

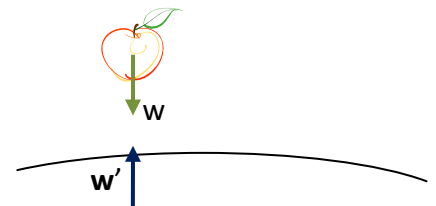
Οι νόμοι των δυνάμεων

1. Η «αλληλεπίδραση»:

Οι δυνάμεις στη φύση εμφανίζονται σε ζευγάρια: «Δράση – Αντίδραση». Έτσι, κάθε σώμα που ασκεί σε ένα άλλο μία δύναμη -«δράση», δέχεται από αυτό μία αντίθετη δύναμη - «αντίδραση» (... 3^{ος} νόμος του Νεύτωνα).

$$F_{\delta\rho} = - F_{\alpha\nu\tau}$$

- ✓ Το φορτηγό τραβάει το trailer προς τα μπροστά (δράση). Το trailer τραβάει το φορτηγό προς τα πίσω (αντίδραση).
- ✓ Η γη έλκει τη σελήνη υποχρεώνοντας την να περιστρέφεται γύρω της. Η σελήνη έλκει την γη (δημιουργώντας π.χ., την παλίρροια...).
- ✓ Η γη έλκει το μήλο με δύναμη $w = 0,5N$ και το μήλο πέφτει κάτω. Αντίστοιχα, το μήλο έλκει τη γη με δύναμη $w' = 0,5N$ προς τα πάνω. Βέβαια, η δύναμη αυτή δεν είναι αρκετή για να καταφέρει να κινήσει ολόκληρη την γη!!!



➤ Παρατηρήσεις:

- ❖ Η δράση και η αντίδραση είναι αντίθετες δυνάμεις (ίσο μέτρο, αντίθετη φορά).
- ❖ Ασκούνται πάντα σε διαφορετικά σώματα, άρα, δεν εξουδετερώνονται.

2. Ο νόμος της αδράνειας (ή αλλιώς 1^{ος} Νόμος του Νεύτωνα):

Κάθε σώμα έχει από την φύση του την τάση (...αδράνεια) να παραμείνει στην κινητική κατάσταση που βρίσκεται. Μάλιστα, όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα του m , τόσο πιο δύσκολα μπορεί να αλλάξει η κατάσταση αυτή... Έτσι:

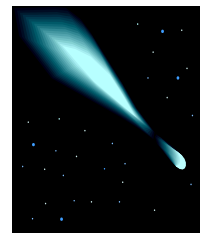


Αν το σώμα ήταν ακίνητο, παραμένει ακίνητο. Αν κινούταν, συνεχίζει να κινείται χωρίς να αλλάξει η ταχύτητα του.

Άρα, για να αλλάξει η κινητική κατάσταση, πρέπει να εμφανιστεί κάποιο εξωτερικό αίτιο. Και αυτό δεν είναι άλλο από την δύναμη!

Αντίστροφα: Αν δεν υπάρχει καμία εξωτερική αιτία (δηλαδή ή δεν ασκούνται δυνάμεις, ή αν ασκούνται εξουδετερώνονται), το σώμα ή παραμένει ακίνητο, ή κινείται με σταθερή ταχύτητα.

- ✓ Το τραπέζι, στην άκρη του δωματίου... Αν δεν το μετακινήσουμε εμείς ασκώντας του κάποια δύναμη, δεν πρόκειται να κινηθεί (αφού το βάρος του εξουδετερώνεται από την δύναμη που ασκεί το πάτωμα).
- ✓ Ένας κομήτης που κινείται στο διάστημα... Αλλάζει τον τρόπο κίνησής του (καμπυλώνεται η τροχιά του ή κινείται πιο γρήγορα) μόνο όταν περάσει κοντά από κάποιο άλλο ουράνιο σώμα που του ασκεί ελκτική δύναμη.
- ✓ Η μπάλα του μπιλιάρδου είναι ακίνητη μέχρι να της ασκήσουμε δύναμη με την στέκα. Μετά κινείται με σταθερή ταχύτητα, μέχρι να της ασκηθεί ξανά δύναμη (π.χ. λόγω σύγκρουσης).



