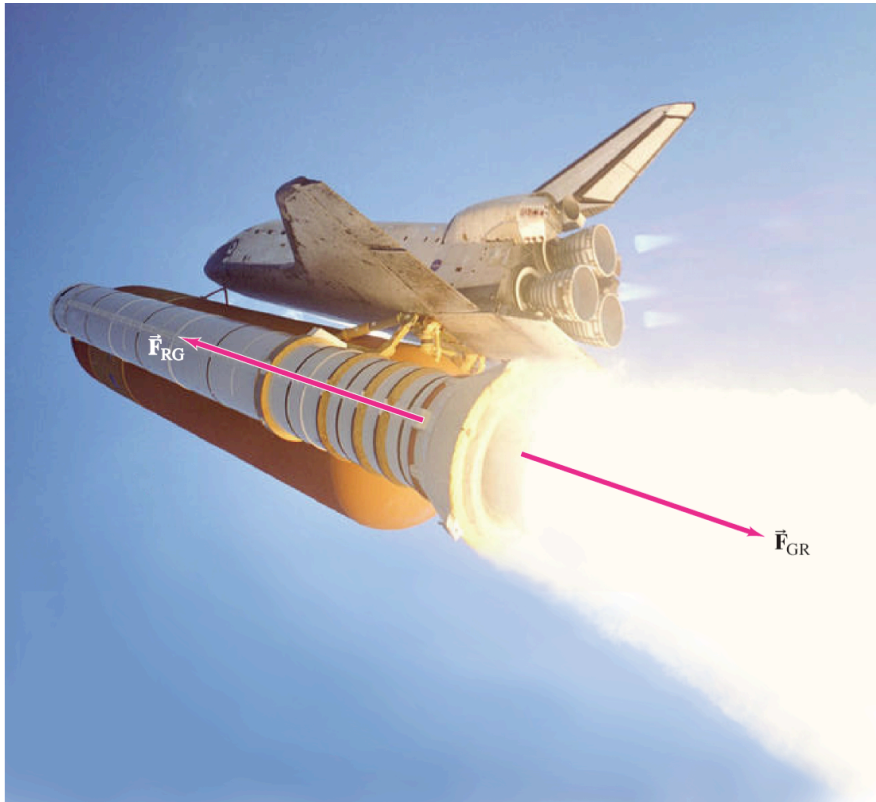


Κεφάλαιο 4

Δυναμική: Νόμοι Κίνησης του Νεύτωνα



Isaac Newton (1642–1727).



Περιεχόμενα Κεφαλαίου 4

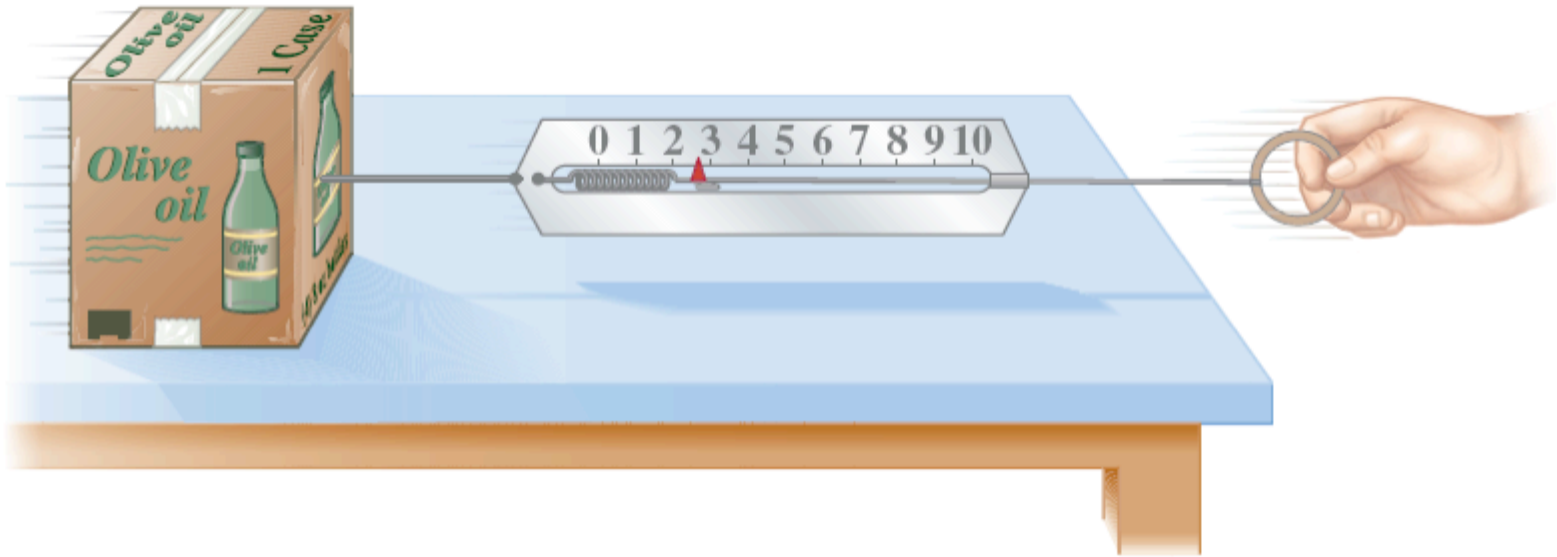
- Δύναμη
- 1^{ος} Νόμος Κίνησης του Νεύτωνα
- Μάζα
- 2^{ος} Νόμος Κίνησης του Νεύτωνα
- 3^{ος} Νόμος Κίνησης του Νεύτωνα
- Βάρος: Η Δύναμη της Βαρύτητας και Κάθετη Δύναμη
- Πως Λύνουμε Προβλήματα Δυναμικής

4-1 Δύναμη



Η δύναμη είναι μια έλξη ή άπωση. Ένα αντικείμενο για να κινηθεί-ή γενικότερα για τη μεταβολή της ταχύτητάς του- πρέπει να ασκηθεί πάνω του κάποια δύναμη.

4-1 Δύναμη



Η Δύναμη είναι διάνυσμα και επομένως έχει και μέγεθος και διεύθυνση. Το μέγεθος μπορεί («δύναται») να μετρηθεί με ένα ελατήριο

