{\Delta t} .$$

Όμως ο χρόνος αλληλεπίδρασης Δt είναι ίδιος και για τα δύο σώματα και κατά συνέπεια $m_1 \Delta \vec{u}_1 = -m_2 \Delta \vec{u}_2$.

Συνεπώς για τις μεταβολές της ορμής θα ισχύει:

$$\Delta \vec{p}_1 = -\Delta \vec{p}_2 \quad \text{ή} \quad \Delta \vec{p}_1 + \Delta \vec{p}_2 = 0.$$

Εφ' όσον όμως το άθροισμα των μεταβολών των ορμών είναι μηδέν, έπεται ότι το άθροισμα των ορμών των σωμάτων του συστήματος δεν μεταβάλλεται, διότι από την προηγούμενη σχέση προκύπτει:

$$\vec{p}_{1(\text{τελ})} + \vec{p}_{2(\text{τελ})} = \vec{p}_{1(\text{αρχ})} + \vec{p}_{2(\text{αρχ})} \quad \text{ή}$$

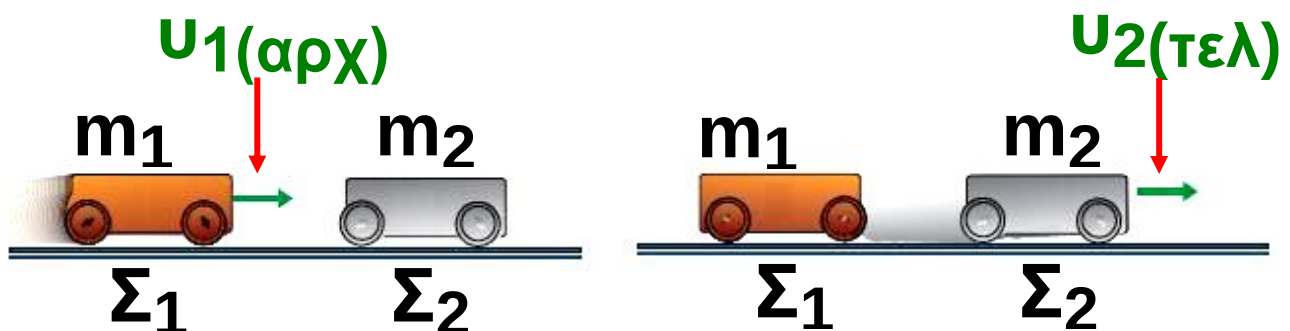
$$\vec{p}_{\text{ολ}(\text{τελ})} = \vec{p}_{\text{ολ}(\text{αρχ})} \quad (2.1.4)$$

Δηλαδή η ορμή του συστήματος είναι σταθερή.

Εφαρμογή

Τα αμαξάκια Σ_1 και Σ_2 τα οποία φαίνονται στην εικόνα έχουν ίσες μάζες και μπορεί να κινηθούν χωρίς τριβές. Θέτουμε σε κίνηση το αμαξάκι Σ_1 το οποίο φτάνει στο Σ_2 με ταχύτητα u_1 .

Μετά τη σύγκρουση παρατηρούμε το αμαξάκι Σ_1 να ακινητοποιείται, ενώ το Σ_2 να αποκτά ταχύτητα u_2 .



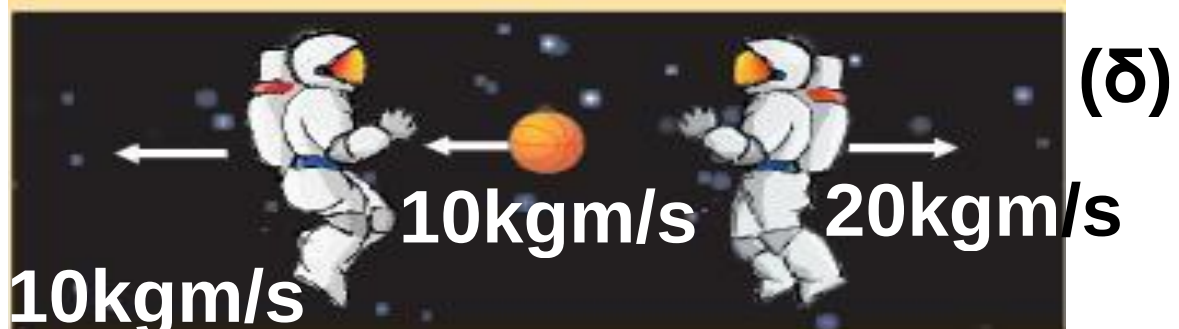
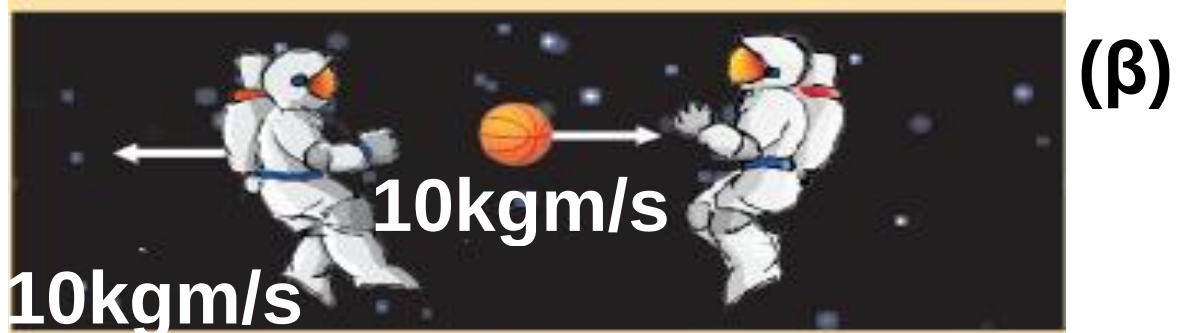
Όπως προκύπτει από τη σχέση $\vec{p}_{1(\text{τελ})} + \vec{p}_{2(\text{τελ})} = \vec{p}_{1(\text{αρχ})} + \vec{p}_{2(\text{αρχ})}$ η ταχύτητα u_2 είναι ίση με την ταχύτητα u_1 , δηλαδή τα δύο αμαξάκια αντάλλαξαν τις ταχύτητές τους.

Τα πορίσματα που προκύπτουν αν εφαρμόσουμε τη διατήρηση της ορμής για την κίνηση των σωμάτων που συγκρούονται, έχουν ελεγχθεί πειραματικά πάρα πολλές φορές, ώστε σήμερα δεν υπάρχει καμμία αμφιβολία για την εγκυρότητά τους. Έτσι η διατήρηση της ορμής έχει αναβαθμιστεί στη σκέψη των επιστημόνων και ονομάζεται **Αρχή διατήρησης της ορμής. Η αρχή αυτή δεν περιορίζεται σε απλές περιπτώσεις, όπως αυτή που εξετάσαμε στο παράδειγμα, αλλά επεκτείνεται και σε περιοχές όπως η Πυρηνική Φυσική, όπου πυρήνες βομβαρδίζονται με σωμάτια όπως τα πρωτόνια ή τα νετρόνια.**

Στη Φυσική ισχύουν και άλλες αρχές όπως π.χ. η αρχή διατήρησης της ενέργειας, του ηλεκτρικού φορτίου, κ.τ.λ.

Δραστηριότητα 1

Δύο αστροναύτες βρίσκονται στο διάστημα και σε μια περιοχή όπου η βαρυτική έλξη από τα γειτονικά ουράνια σώματα είναι αμελητέα.



