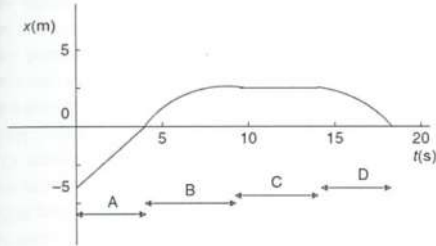
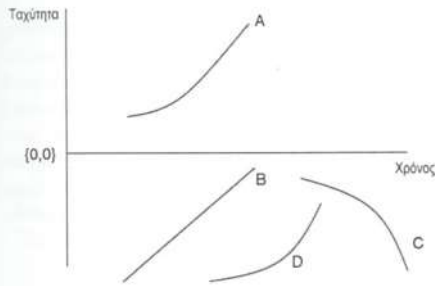


3. Στο διάγραμμα που ακολουθεί, φαίνεται η θέση ενός σώματος που εκτελεί ευθύγραμμη κίνηση σε συνάρτηση με τον χρόνο. Για τα τέσσερα χρονικά διαστήματα που σημειώνονται με κεφαλαίο γράμμα, να προσδιορίσετε το πρόσημο της ταχύτητας και της επιτάχυνσης. Μήπως κάποιο από τα δύο μεγέθη είναι μηδέν σε κάποιο από αυτά τα χρονικά διαστήματα;



4. Στο διάγραμμα που ακολουθεί, απεικονίζεται η ταχύτητα τεσσάρων αντικειμένων, που εκτελούν ευθύγραμμη κίνηση, σε συνάρτηση με τον χρόνο. Να αναφέρετε αν η ταχύτητα και η επιτάχυνση, για καθένα από τα σώματα που σημειώνονται με κεφαλαίο γράμμα, έχει θετική, αρνητική τιμή ή είναι μηδέν.



5. Είναι η μέση ταχύτητα, κατά τη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος, πάντοτε ίση με τον μέσο όρο ταχυτήτων του σώματος στην αρχή και στο τέλος του χρονικού διαστήματος; Αν όχι να δώσετε ένα παράδειγμα που να φαίνεται ότι ο προηγούμενος κανόνας δεν ισχύει.
6. Όταν ένα σώμα εκτελεί ελεύθερη πτώση καλύπτει ίσες αποστάσεις σε ίσους χρόνους; Μήπως η ταχύτητά του αυξάνεται κατά ίσες ποσότητες σε ίσα χρονικά διαστήματα;
7. Για καθεμία από τις παρακάτω περιπτώσεις να αναγνωρίσετε όλες τις δυνάμεις που δρουν πάνω σε καθένα από τα σώματα που είναι υπογραμμισμέ-

νο. Στη συνέχεια, και για καθεμία από τις δυνάμεις που σημειώσατε, να εντοπίσετε την αντίδρασή της, καθώς και το σώμα από το οποίο «προέρχεται» δύναμη αυτή;

- (α) Ένα πουλί που πετά στον αέρα.  
 (β) Ένα άλογο που τραβά μια άμαξα.  
 (γ) Έναν άνθρωπο που βρίσκεται μέσα σε ένα ανελκυστήρα που ανεβαίνει κινούμενος με επιτάχυνση.  
 (δ) Ένα μπαλόνι γεμάτο με ζεστό αέρα το οποίο αιωρείται ακίνητο πάνω από ένα ορισμένο σημείο του εδάφους.  
 (ε) Μια ακίνητη σκάλα που το πάνω άκρο της στηρίζεται σε ένα κατακόρυφο τοίχο.
8. Ένα μικρό επιβατηγό αυτοκίνητο συγκρούεται μετωπικά με ένα τριαξονικό φορτηγό. Ποιο από τα δύο οχήματα δέχεται τη μεγαλύτερη δύναμη κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης; Ποιο αποκτά τη μεγαλύτερη επιτάχυνση;
9. Να αποφασίσετε αν τα επόμενα ζεύγη δυνάμεων αποτελούν περιπτώσεις δράσης-αντίδρασης. Να δικαιολογήσετε, σε κάθε περίπτωση, την απάντησή σας.  
 (α) Το βάρος ενός ψαριού και η δύναμη της άνωσης που το κάνει να επιπλέει.  
 (β) Το βάρος ενός αλεξιπτωτιστή που εκτελεί ελεύθερη πτώση, και η δύναμη της τριβής.  
 (γ) Η ώθηση που δέχεται μια μέδουσα, με τη δύναμη που αυτή ασκεί στον πίδακα νερού που εκτοξεύει.  
 (δ) Η δύναμη της τριβής που μας επιτρέπει να περπατάμε, και η οριζόντια δύναμη που ασκούμε στη Γη.
10. Να περιγράψετε ορισμένες καταστάσεις στις οποίες ενώ ένα σώμα δέχεται κάποιες δυνάμεις, εντούτοις δεν κινείται. Πώς μπορεί να συμβαίνει κάτι τέτοιο;
11. Ποιές οι διαφορές μεταξύ μάζας και βάρους;
12. Σε ποιες από τις επόμενες καταστάσεις εμπλέκονται δυνάμεις πεδίου και σε ποιες δυνάμεις από επαφή: Σε ένα παιχνίδι διελκυστίνδας, στη μετακίνηση σιδερένιων συνδετήρων με τη βοήθεια ενός πεταλοειδούς μαγνήτη, στην περιστροφή ενός ανθρώπου που βρίσκεται πάνω στη μεγάλη ρόδα ενός λούνα πάρκ, στο τίναγμα που νιώθουμε ορισμένες φορές καθώς το χέρι μας πλησιάζει το πόμολο μιας πόρτας, σε μια μπάλα που πέφτει από κάποιο ύψος, σε ένα τραίνο που κινείται στη σιδηροτροχιά του, και σε ένα τραίνο μαγνητικής αιώρησης που ταξιδεύει σε ελάχιστη απόσταση πάνω από τις γραμμές με μεγάλη ταχύτητα.

13. Δύο σώματα, με ίσες μάζες, έλκονται με μια βαρυτική δύναμη ίση με 18 pN. Αν η απόσταση που τα χωρίζει τριπλασιαστεί, πόση θα γίνει η βαρυτική έλξη μεταξύ τους;
14. Η ένταση του βαρυτικού πεδίου που δημιουργεί ένα σώμα σε ένα ορισμένο σημείο είναι ίση με  $g$ . Αν η μάζα του σώματος διπλασιαστεί και ταυτόχρονα απομακρυνθεί σε διπλάσια απόσταση από το σημείο, πόση θα είναι η νέα ένταση του βαρυτικού πεδίου στο συγκεκριμένο σημείο;
15. Να συζητήσετε μέσα στην τάξη τον τρόπο με τον οποίο οι επιστήμονες μπόρεσαν να προσδιορίσουν τη μάζα του Ήλιου.
16. Εξηγήστε γιατί αν και ένας αστροναύτης που βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τη Γη είναι αβαρής, εντούτοις πρέπει να ασκήσει δύναμη προκειμένου να προωθηθεί εντός του διαστημοπλοίου.
17. Ένας άνθρωπος που βρίσκεται πάνω σε ένα καρουζέλ σε ένα πάρκο αναψυχής, παρατηρεί μια παγοδρόμο που κινείται σε παρακείμενη πίστα. Η παγοδρόμος θεωρεί ότι κινείται σε ευθεία γραμμή με σταθερή ταχύτητα. Πώς περιγράφει την κίνηση της παγοδρόμου ο άνθρωπος στο καρουζέλ; Ο επιβάτης του καρουζέλ θεωρεί ότι η παγοδρόμος παραβιάζει τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα. Γιατί κάνει λάθος;
18. Οι μύες αποτελούνται βασικά από αλληλοπλεκόμενες λεπτές (ακτίνη) και πιο χοντρές (μυοσίνη) «ίνες» οι οποίες αλληλεπιδρούν μέσω γεφυρών (που τις αποτελούν οι «κεφαλές» των ινών μυοσίνης). Καθώς η δύναμη που η κεφαλή μιας τέτοιας ίνας μυοσίνης ασκεί πάνω σε μια ίνα ακτίνης είναι ίση και αντίθετη με τη δύναμη που η ακτίνη ασκεί στην κεφαλή, και κατά συνέπεια και σε όλη την ίνα της μυοσίνης, με ποιό τρόπο μπορεί ένας μύς να παράγει οποιαδήποτε δύναμη;
19. Στη λεπτομερή δομή ενός μυϊκού ινιδίου περιλαμβάνονται μια σειρά από τις ονομαζόμενες Z γραμμές εκατέρωθεν των οποίων υπάρχουν λεπτές ίνες ακτίνης, ενώ οι πιο χοντρές ίνες μυοσίνης δεν ενώνονται με τις Z γραμμές. Οι γέφυρες, από τις κεφαλές των ινών μυοσίνης, τείνουν να ελαττώνουν την απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών Z γραμμών κάθε φορά που ένας μύς συστέλλεται. Δεν θα έπρεπε όμως σε κάθε Z γραμμή να ασκούνται συμμετρικές δυνάμεις από τις ίνες που βρίσκονται εκατέρωθεν της, και έτσι η συνολική δύναμη που δέχεται να είναι μηδέν;