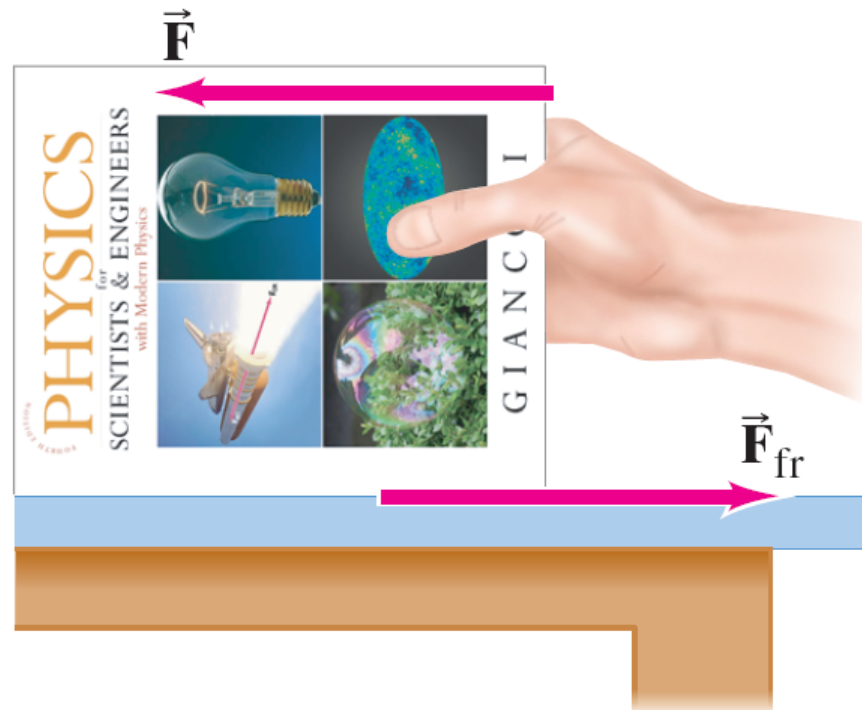
4-2 1^{ος} Νόμος Κίνησης

- Σε πρώτη θεώρηση μοιάζει να απαιτείται μια δύναμη για να κινηθεί ένα αντικείμενο. Σπρώχνουμε ένα βιβλίο πάνω στην έδρα, κινείται, σταματάμε, σταματάει να κινείται.
- Πετάμε όμως μια μπάλα, η μπάλα συνεχίζει να κινείται και όταν φύγει από το χέρι μας. Γιατί;
- Δεν απαιτείται δύναμη για να συνεχίσει την κίνησή του ένα αντικείμενο σε κάποια κατεύθυνση, απαιτείται δύναμη για να αλλάξει η ταχύτητά του (ή μέτρο ή κατεύθυνση ή και τα δύο). Το βιβλίο στο 1^ο παράδειγμα φρενάρει λόγω τριβής.

4-2 1^{ος} Νόμος Κίνησης

Ο 1^{ος} νόμος του Νεύτωνα συχνά αποκαλείται και νόμος της αδράνειας. :

Κάθε αντικείμενο διατηρεί την κίνησή του (δηλ. ή παραμένει ακίνητο ή συνεχίζει να κινείται ευθύγραμμα με σταθερή ταχύτητα) εφόσον δεν ασκείται πάνω του κάποια δύναμη



4-2 1ος Νόμος Κίνησης

Γιατί οι επιβάτες ενός λεωφορείου «πέφτουν» μπροστά όταν ο οδηγός φρενάρει απότομα;
Ποια δύναμη ασκείται πάνω τους;

Δεν ασκείται καμιά δύναμη και επομένως οι επιβάτες σύμφωνα με τον 1^ο νόμο του Νεύτωνα προσπαθούν να διατηρήσουν την κίνησή τους.

4-2 1^{ος} Νόμος Κίνησης

Αδρανειακό συστήματα αναφοράς:

Ο 1^{ος} Νόμος του Νεύτωνα δεν εφαρμόζεται σε όλα τα συστήματα αναφοράς, π.χ. όταν το σύστημα αναφοράς περιστρέφεται ή επιταχύνει.

Ένα αδρανειακό σύστημα αναφοράς είναι αυτό στο οποίο ο 1^{ος} νόμος του Νεύτωνα ισχύει.

Έτσι αποκλείονται συστήματα που περιστρέφονται ή επιταχύνονται.

Πως αναγνωρίζουμε ένα τέτοιο αδρανειακό σύστημα αναφοράς; Ελέγχουμε εάν ισχύει ο 1^{ος} Νόμος!

4-3 Μάζα

Η **Μάζα** είναι μονάδα μέτρησης της αδράνειας ενός αντικειμένου που εκφράζει την «ποσότητα» του αντικειμένου. Στο σύστημα SI, η μονάδα μάζας είναι το χιλιόγραμμα (kg).

Η **Μάζα** δεν είναι **Βάρος**.

Η **Μάζα** είναι ιδιότητα του αντικειμένου. Το **Βάρος** είναι η δύναμη που ασκείται πάνω στο αντικείμενο λόγω βαρύτητας.

Στο Φεγγάρι όπου η επιτάχυνση της βαρύτητας είναι $1/6 g$, η μάζα παραμένει ίδια αλλά το βάρος μας μειώνεται κατά $1/6$ σε σχέση με τη Γη.

2^{ος} Νόμος του Νεύτωνα

Ο 2^{ος} Νόμος του Νεύτωνα εκφράζει τη σχέση μεταξύ της δύναμης και της επιτάχυνσης. Η επιτάχυνση είναι ανάλογη της δύναμης και αντιστρόφως ανάλογη της μάζας:

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



Απαιτείται δύναμη για τη μεταβολή στο **μέτρο** ή τη **διεύθυνση** της ταχύτητας. Περισσότερη δύναμη σημαίνει περισσότερη επιτάχυνση. Όταν η ίδια δύναμη ασκείται σε πολλά αντικείμενα το «ελαφρύτερο» επιταχύνει περισσότερο.

2^{ος} Νόμος του Νεύτωνα

Η δύναμη είναι διάνυσμα και επομένως ισχύει για κάθε συνιστώσα του συστήματος αναφοράς (αξόνων)

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

TABLE 4-1
Units for Mass and Force

| System | Mass | Force |
|---------|------------------|--|
| SI | kilogram (kg) | newton (N) (= kg · m/s ²) |
| cgs | gram (g) | dyne (= g · cm/s ²) |
| British | slug | pound (lb) |

Conversion factors: 1 dyne = 10⁻⁵ N;
1 lb ≈ 4.45 N.

Στο σύστημα SI η μονάδα μέτρησης είναι το **newton (N)**.

ΑΣΚΗΣΗ 4.1

Βρείτε τη δύναμη που απαιτείται για να επιταχυνθεί (α) ένα αυτοκίνητο 1000-kg σε περιβάλλον $\frac{1}{2} g$; (β) ένα μήλο 200-g.

ΛΥΣΗ

ΑΣΚΗΣΗ 4.2

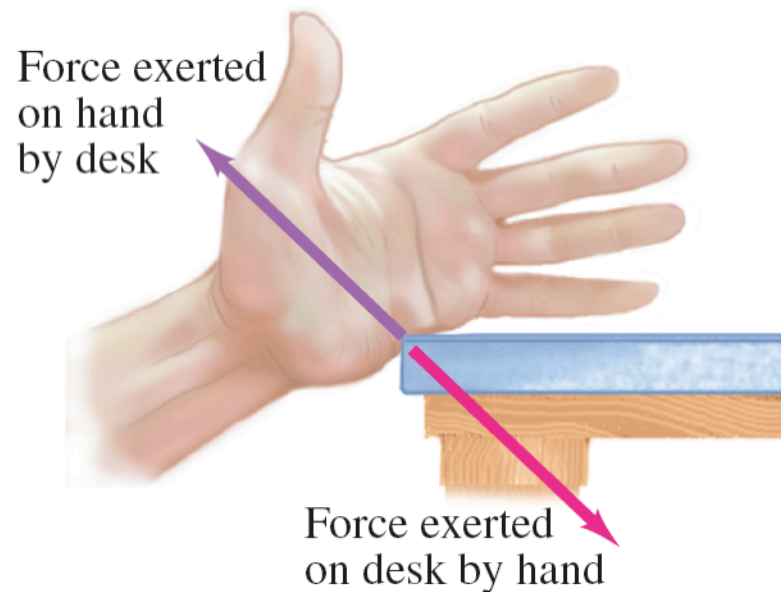
Πόση είναι η μέση δύναμη που απαιτείται για να σταματήσει στα 55 m ένα αυτοκίνητο 1500-kg που κινείται με ταχύτητα 100 km/h ;