➤ Παρατήρηση:

Η μάζα, εκτός από μέγεθος που δείχνει την ύλη, είναι το φυσικό μέγεθος που μετράει και την αδράνεια του σώματος.

3. Πως η δύναμη επηρεάζει την κίνηση; (ο θεμελιώδης νόμος της μηχανικής)

... «Όταν συνολικά δεν ασκείται δύναμη, η ταχύτητα του σώματος δεν αλλάζει». Άρα, όταν ασκείται δύναμη σε ένα σώμα (ή οι δυνάμεις που ασκούνται δεν εξουδετερώνονται), η ταχύτητα του θα αλλάξει δηλ. θα αποκτάει **επιτάχυνση**.

Η **επιτάχυνση** που αποκτάει είναι **ανάλογη** της **συνολικής δύναμης** που δέχεται.

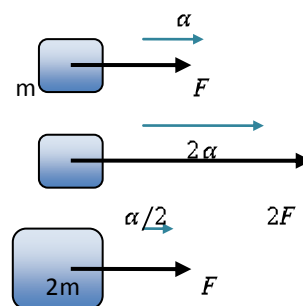
Όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα του σώματος, τόσο περισσότερο αντιδράει το σώμα στην αλλαγή της κινητικής του κατάστασης και τόσο πιο δύσκολα επιταχύνεται. Άρα η επιτάχυνση είναι **αντιστρόφως ανάλογη** της **μάζας**.

Όλα τα προηγούμενα συνοψίζονται στην εξίσωση:

$$\Sigma F = m \cdot a$$

ΣF είναι η συνισταμένη (συνολική) δύναμη που δέχεται το σώμα, m η μάζα του και a η επιτάχυνση που αποκτάει.

- ✓ Ένα αντικείμενο μάζας $m_1 = 2\text{kg}$, αποκτάει επιτάχυνση $a = 2\text{m/s}^2$, όταν δεχτεί συνολική δύναμη $F = 4\text{N}$. Αν η δύναμη διπλασιαστεί ($2F=8\text{N}$) αντίστοιχα θα διπλασιαστεί και η επιτάχυνση του, $2a = 4\text{m/s}^2$.
- ✓ Αν η προηγούμενη δύναμη ($F = 4\text{N}$) ασκηθεί σε σώμα διπλάσιας μάζας, $2m = 4\text{kg}$, η επιτάχυνση που θα προκαλέσει θα είναι η μισή από την a , δηλαδή $a/2 = 1\text{m/s}^2$.



➤ Παρατήρηση:

Η δύναμη και η επιτάχυνση έχουν πάντα την ίδια κατεύθυνση.

4. Πως συνδέονται οι «εξισώσεις των κινήσεων» με τον «θεμελιώδη νόμο της μηχανικής»;

Αν $\Sigma F = 0$, τότε δεν προκαλείται επιτάχυνση άρα η κίνηση είναι *ευθύγραμμη ομαλή*:

$$v = \text{σταθ.} \quad \& \quad \Delta x = v \cdot \Delta t$$

Αν $\Sigma F \neq 0$ και συγχρόνως είναι **σταθερή** και **παράλληλη** στην αρχική ταχύτητα, προκαλείται σταθερή επιτάχυνση και η κίνηση είναι ευθύγραμμη ομαλά μεταβαλλόμενη:

$$v = |v_{\text{αρχ}}| \pm |\alpha| \cdot \Delta t \quad \& \quad \Delta x = |v_{\text{αρχ}}| \cdot \Delta t \pm \frac{1}{2} |\alpha| \cdot \Delta t^2$$

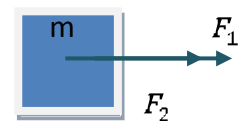
Αν $\Sigma F \neq 0$ χωρίς όμως να παραμένει σταθερή, τότε προκαλείται επιτάχυνση που μεταβάλλεται, και δεν ισχύουν οι γνωστές εξισώσεις των κινήσεων. Αν μάλιστα η δύναμη σχηματίζει γωνία με την αρχική ταχύτητα, προκαλείται καμπυλόγραμμη κίνηση...