20. Σε καθεμία από τις ακόλουθες περιπτώσεις να αναγνωρίσετε τα ζεύγη δράσης-αντίδρασης και να σχεδιάσετε διαγράμματα ελευθέρου σώματος για τα σώματα που είναι υπογραμμισμένα: (α) για ένα βιβλίο που ηρεμεί πάνω σε ένα τραπέζι, (β) για ένα βιβλίο που είναι ακίνητο στην επιφάνεια ενός γραφείου ενώ πάνω του υπάρχει ένα πρεζ παπιέ, (γ) μια άμαξα η οποία έλκεται από ένα άλογο και κινείται σε έναν οριζόντιο δρόμο (δ) μια βαριά κορβίτσα την οποία συγκρατούμε στη θέση της πάνω σε ένα τοίχο πιέζοντάς την οριζόντια.
21. Πού οφείλεται το φαινόμενο της διάχυσης; Αν ένα δοχείο συγκρατείται εντελώς ακίνητο, χωρίς να υπάρχουν κανενός είδους κραδασμοί (το δοχείο για παράδειγμα βρίσκεται μέσα σε ένα ερμητικά κλειστό δωμάτιο, πάνω σε ένα μεγάλο κομμάτι από γρανίτη το οποίο με τη σειρά του είναι στερεωμένο πάνω σε αποσβεστήρες) θα παρατηρήσουμε το φαινόμενο της διάχυσης;
22. Για ποιό λόγο μια σταγόνα κάποιας χρωστικής ουσίας, όταν προστίθεται στο νερό, δεν εξαπλώνεται με ομοιόμορφο τρόπο από το αρχικό σημείο στο οποίο τοποθετήθηκε; (ή μήπως εξαπλώνεται;) Αν τοποθετήσετε προσεκτικά μια σταγόνα κρέμας πάνω στην επιφάνεια του καφέ που βρίσκεται μέσα σε μια κούπα, τι θα παρατηρήσετε; Υπάρχει κάποιος τρόπος με τον οποίο μπορείτε να εμποδίσετε τη διάχυση της σταγόνας που προσθέσατε;

## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

1. Η θέση ενός σωματιδίου, που κινείται κατά μήκος του άξονα  $x$ , καταγράφεται κάθε 0,5 s και οι μετρήσεις φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Χρονική στιγμή (s)	$x$ -τιμή της θέσης (m)
0	+3
0,5	+2,2
1	+3
1,5	+1
2	-0,5

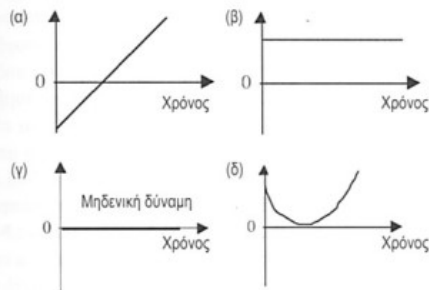
Ποιά από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστή; (α) Η  $x$  συνιστώσα της μέσης διανυσματικής ταχύτητας για το χρονικό διάστημα από 0 s έως 1 s είναι 0 m/s. (β) Η μέση ταχύτητα για το χρονικό διάστημα

μα από 0 s έως 1 s είναι 0 m/s. (γ) Η  $x$  συνιστώσα της στιγμιαίας ταχύτητας τη χρονική στιγμή 1 s είναι +3 m/s. (δ) Η αλγεβρική τιμή της  $x$  συνιστώσα της στιγμιαίας ταχύτητας για το χρονικό διάστημα από 1 s έως 2 s είναι συνεχώς αρνητική.

2. Η  $x$  συνιστώσα της ταχύτητας ενός κινητού καταγράφεται κάθε 0,5 s και τα δεδομένα που προκύπτουν προσαρμόζονται σε μια ευθεία γραμμή όπως αυτή που φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί.



Υποθέτοντας ότι η προσαρμογή των δεδομένων μας σε ευθεία γραμμή αποτελεί μια καλή προσέγγιση για την εκτελούμενη κίνηση, να επιλέξετε το κατάλληλο διάγραμμα από το παρακάτω σχήμα, που να περιγράφει με τον καλύτερο τρόπο την  $x$ -συνιστώσα της συνολικής δύναμης που ασκείται στο σώμα σε συνάρτηση με τον χρόνο.



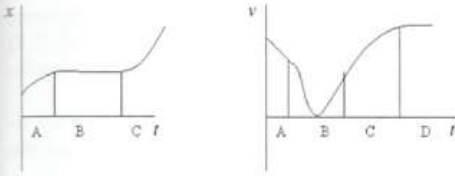
3. Μια δύναμη 9,8 N, προσδίδει σε ένα σώμα μάζας 1 kg επιτάχυνση ίση με  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Η πρόταση αυτή σχετίζεται στενότερα με: (α) Τον πρώτο νόμο του Νεύτωνα, (β) Τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, (γ) Τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα, (δ) Τον νόμο της παγκόσμιας έλξης.
4. Μια γυναίκα έχει βάρος 500 N και βρίσκεται μέσα σε ένα ανελκυστήρα ο οποίος ανεβαίνει. Κάποια χρονική στιγμή η ταχύτητα του ανελκυστήρα, άρα και της γυναίκας, είναι 10 m/s και μειώνεται με ρυθμό  $2 \text{ m/s}^2$ . Τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή το δάπεδο του ανελκυστήρα ασκεί μια δύναμη στη γυναίκα περίπου ίση με: (α) 400 N με κατεύθυνση

προς τα επάνω, (β) 500 N με κατεύθυνση προς τα επάνω, (γ) 500 N με κατεύθυνση προς τα κάτω, (δ) 600 N με κατεύθυνση προς τα επάνω.

5. Μια μπάλα ποδοσφαίρου πλησιάζει έναν ποδοσφαιριστή με ταχύτητα 10 m/s. Ο παίκτης χτυπά τη μπάλα με το κεφάλι του με αποτέλεσμα αυτή να αλλάξει κατεύθυνση κίνησης κινούμενη αντίθετα, με ταχύτητα μέτρου 15 m/s. Θεωρούμε ότι ο παίκτης παραμένει πρακτικά στην ίδια θέση, ενώ κατά το χρονικό διάστημα που το κεφάλι του ποδοσφαιριστή ήταν σε επαφή με τη μπάλα άσκησε σε αυτή μια μέση δύναμη μέτρου 100 N. Ποια από τις επόμενες προτάσεις είναι σωστή σχετικά με το μέτρο της μέσης δύναμης που η μπάλα ασκεί στο κεφάλι του ποδοσφαιριστή κατά τη διάρκεια του ίδιου χρονικού διαστήματος: (α) Πρέπει να είναι μηδέν καθώς δεν παρατηρούμε σημαντική μετακίνηση της κεφαλής του παίκτη. (β) Δεν είναι δυνατό να υπολογίσουμε επακριβώς την ασκούμενη δύναμη από τις πληροφορίες που δίνονται, αλλά πρέπει να είναι μικρότερη από 100 N γιατί σε διαφορετική περίπτωση η μπάλα δεν θα ανέστρεφε πορεία. (γ) Δεν μπορούμε να πούμε κάτι για το μέτρο της ασκούμενης δύναμης, καθώς δεν γνωρίζουμε ούτε τη μάζα της μπάλας ούτε τον χρόνο για τον οποίο η μπάλα και το κεφάλι του ποδοσφαιριστή βρίσκονταν σε επαφή. (δ) Είναι 100 N.
6. Μια ποδηλάτισσα κινείται για χρονικό διάστημα 20 s και διανύει απόσταση 400 m κατά μήκος ενός ευθύγραμμου δρόμου, που θεωρούμε ότι ταυτίζεται με τη θετική κατεύθυνση του άξονα  $x$ . Στη συνέχεια, και μέσα σε χρονικό διάστημα 20 s, γυρίζει το ποδήλατό της στην αντίθετη κατεύθυνση. Τέλος ποδηλατεί με κατεύθυνση το σημείο από το οποίο ξεκίνησε, και χρειάζεται 40 s για να φθάσει σε αυτό. Η μέση διανυσματική ταχύτητα για όλη τη διαδρομή της ήταν (α) 0, (β) +3, (γ) +10, (δ) +15 m/s.
7. Πετάμε μια μπάλα κατακόρυφα προς τα επάνω. Κάποια στιγμή, και αφού η μπάλα έχει φύγει από το χέρι μας, παρατηρούμε ότι βρίσκεται στη θέση Α και ανέρχεται. Λίγο αργότερα είναι στη θέση Β όπου η στιγμιαία ταχύτητά της είναι ίση με το μηδέν, και κάποια επόμενη χρονική στιγμή βρίσκεται στη θέση Γ κατερχόμενη. Αν θεωρήσουμε ότι σε όλη την κίνηση της μπάλας πάνω της δρα μόνο η δύναμη του βάρους, τότε η επιτάχυνσή της: (α) Έχει κατεύθυνση προς τα επάνω στο σημείο Α, είναι μηδέν στο Β και έχει κατεύθυνση προς τα κάτω στο σημείο Γ (β) Έχει κατεύθυνση προς τα επάνω σε όλα τα προαναφερθέντα σημεία (γ) Είναι συνεχώς μηδέν σε όλα τα προαναφερθέντα σημεία

