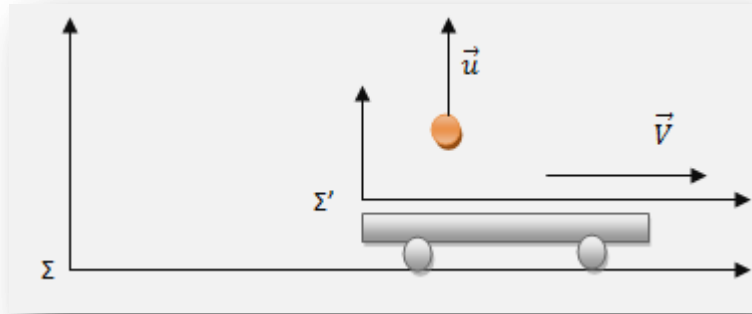


## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ

5.10 Ένας άνθρωπος που είναι ακίνητος μέσα σε τρένο το οποίο κινείται με σταθερή οριζόντια ταχύτητα, ρίχνει κατακόρυφα προς τα πάνω ένα μικρό αντικείμενο. Περιγράψτε την τροχιά του σώματος όπως την αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος που το έριξε και όπως την αντιλαμβάνεται ένας ακίνητος παρατηρητής που βρίσκεται στο σταθμό.

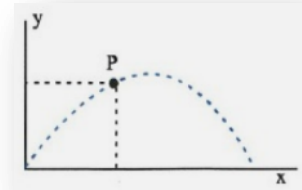


Ο αδρανειακός παρατηρητής Σ' λέει ότι το σώμα θα κάνει κατακόρυφη –προς τα άνω– βολή, αφού νιώθει ακίνητος και αναγνωρίζει στο σώμα μόνο την  $\vec{u}$ .

Ο παρατηρητής όμως Σ –σύμφωνα με τους μετασχηματισμούς του Γαλιλαίου – λέει :

$$\vec{u}_\Sigma = \vec{V} + \vec{u} ,$$

δηλαδή αναγνωρίζει δυο συνιστώσεις ταχύτητας. Μια κατακόρυφη και μια οριζόντια. Έτσι το σώμα θα κάνει πλάγια βολή (κατακόρυφη ομαλά επιταχυνόμενη και οριζόντια ευθύγραμμη ομαλή) και επομένως θα δει μια καμπύλη τροχιά για το σώμα.



5.11 Εάν θεωρήσουμε τη Γη αδρανειακό σύστημα ποια από τα παρακάτω συστήματα αναφοράς είναι επίσης αδρανειακά;

- Ένα τρένο που κινείται ευθύγραμμη ομαλά
- Ένας δίσκος που περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα γύρω από άξονα που περνάει από το κέντρο του.
- Ένας ανελκυστήρας που κάνει ελεύθερη πτώση.
- Η Σελήνη.

(α) Αφού το τρένο έχει σταθερή ταχύτητα (διανυσματικά) ως προς το αδρανειακό σύστημα Γη, είναι επίσης αδρανειακό.

(β) Όχι, ο δίσκος αφού περιστρέφεται εμφανίζεται κεντρομόλος επιτάχυνση.

(γ) Όχι! Ο ανελκυστήρας κινείται με επιτάχυνση g

(δ) Η Σελήνη περιφέρεται γύρω από τη Γη σε κυκλική τροχιά. Επομένως η ταχύτητά της ως προς τη Γη, δεν είναι διανυσματικά σταθερή, οπότε δεν μπορεί είναι αδρανειακό σύστημα.

5.12 Αδρανειακό σύστημα ονομάζεται το σύστημα αναφοράς στο οποίο

α) ένα σώμα φαίνεται ακίνητο.

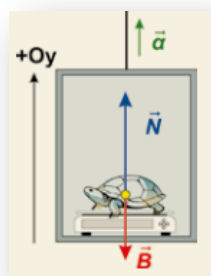
β) η κίνηση του σώματος περιγράφεται με τον πιο απλό τρόπο.

γ) κάθε σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο σύστημα αναφοράς.

δ) ισχύει ο πρώτος νόμος του Newton.

Επιλέξτε το σωστό.

Εξ ορισμού απαντάμε ότι : Αδρανειακό σημαίνει ότι ισχύει ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα. Μπορούμε να αναφέρουμε παραδείγματα, στα οποία οι άλλες επιλογές μας οδηγούν σε μη αδρανειακό.



(α) Στη διπλανή εικόνα, η χελώνα ισορροπεί, αλλά ο πρώτος νόμος του Νεύτωνα δεν ισχύει!

(γ) Στην περίπτωση του ερωτήματος 5.10, οι αδρανειακοί παρατηρητές  $\Sigma'$  και  $\Sigma$  δεν βλέπουν σταθερή ταχύτητα για το σώμα. Στα αδρανειακά συστήματα **επιβάλλεται** να συμβαίνει ισορροπία όταν  $\Sigma F=0$ .

