

**M 254** Im Physikraum befindet sich  $V_1 = 120,00 \text{ m}^3$  Luft. Das Barometer zeigt den Luftdruck  $p_1 = 1020 \text{ hPa}$  an. Die Dichte von Luft ist bei Zimmertemperatur  $\rho_1 = 1,20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

- Berechne die Masse  $m$  der Luft im Physikraum!
  - Der Luftdruck fällt nun bei gleichbleibender Temperatur auf  $p_2 = 1003 \text{ hPa}$ . Dabei vergrößert sich das Volumen von  $V_1$  auf  $V_2$ ; es strömt Luft vom Volumen  $V_{\text{ab}} = V_2 - V_1$  durch Tür- und Fensterritzen ab. Berechne das Volumen  $V_2$  und das Volumen  $V_{\text{ab}}$ ! Gib das Ergebnis für  $V_2$  mit 5 Ziffern an!
  - Berechne die Dichte  $\rho_2$  von Luft, die im Fall b) vorliegt!
- Anleitung: Beachte, daß die Masse  $m$  der Luft sich während des Abströmens nicht ändert!
- Berechne die Masse  $m_{\text{ab}}$  der abgeströmten Luft!

**M 255** In dem Volumen  $V_0 = 1 \text{ cm}^3$  sind bei dem Normdruck  $p_0 = 1013 \text{ hPa}$   $N_0 = 2,7 \cdot 10^{19}$  Gasmoleküle enthalten. In einem Rezipienten (Glasglocke auf Luftpumpenteller) wird ein gutes Vakuum hergestellt; der Druck beträgt nur noch  $p_1 = 0,001 \text{ hPa}$ . Die Temperatur hat sich nicht verändert.

- Berechne die Anzahl  $N_1$  der Moleküle, die sich bei dem Druck  $p_1$  noch in dem Volumen  $V_0$  befinden!
- Anleitung: Denke dir ersatzweise das Vakuum durch Ausdehnung der Luft (bei gleichbleibender Temperatur) auf das Volumen  $V_1$  hergestellt.
- Denke dir eine Zählmaschine, die pro Sekunde 1000 Moleküle abzählt. Wie viele Jahre müßte diese Maschine zählen, bis sie  $N_1$  Moleküle abgezählt hat? (Setze 1 Jahr mit 365 Tagen an.)

**M 256** Im Normzustand (Temperatur:  $\vartheta = 0^\circ \text{C}$ ; Druck:  $p_0 = 1013 \text{ hPa}$ ) hat Luft die Dichte  $\rho_0 = 1,293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ . Berechne die Dichte  $\rho_1$ , die Luft bei der gleichen Temperatur und dem Druck  $p_1 = 266 \text{ hPa}$  hat!

Anleitung: Es sei  $m$  die Masse einer bestimmten Luftmenge. Diese Luftmenge nimmt bei dem Druck  $p_0$  das Volumen  $V_0$  und bei dem Druck  $p_1$  das Volumen  $V_1$  ein. Stelle zwei Gleichungen für die Dichten  $\rho_0$  und  $\rho_1$  auf, und wende das Gesetz von BOYLE und MARIOTTE an!

### Die Bewegung der Körper

**M 257** Ein Körper bewegt sich längs einer geraden Bahn.

- Welche Aussagen kann man über gleich lange und verschieden lange zurückgelegte Teilstrecken und der dazu benötigten Zeiten machen, wenn die Bewegung „gleichförmig“ ist?
- Wie ist die Geschwindigkeit  $v$  einer gleichförmigen Bewegung definiert?
- Wie ergibt sich die Einheit der Geschwindigkeit aus der Längeneinheit Meter (m) und der Zeiteinheit Sekunde (s)?

**M 258** Ein Körper bewegt sich längs eines Weges  $s$  mit zeitlich nicht konstanter Geschwindigkeit. Seine höchste Geschwindigkeit während dieser Bewegung ist  $v_1$ , seine geringste Geschwindigkeit ist  $v_2$ .