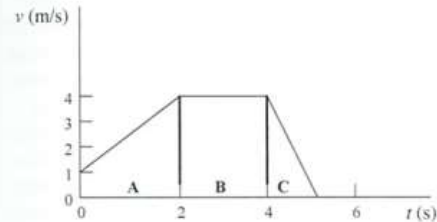
- (δ) Έχει κατεύθυνση προς τα κάτω σε όλα τα προαναφερθέντα σημεία.
8. Πετάμε ένα αντικείμενο κατακόρυφα προς τα επάνω. Στη υψηλότερη θέση της τροχιάς του: (α) Έχει ταχύτητα και επιτάχυνση μηδέν (β) Έχει ταχύτητα μηδέν και επιτάχυνση ίση με το βάρος του (γ) Έχει ταχύτητα με κατεύθυνση προς τα κάτω και επιτάχυνση ίση με  $g$  (δ) Έχει ταχύτητα μηδέν και επιτάχυνση ίση με  $g$ .
9. Σύμφωνα με τον νόμο της παγκόσμια έλξη του Νεύτωνα το μέτρο της βαρυτικής δύναμης που ασκεί ένα σώμα μάζας  $M$  σε ένα άλλο σώμα μάζας  $m$  δίνεται από την έκφραση  $GMm/r^2$ . Η βαρυτική δύναμη έχει διαστάσεις (συναρτήσει των θεμελιωδών μεγεθών) που είναι: (α)  $[M][L][T]^{-2}$ , (β)  $[M]^2[L]^{-2}$ , (γ)  $[M][L][T]^{-1}$ , (δ)  $[M][L]^2[T]^{-2}$  (Όπου τα  $[M]$ ,  $[L]$  και  $[T]$  αντιπροσωπεύουν τις διαστάσεις της μάζας του μήκους και του χρόνου αντίστοιχως.)
10. Δεδομένου ότι η απόσταση της Γης από τον Ήλιο είναι περίπου  $1,5 \times 10^{11}$  m, και ότι απαιτείται περίπου ένας χρόνος (σχεδόν  $3,1 \times 10^7$  s) για να ολοκληρωθεί μια περιστροφή της Γης γύρω από τον Ήλιο, η τροχιακή ταχύτητα της Γης γύρω από τον Ήλιο είναι: (α)  $4,8 \times 10^3$  m/s, (β)  $2,3 \times 10^{15}$  m/s, (γ)  $3 \times 10^4$  m/s, (δ)  $7,3 \times 10^{14}$  m/s.
11. Η Ηρώ βρίσκεται σε έναν ανελκυστήρα και ο Κώστας στέκεται στο έδαφος και την παρακολουθεί να ανέρχεται με σταθερή ταχύτητα ίση με 5 m/s. Κάποια στιγμή η Ηρώ αφήνει να πέσει ένα μολύβι. Η επιτάχυνση του μολυβιού κατά την πτώση του σύμφωνα με την Ηρώ, είναι: (α) Περίπου  $10 \text{ m/s}^2$  με κατεύθυνση προς τα κάτω, (β) 0, (γ) Περίπου  $15 \text{ m/s}^2$  με κατεύθυνση προς τα κάτω, (δ) Περίπου  $5 \text{ m/s}^2$  με κατεύθυνση προς τα επάνω.
12. Αναφερόμενοι στο προηγούμενο πρόβλημα, ο Κώστας παρακολουθεί τώρα την Ηρώ να ανέρχεται με ταχύτητα που αυξάνεται κατά 5 m/s σε κάθε δευτερόλεπτο. Η Ηρώ στέκεται πάνω σε μια ζυγαριά, μέσα στον ανελκυστήρα, και διαπιστώνει ότι η ένδειξη είναι ίση με 750 N. Αφού ο ανελκυστήρας σταματήσει η ένδειξη της ζυγαριάς θα είναι: (α) 250 N, (β) 500 N, (γ) 750 N, (δ) 1000 N.
13. Όταν πατάμε το φρένο σε ένα αυτοκίνητο παρατηρούμε τα βιβλία που βρίσκονται στο κάθισμα του συνοδηγού να κινούνται απότομα προς τα εμπρός. Αυτό πιθανότητα οφείλεται στο ότι: (α) Το αυτοκίνητο δεν είναι αδρανειακό σύστημα αναφοράς, (β) Το κάθισμα ασκεί δύναμη ωθώντας τα βιβλία προς τα εμπρός, με αποτέλεσμα αυτά να επιταχύνονται, (γ) Δημιουργείται ένα ισχυρό βαρυτικό πεδίο από την εφαρμογή των φρένων, (δ) Δημιουργείται ένα ισχυρό μαγνητικό εξαιτίας του φρεναρίσματος.
14. Ένα σωματίδιο μάζας  $m_1$  συγκρούεται με ένα δεύτερο μάζας  $m_2$ . Κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης θεωρούμε ότι όλες οι υπόλοιπες δυνάμεις είναι αμελητέες. Ο λόγος της επιτάχυνσης που αποκτά η μάζα  $m_1$  προς την επιτάχυνση της  $m_2$ , οποιαδήποτε χρονική στιγμή κατά τη διάρκεια της κρούσης: (α) Είναι μικρός στην αρχή του φαινομένου της κρούσης, μεγαλώνει στη συνέχεια φθάνοντας μια μέγιστη τιμή και έπειτα μικραίνει και πάλι, (β) Εξαρτάται από το αν οι δύο μάζες σχηματίζουν ένα συσσωμάτωμα μετά την κρούση, (γ) Εξαρτάται από το πόσο γρήγορα κινούνταν καθένα από τα δύο σωματίδια πριν την κρούση, (δ) Είναι συνεχώς ίσος με τον λόγο  $m_2/m_1$ .
15. Δύο σώματα με μάζες 10 και 4 kg αντίστοιχως, που είναι αρχικά ακίνητα, δέχονται συνολικές δυνάμεις ίδιου μέτρου (οι οποίες παραμένουν σταθερές) για το ίδιο χρονικό διάστημα. Μετά από αυτό το χρονικό διάστημα, το σώμα των 10 kg έχει αποκτήσει ταχύτητα  $v_1$  ενώ αυτό των 4 kg κινείται με ταχύτητα  $v_2$ . Ποιά από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστή; (α) Η ταχύτητα  $v_1$  είναι ίση με την ταχύτητα  $v_2$ , (β) Ο λόγος  $v_1/v_2$  είναι ίσος με 5/2, (γ) Ο λόγος  $v_1/v_2$  είναι ίσος με 2/5, (δ) Ο λόγος  $v_1/v_2$  είναι ίσος με  $(2/5)^2$ .
16. Είναι δυνατόν να αλλάξει η κατεύθυνση της κίνησης ενός σώματος όταν η επιτάχυνσή του είναι σταθερή; (α) Όχι. Κάτι τέτοιο δεν μπορεί να συμβεί καθώς η ταχύτητα του σώματος συνεχώς θα αυξάνεται. (β) Όχι. Κάτι τέτοιο δεν μπορεί να συμβεί γιατί το σώμα είτε συνεχώς θα επιταχύνεται είτε συνεχώς θα επιβραδύνεται, αλλά ποτέ δεν θα μπορέσει να αλλάξει κατεύθυνση κίνησης. (γ) Ναι είναι πιθανόν. Μάλιστα μια πέτρα που πετάμε προς τα επάνω αποτελεί ένα καλό παράδειγμα. (δ) Ναι μπορεί να συμβεί. Ένα αυτοκίνητο που ξεκινά από την ηρεμία, επιταχύνεται, επιβραδύνεται, ώστε να σταματήσει σε ένα φανάρι, ενώ στη συνέχεια βάζει όπισθεν και κινείται προς τα πίσω αποτελεί ένα καλό παράδειγμα.
17. Μπορεί το μέτρο της ταχύτητας ενός σώματος να αυξάνεται ενώ ταυτόχρονα η επιτάχυνσή του μειώνεται; (α) Όχι, κάτι τέτοιο είναι αδύνατο να συμβαίνει εξαιτίας του τρόπου που ορίσαμε την επιτάχυνση. (β) Όχι, αν η επιτάχυνση μειώνεται, τότε υποχρεωτικά το μέτρο της ταχύτητας του σώματος θα πρέπει να μειώνεται και αυτό. (γ) Ναι, και ένα παράδειγμα είναι η πτώση ενός αντικειμένου απουσία τριβής από τον αέρα. (δ) Ναι, και ένα παράδειγμα είναι η πτώση ενός αντικειμένου, που αφήνεται από κάποιο ύψος, παρουσία τριβής από τον αέρα.