➤ Παρατηρήσεις

- ❖ Η κίνηση ενός αντικείμενου, καθορίζεται από τις δυνάμεις που του ασκούνται.
- ❖ Αν γνωρίζουμε τις δυνάμεις που ασκούνται σε ένα αντικείμενο και την αρχική του ταχύτητα, μπορούμε να προβλέψουμε το είδος της κίνησης που θα εκτελέσει (και να εφαρμόσουμε τις αντίστοιχες εξισώσεις).
- ❖ Οι δυνάμεις θεωρούμε ότι ασκούνται στα σώματα με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην μπορούν να τα περιστρέψουν (π.χ, στο κέντρο μάζας τους...).

✓ **Παραδείγματα:**

1. Σε ένα κουτί μάζας $m = 3\text{kg}$ ασκούνται ταυτόχρονα και προς την ίδια κατεύθυνση, δύο δυνάμεις με μέτρα $F_1 = 8\text{N}$ και $F_2 = 7\text{N}$ αντίστοιχα.



- Η συνολική δύναμη που ασκείται στο κουτί είναι:

$$\Sigma F = F_1 + F_2 = 15\text{N}$$

- Η επιτάχυνση που αποκτάει λόγω της εφαρμογής των δυνάμεων είναι:

$$\alpha = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{15\text{N}}{3\text{kg}} = 5\text{m/s}^2$$

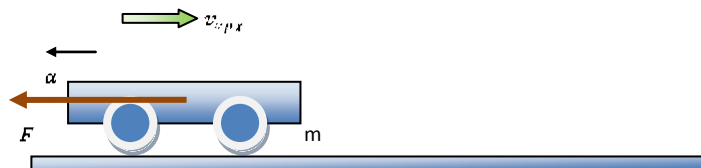
- Η ταχύτητα που θα έχει αποκτήσει μετά από $\Delta t = 2\text{sec}$ είναι:

$$v = \alpha \cdot \Delta t = 5\text{m/s}^2 \cdot 2\text{s} = 10\text{m/s}$$

- Η μετατόπισή του στον ίδιο χρόνο είναι:

$$\Delta x = \frac{1}{2} a \cdot \Delta t^2 = \frac{1}{2} \cdot 5 \frac{m}{s^2} \cdot 4s^2 = 10m$$

2. Στο αμαξάκι του σχήματος που κινείται αρχικά με ταχύτητα $v_{αρχ} = 2m/s$, ασκείται μία δύναμη μέτρου $F = 2N$ και φοράς



αντίθετης από αυτήν της κίνησης. Η μάζα του είναι $m = 0,5kg$.

- Η επιτάχυνση που αποκτάει έχει μέτρο:

$$a = \frac{\Sigma F}{m} = \frac{F}{m} = 4m/s^2$$

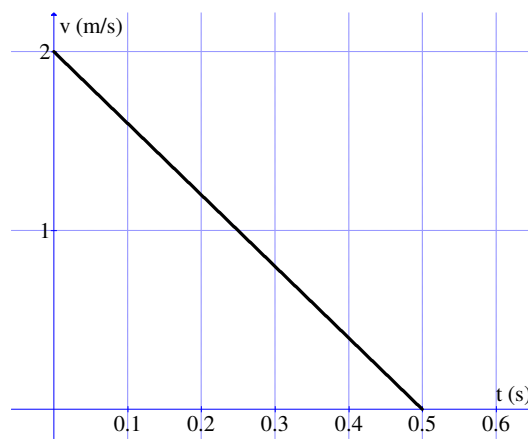
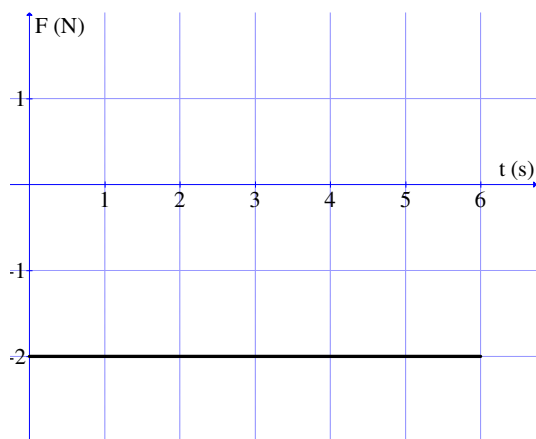
- Η φορά της δύναμης άρα και της επιτάχυνσης είναι αντίθετη από αυτήν της ταχύτητας, άρα η κίνηση είναι επιβραδυνόμενη.
- Ο χρόνος που χρειάζεται για να σταματήσει ($v=0$) είναι:

$$v = v_{αρχ} - a \cdot \Delta t \Rightarrow 0 = v_{αρχ} - a \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{v_{αρχ}}{a} = 0,5s$$

- Η απόσταση που διανύει σε αυτόν τον χρόνο είναι:

$$\Delta x = v_{αρχ} \cdot \Delta t - \frac{1}{2} a \cdot \Delta t^2 = 0,5m.$$

- Η γραφική παράσταση της δύναμης με τον χρόνο ($F-t$) και της ταχύτητας με τον χρόνο ($v-t$) φαίνονται στα επόμενα διαγράμματα:



3. Ένα αντικείμενο εκτελεί την κίνηση που περιγράφεται στο επόμενο διάγραμμα θέσης χρόνου.

- Η κίνηση είναι ευθύγραμμη ομαλή μέχρι την χρονική στιγμή $t = 6s$, αφού η θέση είναι ανάλογη με τον χρόνο κίνησης.
- Η συνισταμένη των δυνάμεων που δέχεται είναι μηδέν σύμφωνα με τον 1^ο Νόμο του Νεύτωνα. Αν λοιπόν δέχεται δύναμη τριβής, $T = 5N$



συμπεράνουμε ότι δέχεται και κάποια άλλη αντίθετη δύναμη F που εξουδετερώνει την τριβή, ώστε $\Sigma F = 0$:

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow F - T = 0 \Rightarrow F = T = 5N$$

- Μετά την χρονική στιγμή $t = 6s$, το αντικείμενο παραμένει ακίνητο. Η συνολική δύναμη που δέχεται θα είναι πάλι μηδέν. Μόνο που τώρα, αν δεν ασκείται η τριβή, δεν θα ασκείται και η δύναμη F .

Εφαρμογές - Ασκήσεις

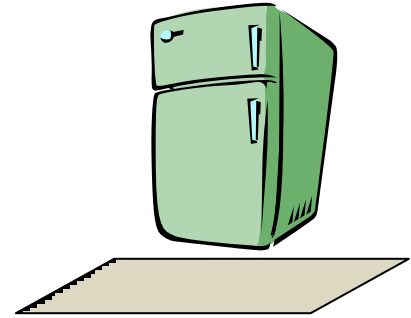
1. Το ψυγείο του σχήματος βρίσκεται ακίνητο στο πάτωμα. Αν γνωρίζουμε ότι η μάζα του είναι $m = 100\text{kg}$,

A. πόσο είναι το βάρος του;

B. Σχεδιάστε όλες τις δυνάμεις που δέχεται αναφέρετε ποιος ασκεί την κάθε μία από αυτές. Είναι κάποιες από αυτές τις δυνάμεις ζεύγος δυνάμεων αλληλεπίδρασης; (δράση – αντίδραση).

Γ. Υπολογίστε την δύναμη που ασκεί το πάτωμα στο ψυγείο.

Δίνεται ότι $g = 10\text{m/s}^2$.