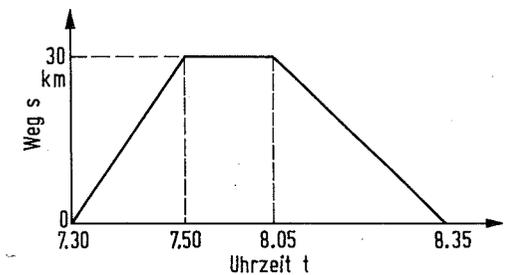
- Wie ist die mittlere Geschwindigkeit  $v$  (oder Durchschnittsgeschwindigkeit  $v$ ) dieser ungleichförmigen Bewegung definiert?
- Welche Beziehung besteht zwischen  $v_1$  und  $v$ , und welche Beziehung besteht zwischen  $v_2$  und  $v$ ?

**M 259** Welche der folgenden Bewegungen sind gleichförmig, und welche sind nicht gleichförmig?

- Eine Rakete startet auf einer Rampe.
- Ein Raumfahrzeug fliegt im Weltall mit einer Geschwindigkeit, die nach Betrag und Richtung konstant ist.
- Ein Experimentierwagen schreibt auf einer Fahrbahn in gleichen Zeiten Wegmarken in gleichen Abständen.
- Ein Stein fällt vom Turm. Seine Geschwindigkeit nimmt in gleichen Zeiten um den gleichen Betrag zu.

**M 260** Ein Lieferwagen fährt auf einer Bundesstraße. Seine Bewegung ist im Weg-Zeit-Diagramm dargestellt.

Erläutere die Bewegung in ihren einzelnen Abschnitten mit Worten!



**M 261** Rechne in die Einheit  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$  um:

- $3,22 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ ;      b)  $0,2 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ ;      c)  $36 \frac{\text{m}}{\text{min}}$ ;      d)  $0,052 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ .

**M 262** a) Wieviel  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$  sind  $20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ?      b) Wieviel  $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$  sind  $36 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ ?      c) Wieviel  $\frac{\text{km}}{\text{min}}$  sind  $880 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ ?

**M 263** Ein Kraftfahrzeug A fährt mit der Geschwindigkeit  $v_A = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ .

Kann ein anderes Kraftfahrzeug B mit der Geschwindigkeit  $v_B = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  das erste Fahrzeug überholen?

**M 264** Ein Lkw fährt auf der Autobahn eine  $s = 22 \text{ km}$  lange Teilstrecke mit der zeitlich konstanten Geschwindigkeit  $v$ . Der Fahrer stellt fest, daß er für diese Fahrt die Zeit  $t = 15 \text{ min}$  benötigt hat.

Berechne die Geschwindigkeit  $v$ ! Gib diese Geschwindigkeit in der Einheit  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$  an!

**M 265** Ein Radfahrer legt in der Zeit  $t = 30$  min den Weg  $s = 7,5$  km zurück. Einige Wegabschnitte führen bergauf, andere Wegabschnitte führen bergab.

- a) Berechne die mittlere Geschwindigkeit  $v$ , mit welcher der Radfahrer den Weg  $s$  zurücklegt! Gib diese Geschwindigkeit in den Einheiten  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$  und  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$  an!
- b) Warum wird in a) nach der „mittleren“ Geschwindigkeit und nicht einfacher nach der Geschwindigkeit gefragt?

**M 266** Ein Pkw fährt auf der Autobahn mit der zeitlich konstanten Geschwindigkeit  $v = 130 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Berechne die Strecke  $s$ , die der Pkw während der Zeit  $t = 6$  min zurücklegt!

**M 267** Ein Pkw fährt auf Bundesstraßen und durch mehrere Ortsdurchfahrten. Die mittlere Geschwindigkeit für diese Fahrt ist  $v = 70 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Berechne den Weg  $s$ , den der Pkw während der  $t = 8$  h dauernden Fahrt zurückgelegt hat!