ΛΥΣΗ

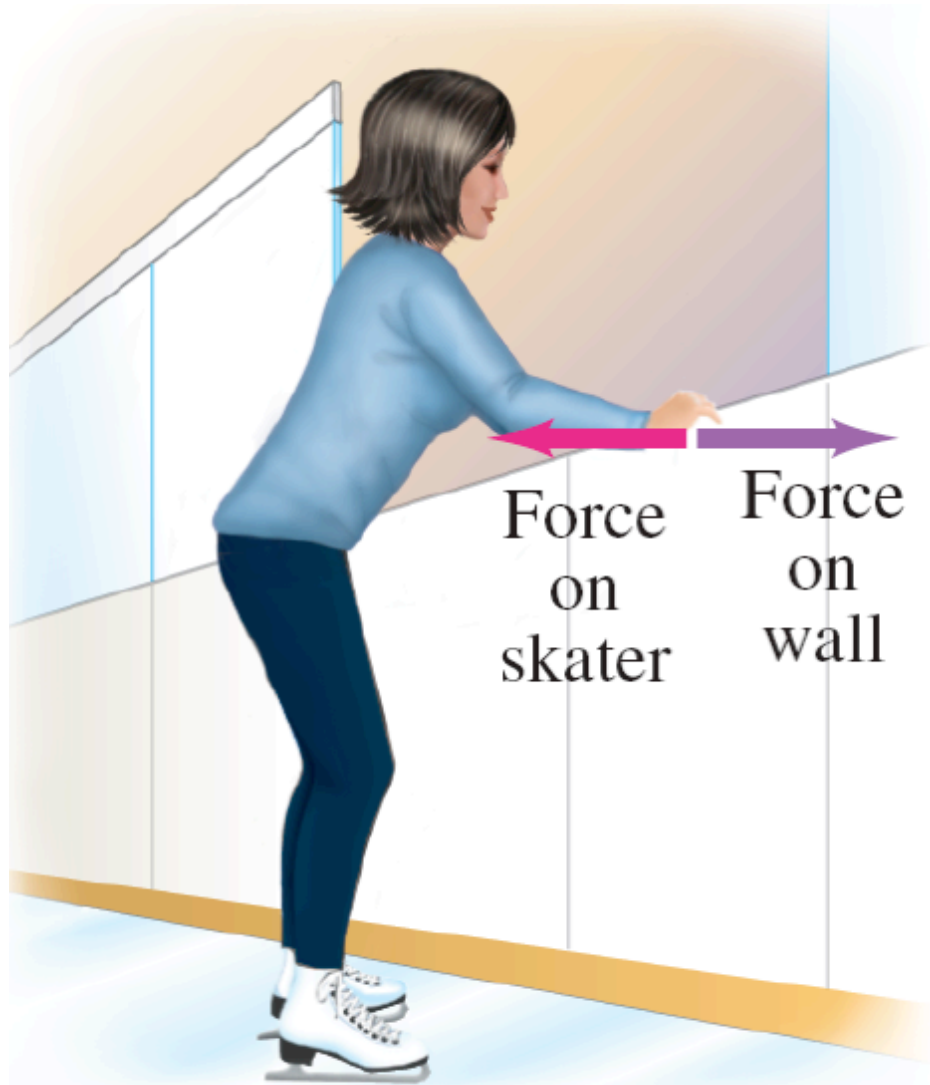


Ο 3^{ος} Νόμος του Νεύτωνα

Όταν ένα αντικείμενο **ασκεί** δύναμη πάνω σε ένα δεύτερο αντικείμενο, το δεύτερο αντικείμενο **ασκεί ίση δύναμη** αλλά σε αντίθετη διεύθυνση με το πρώτο (δράση και αντίδραση)



Ο 3^{ος} Νόμος του Νεύτωνα



Η εφαρμογή του 3^{ου} Νόμου έγκειται στο γεγονός ότι οι δυνάμεις ασκούνται σε διαφορετικά αντικείμενα.

Σιγουρευτείτε πάντα ότι δεν εφαρμόζετε τις δυνάμεις στο ίδιο αντικείμενο

Ο 3^{ος} Νόμος του Νεύτωνα

Η προώθηση πυραύλων μπορεί να εξηγηθεί με βάση τον 3^ο Νόμο: τα καυτά αέρια από την καύση του υδρογόνου, εκτοξεύονται από την «ουρά» του πυραύλου με τεράστιες ταχύτητες. Η δύναμη αντίδρασης είναι αυτή που ωθεί τον πύραυλο.



Προσέξτε ότι δεν υπάρχει ανάγκη για τον πύραυλο να «σπρώξει» κάποιο άλλο αντικείμενο.

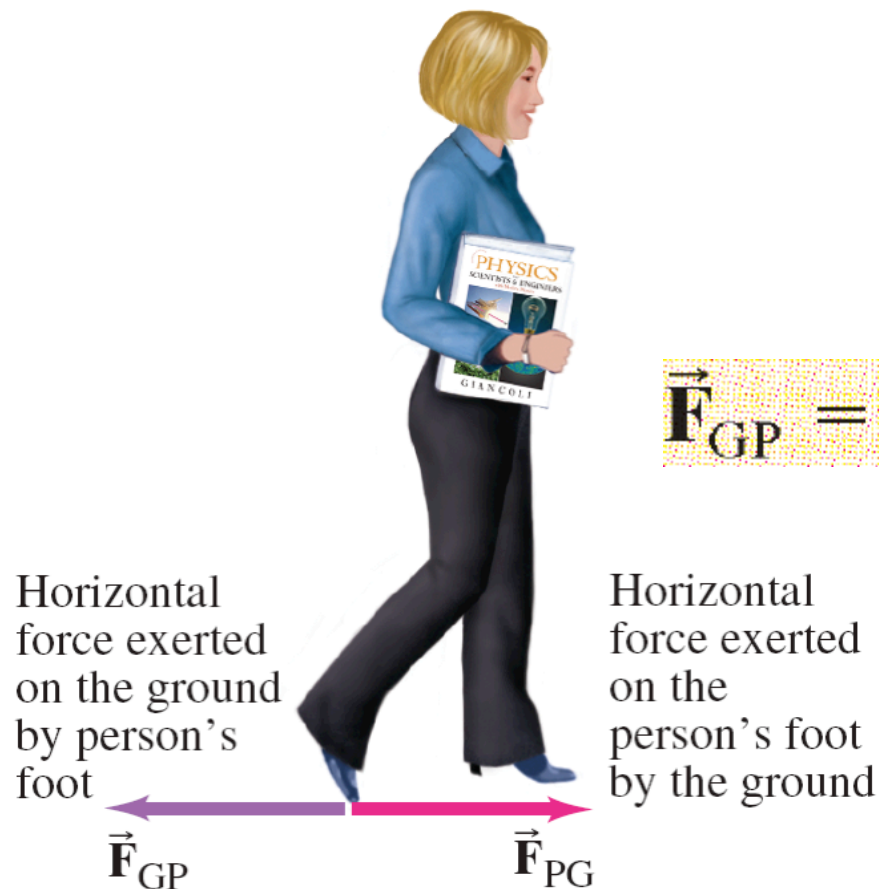
Ο 3^{ος} Νόμος του Νεύτωνα

Ποια δύναμη κινεί το αυτοκίνητο?