Οι αστροναύτες αποφάσισαν να παίξουν μπάλα. Έτσι ο αστροναύτης Α πετάει στον αστροναύτη Β μια μπάλα δίνοντάς της ορμή $p = 10\text{kg} \cdot \text{m/s}$. Το ίδιο κάνει και ο αστροναύτης Β όταν φτάσει η μπάλα σ' αυτόν. Στην εικόνα έχουν σχεδιαστεί τα διανύσματα των ορμών που αποκτούν οι αστροναύτες.

I) Χρησιμοποιώντας τις τιμές της ορμής που αναγράφονται στην εικόνα να δείξετε ότι η ολική ορμή του συστήματος αστροναύτες-μπάλα παραμένει σταθερή σε όλα τα στιγμιότυπα.

II) Να εξηγήσετε γιατί στο στιγμιότυπο (δ) ο αστροναύτης Α έχει ορμή $10\text{kg} \cdot \text{m/s}$ και ο Β $20\text{kg} \cdot \text{m/s}$.

III) Ποια θα είναι η ορμή του Α όταν πετάξει τη μπάλα στο Β με ορμή $10\text{kg} \cdot \text{m/s}$, μετά το στιγμιότυπο (δ);

Δραστηριότητα 2

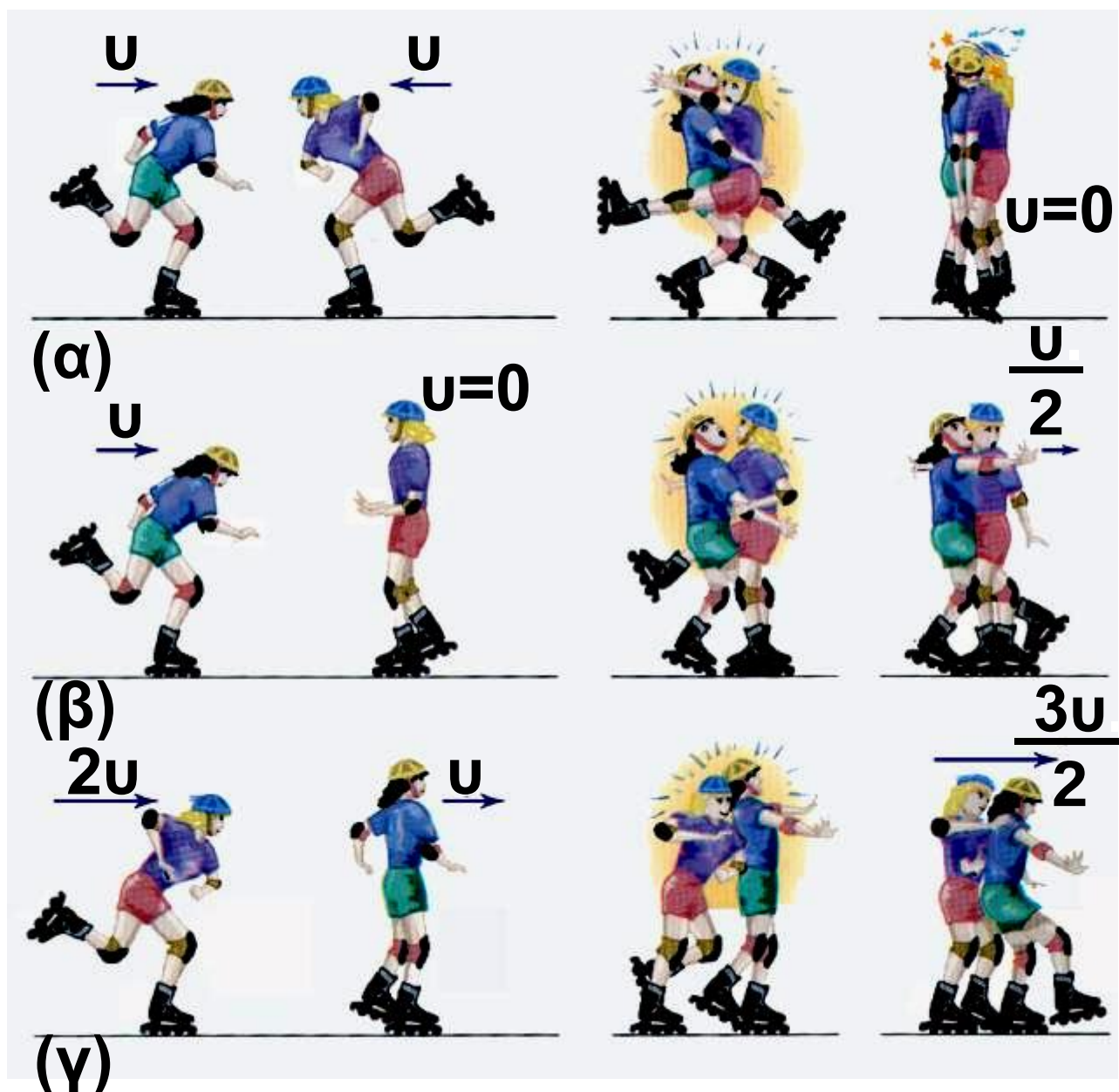
Δυο μαθητές αποφάσισαν να ελέγξουν τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την αρχή διατήρησης της ορμής.

Χρησιμοποιώντας τα πατίνια τους κινήθηκαν πάνω σε μια οριζόντια πίστα και δοκίμασαν τρεις συνδυασμούς κρούσεων. Ένας φίλος τους με τη βοήθεια ειδικού οργάνου μέτρησε τις ταχύτητες τους σε κάθε περίπτωση. Οι ταχύτητες αναγράφονται δίπλα από τον καθένα τους πριν και μετά την κρούση. Επίσης ζυγίστηκαν με όλο τον εξοπλισμό τους και βρήκαν ότι έχουν ίσες μάζες.

Κατόπιν συζήτησαν για να δουν αν επαλήθευσαν την αρχή διατήρησης της ορμής.

Εσείς τι νομίζετε ότι θα συμπέρα-
ναν;

Να αιτιολογήσετε αναλυτικά την
άποψή σας.



2.1.6 Μεγέθη που δε διατηρούνται στην κρούση

Το πειραματικό γεγονός της διατήρησης της ορμής μας κάνει να διερωτηθούμε εάν και άλλα μεγέθη όπως για παράδειγμα η κινητική ενέργεια, διατηρούνται κατά την κρούση. Ας μελετήσουμε το εξής παράδειγμα:

Έστω δυο αμαξάκια μαζών m_1 και m_2 με ταχύτητες $u_1 \neq 0$ και $u_2 = 0$, αντίστοιχα (Εικ. 2.1.15). Κατά την κρούση το καρφί που υπάρχει στο αμαξάκι (1) σφηνώνεται στο αμαξάκι (2) και τα δύο κινούνται ως ένα σώμα με μάζα που είναι $(m_1 + m_2)$ και ταχύτητα V . Η κρούση αυτή ονομάζεται πλαστική.

Εφαρμόζοντας την αρχή διατήρησης της ορμής έχουμε:

$$m_1 u_1 = (m_1 + m_2) V \quad (1)$$



Εικόνα 2.1.15

Η πλαστική κρούση δύο αμαξιδίων.