**M 268** Ein Wanderer legt mit der mittleren Wandergeschwindigkeit  $v = 4 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  den Weg  $s = 18$  km zurück. Berechne die Zeit  $t$ , die der Wanderer für das Zurücklegen des Weges  $s$  gebraucht hat!

**M 269** Ein Zug fährt mit der Geschwindigkeit  $v = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  über ein Brücke. Die Länge des Zuges ist  $s_z = 300$  m; die Länge der Brücke ist  $s_b = 200$  m. Während der Zeit  $t$  befinden sich Teile des Zuges auf der Brücke. Berechne die Zeit  $t$ !

**M 270** Die Erde bewegt sich um die Sonne auf einer Bahn, die in sehr guter Näherung als Kreis mit dem Radius  $r = 1,5 \cdot 10^8$  km angesehen werden kann. Für einen vollen Umlauf um die Sonne benötigt die Erde die Zeit  $T = 365,25$  d ( $d = 1$  Sonnentag).

Berechne die mittlere Geschwindigkeit  $v$  der Erde (in der Einheit  $\frac{\text{km}}{\text{s}}$ )!

Anmerkung: Der Umfang eines Kreises mit dem Radius  $r$  ist  $U = 2\pi \cdot r$ . Für die Zahl  $\pi$  haben viele Taschenrechner eine besondere Taste. Hat dein Taschenrechner diese Taste nicht, so setze  $\pi = 3,14$ .

**M 271** Ein Schleifstein mit dem Radius  $r = 10$  cm macht  $N = 1200$  Umdrehungen während der Zeit  $t = 1$  min.

Berechne die Geschwindigkeit  $v$  (in der Einheit  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ) eines Punktes am äußersten Rand des Schleifsteines!

Anmerkung: siehe Aufgabe M 270.

**M 272** Der große Zeiger einer Kirchturmuhre ist von der Drehachse bis zur Spitze  $r = 1,8$  m lang.

Berechne die Geschwindigkeit  $v$  (in der Einheit  $\frac{\text{mm}}{\text{s}}$ ), mit der sich die Spitze des Zeigers auf einer Kreisbahn bewegt!

Anmerkung: siehe Aufgabe M 270.

**M 273** Der Sekundenzeiger einer Armbanduhr hat von der Drehachse bis zur Spitze die Länge  $r = 14$  mm.

- a) Berechne die Geschwindigkeit  $v$ , mit der sich die Spitze des Sekundenzeigers auf einer Kreisbahn bewegt!
- Anmerkung: siehe Aufgabe M 270.
- b) In welcher Zeit  $t$  legt die Spitze den Weg  $s = 1$  km zurück? Gib diese Zeit in Sekunden (s) und in Tagen (d) an!

**M 274** Ein Pkw hat Reifen mit dem äußeren Durchmesser  $d = 57$  cm. Der Pkw fährt mit der Geschwindigkeit  $v = 130 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Dabei macht jeder Reifen  $N$  Umdrehungen innerhalb der Zeit  $t = 1$  min.

- a) Berechne den äußeren Umfang  $U$  eines Reifens!

Anmerkung: siehe Aufgabe M 270.

- b) Berechne die Anzahl  $N$ !

**M 275** Man kann die Geschwindigkeit  $v$  eines Geschosses bestimmen, indem man zwei auf einer gemeinsamen Achse befestigte, rasch rotierende Scheiben parallel zur Achse durchschießt. Die Scheiben haben den Abstand  $s = 1,0$  m; sie machen je Sekunde  $N = 50$  Umdrehungen.

Nach einem derartigen Durchschuß wird festgestellt, daß die Durchschußstelle auf der später getroffenen Scheibe gegenüber der Durchschußstelle der zuerst getroffenen Scheibe um den Winkel  $\alpha = 42^\circ$  versetzt ist.

- a) Berechne die Zeit  $t$ , welche die Scheiben zur Drehung um  $\alpha = 42^\circ$  benötigen!
- b) Berechne die Geschwindigkeit  $v$ , die das Geschoß zwischen den Scheiben hatte!