Η συνηθισμένη απάντηση είναι ότι η μηχανή κινεί το αυτοκίνητο. Αλλά δεν είναι τόσο απλό. Η μηχανή κινεί τους τροχούς και τους αναγκάζει να περιστραφούν. Εάν όμως οι τροχοί πατούν πάνω σε **πάγο ή λάσπη** τότε απλά περιστρέφονται και το αυτοκίνητο παραμένει στη θέση του. **Απαιτείται Τριβή**. Σε σταθερό έδαφος, οι τροχοί ασκούν δύναμη πάνω στο έδαφος λόγω τριβής. Εξ αιτίας του 3^{ου} νόμου, το έδαφος ασκεί δύναμη πάνω στο αυτοκίνητο στην αντίθετη κατεύθυνση και έτσι το αυτοκίνητο κινείται.

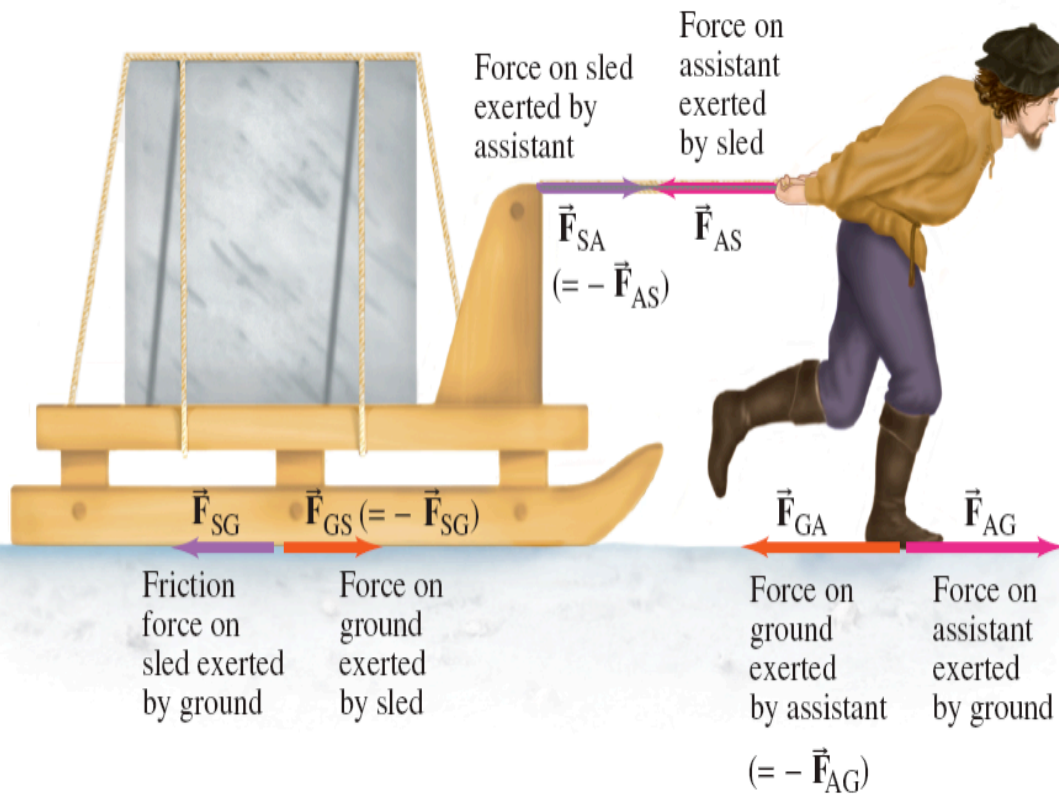
Ο 3^{ος} Νόμος του Νεύτωνα

Συμβολισμοί: Ο **πρώτος δείκτης** δηλώνει το αντικείμενο πάνω στο οποίο **ασκείται η δύναμη** (θύμα) και ο **δεύτερος δείκτης** την πηγή (θύτης) .



$$\vec{F}_{GP} = -\vec{F}_{PG}$$

Ο βοηθός του Michelangelo πρέπει να μεταφέρει ένα κομμάτι μαρμάρου πάνω σε ένα έλκηθρο. Ο πονηρός τεμπελάκος βοηθός λέει στο αφεντικό του: «όταν τραβάω το έλκηθρο, αυτό ασκεί μια δύναμη ίση με την έλξη μου αλλά στην αντίθετη κατεύθυνση. Πως θα καταφέρω λοιπόν να το «ξεκολλήσω» αφού όση δύναμη και να βάλω αυτό ασκεί την ίδια αντίσταση. Χαμένος χρόνος λοιπόν, είναι αδύνατον να μετακινηθεί το μάρμαρο».



Το εάν θα μετακινηθεί ή όχι το έλκηθρο εξαρτάται από το εάν η δύναμη που θα ασκήσει ο βοηθός πάνω στο έδαφος είναι μεγαλύτερη από την αντίσταση του έλκηθρου.

4-6 Βάρος—Η δύναμη της βαρύτητας και η κάθετη δύναμη

Βάρος είναι η δύναμη που ασκείται πάνω σε ένα αντικείμενο λόγω βαρύτητας. Κοντά στην επιφάνεια της γης η βαρυτική δύναμη είναι σχεδόν σταθερή. Για μάζα m το βάρος είναι:

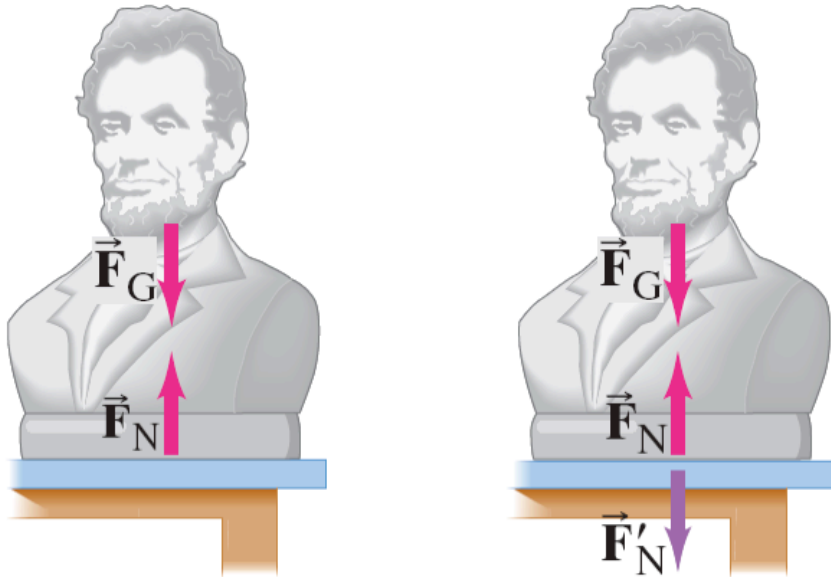
$$\vec{F}_G = m\vec{g},$$

όπου

$$g = 9.80 \text{ m/s}^2.$$

Βάρος—Η δύναμη της βαρύτητας και η κάθετη δύναμη

Ένα σώμα για να παραμένει ακίνητο, πρέπει η συνολική δύναμη που ασκείται πάνω του να είναι μηδέν. Ποιές δυνάμεις ασκούνται πάνω σε ένα άγαλμα που κάθεται πάνω σε ένα τραπέζι;



Οι δυνάμεις είναι το βάρος του αγάλματος και η κάθετη δύναμη που είναι αντίθετη και ίση με το βάρος αφού το άγαλμα παραμένει ακίνητο.

