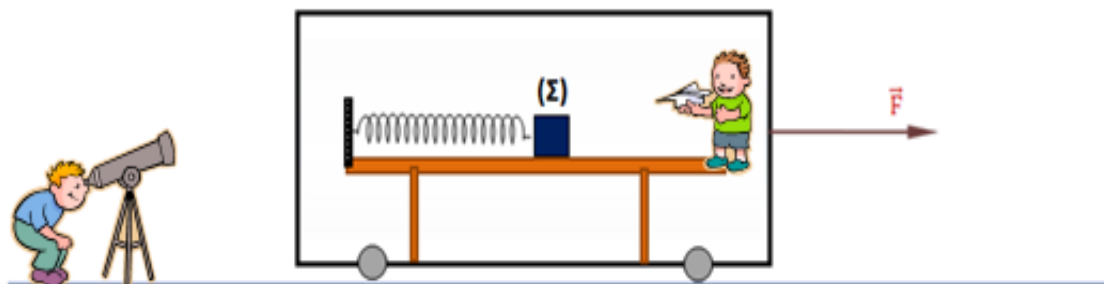


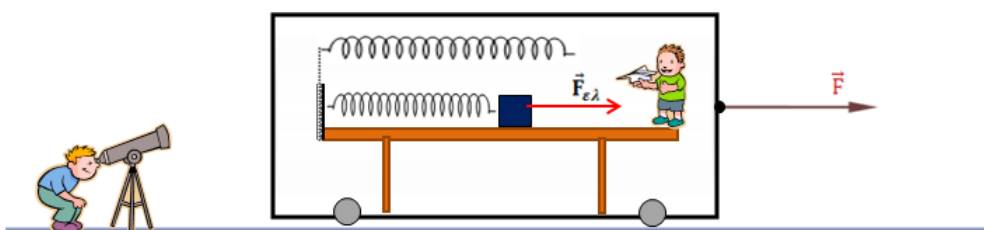
ΜΗ ΑΔΡΑΝΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Θα αναφερθούμε σε μια απλή περίπτωση στα πλαίσια της λυκειακής Φυσικής.

Το βαγόνι του σχήματος κινείται ευθύγραμμα με αμελητέες την τριβή και την αντίσταση του αέρα πάνω σε οριζόντια επιφάνεια. Στο βαγόνι επιδρά συνεχώς σταθερή οριζόντια δύναμη $\vec{F}$ μέτρου $F=400\text{N}$. Η συνολική μάζα του βαγονιού με το περιεχόμενο του είναι $M=100\text{ Kg}$. Μέσα στο βαγόνι υπάρχει λείο τραπέζι που τα πόδια του είναι ακλόνητα στερεωμένα στο δάπεδο του βαγονιού. Πάνω στο τραπέζι υπάρχει το σύστημα ιδανικό ελατήριο με σταθερά $k=20\text{N/m}$ – σώμα (Σ) μάζας $m=0,5\text{ Kg}$ με τον άξονα του ελατηρίου να έχει τη διεύθυνση της $\vec{F}$ (σχήμα).