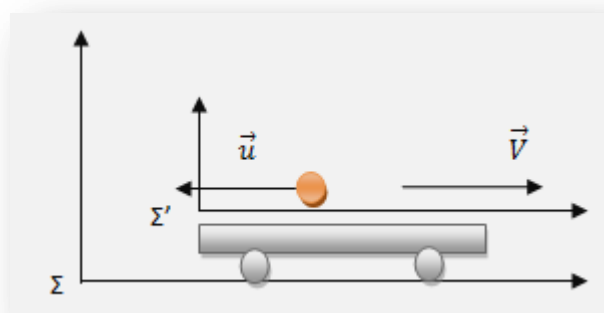
5.13 Ένα τρένο κινείται με ταχύτητα  $\mathbf{u}$ . Ένας επιβάτης κινείται από το πρώτο προς το τελευταίο βαγόνι του τρένου με ταχύτητα  $\mathbf{u}$ , ως προς το τρένο. Τι ταχύτητα έχει ο επιβάτης ως προς το έδαφος;

Σύμφωνα με τον Γαλιλαίο έχουμε...

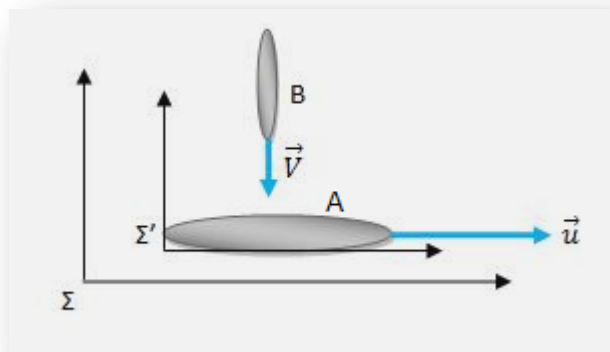
$$\vec{u}_{\Sigma} = \vec{V} + \vec{u}$$

Κι επειδή οι ταχύτητες  $\vec{u}$  και  $\vec{V}$  είναι αντίθετες, προκύπτει ότι  $\vec{u}_{\Sigma} = 0$ .

Δηλαδή ο επιβάτης δεν αλλάζει θέση σε σχέση με τον αδρανειακό παρατηρητή του εδάφους.



5.14 Πλοίο A κινείται με ταχύτητα  $\vec{u}$ . Από το ραντάρ του πλοίου γίνεται αντιληπτό άλλο πλοίο (B) που κινείται ως προς το πρώτο με ταχύτητα  $\vec{v}$ , σε κάθετη διεύθυνση. Ποιο το μέτρο της ταχύτητας του πλοίου B ως προς την ακτή;



Ταυτίζουμε το πλοίο A με το σύστημα αναφοράς  $\Sigma'$ , το οποίο κινείται με ταχύτητα ως προς την ακίνητη θάλασσα και ακτή, με ταχύτητα  $\vec{u}$ .

Η ακτή εκφράζεται με το σύστημα αναφοράς  $\Sigma$ .

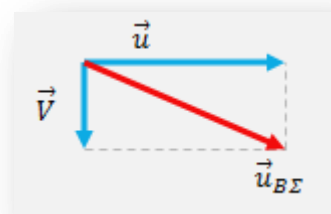
Οι μετασχηματισμοί του Γαλιλαίου λένε :

$$\vec{u}_{B\Sigma} = \vec{V}_{B\Sigma'} + \vec{u}_{\Sigma'\Sigma} \rightarrow \vec{u}_{B\Sigma} = \vec{V} + \vec{u} \quad (1)$$

Σχεδιάζουμε ό,τι μας λείπει η σχέση (1)

Είναι προφανές ότι η γεωμετρία των διανυσμάτων μας επιτρέπει να λέμε ότι το μέτρο της ζητούμενης ταχύτητας είναι ίσο με:

$$u_{B\Sigma} = \sqrt{V^2 + u^2}$$



5.15 Ένας παρατηρητής, ακίνητος στο αδρανειακό σύστημα  $\Sigma$ , παρατηρεί σώμα μάζας  $m$  που επιταχύνεται. Από αδρανειακό σύστημα  $\Sigma'$  που κινείται ως προς το πρώτο με ταχύτητα  $\vec{u}$  δεύτερος παρατηρητής, ακίνητος ως προς το  $\Sigma'$ , παρατηρεί επίσης το σώμα  $m$ . Για ποια από τα παρακάτω μεγέθη συμφωνούν οι δύο αδρανειακοί παρατηρητές: α) για τη θέση του σώματος; β) για την ταχύτητα του; γ) για την επιτάχυνσή του; δ) για τη δύναμη που δέχεται το σώμα; ε) για την ορμή του; στ) για το ρυθμό με τον οποίο μεταβάλλεται η ορμή του; ζ) για την κινητική του ενέργεια;

Στη ανάπτυξη της θεωρίας των αδρανειακών συστημάτων, είδαμε πού συμφωνούν και πού όχι, δυο αδρανειακοί παρατηρητές.

Συμφωνούν : (γ), (δ), (στ) Θυμίζω ότι ο ρυθμός μεταβολής της ορμής είναι η  $\Sigma F$  που δέχεται το σώμα.