Από την σχέση (1) επειδή $m_1 < m_1 + m_2$ έπεται ότι θα πρέπει:

$$u_1 > V \quad (2)$$

Πολλαπλασιάζοντας κατά μέλη τις σχέσεις (1), (2) και διαιρώντας το γινόμενό τους δια 2 προκύπτει:

$$\frac{1}{2} m_1 u_1^2 > \frac{1}{2} (m_1 + m_2) V^2 \quad (3)$$

Το πρώτο μέλος της παραπάνω σχέσης είναι η αρχική κινητική ενέργεια που έχουν τα αμαξάκια και το δεύτερο η τελική. Η σχέση (3) μας επιτρέπει να συμπεράνουμε ότι

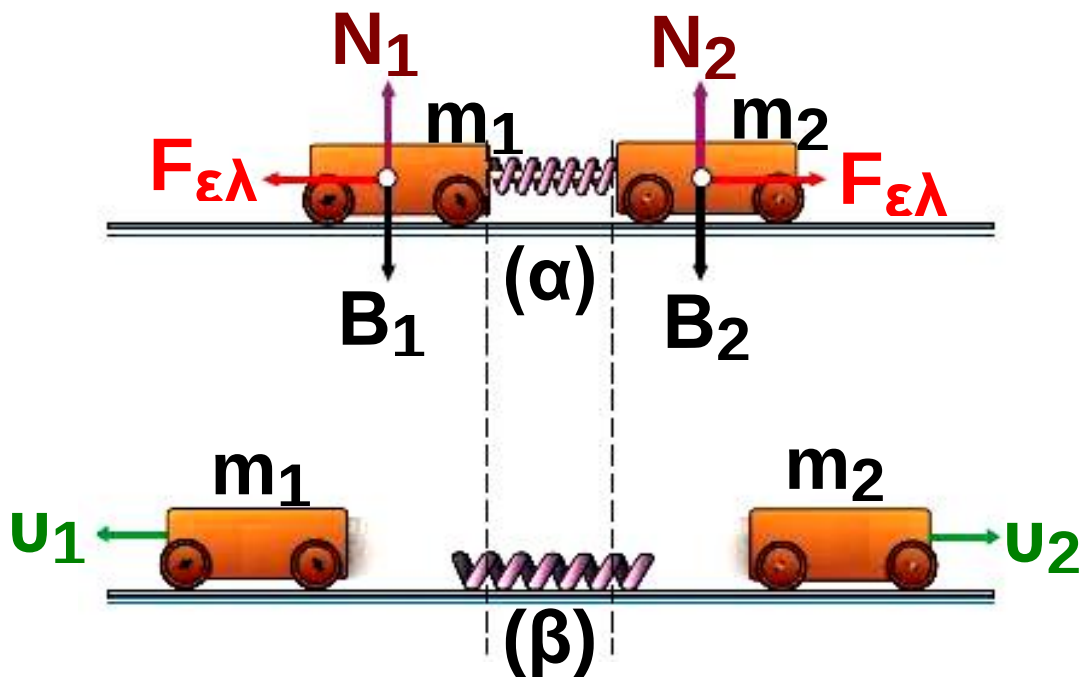
η κινητική ενέργεια του συστήματος (τα δύο αμαξάκια) μειώθηκε κατά την κρούση. Δηλαδή η κινητική ενέργεια του συστήματος δεν διατηρείται.

2.1.7 Εφαρμογές της διατήρησης της ορμής

1) Σύστημα ελατήριο-μάζα.

Ας θεωρήσουμε το σύστημα με τα δυο αμαξάκια που φαίνονται στην εικόνα 2.1.16α. Αυτά κινούνται χωρίς τριβές πάνω στο οριζόντιο δάπεδο. Αρχικά το ελατήριο που βρίσκεται μεταξύ τους είναι συμπιεσμένο, επειδή αυτά συγκρατούνται με ένα λεπτό νήμα. Αν εξετάσουμε τις δυνάμεις που ασκούνται στα αμαξάκια θα συμπεράνουμε ότι αποτελούν ένα μονωμένο σύστημα διότι οι εξωτερικές δυνάμεις (βάρος,

αντίδραση) έχουν συνισταμένη μη-δέν.



Εικόνα 2.1.16

Συνεπώς στο σύστημα η ορμή θα διατηρείται, δηλαδή

$$\vec{p}_{ολ(τελ)} = \vec{p}_{ολ(αρχ)} \quad \text{ή}$$

$$\vec{p}_{1(αρχ)} + \vec{p}_{2(αρχ)} = \vec{p}_{1(τελ)} + \vec{p}_{2(τελ)} \quad (1)$$

Τι θα συμβεί αν με ένα ψαλίδι κόψουμε το νήμα; Όπως φαίνεται στην εικόνα 2.1.16β, τα αμαξάκια θα κινηθούν σε αντίθετες κατευθύνσεις με ταχύτητες u_1 και u_2 αντίστοιχα.

Επειδή κινούνται στην ίδια ευθεία τα διανύσματα της ορμής έχουν αντίθετη κατεύθυνση.

Άρα η διανυσματική σχέση (1) γίνεται αλγεβρική. Αν μάλιστα επιλέξουμε την προς τα δεξιά κατεύθυνση ως θετική, η σχέση αυτή γράφεται:

$$0 + 0 = -m_1u_1 + m_2u_2 \quad \text{ή}$$

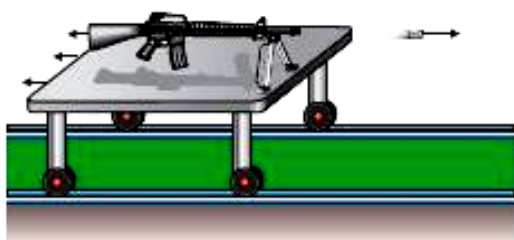
$$m_1u_1 = m_2u_2 \quad (2)$$

Από τη σχέση (2) μπορούμε να συμπεράνουμε ότι μετά την απελευθέρωση των σωμάτων, τα αμαξίδια αποκτούν αντίθετες ορμές, ώστε η συνολική ορμή να είναι ίση με την αρχική, δηλαδή ίση με μηδέν.

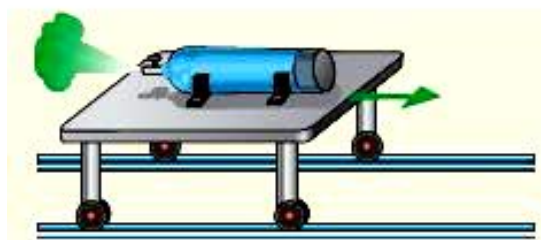
2) Η αρχή της κίνησης των πυραύλων

Την αρχή διατήρησης της ορμής μπορούμε να τη χρησιμοποιήσουμε

προκειμένου να ερμηνεύσουμε την κίνηση των πυραύλων. Ας θεωρήσουμε το αυτόματο όπλο που βρίσκεται πάνω σε ένα βαγόνι το οποίο μπορεί να κινηθεί χωρίς τριβές πάνω σε οριζόντιες σιδηροτροχιές (Εικ. 2.1.17).



Εικόνα 2.1.17



Εικόνα 2.1.18

Αν εκτοξευθεί ένα βλήμα, το όλο σύστημα θα κινηθεί σε αντίθετη κατεύθυνση, ώστε η αρχικά μηδενική ορμή του συστήματος να διατηρηθεί. Αν ενεργοποιήσουμε το μηχανισμό της συνεχούς εκτόξευσης βλημάτων το βαγόνι με το όπλο θα αρχίσει να κινείται με ταχύτητα που συνεχώς αυξάνεται. Τι νομίζετε ότι

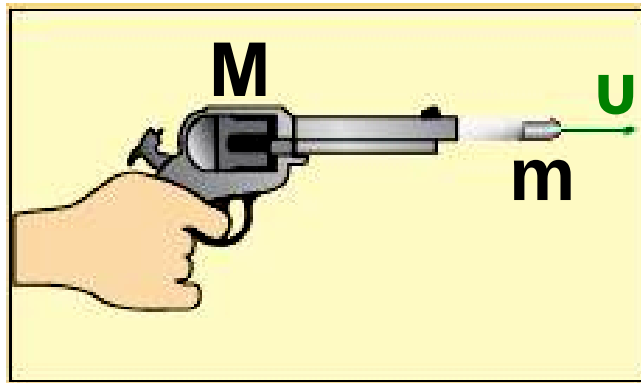
θα συμβεί αν πάνω στο βαγόνι, αντί για το όπλο τοποθετήσουμε μια φιάλη που περιέχει αέρα υπό πίεση και ανοίξουμε τη στρόφιγγα; Σε αναλογία με το πυροβόλο όπλο μπορούμε να πούμε ότι το σύστημα βαγόνι - φιάλη επιταχύνεται επειδή "μοριακές σφαίρες" εκτοξεύονται σε αντίθετη κατεύθυνση (Εικ. 2.1.18).