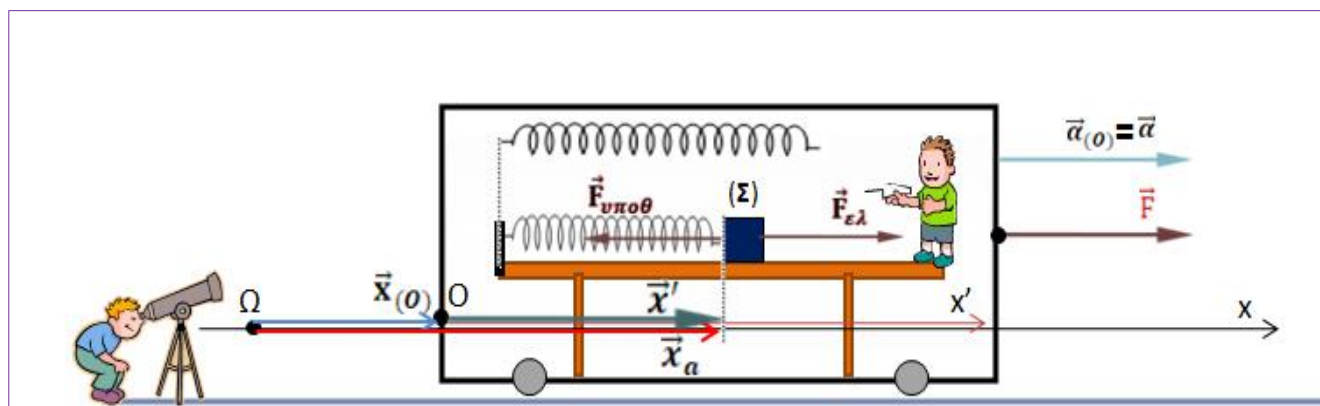
Ένας παρατηρητής μέσα στο βαγόνι παρατηρεί το σώμα (Σ) να ισορροπεί. Για έναν **αδρανειακό** παρατηρητή το βαγόνι, οπότε και το σώμα (Σ) έχουν τότε σταθερή επιτάχυνση $\vec{a}$ ($a=\frac{F}{M}$ ή $a=4\text{m/s}^2$). Η δύναμη που ασκείται στο (Σ) είναι η $\vec{F}_{ελ}$ και σύμφωνα με το Θεμελιώδη Νόμο της Μηχανικής ως προς αδρανειακό σύστημα αναφοράς είναι $\vec{F}_{ελ}=\vec{ma}$ (1) ή $k\Delta l=\vec{ma}$ ή $\Delta l=0,1\text{m}$. Το ελατήριο είναι συσπειρωμένο κατά 10cm .



Για τον **μη αδρανειακό παρατηρητή** μέσα στο βαγόνι δεν ισχύει ο Νόμος της αδράνειας! Το σώμα ισορροπεί ως προς αυτόν ενώ είναι $\Sigma F=\vec{F}_{ελ} \neq 0$.

Ας στρέψουμε την προσοχή μας στο **μη αδρανειακό σύστημα αναφοράς**. Έστω ένα αδρανειακό σύστημα αναφοράς Ωx και ένα μη αδρανειακό σύστημα αναφοράς $\Omega x'$ στερεά συνδεδεμένο με το βαγόνι. Για τα διανύσματα θέσης του (Σ) ως προς τα δύο συστήματα αναφοράς $\mathbf{x}_\alpha$ (αδρανειακό Ωx) και $\mathbf{x}'$ (μη αδρανειακό $\Omega x'$) θα

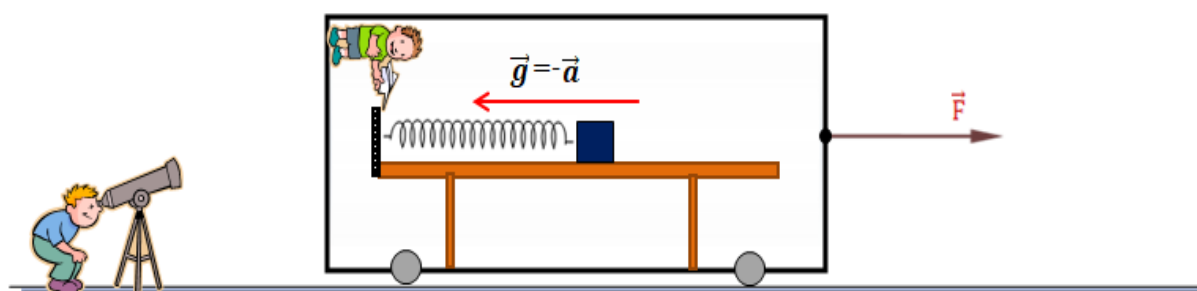
ισχύει : $\mathbf{x}_\alpha = \mathbf{x}_{(0)} + \mathbf{x}'$ οπότε $\mathbf{v}_\alpha = \mathbf{v}_{(0)} + \mathbf{v}'$ και $\mathbf{a}_\alpha = \mathbf{a}_{(0)} + \mathbf{a}'$ (2).