2. Από το ταβάνι ενός δωματίου κρέμεται ένα φωτιστικό. Αν γνωρίζετε ότι το καλώδιο ασκεί στο φωτιστικό δύναμη μέτρου $F = 20\text{N}$:

A. Να σχεδιάσετε τις παρακάτω δυνάμεις και να υπολογίσετε τα μέτρα τους:

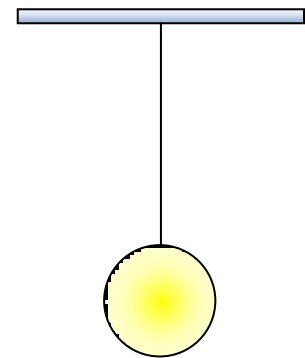
i. Δύναμη που δέχεται το καλώδιο από το φωτιστικό.

ii. Βάρος του φωτιστικού.

iii. Δύναμη που ασκεί το καλώδιο στο ταβάνι.

Δ. Ποιες από τις προηγούμενες δυνάμεις είναι της μορφής δράση – αντίδραση;

Θεωρείστε ότι το βάρος του καλωδίου είναι αμελητέο.



3. Επιλέξτε την σωστή από τις επόμενες ερωτήσεις.

A. Όταν σε ένα σώμα ασκούνται σταθερές δυνάμεις, κινείται με σταθερή ταχύτητα.

B. Για να κινείται ευθύγραμμα και ομαλά ένα αντικείμενο, πρέπει η συνολική δύναμη που του ασκείται να είναι μηδέν.

Γ. Όταν ένα σώμα ισορροπεί, δέχεται μικρότερη δύναμη από όταν κινείται με σταθερή ταχύτητα.

Δ. Αν τραβήξουμε ένα σώμα ασκώντας του σταθερή δύναμη οποιασδήποτε τιμής, αυτό θα κινηθεί ευθύγραμμα ομαλά.

4. Ένα αυτοκίνητο κινείται σε ευθύ δρόμο, με ταχύτητα σταθερού μέτρου $v = 20\text{m/s}$. Αν γνωρίζουμε ότι η δύναμη που αντιστέκεται στην κίνησή του (αέρας, τριβές) έχει μέτρο $F_{αντ} = 400\text{N}$:



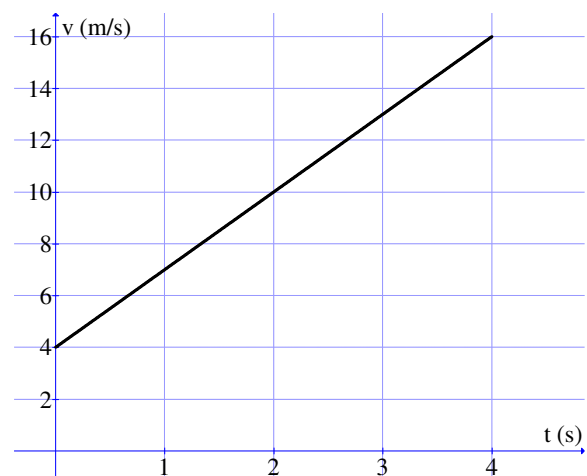
- A.** Ποιο είναι το μέτρο της δύναμης που βοηθάει την κίνηση του (λόγω της λειτουργίας του κινητήρα);
- B.** Πόση απόσταση θα έχει διανύσει σε χρόνο 5min ;
- Γ.** Να φτιάξετε την γραφική παράσταση της ταχύτητας του σε συνάρτηση με τον χρόνο.

5. Οι δυνάμεις F_1 , F_2 και F_3 που ασκούνται στο σώμα του διπλανού σχήματος, έχουν μέτρα 10N , 5N , και 15N αντίστοιχα. Αν η ταχύτητα αρχική του ταχύτητα είναι $v_{αρχ} = 4\text{m/s}$,



- A.** Να εξετάσετε τι είδους κίνηση εκτελεί το αντικείμενο.
- B.** Πόση απόσταση θα έχει διανύσει μετά από $\Delta t = 0,2\text{min}$;
- Γ.** Τι κίνηση θα εκτελούσε αν κάποια στιγμή καταργούσαμε την F_3 ;