Τα παραδείγματα αυτά μας βοηθούν να κατανοήσουμε τον τρόπο με τον οποίο κινούνται οι πύραυλοι. Πρέπει όμως να επισημάνουμε, ότι τα αέρια που εξέρχονται από το ακροφύσιο του πυραύλου δεν είναι αποθηκευμένα υπό πίεση μέσα σ' αυτόν αλλά προέρχονται από την καύση ειδικού μίγματος.

Δραστηριότητα 1

Το πιστόλι μάζας M που φαίνεται στην εικόνα εκπυρσοκροτεί και

εκτοξεύει βλήμα μάζας m με ταχύτητα u .



1. Μπορείτε να εφαρμόσετε σ' αυτήν την περίπτωση την αρχή διατήρησης της ορμής;

2. Σχετικά με την εκपुरσοκρότηση των όπλων υπάρχει η έκφραση "ανάκρουση όπλου". Τι νομίζετε ότι σημαίνει;

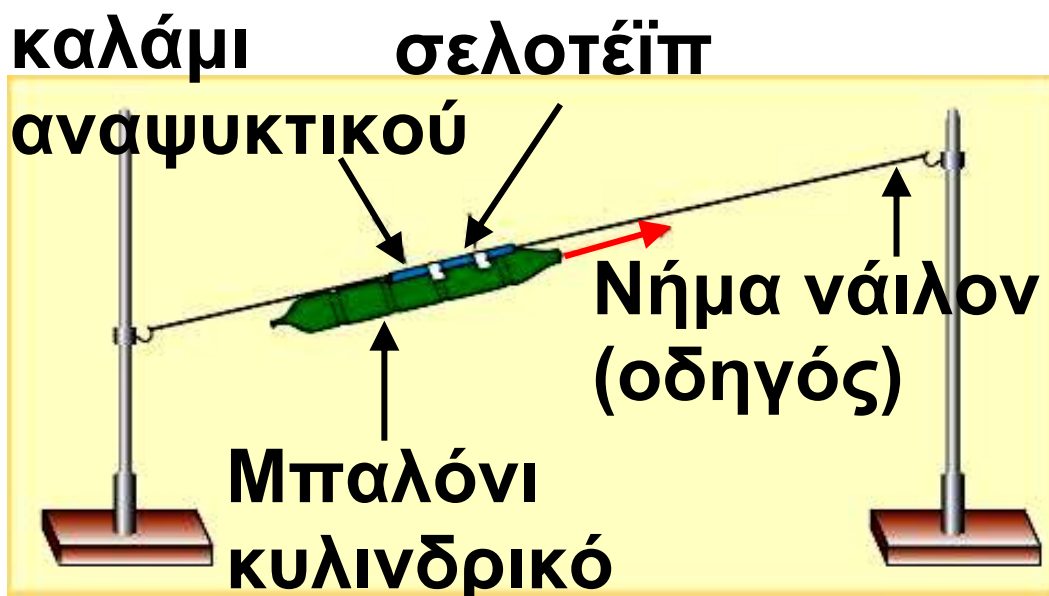
3. Μπορείτε να υπολογίσετε την ταχύτητα ανάκρουσης του πιστολιού;

Συζητήστε στην ομάδα σας προκειμένου να απαντήσετε στις παραπάνω ερωτήσεις.

Δραστηριότητα 2

Αρχή λειτουργίας του πυραύλου.

1. Φουσκώστε ένα μπαλόνι (κατά προτίμηση κυλινδρικό) και δέστε το στόμιο του.
2. Πραγματοποιήστε τη διάταξη της εικόνας στερεώνοντας το καλαμάκι επάνω στο μπαλόνι με σελοτέϊπ. Το μήκος του νήματος να είναι 3 έως 4m.



3. Φέρετε το μπαλόνι κοντά στο ένα άκρο του νήματος. Λύστε το στόμιο

του μπαλονιού και αφήστε το ελεύθερο. Τι παρατηρείτε;

4. Να ερμηνεύσετε την κίνηση του μπαλονιού - πυραύλου με βάση την αρχή διατήρησης της ορμής.

5. Να ερμηνεύσετε την προώθηση ενός πλοίου και ενός ελικοφόρου αεροπλάνου.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο κεφάλαιο αυτό εισάγονται δύο νέες έννοιες στην περιγραφή του φαινομένου της κίνησης και γενικότερα στην περιγραφή της φύσης. Η μία είναι η έννοια της ορμής και η άλλη η έννοια του συστήματος

των σωμάτων. Δύο σώματα αλληλεπιδρούν όταν ασκούν μεταξύ τους δυνάμεις. Δύο ή περισσότερα σώματα που αλληλεπιδρούν αποτελούν σύστημα. Σε ένα σύστημα σωμάτων διακρίνουμε δύο είδη δυνάμεων:

α) αυτές που προέρχονται αποκλειστικά από τα σώματα που αποτελούν το σύστημα και τις οποίες ονομάζουμε εσωτερικές, και

β) αυτές που προέρχονται από άλλα σώματα εκτός του συστήματος και οι οποίες ονομάζονται εξωτερικές.

Τα φαινόμενα όπως η σύγκρουση δύο αυτοκινήτων, το σφήνωμα του βλήματος στον στόχο, ο βομβαρδισμός των πυρήνων των ατόμων με σωματίδια όπως τα πρωτόνια, κ.λπ., υπάγονται σε μία γενικότερη κατηγορία και ονομάζονται

φαινόμενα κρούσης. Κατά τη διάρκεια τους αναπτύσσονται πολύ μεγάλες δυνάμεις αλληλεπίδρασης και αυτό μας επιτρέπει να θεωρούμε τα συστήματα πρακτικά μονωμένα. Η αλλαγή της κινητικής κατάστασης ενός σώματος μπορεί να περιγραφεί με το διανυσματικό μέγεθος που ονομάζουμε ορμή $\vec{p}$. Η ορμή δίνεται από τη σχέση $\vec{p} = m\vec{u}$ και έχει κατεύθυνση την κατεύθυνση της ταχύτητας του σώματος. Η δύναμη που προκαλεί τη μεταβολή της ορμής δίνεται από τη σχέση:

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \frac{\vec{p}_{\text{τελ}} - \vec{p}_{\text{αρχ}}}{\Delta t}$$

η οποία αποτελεί και τη γενικότερη διατύπωση του δεύτερου νόμου του Νεύτωνα. Σε ένα μονωμένο σύστημα η ορμή διατηρείται σταθερή, ή όπως λέμε ισχύει η αρχή διατήρη-

σης της ορμής. Η αρχή διατήρησης της ορμής διατυπώνεται ως εξής:

$$\vec{P}_{ολ(αρχ)} = \vec{P}_{ολ(τελ)}$$

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Να δώσετε την έννοια του συστήματος σωμάτων και να εξηγήσετε τι σημαίνει ο όρος μονωμένο σύστημα.