Δεν συμφωνούν : (α), (β), (ε), (ζ)

5.16 Αν η ορμή συστήματος σωμάτων διατηρείται ως προς το αδρανειακό σύστημα  $\Sigma$ , θα διατηρείται και ως προς κάθε άλλο αδρανειακό σύστημα; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

Θεμελιώδεις αρχές στα αδρανειακά συστήματα :

- ▶ Στα αδρανειακά συστήματα οι νόμοι της φυσικής - όταν ισχύουν- εφαρμόζονται έχοντας την ίδια μορφή.
- ▶ Οι αρχές διατήρησης όταν ισχύουν σε ένα αδρανειακό σύστημα, ισχύουν και για κάθε άλλον αδρανειακό παρατηρητή, που παρακολουθεί το φαινόμενο.

Ας λύσουμε μια απλή άσκηση...

Στην κινούμενη πλατφόρμα με σταθερή ταχύτητα  $V=2 \text{ m/sec}$ , δυο σώματα με μάζες  $m_1 = 1 \text{ kg}$  και  $m_2 = 0,5 \text{ kg}$  συγκρούονται, έχοντας ταχύτητες μέτρου  $u_1 = 2 \text{ m/sec}$  και  $u_2 = 4 \text{ m/sec}$  και αντιθέτου φοράς ως το σχήμα. Οι ταχύτητες αναφέρονται ως προς την πλατφόρμα  $\Sigma'$ .

- (α) Αν μετά τη κρούση η  $m_2$  είναι ακίνητη ως προς τον παρατηρητή της πλατφόρμας, να εφαρμόσετε το θεώρημα διατήρησης της ορμής και για τους δυο παρατηρητές  $\Sigma$  και  $\Sigma'$
- (β) Βρείτε τις απώλειες ενέργειας λόγω κρούσης και για τους δυο παρατηρητές.

Απάντηση

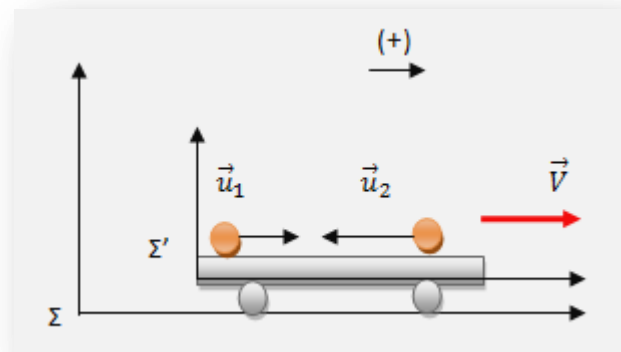
(α)

Ο παρατηρητής  $\Sigma'$  λέει :

$$m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2 = m_1 \vec{u}'_1 + m_2 \vec{u}'_2 \rightarrow$$

$$m_1 u_1 - m_2 u_2 = m_1 u'_1 + 0 \rightarrow \dots \rightarrow$$

$$u'_1 = 0$$



Ο παρατηρητής  $\Sigma$  -σύμφωνα με τον Γαλιλαίο λέει :

$$u_1 = 2 + 2 = 4 \text{ m/sec (φορά +)}, \quad u_2 = 4 - 2 = 2 \text{ m/sec (φορά -)}$$

$$\text{και} \quad u'_2 = 2 \text{ m/sec (φορά +)}$$

Εφαρμόζει ΑΔΟ...

$$m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2 = m_1 \vec{u}'_1 + m_2 \vec{u}'_2 \rightarrow m_1 u_1 - m_2 u_2 = m_1 u'_1 + m_2 u'_2 \rightarrow$$

$$1 \cdot 4 - 0,5 \cdot 2 = 1 \cdot u'_1 + 0,5 \cdot 2 \rightarrow 4 - 1 = u'_1 + 1 \rightarrow u'_1 = 2 \text{ m/sec}$$

Μια χαρά! Στο ίδιο αποτέλεσμα θα κατέληγε αν απλά διάβαζε την ακινησία της  $m_1$ , την οποία υπολόγισε ο αδρανειακός  $\Sigma'$

(β) Για να δούμε ποιες απώλειες μετρούν οι παρατηρητές Σ' και Σ.

Ο Σ' λέει ...

$$\Delta K_{\Sigma'} = \frac{1}{2} m_1 u_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2'^2 - \frac{1}{2} m_1 u_1^2 - \frac{1}{2} m_2 u_2^2 = 0 + 0 - 2 - 4 = -6 \text{ joule}$$

Ο Σ λέει ...

$$\Delta K_{\Sigma} = \frac{1}{2} m_1 u_1'^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2'^2 - \frac{1}{2} m_1 u_1^2 - \frac{1}{2} m_2 u_2^2 = 2 + 4 - 8 - 4 = -6 \text{ joule}$$

Επομένως –στο παράδειγμά μας, αλλά και εν γένει- οι αδρανειακοί παρατηρητές μπορούν να εφαρμόζουν τους μετασχηματισμούς του Γαλιλαίου και να εργάζονται με ασφάλεια με τις αρχές διατήρησης ενέργειας και ορμής.