Οι Ερωτήσεις 18-21 αναφέρονται στις δύο γραφικές παραστάσεις που ακολουθούν.



18. Σε ποίο από τα χρονικά διαστήματα (A, B, C) του διαγράμματος  $x - t$  είναι η επιτάχυνση αρνητική;
19. Σε ποίο από τα χρονικά διαστήματα (A, B, C) του διαγράμματος  $x - t$  είναι η ταχύτητα σταθερή;
20. Σε ποίο από τα χρονικά διαστήματα (A, B, C, D) του διαγράμματος  $v - t$  είναι η επιτάχυνση σταθερή αλλά όχι μηδενική;
21. Σε ποίο από τα χρονικά διαστήματα (A, B, C, D) του διαγράμματος  $v - t$  είναι η επιτάχυνση συνεχώς θετική;

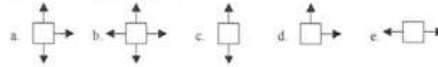
Οι Ερωτήσεις 22 και 23 αναφέρονται στο επόμενο διάγραμμα:



22. Αν η γραφική παράσταση αναφέρεται σε ένα σώμα μάζας 4 kg, τότε η συνισταμένη των δυνάμεων που δρουν πάνω του, σε καθένα από τα τρία χρονικά διαστήματα (A, B, C), είναι (σε Newton) (α) 6, 0, 16 (β) -6, 0, 16 (γ) 3/2, 0, -4 (δ) 6, 0, -16 (ε) 3/2, 0, -16.
23. Αν το σώμα της προηγούμενης ερώτησης ξεκινά να κινείται από την αρχή του άξονα  $x$  τη χρονική στιγμή  $t = 0$ , τότε τη χρονική στιγμή  $t = 4$  s θα βρίσκεται στη θέση: (α)  $x = 11$  m, (β)  $x = 13$  m, (γ)  $x = 8$  m, (δ)  $x = 4$  m, (ε)  $x = 22$  m.
24. Ένας άνθρωπος κρατά ακίνητο ένα κάδρο πιέζοντάς το οριζόντια πάνω σε ένα κατακόρυφο τοίχο. Η δύναμη της αντίδρασης στο βάρος του κάδρου είναι: (α) Η κάθετη δύναμη που ασκείται στο κάδρο, (β) Η προς τα επάνω έλξη που ασκείται στη Γη η οποία είναι ίση σε μέτρο με το βάρος, (γ) Η δύναμη της τριβής πάνω στο κάδρο από τον τοίχο που είναι ίση, σε μέτρο, με το βάρος, (δ) Η δύναμη

της τριβής από το κάδρο στον τοίχο, (ε) Η κάθετη δύναμη στον τοίχο από το κάδρο.

25. Ποιό από τα επόμενα σχήματα αναπαριστά το σωστό διάγραμμα ελευθέρου σώματος για ένα μπάλονι γεμάτο με ήλιο το οποίο αιωρείται, δεμένο με τη βοήθεια ενός νήματος, πάνω από τη θέση ενός επιβάτη σε ένα τρένο που ταξιδεύει προς τα δεξιά με σταθερή ταχύτητα 60 miles/h.



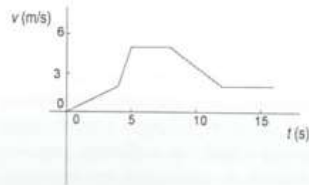
26. Ένα άλογο τραβά μια άμαξα, κατά μήκος ενός οριζόντιου δρόμου, και καταφέρνει να την κινεί με σταθερή ταχύτητα. Ποιά είναι η δύναμη της αντίδρασης στη δύναμη που ασκεί το άλογο στην άμαξα; (α) Η κάθετη δύναμη από το έδαφος στην άμαξα, (β) Το βάρος της άμαξας, (γ) Η δύναμη της τριβής που δρα στην άμαξα, η οποία είναι ίση με τη δύναμη της έλξης που ασκεί το άλογο, (δ) Η έλξη ίσου μέτρου που τραβά το άλογο προς τα πίσω.
27. Ένα σώμα πετάγεται κατακόρυφα προς τα επάνω. Στο ανώτερο σημείο της τροχιάς του η συνισταμένη δύναμη που δέχεται είναι: (α) Μεγαλύτερη από το βάρος του, (β) Μεγαλύτερη από μηδέν αλλά μικρότερη από το βάρος, (γ) Στιγμιαία είναι ίση με το μηδέν, (δ) Είναι ίση με το βάρος του σώματος.
28. Μια εκπαιδευμένη φώκια τσίρκου είναι ανεβασμένη σε μια καρέκλα και ισορροπεί στη μύτη της ένα βιβλίο φυσικής. Πάνω από το βιβλίο βρίσκεται μια μπάλα του μπάσκετ. Δύναμη πάνω στη μπάλα ασκεί: (α) Μόνο το βιβλίο, (β) Τόσο η φώκια όσο και το βιβλίο, (γ) Η φώκια, το βιβλίο αλλά και η καρέκλα, (δ) Κανένα από τα προηγούμενα.
29. Ένα φορτηγό αυτοκίνητο πέφτει πάνω σε ένα μικρό επιβατηγό αυτοκίνητο και το παρασύρει για μια απόσταση 20 m πριν ακινητοποιηθούν και τα δύο μαζί. Κατά τη διάρκεια της σύγκρουσης: (α) Το φορτηγό ασκεί στο επιβατηγό μεγαλύτερη δύναμη από ότι το επιβατηγό στο φορτηγό. (β) Το φορτηγό ασκεί στο επιβατηγό μικρότερη δύναμη απ' ό,τι το επιβατηγό στο φορτηγό. (γ) Το φορτηγό και το επιβατηγό ασκούν ίσες δυνάμεις το ένα στο άλλο. (δ) Το επιβατηγό στην πραγματικότητα δεν ασκεί καμία δύναμη στο φορτηγό, καθώς η πορεία του φορτηγού πρακτικά δεν αλλάζει.
30. Ένα αυτοκίνητο βάρους 10.000 N κινείται με ταχύτητα 30 m/s όταν χτυπά, και εκτοξεύει σε μεγάλη απόσταση, ένα κάδο σκουπιδιών βάρους 100 N που αρχικά ήταν ακίνητος. Κατά το χρονικό διάστημα που το αυτοκίνητο είναι σε επαφή με τον κάδο, ασκεί σε αυτόν δύναμη 3.000 N. Στο ίδιο χρονικό διάστημα, ο κάδος ασκεί στο αυτοκίνητο: (α) Δύναμη επίσης ίση με 3.000 N, (β) Δύναμη που

είναι σαφώς μικρότερη από 3.000 N, (γ) Δύναμη η οποία είναι σαφώς μεγαλύτερη από 3.000 N, (δ) Δεν ασκεί καθόλου δύναμη στο αυτοκίνητο.

31. Καθώς ένα πρωτεϊνικό μόριο κινείται λόγω διάχυσης εντός ενός λεπτού επιμήκους σωλήνα (θεωρούμε ότι πρακτικά η κίνηση εξελίσσεται στη μια διάσταση) ξεκινώντας από τη θέση  $x = 0$ , η μέση τιμή της θέσης  $\langle x \rangle$  και η μέση τιμή του τετραγώνου της θέσης  $\langle x^2 \rangle$  αλλάζουν, σε συνάρτηση με τον χρόνο, σύμφωνα με τις σχέσεις: (α)  $\langle x \rangle = \langle x^2 \rangle = 0$ , (β)  $\langle x \rangle = 0$ ;  $\langle x^2 \rangle \propto t^2$ , (γ)  $\langle x \rangle \propto t$ ;  $\langle x^2 \rangle \propto t^2$ , (δ)  $\langle x \rangle \propto t$ ;  $\langle x^2 \rangle \propto t$ , (ε)  $\langle x \rangle = 0$ ;  $\langle x^2 \rangle \propto t$ .
32. Στο σημείο αναστροφής της κίνησης ενός αντικειμένου: (α) Η ταχύτητα μπορεί να είναι θετική ή αρνητική, αλλά η επιτάχυνση στιγμιαία μηδενίζεται, (β) Η ταχύτητα έχει στιγμιαία τιμή ίση με μηδέν, και η επιτάχυνση μπορεί να είναι είτε θετική είτε αρνητική, (γ) Τόσο η επιτάχυνση όσο και η ταχύτητα πρέπει να έχουν στιγμιαίες τιμές ίσες με μηδέν, (δ) Η ταχύτητα και επιτάχυνση πρέπει απλώς να έχουν αντίθετα πρόσημα, (ε) Τίποτε από τα προηγούμενα δεν είναι σωστό.

### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Στη γραφική παράσταση που ακολουθεί, φαίνεται η μεταβολή της ταχύτητας σε συνάρτηση με τον χρόνο για ένα σώμα το οποίο ήταν αρχικά ακίνητο στη θέση  $x = 0$ . Να σχεδιάσετε το αντίστοιχο διάγραμμα για την επιτάχυνση του σώματος.