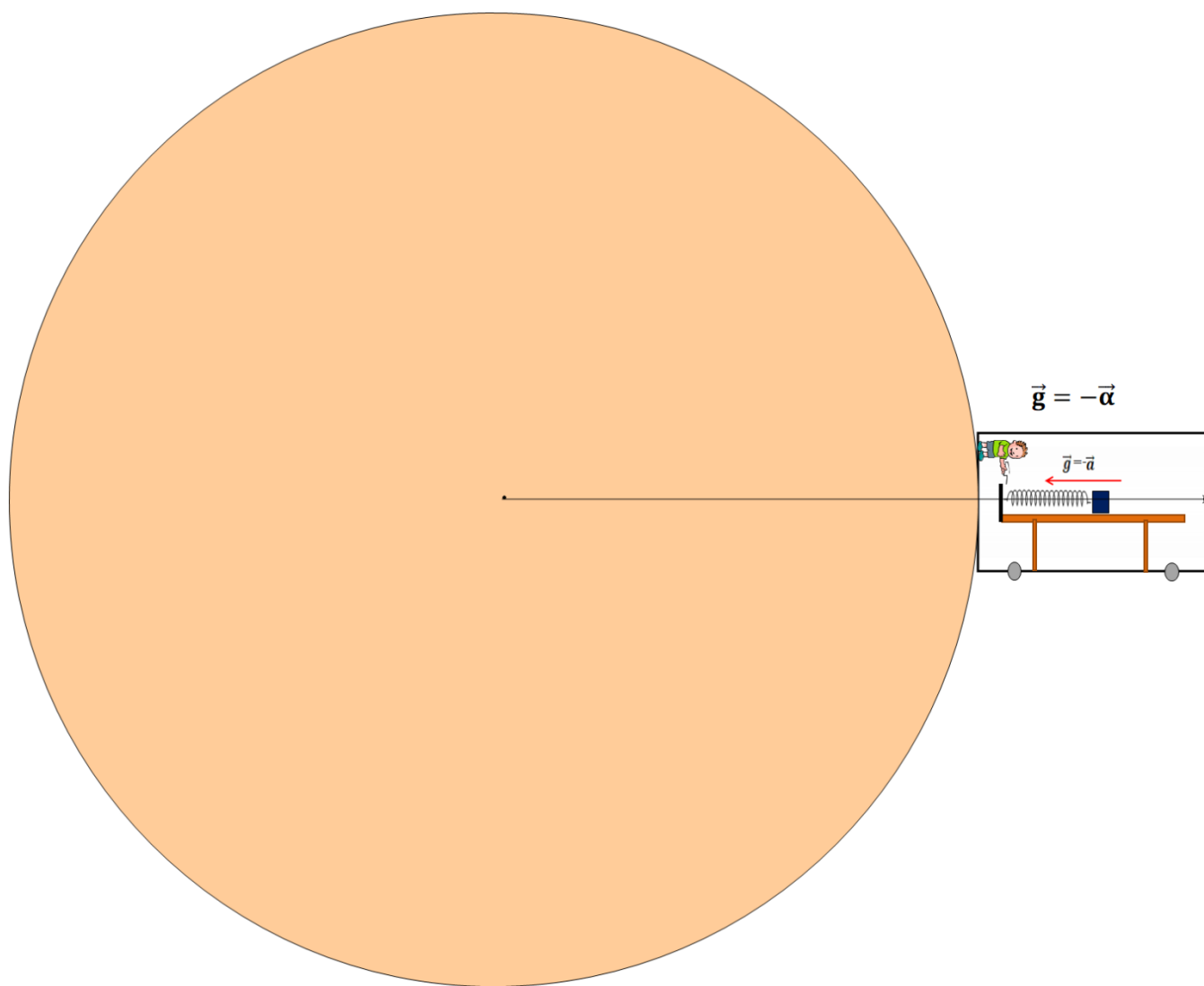
Η (1) λόγω της (2) δίνει: $\mathbf{F}_{ελ} = m(\mathbf{a}_{(0)} + \mathbf{a}')$ ή $m\mathbf{a}' = \mathbf{F}_{ελ} - m\mathbf{a}_{(0)}$