2. Η μονάδα μέτρησης της ορμής στο Διεθνές Σύστημα (S.I.) είναι:

A. $1\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

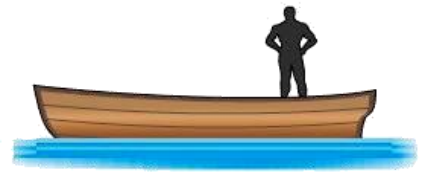
B. $1\text{N}\cdot\text{s}$

Γ. $1\text{kg} \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Δ. $1 \frac{\text{N}\cdot\text{m}}{\text{s}}$

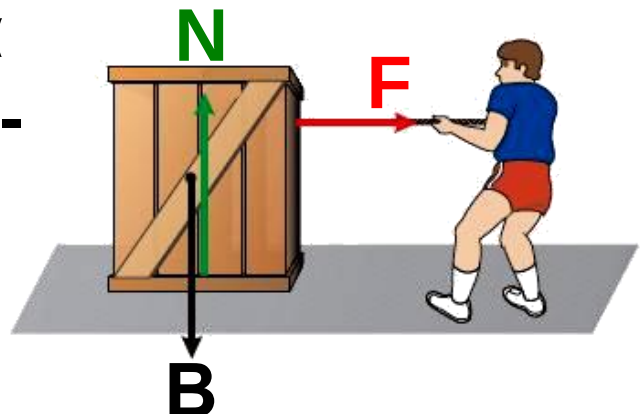
3. Πάνω στην ακίνητη βάρκα βρίσκεται ένας άνθρωπος, όπως φαίνεται στην εικόνα της επόμενης σελίδας.

A. Να σχεδιάσετε όλες τις δυνάμεις για το σύστημα βάρκα-άνθρωπος.



B. Ποιες από τις δυνάμεις αυτές, είναι εξωτερικές και ποιες είναι εσωτερικές.

4. Ένας μαθητής τραβάει προς το μέρος του το κιβώτιο, με τη βοήθεια ενός σχοινιού. Να ελέγξετε την ορθότητα των παρακάτω προτάσεων.



A. Η δύναμη F που ασκεί ο μαθητής, είναι εσωτερική δύναμη για το σύστημα μαθητής - κιβώτιο - Γη.

B. Η δύναμη F είναι εξωτερική δύναμη για το σύστημα κιβώτιο - Γη.

Γ. Το βάρος του κιβωτίου, είναι εσωτερική δύναμη για το σύστημα μαθητής - κιβώτιο.

Δ. Το βάρος του κιβωτίου, είναι εξωτερική δύναμη για το σύστημα μαθητής - κιβώτιο - Γη.

5. Ένας ψαράς έχει πιασμένο στην λεπτή πετονιά του, ένα μεγάλο ψάρι, το οποίο έχει πάψει να αντιστέκεται. Αν τραβήξει την πετονιά απότομα, αυτή, μάλλον θα σπάσει, ενώ αν τραβήξει σιγά - σιγά θα αντέξει. Μπορείτε να εξηγήσετε γιατί;

6. Ένας μαθητής πέφτει με άνεση από μία βάρκα στη θάλασσα. Όταν όμως ο ίδιος μαθητής πέφτει στη θάλασσα από μία εξέδρα ύψους αρκετών μέτρων, η πρόσκρουση στο νερό είναι τόσο δυνατή, ώστε το αποτέλεσμα να είναι δυσάρεστο. Ποια νομίζετε ότι είναι η εξήγηση;

***7. Κάποιος ισχυρίζεται ότι είναι δυνατόν κάποια στιγμή που η ορμή ενός σώματος είναι μηδέν, ο ρυθμός μεταβολής της να είναι διάφορος του μηδενός. Αν συμφωνείτε να δώσετε ένα παράδειγμα.**

8. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και γιατί:

A. Ένα σύστημα δύο σωμάτων μπορεί να έχει μηδενική ορμή ακόμη και αν τα σώματα κινούνται.

B. Η έλξη που ασκεί η Γη στη Σελήνη δεν είναι εσωτερική δύναμη του συστήματος, γιατί προκαλεί την περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη.

Γ. Δύο σώματα με διαφορετικές μάζες έχουν πάντα διαφορετικές ορμές.

Δ. Δύο ίσες δυνάμεις που ασκούνται σε δύο σώματα με διαφορε-

τικές ορμές, προκαλούν στο ίδιο χρόνο ίσες μεταβολές στην ορμή των σωμάτων.

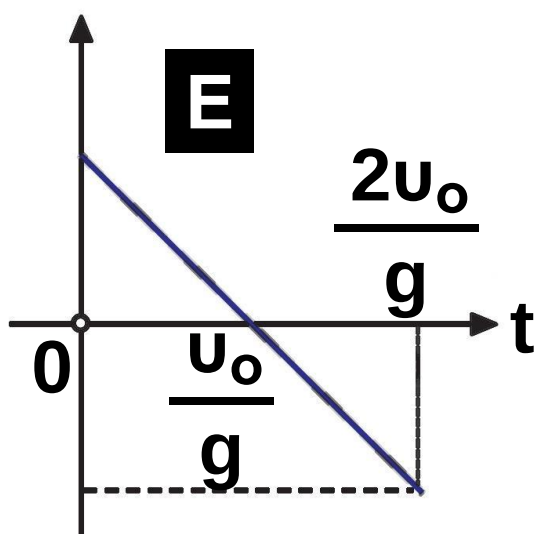
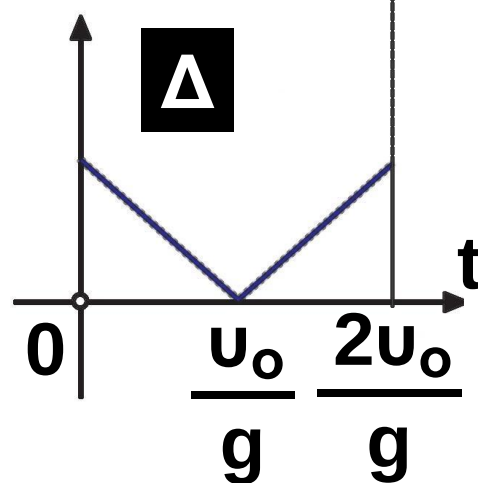
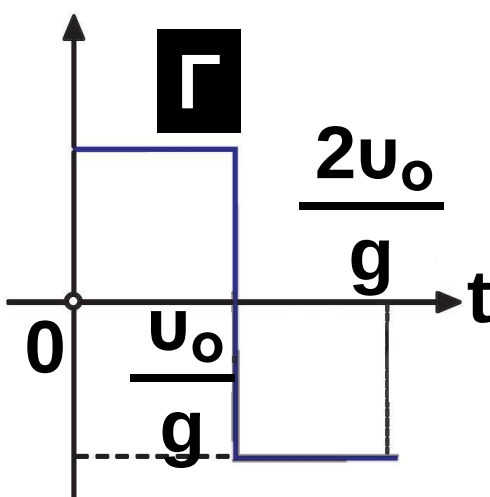
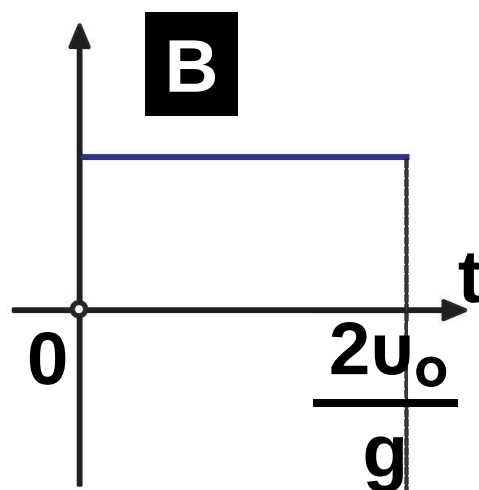
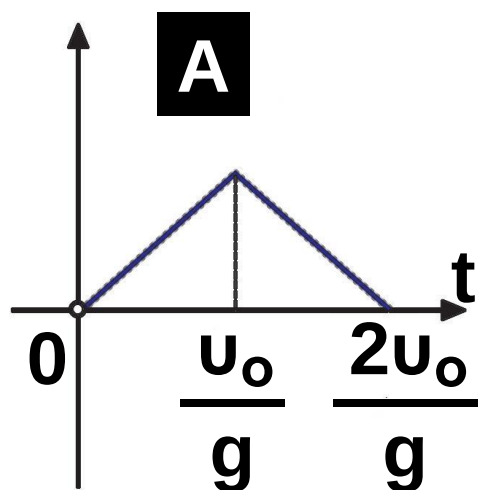
9. Ένας μαθητής ρίχνει κατακόρυφα προς τα πάνω μία μπάλα, η οποία επιστρέφει στο χέρι του με ταχύτητα ίδιου μέτρου. Ο μαθητής θεωρεί, ότι στην περίπτωση αυτή παραβιάζεται ο θεμελιώδης νόμος του Νεύτωνα επειδή θεωρεί τη μεταβολή της ορμής της μπάλας μηδέν.