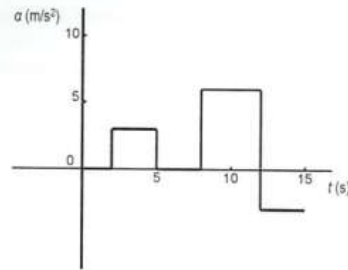
2. (α) Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του πίνακα που ακολουθεί, να σχεδιάσετε το διάγραμμα θέσης-χρόνου λαμβάνοντας υπόψη τις μετρήσεις μόνο για τις χρονικές στιγμές  $t = 0, 4$  και  $8$  s. Υπολογίστε την ταχύτητα για καθένα από τα χρονικά διαστήματα  $[0,4]$  και  $[4,8]$ , και δείξτε στη συνέχεια ότι η μέση τιμή της επιτάχυνσης είναι μηδέν.

$t$ (s)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$x$ (m)	1	7,25	9	7,75	5	2,25	1	2,75	9

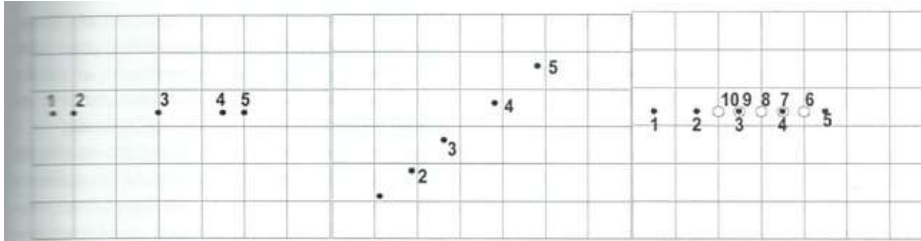
- (β) Σχεδιάστε τώρα τη γραφική παράσταση θέσης-χρόνου λαμβάνοντας υπόψη και τα εννέα σημεία.

Υπολογίστε την ταχύτητα αυτή τη φορά για καθένα από τα οκτώ χρονικά διαστήματα ξεκινώντας από το  $[0,1]$  και καταλήγοντας στο  $[7,8]$ . Υπολογίστε στη συνέχεια τη μέση τιμή της επιτάχυνσης για τα χρονικά διαστήματα  $[0,2]$ ,  $[2,4]$ ,  $[4,6]$ ,  $[6,8]$  χρησιμοποιώντας τις τιμές ταχύτητας που προσδιορίσατε προηγουμένως.

- (γ) Επιβεβαιώστε το γεγονός ότι τα δεδομένα του πίνακα μπορούν να «αναπαραχθούν» από μια συνάρτηση της μορφής  $x(t) = t^3/4 - 3t^2 + 9t + 1$ . Δείξτε ότι η συγκεκριμένη συνάρτηση περιγράφει την κίνηση ενός αντικείμενου που κινείται προς τη θετική κατεύθυνση, σταματά και κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση και μετά από μια ακόμα στάση κινείται προς τη θετική κατεύθυνση με συνεχώς αυξανόμενη ταχύτητα.
- (δ) Παρατηρήστε ότι όταν χρησιμοποιούμε, όπως στο ερώτημα (α), χρονικά διαστήματα των 4 s χάνουμε τις λεπτομέρειες της κίνησης, η οποία περιγράφεται με μεγαλύτερη πληρότητα αν χρησιμοποιήσουμε μικρότερα χρονικά διαστήματα. Σε ποιά χρονικά διαστήματα είναι η κλίση της γραφικής παράστασης  $x(t)$  θετική; Πού είναι αρνητική και που μηδέν; Ποιά η φυσική σημασία του προσήμου της κλίσης της καμπύλης  $x(t)$ ; Αν η κλίση αυτής της καμπύλης αλλάζει πρόσημο, τι συμπέρασμα μπορούμε να βγάλουμε για την ταχύτητα και την επιτάχυνση του σώματος;
3. Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται η γραφική παράσταση της επιτάχυνσης ενός σώματος σε συνάρτηση με τον χρόνο. Υποθέτοντας ότι τόσο η αρχική ταχύτητα όσο και η αρχική θέση του σώματος είναι μηδέν, για πόσο χρονικό διάστημα, μετά τη χρονική στιγμή  $t = 12$  s, πρέπει η επιτάχυνση να διατηρηθεί σταθερή στην τιμή των  $-3 \text{ m/s}^2$  προκειμένου το σώμα να σταματήσει;

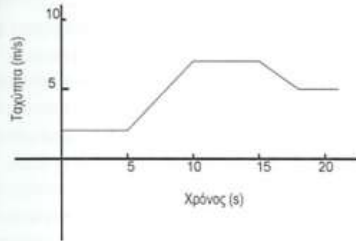


4. Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται η γραφική παράσταση της ταχύτητας σε συνάρτηση με τον χρόνο για ένα σωματίδιο που ξεκινά από τη θέση  $x = 0$ . Να σχεδιάσετε την αντίστοιχη γραφική πα-



Σχήμα 2.17 Διαδοχικές θέσεις ενός μικροοργανισμού σε 3 διαφορετικές περιπτώσεις (βλ. Πρόβλημα 5).

ράσταση για την επιτάχυνση του σωματιδίου σε συνάρτηση με τον χρόνο.



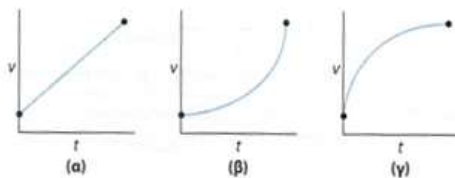
5. Ένας μικροβιολόγος παρατηρεί την κίνηση ενός μικροοργανισμού μέσα σε κάποιο δείγμα. Παίρνει φωτογραφίες κάθε 5 s και οι διαδοχικές θέσεις του μικροοργανισμού φαίνονται στο Σχήμα 2.17. Υποθέτοντας ότι οι γραμμές του πλέγματος απέχουν 25  $\mu\text{m}$ , υπολογίστε τη μέση ταχύτητα και επιτάχυνση, βασιζόμενοι σε αυτά τα χρονικά διαστήματα των 5 s, για καθεμία από τις τρεις καταγραφές που έκανε. Παρόμοιες ποσοτικές μελέτες κινήσεων μπορούν να αποκαλύψουν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με τους υπό μελέτη οργανισμούς. Πιο συγκεκριμένα, όπως θα δείξουμε στη συνέχεια, από μετρήσεις της επιτάχυνσης μπορούμε να εξαγάγουμε συμπεράσματα σχετικά με το μέτρο της δύναμης που μπορούν να «παράγουν» εκείνα τα όργανα ενός οργανισμού που είναι υπεύθυνα για την κίνησή του. Αν για παράδειγμα ένας οργανισμός κινείται εκτοξεύοντας κάποιο υγρό, τότε είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε την ποσότητα του ρευστού που αποβάλλει στη μονάδα του χρόνου καθώς και την ταχύτητα με την οποία εκτοξεύει το ρευστό.
6. Ένα αυτοκίνητο μάζας 1.400 kg επιταχύνεται ομοιόμορφα, ξεκινώντας από την ακινησία, φθάνοντας τα 27 m/s σε χρόνο 6 s. Υπολογίστε τη συνισταμένη δύναμη που δρα στο αυτοκίνητο.
7. Ένα αυτοκίνητο επιταχύνεται ομαλά, ξεκινώντας από την ακινησία, και φθάνει τα 13,5 m/s σε χρονικό διάστημα 5 s. Στη συνέχεια κινείται με αυτή

τη σταθερή ταχύτητα για απόσταση 500 m και τέλος επιβραδύνει και καταφέρνει να σταματήσει σε χρονικό διάστημα 6 s.