$\mathbf{F}' = \mathbf{F}_{ελ} + \mathbf{F}_{υποθ}$ με $\mathbf{F}_{υποθ} = -m\mathbf{a}_{(0)}$. Είναι $\mathbf{a}_{(0)} = \mathbf{a}$. Με την εμφάνιση της υποθετικής δύναμης $\mathbf{F}_{υποθ}$ ισχύει ο Νόμος της αδράνειας και στο μη αδρανειακό σύστημα αναφοράς Ox' . Αυτή η δύναμη λαμβάνεται υπόψη και στην εφαρμογή του 2^{ου} Νόμου του Νεύτωνα ($\mathbf{F}' = m\mathbf{a}'$ με $\mathbf{F}' = \mathbf{F}_{ελ} + \mathbf{F}_{υποθ}$). Οι νόμοι της μηχανικής λοιπόν δεν ισχύουν στα μη αδρανειακά συστήματα με τη μορφή που ισχύουν στα αδρανειακά. **Η $\mathbf{F}_{υποθ}$ ασκείται σε κάθε σώμα που βρίσκεται μέσα στο βαγόνι.** Γενικότερα υποθετικές δυνάμεις εμφανίζονται στην περιγραφή κινήσεων ως προς μη αδρανειακό σύστημα αναφοράς.

Σύμφωνα με τη **Γενική Θεωρία της Σχετικότητας** και ειδικά το αξίωμα της ισοδυναμίας βαρυτικής- αδρανειακής μάζας ο παρατηρητής εντός του επιταχυνόμενου βαγονιού μπορεί ισοδύναμα να θεωρήσει ότι το βαγόνι βρίσκεται σε χώρο όπου υπάρχει βαρυτικό πεδίο έντασης $\vec{g} = -\vec{a}$



Ότι για παράδειγμα το βαγόνι βρίσκεται ακίνητο στην επιφάνεια ενός πλανήτη ή δορυφόρου όπου η έντασης του βαρυτικού πεδίου είναι $\vec{g} = -\vec{a}$. Τότε η υποθετική δύναμη παίρνει τη μορφή: $\vec{F}_{υποθ} = -m\vec{a} = m\vec{g} = \vec{w}$! Παίζει το ρόλο του βάρους!



Ερώτηση προς μαθητές: Στην εικόνα πάνω το βαγόνι δεν θα πέσει;

Ένας παρατηρητής αποκλεισμένος πλήρως μέσα στο βαγόνι, σαν τους δεσμώτες μέσα στη σπηλιά του Πλάτωνα, με κανένα τρόπο δεν θα μπορούσε να διακρίνει αν αυτό επιταχύνεται με σταθερή επιτάχυνση $\vec{a}$ ή αν βρίσκεται ακίνητο σε βαρυτικό πεδίο έντασης $\vec{g} = -\vec{a}$. Και στη μια περίπτωση όμως και στην άλλη, οδηγείται στα ίδια συμπεράσματα για τη μελέτη κινήσεων σωμάτων μέσα στο βαγόνι. Αν το (Σ) εκτραπεί κατάλληλα από τη θέση ισορροπίας του και στη συνέχεια αφεθεί ελεύθερο μπορεί να αποδειχθεί είτε στη μια περίπτωση είτε στην άλλη ότι ως προς το **μη αδρανειακό** σύστημα αναφοράς το στερεά συνδεδεμένο με το βαγόνι θα εκτελέσει αατ με $D=k$.