Ποια είναι η δική σας άποψη;

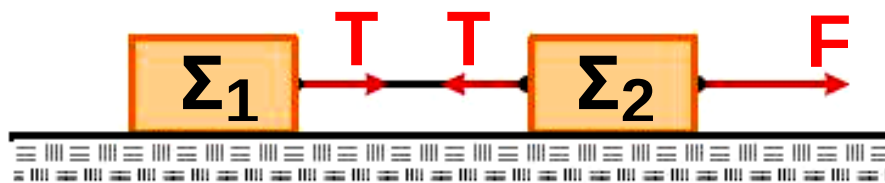
10. Ένα σώμα ρίχνεται κατακόρυφα προς τα πάνω με αρχική ταχύτητα u_0 και κινείται μόνο με την επίδραση του βάρους του. Το σώμα φτάνει στο μέγιστο ύψος σε χρόνο

$\frac{u_0}{g}$. Ποιο από τα παρακάτω δια-

γράμματα αντιστοιχεί στη συνάρτηση $p = f(t)$ και ποιο στη $\frac{\Delta p}{\Delta t} = f(t)$;



11. Στο σύστημα των δύο σωμάτων Σ_1 και Σ_2 , που έχουν ίδια μάζα m , ασκούμε σταθερή οριζόντια δύναμη F και το κινούμε στο λείο οριζόντιο επίπεδο.



Ποια ή ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και γιατί:

A. Το σύστημα $\Sigma_1 - \Sigma_2$ δεν είναι μονωμένο.

B. Ο ρυθμός μεταβολής της ορμής του σώματος Σ_1 είναι μικρότερος, από τον αντίστοιχο ρυθμό μεταβολής του σώματος Σ_2 .

Γ. Οι ρυθμοί μεταβολής της ορμής και για τα δύο σώματα είναι ίσοι.

Δ. Για τις δυνάμεις που δέχονται τα δύο σώματα ισχύει: $F-T=T$.

12. Ένα σώμα εκτοξεύεται κατακόρυφα προς τα πάνω και όταν φτάνει στο μέγιστο ύψος διασπάται σε δύο κομμάτια m_1 και m_2 . Αν το m_1 αμέσως μετά τη διάσπαση έχει οριζόντια ταχύτητα u_1 , να βρείτε την κατεύθυνση και την τιμή της ταχύτητας u_2 που έχει το κομμάτι m_2 αμέσως μετά τη διάσπαση. Υποθέτουμε ότι κατά τη διάσπαση ισχύει η αρχή διατήρησης της ορμής.

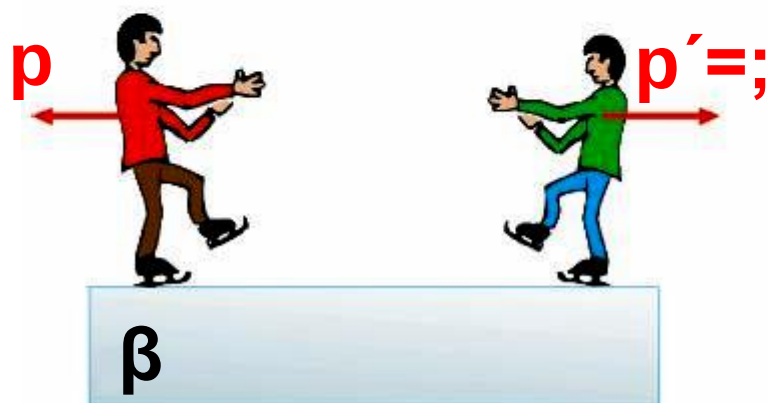
13. Δύο παγοδρόμοι Α και Β έχουν μάζα m και $0,9 m$ αντίστοιχα και στέκονται ακίνητοι ο ένας απέναντι στον άλλο. Κάποια στιγμή ο πρώτος σπρώχνει το δεύτερο με αποτέλεσμα να κινηθούν απομακρυνόμενοι.

Αν η ορμή που αποκτά ο πρώτος παγοδρόμος είναι p , η ορμή του δεύτερου θα είναι:

A. p
B. $0,9p$

Γ. $-p$
Δ. $-0,9p$

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.



14. Υποθέστε ότι ένα ακίνητο βλήμα διασπάται σε δύο κομμάτια m και $2m$.

Ποια ή ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και γιατί:

A. Τα δύο κομμάτια αποκτούν ίσες ορμές.

B. Τα δύο κομμάτια αποκτούν αντίθετες ταχύτητες.

Γ. Τα δύο κομμάτια αποκτούν αντίθετες ορμές.

Δ. Το κομμάτι μάζας $2m$ αποκτά διπλάσια ορμή από την ορμή του κομματιού μάζας m .

Ε. Οι ταχύτητες για κάθε κομμάτι είναι αντίθετης κατεύθυνσης και διαφορετικής τιμής.

15. Ένα σώμα που έχει ορμή p συγκρούεται πλαστικά με ακίνητο σώμα διπλάσιας μάζας. Να εξετάσετε ποια ή ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές:

A. Το συσσωμάτωμα αμέσως μετά την κρούση έχει ορμή p .

B. Η ορμή του αρχικά κινούμενου σώματος ελαττώνεται κατά $p/2$.

Γ. Η ορμή του αρχικά ακίνητου σώματος αυξάνει κατά $2p/3$.

16. Σε μια μετωπική σύγκρουση δυο αυτοκινήτων, που έχουν μάζες m και $M=2m$, δημιουργείται συσσω-

μάτωμα που παραμένει ακίνητο στο σημείο της σύγκρουσης. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και γιατί;

A. Το αυτοκίνητο μάζας M είχε διπλάσια ταχύτητα από το αυτοκίνητο μάζας m .

B. Τα αυτοκίνητα πριν τη σύγκρουση είχαν ίσες ορμές.

Γ. Η ορμή του συστήματος πριν τη σύγκρουση ήταν ίση με μηδέν.

Δ. Τα αυτοκίνητα έχουν αντίθετες μεταβολές στην ορμή τους.

17. Μπαλάκι του πινγκ-πονγκ πέφτει κάθετα πάνω σε ακίνητη ρακέτα. Η ταχύτητα πρόσπτωσης έχει μεγαλύτερη τιμή από την ταχύτητα απομάκρυνσης.

Ποια από τις προτάσεις της επόμενης σελίδας είναι σωστή και γιατί;

A. Η δύναμη που προκάλεσε την αλλαγή στην ορμή έχει τιμή $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$ όπου Δt η χρονική διάρκεια επαφής με την ρακέτα.