- (α) Ποιά είναι η μέση ταχύτητα για καθένα από τα τρία στάδια της κίνησής του, και ποιά για ολόκληρο το ταξίδι;
- (β) Ποιά είναι η μετατόπιση για καθένα από τα τρία στάδια της κίνησής του και ποιά η συνολική μετατόπιση για ολόκληρο το ταξίδι;
- (γ) Ποιά είναι η μέση επιτάχυνση για ολόκληρο το ταξίδι;
8. Ένα σώμα μάζας 0,1 kg επιμηκώνει ένα ελατήριο κατά 10 cm όταν κρέμεται στο άκρο του. Αν τρία τέτοια πανομοιότυπα σώματα αναρτηθούν από δυο ίδια ελατήρια με το αρχικό (όπως στο Σχήμα 2.8), πόσο θα εκταθεί το καθένα από τα ελατήρια;
9. Ένα αεροπλάνο Boeing 737 προσγειώνεται έχοντας ταχύτητα 60 m/s (περίπου 135 miles/h) και μπορεί να αποκτήσει μέγιστη επιβράδυνση ίση με  $5 \text{ m/s}^2$ .
- (α) Ποιό είναι το ελάχιστο χρονικό διάστημα που απαιτείται για να ακινητοποιηθεί το αεροπλάνο;
- (β) Μπορεί το συγκεκριμένο αεροπλάνο να χρησιμοποιήσει για μια αναγκαστική προσγείωση ένας αυτοκινητόδρομο μήκους 850 m;
10. Ένας άνθρωπος πετά κατακόρυφα προς τα επάνω μια αρμαθιά κλειδιών προς ένα φίλο του ο οποίος βρίσκεται σε ένα παράθυρο σε ύψος 9,2 m. Ο φίλος του πιάνει τα κλειδιά μετά από 3 s.
- (α) Ποιά ήταν η αρχική ταχύτητα με την οποία εκτοξεύτηκαν τα κλειδιά;
- (β) Ποιά ήταν η ταχύτητα της αρμαθιάς λίγο πριν την αρπάξει ο άνθρωπος που βρίσκεται στο παράθυρο στο ύψος 9,2 m;
11. Υποθέστε ότι ένα σώμα μάζας 1 kg έχει δεμένο πάνω του ένα σχοινί και πέφτει ελεύθερα (με επιτάχυνση ίση με  $g$ ) ξεκινώντας από την ηρεμία και για χρονικό διάστημα 5 s πριν κάποιος αρπάξει το σχοινί.
- (α) Ποιά είναι η ταχύτητα που έχει το σώμα τη

## Προς σκέψη και συζήτηση

- Υπό ποιες συνθήκες η μέση και η στιγμιαία ταχύτητα είναι ίσες;
- Το ταχύμετρο μετρά την ταχύτητα ή το μέτρο της ταχύτητας;
- Ελέγχετε τον χιλιόμετρητή του αυτοκινήτου σας στην αρχή της διαδρομής σας και ξανά στο τέλος. Υπό ποιες συνθήκες η διαφορά ανάμεσα στις δύο τιμές αντιπροσωπεύει τη μετατόπισή σας;
- Εξετάστε δύο πιθανούς ορισμούς της μέσης ταχύτητας: (α) ο μέσος όρος των τιμών της στιγμιαίας ταχύτητας σε ένα χρονικό διάστημα και (β) το μέτρο της μέσης διανυσματικής ταχύτητας. Οι ορισμοί αυτοί είναι ισοδύναμοι; Δώστε δύο παραδείγματα για να δικαιολογήσετε το συμπέρασμά σας.
- Είναι δυνατόν να βρίσκεστε στη θέση  $x = 0$  και να εξακολουθείτε να κινείστε;
- Είναι δυνατόν να έχετε μηδενική ταχύτητα και να εξακολουθείτε να επιταχύνετε;
- Αν γνωρίζετε την αρχική ταχύτητα  $v_0$  και το αρχικό και τελικό ύψος,  $y_0$  και  $y$ , μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την Εξίσωση 2.10 για να λύσετε ως προς τον χρόνο  $t$ , όταν το σώμα θα βρίσκεται σε ύψος  $y$ . Αλλά η εξίσωση είναι τετραγωνική συνάρτηση του  $t$ , και έτσι θα πάρετε δύο απαντήσεις. Τι σημαίνει αυτό από την πλευρά της φυσικής;
- Ξεκινώντας από την ηρεμία, ένα σώμα υψίσταται επιτάχυνση που δίνεται από  $a = bt$ , όπου  $t$  είναι ο χρόνος και  $b$  μια σταθερά. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το  $bt$  για το  $a$  στην Εξίσωση 2.10 για να προβλέψετε τη θέση του σώματος ως συνάρτηση του χρόνου; Ναι ή όχι, και γιατί;
- Σε ποια από τα διαγράμματα της ταχύτητας συναρτήσει του χρόνου στο Σχήμα 2.14 η μέση διανυσματική ταχύτητα στο διάστημα που απεικονίζεται είναι ίση με τη μέση τιμή των διανυσματικών ταχυτήτων στα άκρα του διαστήματος;



ΣΧΗΜΑ 2.14 Προς σκέψη και συζήτηση 9

- Αν ταξιδεύετε σε ευθεία γραμμή με ταχύτητα 50 km/h για μία ώρα και στη συνέχεια με ταχύτητα 100 km/h για άλλη μία ώρα, η μέση διανυσματική ταχύτητά σας είναι 75 km/h; Αν όχι, είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη;
- Αν ταξιδεύετε σε ευθεία γραμμή με 50 km/h για 50 km και στη συνέχεια με 100 km/h για άλλα 50 km, η μέση διανυσματική ταχύτητά σας είναι 75 km/h; Αν όχι, είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη;

## Ασκήσεις και προβλήματα

### Ασκήσεις

#### Ενότητα 2.1 Μέση κίνηση

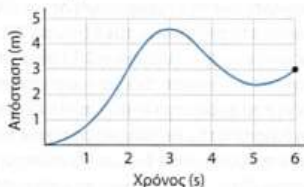
- Το 2009, ο Τζαμαϊκανός Usain Bolt έκανε παγκόσμιο ρεκόρ στα 100 m με χρόνο 9,58 s. Ποια ήταν η μέση ταχύτητά του;
- Ο κανονικός μαραθώνιος μήκους 26 mi και 385 yd χρονολογείται από το 1908, όταν ο Ολυμπιακός μαραθώνιος ξεκίνησε στο Windsor Castle και τελείωσε πριν από το Royal Box στο Ολυμπιακό Στάδιο του Λονδίνου. Σήμερα, οι κορυφικοί μαραθωνοδρόμοι επιτυγχάνουν χρόνους περίπου 2 ώρες και 3 λεπτά στον τυπικό μαραθώνιο. (α) Ποια είναι η μέση ταχύτητα ενός μαραθωνοδρόμου σε αυτό το διάστημα; (β) Οι μαραθώνιοι πριν από το 1908 ήταν συνήθως περίπου 25 mi. Πόσο ακόμα διαρκεί η κούρσα σήμερα ως αποτέλεσμα του επιπλέον μιλίου και των 385 yd, αν υποθέσουμε ότι κάποιος θα τρέξει με τη μέση ταχύτητα που δίνεται στο (α);
- Ξεκινώντας από το σπίτι, ποδηλατείτε 24 km βόρεια για 2,5 h και μετά κάνετε μια στροφή και επιστρέφετε κατευθείαν στο σπίτι σε 1,5 h. Ποια είναι (α) η μετατόπισή σας στο τέλος των πρώτων 2,5 h, (β) η μέση διανυσματική ταχύτητα κατά τη διάρκεια των πρώτων 2,5 h, (γ) η μέση διανυσματική ταχύτητα για την επιστροφή, (δ) η μετατόπιση για ολόκληρη τη διαδρομή και (ε) η μέση διανυσματική ταχύτητα σε ολόκληρη τη διαδρομή;
- Το διαστημόπλοιο Voyager 1 αναμένεται να συνεχίσει να στέλνει δεδομένα τουλάχιστον μέχρι το 2020, όταν θα απέχει περίπου 14 δεκαεκατομμύρια χιλιόμετρα από τη Γη. Πόσο χρόνο θα κάνουν τα ραδιοκύματα του Voyager, ταξιδεύοντας με την ταχύτητα του φωτός, για να φτάσουν στη Γη από αυτή την απόσταση;
- Το 2008, η Αυστραλιανή Emma Snowsill έκανε ένα ανεπίσημο ρεκόρ στο ολυμπιακό τρίαθλο των γυναικών, ολοκληρώνοντας τον αγώνα κολύμβησης 1,5 km, την ποδηλασία 40 km και τα 10 km τρέξιμο σε 1 ώρα, 58 λεπτά και 27,66 δευτερόλεπτα. Ποια ήταν η μέση ταχύτητά της;
- Θεωρώντας την τροχιά της Γης ως κύκλο ακτίνας  $1,5 \times 10^8$  km, προσδιορίστε την τροχιακή ταχύτητα της Γης σε (α) μέτρα ανά δευτερόλεπτο και (β) μίλια ανά δευτερόλεπτο.
- Ποιος είναι ο συντελεστής μετατροπής από μέτρα ανά δευτερόλεπτο σε μίλια ανά ώρα;

#### Ενότητα 2.2 Στιγμιαία ταχύτητα

- Σε ένα διάγραμμα, σχεδιάστε την απόσταση σε συνάρτηση με τον χρόνο για τα δύο πρώτα ταξίδια από το Χιούστον προς το Ντε Μόιν που περιγράφονται στην Ενότητα «Κατευθύνσεις και συστήματα συντεταγμένων», σελ. 38. Για το κάθε ταξίδι, προσδιορίστε γραφικά τη μέση διανυσματική ταχύτητα και για το κάθε τμήμα της διαδρομής τη στιγμιαία ταχύτητα.
- Για την κίνηση που παριστάνεται στο Σχήμα 2.15, υπολογίστε (α) τη μέγιστη ταχύτητα στη θετική κατεύθυνση  $x$ ,



(β) τη μέγιστη ταχύτητα στην αρνητική κατεύθυνση  $x$ , (γ) τις χρονικές στιγμές που το σώμα ακινητοποιείται στιγμιαία και (δ) τη μέση διανυσματική ταχύτητα κατά τη διάρκεια των διαστημάτων που απεικονίζονται.