**M 276** Auf einem geradlinigen Autobahnabschnitt fahren zwei Fahrzeuge  $A$  und  $B$  in gleicher Richtung.

Fahrzeug  $A$  hat die Geschwindigkeit  $v_A = 130 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ ; Fahrzeug  $B$  hat die Geschwindigkeit  $v_B = 110 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ .

Fahrzeug  $A$  kommt an das Fahrzeug  $B$  heran; zum Zeitpunkt  $t_1 = 7.20$  Uhr befinden sich die beiden Fahrzeuge nebeneinander. Zum späteren Zeitpunkt  $t_2 = 7.26$  Uhr ist Fahrzeug  $A$  um die Strecke  $s$  dem Fahrzeug  $B$  voraus.

Berechne die Strecke  $s$ !

**M 277** Auf einem geradlinigen Autobahnabschnitt fahren die Fahrzeuge  $A$  und  $B$  mit den Geschwindigkeiten

$v_A = 125 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  und  $v_B = 105 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  in gleicher Richtung. Zum Zeitpunkt  $t_1 = 13.22$  Uhr befindet sich Fahrzeug  $A$  noch  $s = 6,0$  km hinter dem Fahrzeug  $B$ . Zum Zeitpunkt  $t_2$  wird das Fahrzeug  $B$  vom Fahrzeug  $A$  überholt.

- a) Während der Zeit  $t_2 - t_1$  legt das Fahrzeug  $A$  die Strecke  $s_A$  und das Fahrzeug  $B$  die Strecke  $s_B$  zurück. Stelle eine Gleichung zwischen den Größen  $s_A, v_A, t_2, t_1$ , eine Gleichung zwischen den Größen  $s_B, v_B, t_2, t_1$  und eine Gleichung zwischen den Größen  $s, s_A, s_B$  auf!

- b) Bilde mit Hilfe der drei unter a) aufgestellten Gleichungen eine neue Gleichung, welche die Größen  $s_A$  und  $s_B$  nicht mehr enthält!

- c) Löse die unter b) erhaltene Gleichung nach  $t_2$  auf, und berechne den Zeitpunkt  $t_2$  mit den oben angegebenen Werten!

**M 278** An einem mit der Geschwindigkeit  $v_1 = 120 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  fahrenden Zug fährt in entgegengesetzter Richtung ein  $l = 200 \text{ m}$  langer Zug vorbei, der die Geschwindigkeit  $v_2 = 60 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  hat.

a) Ein Reisender im ersten Zug beobachtet den zweiten Zug. Er hat den Eindruck, daß der zweite Zug mit der Geschwindigkeit  $v_3$  an ihm vorbeifährt.

Wie groß ist die Geschwindigkeit  $v_3$ ? Gib diese Geschwindigkeit in den Einheiten  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$  und  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$  an!

b) Der Reisende im ersten Zug stellt fest, daß der zweite Zug während der Zeit  $t$  an ihm vorbeifährt. Wie groß ist die Zeit  $t$ ?

**M 279** Ein Motorboot erreicht auf einem See mit ruhender Wasseroberfläche bei voller Motorleistung die Geschwindigkeit  $v_M = 35 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Dasselbe Motorboot fährt nun auf einem Fluß, dessen Wasser mit der Geschwindigkeit  $v_W$  fließt. Wenn das Motorboot mit voller Motorleistung flußaufwärts fährt, mißt ein Beobachter am Ufer die Bootsgeschwindigkeit  $v_1 = 30 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Wenn das Motorboot mit voller Motorleistung flußabwärts fährt, mißt der Beobachter die größere Bootsgeschwindigkeit  $v_2$ .

a) Berechne die Geschwindigkeit  $v_W$  des Wassers!

b) Berechne die Bootsgeschwindigkeit  $v_2$ !