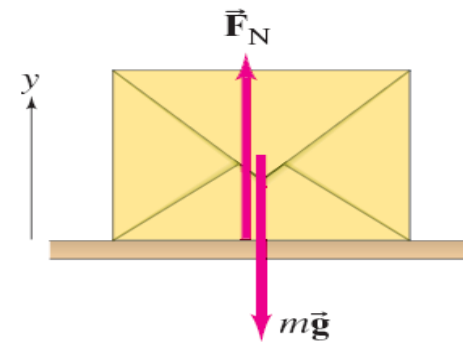
Βάρος—Η δύναμη της βαρύτητας και η κάθετη δύναμη

Λαμβάνεται ένα ιδιαίτερο δώρο από κάποιον φίλο σας που είναι ένα δέμα 10.0 kg. Το δέμα είναι ακίνητο πάνω στην επιφάνεια ενός οριζοντίου τραπέζιού χωρίς τριβή.

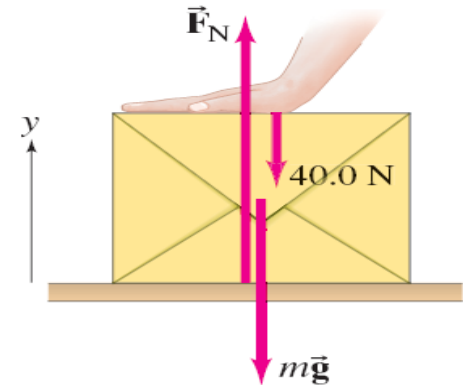
(α) Βρείτε το βάρος του δέματος και την κάθετη δύναμη που ασκεί πάνω του το τραπέζι.

(β) Ο φίλο σας τώρα ασκεί δύναμη 40,0 N προς τα κάτω πάνω στο δέμα. Πόση είναι τώρα η κάθετη δύναμη;

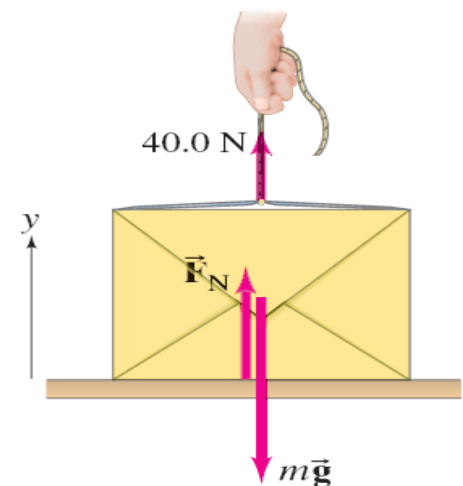
(γ) Εάν ο φίλος σας τραβάει το κουτί προς τα πάνω με δύναμη 40,0 N, πόση είναι η κάθετη δύναμη;



$$(a) \Sigma F_y = F_N - mg = 0$$

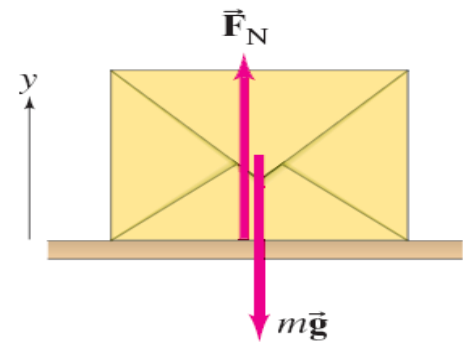


$$(b) \Sigma F_y = F_N - mg - 40.0 \text{ N} = 0$$

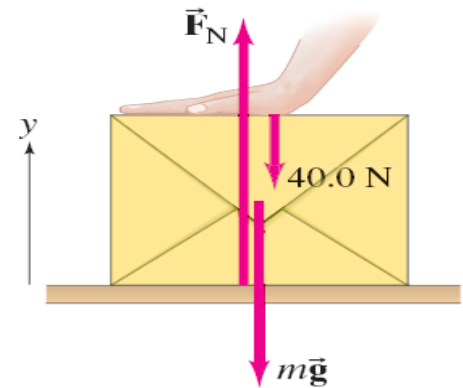


$$(c) \Sigma F_y = F_N - mg + 40.0 \text{ N} = 0$$

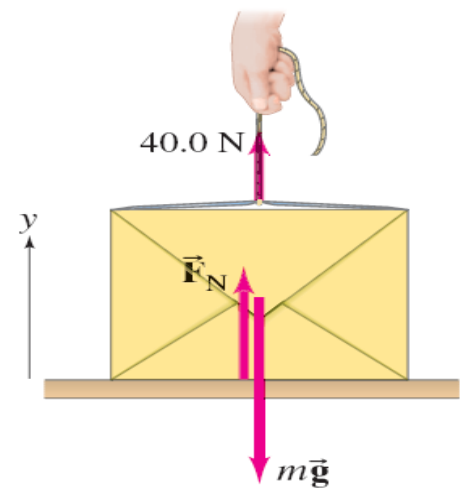
Σχολιάστε τα σχήματα.



$$(a) \Sigma F_y = F_N - mg = 0$$



$$(b) \Sigma F_y = F_N - mg - 40.0 \text{ N} = 0$$

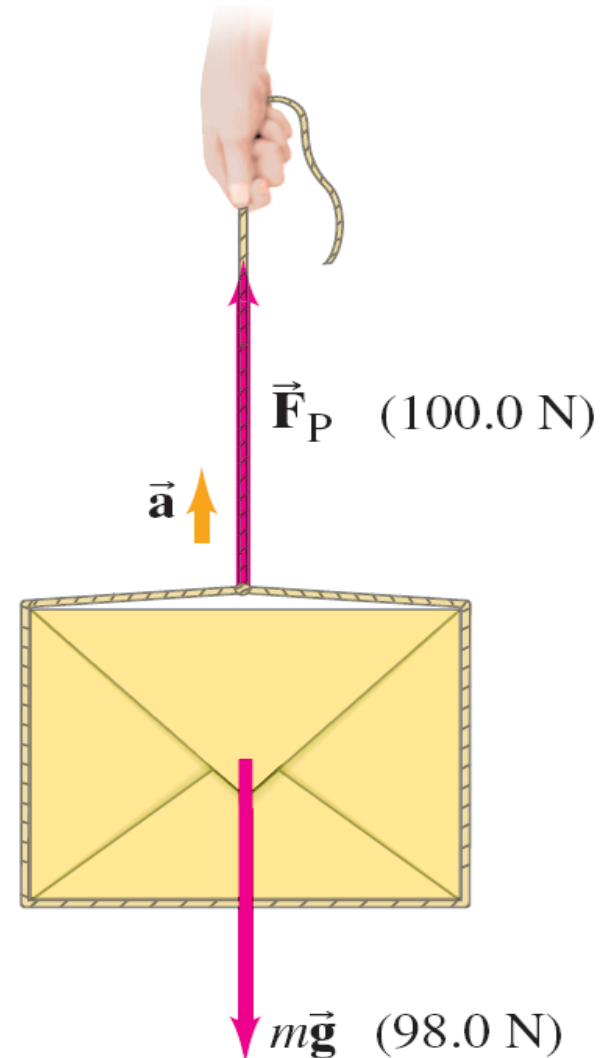


$$(c) \Sigma F_y = F_N - mg + 40.0 \text{ N} = 0$$

ΑΣΚΗΣΗ 4.3

Τι θα συμβεί εάν στο προηγούμενο παράδειγμα κάποιος τραβήξει προς τα πάνω το δέμα με δύναμη 100,0 N?