ΣΧΗΜΑ 2.15 Άσκηση 20

21. Ένας πύραυλος μοντελισμού εκτοξεύεται προς τα πάνω. Το υψόμετρό του  $y$  ως συνάρτηση του χρόνου δίνεται από τη σχέση:  $y = bt - ct^2$ , όπου  $b = 82 \text{ m/s}$ ,  $c = 4,9 \text{ m/s}^2$ ,  $t$  είναι ο χρόνος σε δευτερόλεπτα και το  $y$  δίνεται σε μέτρα. (α) Χρησιμοποιήστε την παράγωγο για να βρείτε μια γενική έκφραση για την ταχύτητα του πυραύλου ως συνάρτηση του χρόνου. (β) Πότε η ταχύτητα είναι μηδενική;

### Ενότητα 2.3 Επιτάχυνση

22. Μια γιγαντιαία έκρηξη στον Ήλιο ωθεί ηλιακό υλικό από την ηρεμία στα  $450 \text{ km/s}$  για μια περίοδο 1 h. Βρείτε τη μέση επιτάχυνση.
23. Ξεκινώντας από την ηρεμία, ο συρμός του μετρό επιταχύνει πρώτα στα  $25 \text{ m/s}$  και στη συνέχεια φρενάρει. Σαράντα οκτώ δευτερόλεπτα μετά την εκκίνηση, κινείται με ταχύτητα  $17 \text{ m/s}$ . Ποια είναι η μέση επιτάχυνση στο χρονικό διάστημα των 48 s;
24. Οι κύριοι κινητήρες ενός διαστημικού λεωφορείου αποκόβονται  $8,5 \text{ m}$  μετά την εκτόξευση, τη στιγμή που η ταχύτητά του είναι  $7,6 \text{ km/s}$ . Ποια είναι η μέση επιτάχυνση του διαστημικού λεωφορείου κατά τη διάρκεια αυτού του διαστήματος;
25. Ένα αυγό πέφτει από ένα παράθυρο του δεύτερου ορόφου, κάνοντας  $1,12 \text{ s}$  για να πέσει και φτάνοντας τα  $11,0 \text{ m/s}$  λίγο πριν χτυπήσει στο έδαφος. Κατά την επαφή, το αυγό σταματά εντελώς σε  $0,131 \text{ s}$ . Υπολογίστε το μέτρο της μέσης επιτάχυνσης (α) κατά την πτώση και (β) όταν σταματά.
26. Η ταχύτητα απογείωσης ενός αεροπλάνου είναι  $320 \text{ km/h}$ . Αν η μέση επιτάχυνσή του είναι  $2,9 \text{ m/s}^2$ , πόσο χρόνο επιταχύνει στον διάδρομο πριν απογειωθεί;
27. Το ThrustSSC, το πρώτο υπερηχητικό αυτοκίνητο στον κόσμο, επιταχύνει από την ηρεμία στα  $1000 \text{ km/h}$  σε  $16 \text{ s}$ . Ποια είναι η επιτάχυνσή του;

### Ενότητα 2.4 Σταθερή επιτάχυνση

28. Οδηγείτε με  $70 \text{ km/h}$  όταν εφαρμόζετε σταθερή επιτάχυνση για να κάνετε προσπέραση. Εξι δευτερόλεπτα αργότερα φτάνετε στα  $80 \text{ km/h}$ . Πόσο μακριά πήγατε σε αυτό τον χρόνο;
29. Παραγωγίστε και τα δύο μέλη της Εξίσωσης 2.10 και δείξτε ότι σας δίνει την Εξίσωση 2.7.
30. Ένας σωλήνας ακτίνων X δίνει στα ηλεκτρόνια σταθερή

επιτάχυνση σε απόσταση  $15 \text{ cm}$ . Αν η τελική τους ταχύτητα είναι  $1,2 \times 10^7 \text{ m/s}$ , ποια είναι (α) η επιτάχυνση των ηλεκτρονίων και (β) η διάρκεια της επιτάχυνσής τους;

31. Ένας πύραυλος απογειώνεται με σταθερή επιτάχυνση σε υψόμετρο  $85 \text{ km}$ , όπου η ταχύτητά του είναι  $2,8 \text{ km/s}$ . (α) Ποια είναι η επιτάχυνσή του; (β) Πόσο χρόνο διαρκεί η απογείωση;
32. Ξεκινώντας από την ηρεμία, ένα αυτοκίνητο επιταχύνει με σταθερό ρυθμό, φτάνοντας στα  $88 \text{ km/h}$  σε  $12 \text{ s}$ . Βρείτε (α) την επιτάχυνση και (β) την απόσταση που διανύει σε αυτό τον χρόνο.
33. Ένα αυτοκίνητο που κινείται αρχικά στα  $50 \text{ mi/h}$  αρχίζει να επιβραδύνει με σταθερό ρυθμό για απόσταση  $100 \text{ ft}$  από ένα φανάρι. Αν το αυτοκίνητο ακινητοποιηθεί πλήρως ακριβώς στο φανάρι, ποιο είναι το μέτρο της επιτάχυνσής του;
34. Σε έναν ιατρικό σωλήνα ακτίνων X, τα ηλεκτρόνια επιταχύνονται σε ταχύτητα  $10^8 \text{ m/s}$  και στη συνέχεια προοπίπουν σε στόχο βολφραμίου. Καθώς σταματούν, η ταχεία επιτάχυνση των ηλεκτρονίων παράγει ακτίνες X. Αν ο χρόνος που απαιτείται για να σταματήσει ένα ηλεκτρόνιο είναι της τάξης των  $10^{-9} \text{ s}$ , περίπου πόσο μακριά κινείται μέχρι να σταματήσει;
35. Το Σύστημα Ταχείας Διαμετακόμισης (BART) της Καλιφόρνια είναι εφοδιασμένο με ένα σύστημα αυτόματου φρεναρίσματος που ενεργοποιείται σε προειδοποιήσεις σεισμού. Το σύστημα έχει σχεδιαστεί για να αποτρέπει τα καταστροφικά ατυχήματα τα οποία σχετίζονται με τα τρένα που ταξιδεύουν με μέγιστη ταχύτητα  $112 \text{ km/h}$  και μεταφέρουν συνολικά περίπου  $45.000$  επιβάτες σε ώρες αιχμής. Αν ένα τρένο χρειάζεται  $24 \text{ s}$  για να σταματήσει, πόσο χρόνο νωρίτερα πρέπει να φτάσει ένα τρένο που κινείται με  $112 \text{ km/h}$  στην ασφαλή ταχύτητα των  $42 \text{ km/h}$  όταν γίνει ο σεισμός;
36. Οδηγείτε με ταχύτητα  $v_0$  όταν εντοπίζετε ένα ακίνητο ελάφι μπροστά σας, σε απόσταση  $d$ . Βρείτε μια έκφραση για το μέτρο της επιτάχυνσης που χρειάζεστε προκειμένου να σταματήσετε πριν χτυπήσετε το ελάφι.

### Ενότητα 2.5 Η επιτάχυνση της βαρύτητας

37. Ρίχνετε μια πέτρα σε ένα βαθύ πηγάδι και έπειτα από  $4,4 \text{ s}$  ακούτε έναν παφλασμό. Πόσο κάτω είναι το νερό; Αγνοήστε τον χρόνο της διάδοσης του ήχου.
38. Η φίλη σας κάθεται  $6,5 \text{ m}$  πάνω από εσάς σε ένα κλαδί δέντρου. Με πόση ταχύτητα θα έπρεπε να πετάξετε ένα μήλο ώστε να τη φτάσει;
39. Ένας πύραυλος μοντελισμού εγκαταλείπει το έδαφος και κατευθύνεται κατακόρυφα προς τα πάνω με  $49 \text{ m/s}$ . (α) Ποιο είναι το μέγιστο ύψος του; Βρείτε την ταχύτητα και το υψόμετρο στα (β)  $1 \text{ s}$ , (γ)  $4 \text{ s}$  και (δ)  $7 \text{ s}$ .
40. Μια μπάλα του μπίτζμπολ αφήνει το μαστούνη και ανεβαίνει κατακόρυφα με ταχύτητα  $23 \text{ m/s}$ . (α) Πόσο ψηλά φτάνει; (β) Για πόσο χρόνο βρίσκεται στον αέρα; Αγνοήστε την απόσταση μεταξύ του μαστουνού και της Γης.
41. Ένα φρίσμπι πιάστηκε σε ένα δέντρο  $6,5 \text{ m}$  πάνω από το έδαφος. Μια πέτρα που την πετάμε από το έδαφος πρέ-

- πει να πηγαίνει με ταχύτητα τουλάχιστον 3 m/s για να ρίξει το φρίσμπι. Πόσο γρήγορα πρέπει να πετάξει κάποιος μια τέτοια πέτρα προς τα πάνω αν αφεθεί από το χέρι του σε απόσταση 1,3 m πάνω από το έδαφος;
42. Πειρατές του διαστήματος απαγάγουν έναν άνθρωπο και τον κρατούν σε κάποιον από τους πλανήτες του Ηλιακού Συστήματος. Χωρίς να έχει τίποτα άλλο να κάνει, ο κρατούμενος διασκεδάζει ρίχνοντας το ρολόι του από το επίπεδο των ματιών (170 cm) στο έδαφος. Παρατηρεί ότι το ρολόι χρειάζεται 0,95 s για να πέσει. Σε ποιον πλανήτη κρατείται; (Υπόδειξη: Συμβουλευτείτε το Παράρτημα Ε.)