B. Η κατεύθυνση της δύναμης που προκάλεσε την αλλαγή της ορμής είναι ίδια με της ταχύτητας πρόσπτωσης.

Γ. Η κατεύθυνση της δύναμης που προκάλεσε την αλλαγή της ορμής είναι ίδια με της ταχύτητας απομάκρυνσης.

18. Οι αθλητές του καράτε δίνουν απότομα και "κοφτά" κτυπήματα και πετυχαίνουν να σπάσουν στερεά σώματα όπως τούβλα, καδρόνια, κ.τ.λ. Νομίζετε ότι αυτό σχετίζεται με την σχέση $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$;

19. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις που αναφέρονται στην έννοια της ορμής και τη διατήρησή της είναι σωστές;

A. Η ορμή δεν είναι διάνυσμα.

B. Η διατήρηση της ορμής ισχύει μόνο στις κρούσεις σωμάτων.

Γ. Η διατήρηση της ορμής ισχύει σε κάθε μονωμένο σύστημα σωμάτων.

Δ. Η διατήρηση της ορμής ισχύει πάντοτε στις κρούσεις σωμάτων.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Πόση είναι η ορμή ενός λεωφορείου μάζας $m=2.500\text{kg}$ που κινείται με ταχύτητα $v=72\text{km/h}$;

2. Πόση είναι η δύναμη που επιβραδύνει ένα Boeing 747, αν αυτό αγγίζει το διάδρομο προσγείωσης με ταχύτητα $v=216\text{km/h}$ και ακινητοποιείται μετά από χρόνο $t=120\text{s}$; (Η μάζα του Boeing είναι περίπου 10^5kg)

3. Ένας ποδοσφαιριστής κτυπάει μια ακίνητη μπάλα και αυτή αποκτά ταχύτητα 24m/s . Αν η μπάλα έχει μάζα $0,5\text{kg}$ και η διάρκεια της επαφής του ποδιού του ποδοσφαιριστή με τη μπάλα είναι $0,03\text{s}$, ποια

είναι η μέση τιμή δύναμης που ασκήθηκε στην μπάλα;

**4. Ένας αλεξιπτωτιστής εγκαταλείπει το ελικόπτερο και πέφτει με το αλεξίπτωτό του να μην έχει ανοίξει ακόμη. Αν η συνολική του μάζα είναι $m = 90\text{kg}$, ποιος νομίζετε ότι είναι ο ρυθμός μεταβολής της ορμής του; Πόση ταχύτητα θα αποκτήσει ο αλεξιπτωτιστής μετά από ένα δευτερόλεπτο;
Δίνεται: $g = 10\text{m/s}^2$.**

5. Μια μπάλα μάζας $0,5\text{kg}$ αφήνεται να πέσει από τέτοιο ύψος, ώστε να φτάσει στο δάπεδο με ταχύτητα $u_1=30\text{m/s}$. Η μπάλα αναπηδά κατακόρυφα με ταχύτητα $u_2 = 10\text{m/s}$, αφού μείνει σ' επαφή με το δάπεδο για χρόνο $\Delta t=0,25\text{s}$. Να βρείτε:

A. Τη μεταβολή της ορμής της μπάλας κατά τη διάρκεια Δt .

B. Τη μέση δύναμη που δέχθηκε η μπάλα.

Δίνεται: $g = 10\text{m/s}^2$.

6. Ένα σπορ αυτοκίνητο Maserati ξεκινάει από την ηρεμία και αποκτά, κινούμενο σε οριζόντιο δρόμο, ταχύτητα 90km/h σε χρόνο $t=5\text{s}$. Αν η μάζα του αυτοκινήτου είναι 1.600kg να βρείτε:

A. Τη μεταβολή της ορμής του αυτοκινήτου.

B. Τη δύναμη που μπορεί να προκαλέσει μια τέτοια μεταβολή ορμής στο χρόνο αυτό.

7. Κατά τη διάρκεια μιας καταιγίδας πέφτουν κάθετα σ' ένα υπόστεγο 500 σταγόνες βροχής ανά δευτερόλεπτο με μέση ταχύτητα 17m/s . Οι

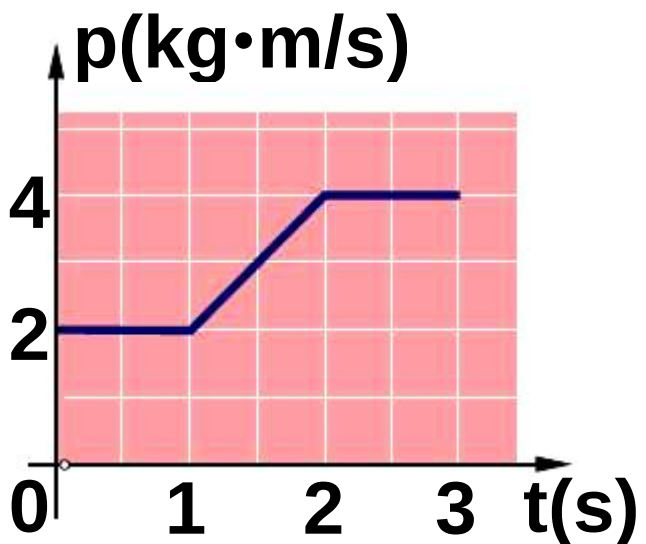
σταγόνες, που έχουν μέση μάζα $3 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$, δεν αναπηδούν κατά την πτώση τους στο υπόστεγο, και γλιστρούν χωρίς να συσσωρεύονται σ' αυτό.

A. Πόση είναι η μεταβολή της ορμής κάθε σταγόνας καθώς πέφτει στο υπόστεγο;

B. Πόση είναι η μέση δύναμη που προκαλείται από τις σταγόνες της βροχής στο υπόστεγο;

8. Η ορμή ενός σώματος μάζας $m=1\text{kg}$ μεταβάλλεται όπως φαίνεται στην εικόνα. Η αρχική και η τελική ορμή έχουν την ίδια κατεύθυνση.

A. Πόση είναι η ελάχιστη και πόση είναι η μέγιστη ταχύτητα του σώματος;



B. Να παραστήσετε γραφικά τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο σώμα σε συνάρτηση με το χρόνο.

9. Ένα βαρύ κιβώτιο μάζας 200kg, ωθείται από έναν εργάτη πάνω σε οριζόντιο δάπεδο με το οποίο το κιβώτιο έχει συντελεστή τριβής ολίσθησης $\mu=0,1$. Ο εργάτης ασκώντας στο αρχικά ακίνητο κιβώτιο οριζόντια μέση δύναμη $F=500\text{N}$, το μετακινεί για χρόνο $t=4\text{s}$. Πόση νομίζετε ότι θα είναι τότε η ταχύτητα του κιβωτίου; Δίνεται: $g = 10\text{m/s}^2$.

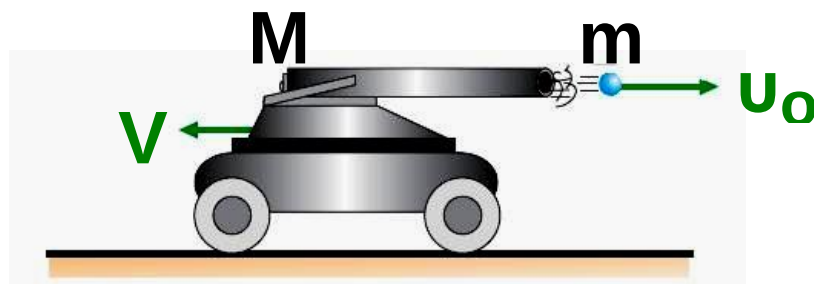
10. Ένα μπαλάκι του τένις μάζας $m=100\text{g}$ πέφτει με οριζόντια ταχύτητα $u_1=10\text{m/s}$ σε κατακόρυφο τοίχο και ανακλάται με επίσης οριζόντια ταχύτητα $u_2=8\text{m/s}$. Να βρείτε:

A. Την ορμή που έχει το μπαλάκι πριν και μετά την επαφή του με τον τοίχο.

B. Τη μεταβολή της ορμής του, λόγω της σύγκρουσης με τον τοίχο.

Γ. Τη μέση δύναμη που δέχθηκε το μπαλάκι από τον τοίχο, αν η επαφή διαρκεί χρόνο $\Delta t = 0,1s$.