ΛΥΣΗ

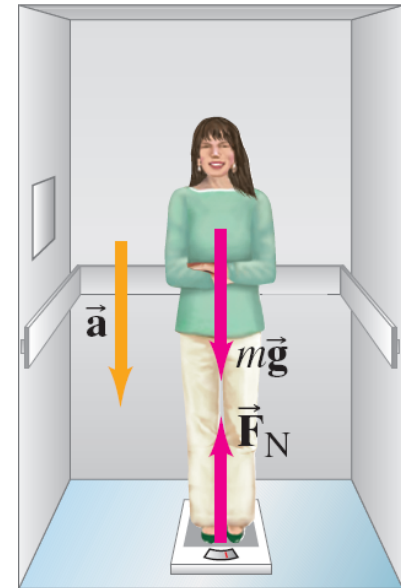


ΑΣΚΗΣΗ 4.4

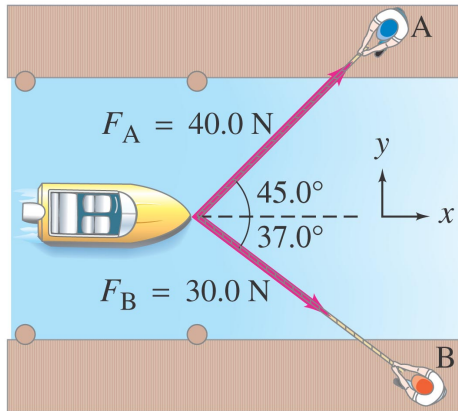
Μία φοιτήτρια 65-kg κατεβαίνει με το ασανσέρ το οποίο στιγμιαία επιταχύνει με $0,20g$. Κάθετε πάνω σε μια ζυγαριά που διαβάζει κιλά..

- (α) Κατά την επιτάχυνση πόσο είναι το βάρος της και ποια είναι η ένδειξη της ζυγαριάς;
- (β) Ποια είναι η ένδειξη της ζυγαριάς όταν το ασανσέρ κατεβαίνει με σταθερή ταχύτητα $2,0 \text{ m/s}$?

ΛΥΣΗ

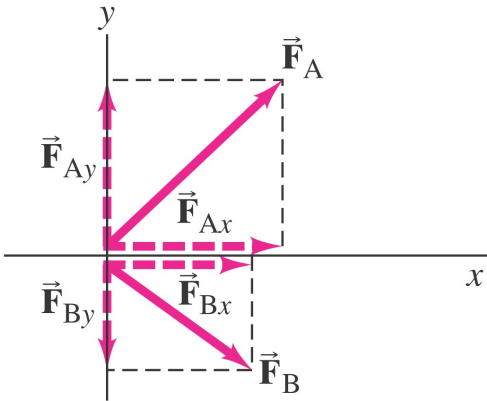


Διαγράμματα Απελευθερωμένου Σώματος

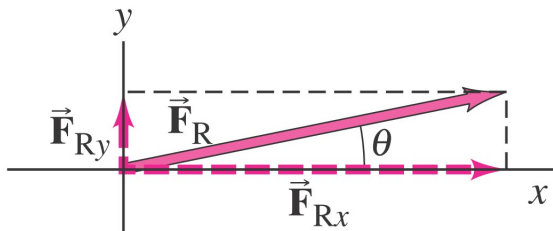


1. Κάντε ένα σχέδιο.

2. Για κάθε αντικείμενο σχεδιάστε ένα διάγραμμα που να δείχνει όλες τις δυνάμεις που ασκούνται πάνω του. Τα μέτρα και η διευθύνσεις των δυνάμεων να είναι ακριβής. Ονομάστε κάθε δύναμη. Εάν υπάρχουν περισσότερα του ενός αντικείμενα κάντε ξεχωριστά διαγράμματα για κάθε αντικείμενο.



3. Αναλύστε τα διανύσματα σε συνιστώσες.

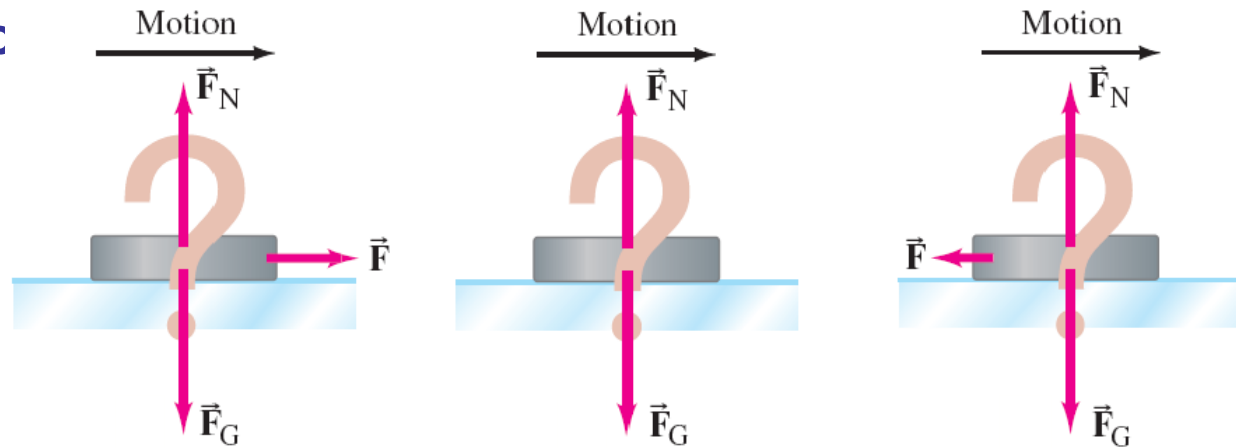


4. Εφαρμόστε το 2^ο νόμο σε κάθε συνιστώσα.

5. Λύστε την άσκηση.