### Προβλήματα

43. Έχετε στη διάθεσή σας 40 min για να οδηγήσετε 25 mi μέχρι το αεροδρόμιο, αλλά συναντάτε πολλή κίνηση και κατά μέσο όρο πηγαίνετε με 20 mi/h για τα πρώτα 15 min. Ποια πρέπει να είναι η μέση ταχύτητά σας για την υπόλοιπη διαδρομή, ώστε να προλάβετε την πτήση σας;
44. Ένας δρομέας βάσης στο μπέιζμπολ μπορεί να φτάσει από την πρώτη στη δεύτερη βάση σε 3,4 s. Αν ξεκινήσει πρώτος όταν ο ρίπτης ρίξει μια μπάλα με ταχύτητα 90 mi/h στη διαδρομή προς τον συμπαίκτη του που θα πιάσει την μπάλα (λήπτης) σε απόσταση 61 ft και αν ο λήπτης χρειάζεται 0,45 s για να πιάσει και να ξαναρίξει την μπάλα, πόσο γρήγορα πρέπει να την πετάξει ο λήπτης στη δεύτερη βάση ώστε να βγάλει εκτός τον δρομέα βάσης; Η απόσταση μεταξύ των βάσεων είναι 90 ft.
45. Μπορείτε να τρέξετε 9,0 m/s, 20% γρηγορότερα από τον αδελφό σας. Πόσο χρόνο πρέπει να τον αφήσετε να προηγηθεί ώστε να έρθετε ισόπαλοι στα 100 m;
46. Ένα αεροπλάνο αφήνει το Σαν Φρανσίσκο για τη Νέα Υόρκη, 4600 km μακριά. Με ισχυρό ούριο άνεμο, η ταχύτητά του είναι 1100 km/h. Την ίδια στιγμή, ένα δεύτερο αεροπλάνο αφήνει τη Νέα Υόρκη για το Σαν Φρανσίσκο. Πετώντας κόντρα στον άνεμο, φτάνει μόλις τα 700 km/h. Πότε και πού συναντιούνται τα δύο αεροπλάνα;
47. Η θέση ενός σώματος δίνεται από τη σχέση  $x = bt + ct^3$ , όπου  $b = 1,50 \text{ m/s}$ ,  $c = 0,640 \text{ m/s}^3$  και  $t$  ο χρόνος σε δευτερόλεπτα. Για να μελετήσετε την οριακή διαδικασία που οδηγεί στη στιγμιαία ταχύτητα, υπολογίστε τη μέση διανυσματική ταχύτητα του σώματος στα χρονικά διαστήματα (α) 1,00 s έως 3,00 s, (β) 1,50 s έως 2,50 s και (γ) 1,95 s έως 2,05 s. (δ) Βρείτε τη στιγμιαία ταχύτητα ως συνάρτηση του χρόνου με παραγωγή και συγκρίνετε την τιμή της στα 2 s με τις μέσες διανυσματικές ταχύτητές σας.
48. Η θέση ενός σώματος ως συνάρτηση του χρόνου  $t$  δίνεται από τη σχέση  $x = bt^4$ , με  $b$  σταθερά. Βρείτε μια έκφραση για τη στιγμιαία ταχύτητα και δείξτε ότι η μέση διανυσματική ταχύτητα στο διάστημα από  $t = 0$  μέχρι οποιαδήποτε στιγμή  $t$  είναι το ένα τέταρτο της στιγμιαίας ταχύτητας τη χρονική στιγμή  $t$ .
49. Σε έναν αγώνα dragster, η θέση ενός αυτοκινήτου ως συνάρτηση του χρόνου δίνεται από τη σχέση  $x = bt^2$ , με  $b = 2,000 \text{ m/s}^2$ . Σε μια προσπάθεια να προσδιοριστεί η ταχύτητα του αυτοκινήτου στο μέσο μιας διαδρομής 400 m, δύο παρατηρητές στέκονται στα σημάδια των 180 m και των 220 m και παρακολουθούν το πέρασμα του αυτοκινήτου. (α) Ποια τιμή υπολογίζουν οι δύο παρατηρητές για την ταχύτητα του αυτοκινήτου σε αυτή την απόσταση των 40 m; Δώστε την απάντησή σας σε τέσσερα σημαντικά ψηφία. (β) Σε ποιο ποσοστό η παρατηρούμενη τιμή διαφέρει από τη στιγμιαία τιμή σε  $x = 200 \text{ m}$ ;
50. Υψώνοντας στο τετράγωνο την Εξίσωση 2.7, παίρνουμε μια έκφραση για το  $v^2$ . Η Εξίσωση 2.11 δίνει επίσης μια έκφραση για το  $v^2$ . Εξισώστε τις δύο εκφράσεις και δείξτε ότι η εξίσωση που προκύπτει ανάγεται στην Εξίσωση 2.10.
51. Κατά τη διάρκεια της περιπέλοχης ακολουθίας που προσεδάφισε το ρομποτικό όχημα εξερεύνησης *Curiosity* στον Άρη το 2012, το διαστημικό σκάφος έφτασε σε υψόμετρο 142 m πάνω από την επιφάνεια του Άρη, κινούμενο κάθετα προς τα κάτω με 32,0 m/s. Στη συνέχεια, το σκάφος εισήλθε σε μια φάση που αποκαλείται σταθερή επιβράδυνση, κατά τη διάρκεια της οποίας η ταχύτητα μειώθηκε σταθερά στα 0,75 m/s, ενώ το σκάφος έπεσε σε υψόμετρο 23 m. Ποιο ήταν το μέγεθος της επιτάχυνσης του διαστημικού σκάφους κατά τη διάρκεια της φάσης της σταθερής επιβράδυνσης;
52. Η θέση ενός αυτοκινήτου σε έναν αγώνα dragster μετρείται κάθε δευτερόλεπτο και τα αποτελέσματα δίνονται παρακάτω.

DATA

Χρόνος $t$ (s)	0	1	2	3	4	5
Θέση $x$ (m)	0	1,7	6,2	17	24	40

Υποθέτοντας ότι η επιτάχυνση είναι περίπου σταθερή, σχεδιάστε τη θέση συναρτήσει μιας ποσότητας, έτσι ώστε το γράφημα να είναι ευθεία γραμμή. Προσαρμόστε μια ευθεία γραμμή στα δεδομένα και στη συνέχεια καθορίστε την κατά προσέγγιση επιτάχυνση.

53. Ένα πυροτέχνημα εκρήγνυται σε ύψος 82,0 m και τα θραύσματα που δημιουργούνται έχουν ταχύτητες οι οποίες κυμαίνονται από 7,68 m/s προς τα κάτω έως 16,7 m/s προς τα πάνω. Σε πόσο χρονικό διάστημα τα θραύσματα θα πέσουν στο έδαφος;
54. Οι μύες στα πόδια μιας ακρίδας μπορούν να ωθήσουν το έντομο προς τα πάνω με 3,0 m/s. Πόσο ψηλά μπορεί να πηδήξει η ακρίδα;
55. Στο χιόνι, τα φρένα με σύστημα αντιμπλοκαρίσματος τροχών (ABS) μπορούν να μειώσουν την απόσταση ακινητοποίησης του αυτοκινήτου κατά 55%. Σε τι ποσοστό μειώνεται ο χρόνος ακινητοποίησης;
56. Ένα σωματίδιο αφήνει την αρχική του θέση  $x_0$  τη χρονική στιγμή  $t = 0$ , κινούμενο προς τη θετική κατεύθυνση  $x$  με ταχύτητα  $v_0$  αλλά υπόκειται σε επιτάχυνση μέτρου  $a$  στην αρνητική κατεύθυνση  $x$ . Βρείτε εκφράσεις για (α) τον χρόνο στον οποίο επιστρέφει στο  $x_0$  και (β) την ταχύτητά του όταν περάσει από εκείνο το σημείο.
57. Μια μπάλα χόκεϊ που κινείται με 32 m/s διαπερνά έναν τοίχο χιονιού πάχους 35 cm. Βγαίνει κινούμενη με ταχύτητα 18 m/s. Υποθέτοντας ότι η επιτάχυνση είναι σταθερή, βρείτε (α) τον χρόνο που βρίσκεται η μπάλα μέσα στο χιόνι και (β) το πάχος ενός τοίχου χιονιού που θα σταματούσε εντελώς την μπάλα.
58. Το τρένο 20th Century Limited της Amtrak κατευθύνεται