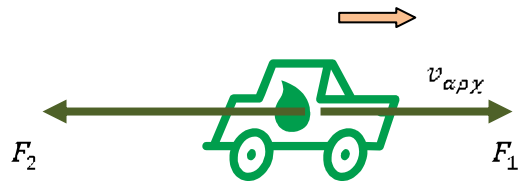
6. Η ταχύτητα ενός αντικειμένου σε συνάρτηση με τον χρόνο φαίνεται στο διπλανό διάγραμμα. Αν η μάζα του είναι $m = 6\text{kg}$, να υπολογίσετε:



- A.** Το μέτρο της επιτάχυνσης του
- B.** Το μέτρο της συνισταμένη δύναμη που δέχεται.
- Γ.** Την συνολική απόσταση που θα έχει διανύσει σε χρονική διάρκεια κίνησης $\Delta t = 5\text{s}$.
- Δ.** Την τιμή της ταχύτητας του την χρονική στιγμή $t = 2,4\text{s}$.

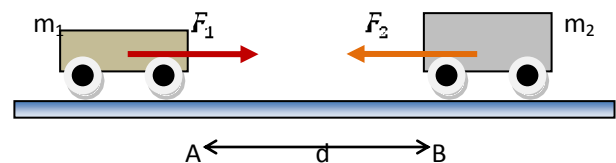
7. Ένα αντικείμενο μπορεί να κινείται σε λείο οριζόντιο επίπεδο και δέχεται μία δύναμη μέτρου $F = 20\text{N}$. Αν αρχικά η ταχύτητά του ήταν μηδέν, και η μάζα του είναι $m = 10\text{kg}$,
- A.** Τι είδους κίνηση εκτελεί; Εξηγήστε.
- B.** Υπολογίστε την τιμή της επιτάχυνσης που αποκτάει.
- Γ.** Σε πόσο χρόνο θα έχει αποκτήσει ταχύτητα $v = 6\text{m/s}$;
- Δ.** Φτιάξτε την γραφική παράσταση της δύναμης που δέχεται και της ταχύτητας που αποκτάει σε συνάρτηση με τον χρόνο κίνησης.

8. Σε ένα όχημα μάζας $m = 500\text{kg}$ ασκούνται δύο δυνάμεις αντίθετης κατεύθυνσης, όπως στο σχήμα. Τα μέτρα τους είναι $F_1 = 400\text{N}$ και $F_2 = 650\text{N}$. Η αρχική ταχύτητα του οχήματος την χρονική στιγμή $t = 0$ έχει μέτρο $v_{\text{αρχ}} = 10\text{m/s}$ και την φορά της F_1 . Την χρονική στιγμή $t = 0$ το όχημα βρισκόταν στην θέση $x_0 = 0$.



- A.** Να υπολογίσετε την επιτάχυνση (μέτρο και φορά) του οχήματος και να εξηγήσετε το είδος της κίνησης που εκτελεί.
- B.** Πόση ταχύτητα θα έχει αποκτήσει, και σε ποια θέση θα βρίσκεται την χρονική στιγμή $t = 4\text{s}$;
- Γ.** Να φτιάξετε το διάγραμμα της ταχύτητας του οχήματος σε συνάρτηση με τον χρόνο.

9. Τα δύο αμαξάκια του σχήματος έλκονται μεταξύ τους με δυνάμεις αλληλεπίδρασης F_1 και F_2 . Αν η μάζες τους είναι $m_1 = 4\text{kg}$ και $m_2 = 8\text{kg}$ αντίστοιχα και το μέτρο της αλληλεπίδρασης είναι 12N . Την χρονική στιγμή $t = 0$ τα αφήνουμε ελεύθερα να κινηθούν, από απόσταση $d = 2,25\text{m}$. να υπολογίσετε:



- A.** Πόση είναι η επιτάχυνση που αποκτάει το ένα κάθε αμαξάκι;
- B.** Πότε συναντιούνται;
- Γ.** Σε πόση απόσταση από το σημείο A συναντιούνται;
- Δ.** Τι τιμές ταχύτητας έχουν την στιγμή της συνάντησης;