***11. Από ακίνητο πυροβόλο, του οποίου η μάζα είναι $M = 1.000kg$, εκτοξεύεται βλήμα μάζας $m=1kg$ με οριζόντια ταχύτητα $u_0 = 1.000m/s$.**



A. Πόση ταχύτητα αποκτά το πυροβόλο μετά την εκपुरσοκρότηση;

B. Αν το πυροβόλο έχει με το δάπεδο συντελεστή τριβής ολίσθησης $\mu=0,05$, για πόσο χρόνο θα κινηθεί;

***12. Δύο σώματα $m_1 = 2\text{kg}$ και $m_2 = 4\text{kg}$ κινούνται πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο με ταχύτητες $u_1 = 10\text{m/s}$ και $u_2 = 6\text{m/s}$ αντίστοιχα. Α. Να βρείτε την ορμή του συστήματος m_1 - m_2 , στην περίπτωση που οι ταχύτητες των σωμάτων έχουν ίδια κατεύθυνση και στην περίπτωση που η κατεύθυνση των ταχυτήτων είναι αντίθετη.**

Β. Υποθέστε, πως ενώ τα σώματα κινούνται με ταχύτητες αντίθετης κατεύθυνσης, συγκρούονται πλαστικά. Ποια νομίζετε ότι θα είναι η ταχύτητα του συσσωματώματος μετά τη σύγκρουση;

13. Ένα βλήμα μάζας $m_1 = 100\text{g}$, κινείται με οριζόντια ταχύτητα $u_1 = 400\text{m/s}$ και διαπερνά ένα ακίνητο κιβώτιο μάζας $m_2 = 2\text{kg}$, που βρί-

σκεται πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο. Αν το βλήμα βγαίνει από το κιβώτιο με ταχύτητα $u_1' = 100 \text{ m/s}$ σε χρόνο $\Delta t = 0,1 \text{ s}$ να βρείτε:

A. Την ταχύτητα που αποκτά το κιβώτιο.

B. Τη μέση οριζόντια δύναμη που ασκεί το βλήμα στο κιβώτιο.

***14.** Ένας πύραυλος συνολικής μάζας $M = 1.000 \text{ kg}$ κινείται κατακόρυφα απομακρυνόμενος από τη Γη. Κάποια στιγμή και ενώ η ταχύτητά του είναι $u = 500 \text{ m/s}$, ο πύραυλος διαχωρίζεται σε δύο κομμάτια. Το ένα κομμάτι έχει μάζα $m_1 = 800 \text{ kg}$ και η ταχύτητά του αμέσως μετά τη διάσπαση είναι $u_1 = 1.000 \text{ m/s}$, ίδιας κατεύθυνσης με αυτήν της ταχύτητας u .

Να βρείτε την ταχύτητα που έχει το άλλο κομμάτι αμέσως μετά τη διάσπαση.

15. Ένας μικρός μαθητής μάζας $m = 60\text{kg}$, ταξιδεύει με αυτοκίνητο που κινείται με ταχύτητα $v=72\text{km/h}$. Ο μαθητής, υπακούοντας στον κώδικα οδικής κυκλοφορίας, φοράει ζώνη ασφαλείας. Το αυτοκίνητο που έχει συνολικά μάζα $M=1.200\text{kg}$, συγκρούεται μετωπικά και πλαστικά με άλλο αυτοκίνητο που κινείται αντιθέτως, με αποτέλεσμα και τα δύο να ακινητοποιηθούν σε χρόνο $t = 0,12\text{s}$. Να βρείτε:

A. Την ορμή του δεύτερου αυτοκινήτου πριν τη σύγκρουση.

B. Τη δύναμη που δέχτηκε ο μαθητής από τη ζώνη ασφαλείας. Να συγκρίνετε αυτή τη δύναμη με το βάρος του μαθητή.

16. Ένα όχημα μάζας 2.000kg συγκρούεται πλαστικά με ένα όχημα μάζας 1.000kg το οποίο είναι ακίνητο και με λυμένο το χειρόφρενο. Τα δύο οχήματα κινούνται, μετά τη σύγκρουση, ως ένα σώμα με ταχύτητα 4m/s .

A. Ποια ήταν η ταχύτητα του οχήματος των 2.000kg πριν τη σύγκρουση;

B. Ποια η μεταβολή της ορμής του οχήματος των 1.000kg ;

Γ. Ποια η μεταβολή της ορμής του οχήματος των 2.000kg ;

***17.** Δύο σώματα με μάζες $m_1 = 0,4\text{kg}$ και $m_2 = 0,6\text{kg}$, κινούνται πάνω σε οριζόντιο επίπεδο με το οποίο έχουν συντελεστή τριβής ολίσθησης $\mu=0,2$. Τα σώματα κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις και συγκρούονται πλαστικά έχοντας κατά

τη στιγμή της σύγκρουσης ταχύτητες $u_1 = 20\text{m/s}$ και $u_2 = 5\text{m/s}$ αντίστοιχα. Να υπολογίσετε:

A. Την ταχύτητα του συσσωματώματος αμέσως μετά την κρούση.

B. Την απώλεια στην κινητική ενέργεια του συστήματος λόγω της κρούσης.

Γ. Το διάστημα που θα διανύσει μετά την κρούση το συσσωμάτωμα ($g = 10\text{m/s}^2$).

Περιεχόμενα 5ου τόμου

1.4 Βαρύτητα

(συνέχεια από τον 4ο τόμο)

1.4.5 Φαινομενική έλλειψη βάρους..
..... 7

Ένθετο: Οι παλίρροιες..... 14

Ένθετο: Η παλιρροιακή κίνηση
των νερών του Ευρίπου 24

Ένθετο: Η ιστορική εξέλιξη των
θεωριών της βαρύτητας 29

Ένθετο: Εξερεύνηση του
διαστήματος..... 35

Περίληψη..... 46

Ερωτήσεις, Ασκήσεις -

Προβλήματα..... 50

2.1 Διατήρηση της ορμής

69

2.1.1 Η έννοια του συστήματος. Εσωτερικές και εξωτερικές δυνάμεις	71
2.1.2 Το φαινόμενο της κρούσης	84
2.1.3 Η έννοια της ορμής	89
2.1.4 Η δύναμη και η μεταβολή της ορμής	92
2.1.5 Η αρχή διατήρησης της ορμής.....	104
2.1.6 Μεγέθη που δε διατηρούνται στην κρούση	112
2.1.7 Εφαρμογές της διατήρησης της ορμής	114
Περίληψη.....	121
Ερωτήσεις, Ασκήσεις - Προβλήματα.....	124

Με απόφαση της Ελληνικής Κυβέρνησης τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου και του Λυκείου τυπώνονται από τον Οργανισμό Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν βιβλιόσημο προς απόδειξη της γνησιότητάς τους. Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δε φέρει βιβλιόσημο, θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7, του Νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946, 108, Α').



***Απαγορεύεται η αναπαραγωγή
οποιουδήποτε τμήματος αυτού του
βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα
(copyright), ή η χρήση του σε
οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή
άδεια του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.***