ΑΣΚΗΣΗ 4.5

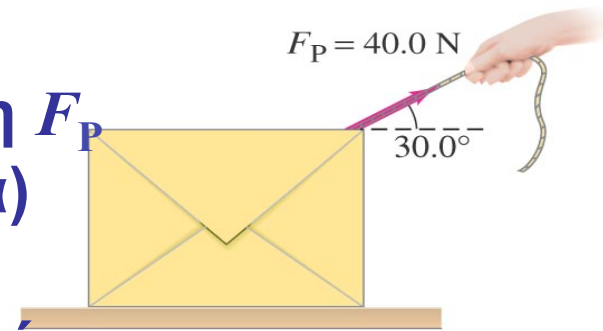
Το «μπαλάκι» του χόκεϋ επί πάγου γλιστράει πάνω σε οριζόντια επιφάνεια πάγου με σταθερή ταχύτητα, άνευ τριβής. Ποια από τα διαγράμματα ελεύθερου σώματος απεικονίζουν την κίνηση που περιγράψαμε; Ποιο διάγραμμα μπαλάκι επιβράδυνε;



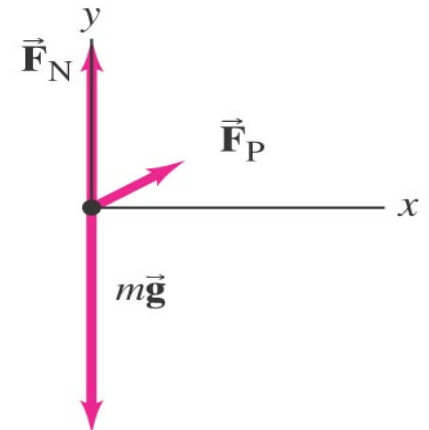
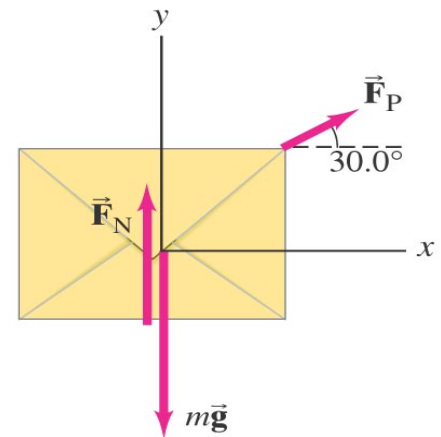
ΛΥΣΗ

ΑΣΚΗΣΗ 4.6

Πάνω σε ένα δέμα 10.0-kg ασκείτε δύναμη $F_P = 40,0\text{ N}$, και με κατεύθυνση $30,0^\circ$. Βρείτε (α) την επιτάχυνση του δέματος και (β) το μέγεθος της κάθετης δύναμης F_N που ασκεί το τραπέζι στο κουτί.



ΛΥΣΗ



4. (a) Apply Newton's second law to determine the x component of the acceleration:

$$F_{Px} = ma_x.$$

5. (a) Solve:

$$a_x = \frac{F_{Px}}{m} = \frac{(34.6 \text{ N})}{(10.0 \text{ kg})} = 3.46 \text{ m/s}^2.$$

The acceleration of the box is 3.46 m/s^2 to the right.

(b) Next we want to find F_N .

4'. (b) Apply Newton's second law to the vertical (y) direction, with upward as positive:

$$\Sigma F_y = ma_y$$

$$F_N - mg + F_{Py} = ma_y.$$

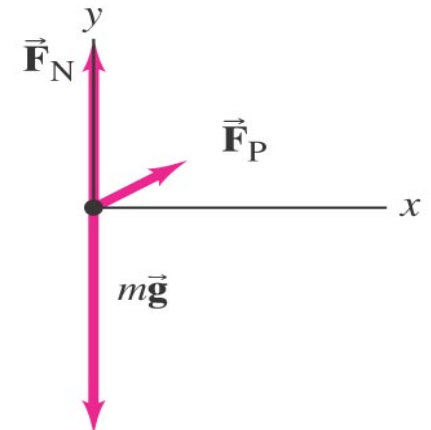
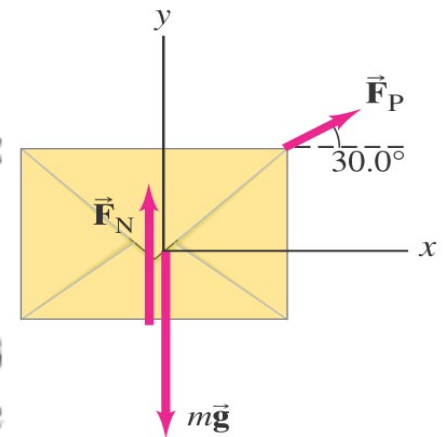
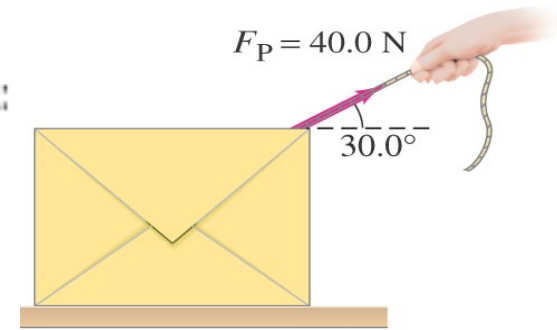
5'. (b) Solve: We have $mg = (10.0 \text{ kg})(9.80 \text{ m/s}^2) = 98.0 \text{ N}$ and, from point 3 above, $F_{Py} = 20.0 \text{ N}$. Furthermore, since $F_{Py} < mg$, the box does not move vertically, so $a_y = 0$. Thus

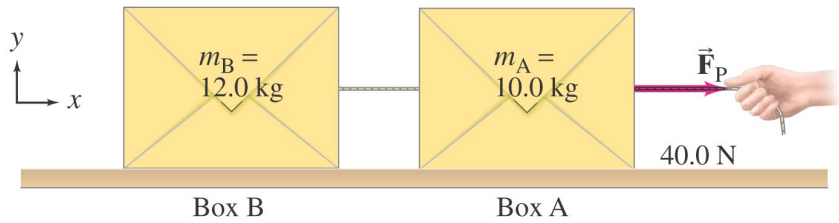
$$F_N - 98.0 \text{ N} + 20.0 \text{ N} = 0,$$

so

$$F_N = 78.0 \text{ N}.$$

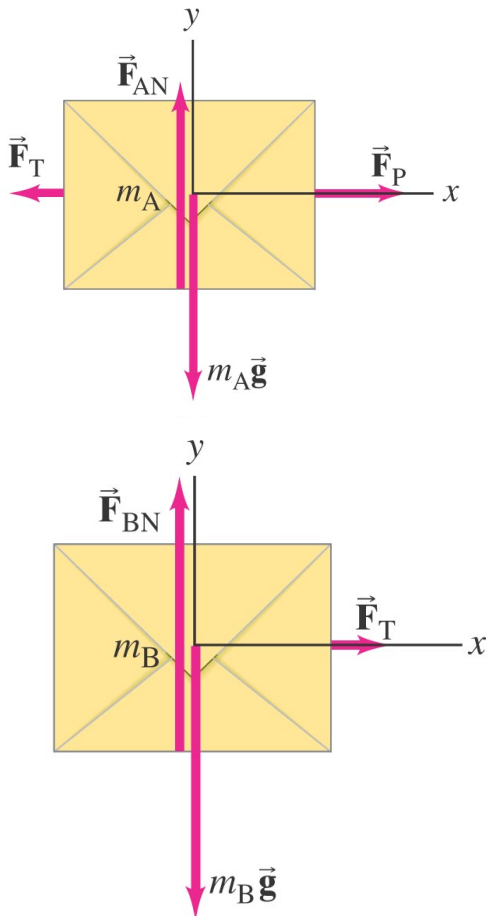
NOTE F_N is less than mg : the table does not push against the full weight of the box because part of the pull exerted by the person is in the upward direction.





ΑΣΚΗΣΗ 4.7

Δύο κουτιά A και B συνδέονται με ένα σκοινί και παραμένουν ακίνητα πάνω σε ένα λείο τραπέζι. Τα κουτιά έχουν μάζες $12,0 \text{ kg}$ και $10,0 \text{ kg}$. Μία οριζόντια δύναμη $40,0 \text{ N}$ εφαρμόζεται στο κουτί των 10.0-kg . Βρείτε (α) την επιτάχυνση του κάθε κουτιού και (β) την τάση του σκοινιού που συνδέει τα δύο κουτιά.



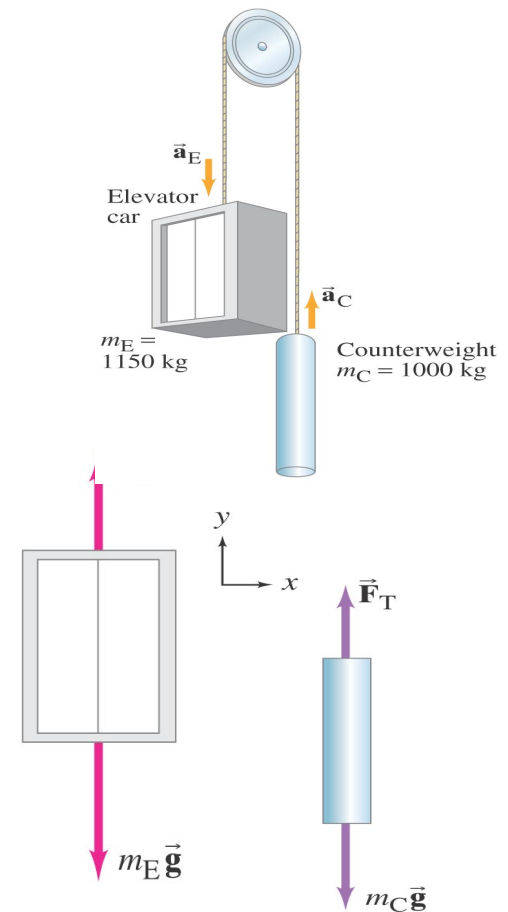
ΛΥΣΗ

Αντίβαρα, η μηχανή του Atwood

ΑΣΚΗΣΗ 4.8

Ένα σύστημα με δύο αντικείμενα που συνδέονται με ένα ιμάντα και κρέμονται από τροχαλία ονομάζεται και μηχανή του Atwood's. Εάν υποθέσουμε ότι το αντίβαρα ζυγίζει 1000 kg. Εάν υποθέσουμε ότι το άδειο ασανσέρ ζυγίζει 850 kg, και έχει μάζα 1150 kg όταν επιβιβάζονται 4 άτομα. Βρείτε (α) την επιτάχυνση του ασανσέρ και (β) την τάση του ιμάντα.

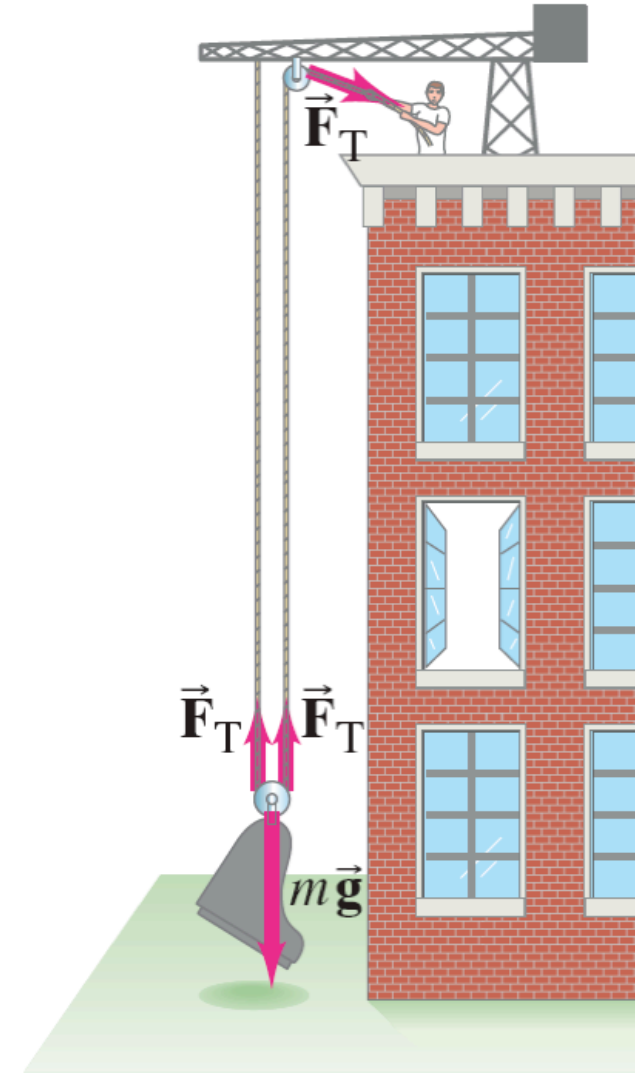
ΛΥΣΗ



ΑΣΚΗΣΗ 4.9

Το πλεονέκτημα της τροχαλίας: Κατά τη μετακίνηση προσπαθούμε να μετακομίσουμε ένα πιάνο (αργά και προσεκτικά) στο δεύτερο όροφο ενός κτηρίου. Χρησιμοποιούμε ένα σύστημα διπλής τροχαλίας όπως φαίνεται στην εικόνα. Πόση δύναμη χρειάζεται να ασκήσει ώστε να σηκώσει αργά το πιάνο βάρους 2000-N;

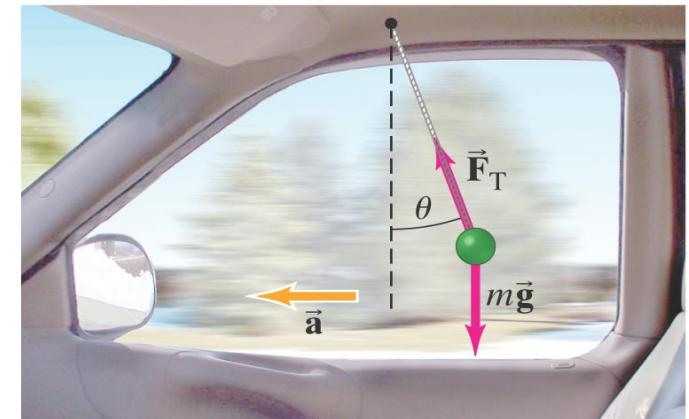
ΛΥΣΗ



ΑΣΚΗΣΗ 4.10

Όργανο Μέτρησης επιτάχυνσης: Μια μικρή μάζα m κρέμεται πάνω από το παράθυρο ενός αυτοκινήτου από ένα λεπτό σκοινί και δύναται να μετακινείται σαν εκκρεμές. Ποιά θα είναι η γωνία του εκκρεμούς όταν (α) το αυτοκίνητο επιταχύνει σταθερά με $a = 1,20 \text{ m/s}^2$, και (β) όταν το αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα $v = 90 \text{ km/h}$?

ΛΥΣΗ



ΑΣΚΗΣΗ 4.11

Ένα κουτί μάζας m τοποθετείται σε ένα επικλινές λείο επίπεδο που σχηματίζει γωνία θ με την οριζόντιο διεύθυνση. (α) Βρείτε την κάθετη δύναμη στο κουτί (β) την επιτάχυνση (γ) Υπολογίστε τα (α) και (β) για $m = 10 \text{ kg}$ $\theta = 30^\circ$.

ΛΥΣΗ