**M 280** Ein Sportflugzeug fliegt mit voller Motorleistung jeweils eine von Norden nach Süden verlaufende Strecke der Länge  $s = 60 \text{ km}$  hin und zurück.

a) Es herrscht Windstille. Die Geschwindigkeit des Flugzeuges über dem Erdboden ist  $v_F = 250 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Berechne die gesamte Flugzeit  $t_1$  (in der Einheit min) für den Hin- und Rückflug!

b) Es herrscht ein Wind, der die Luft mit der Geschwindigkeit  $v_W = 50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  von Norden nach Süden bläst. Zeige mit Hilfe einer Rechnung: Die gesamte Flugzeit  $t_2$  für den Hin- und Rückflug ist um 1,2 min größer als die Flugzeit  $t_1$  bei Windstille!

**M 281** Ein Körper führt eine geradlinige, gleichmäßig beschleunigte Bewegung aus.

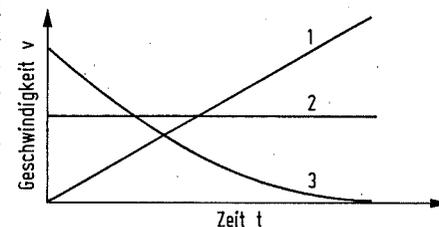
a) Wie ändert sich bei dieser Bewegung die Geschwindigkeit des Körpers mit der Zeit?

b) Wie ist die Beschleunigung  $a$  dieser Bewegung definiert?

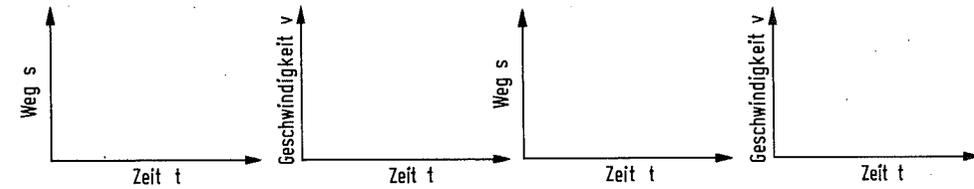
c) Wie ergibt sich die Beschleunigungseinheit  $1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  aus der Beschleunigungsdefinition?

**M 282** In dem Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm sind drei Bewegungsabläufe dargestellt: Schlitten  $A$  bewegt sich auf einer Luftkissenfahrbahn gleichförmig, Wagen  $B$  fährt eine geneigte Ebene beschleunigt herunter, Wagen  $C$  wird bis zum Stillstand gebremst.

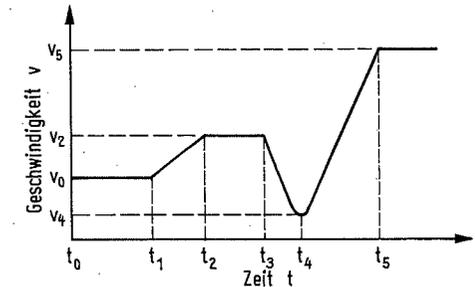
Ordne die Fahrzeuge  $A, B, C$  den grafischen Darstellungen 1, 2, 3 zu.



**M 283** Zeichne in die beiden linken Koordinatensysteme die grafischen Darstellungen für eine beliebige gleichförmige Bewegung ein; zeichne in die beiden rechten Koordinatensysteme die grafischen Darstellungen für eine beliebige gleichmäßig beschleunigte Bewegung ein.



**M 284** Beschreibe den durch das Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm dargestellten Bewegungsablauf eines Kraftfahrzeugs!



**M 285** Ein Körper führt eine geradlinige, gleichmäßig beschleunigte Bewegung mit der Beschleunigung  $a$  aus. Die Bewegung beginnt zur Zeit  $t_0 = 0$ .

a) Wie groß ist die Geschwindigkeit  $v$  des Körpers zur Zeit  $t$ ?

b) Welchen Weg  $s$  hat der Körper nach der Zeit  $t$  zurückgelegt?

**M 286** Während eines Überholvorganges beschleunigt ein Pkw; dabei wächst seine Geschwindigkeit innerhalb der Zeit  $\Delta t = 0,5 \text{ s}$  von  $v_1 = 90 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  auf  $v_2 = 135 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ .

a) Gib die Geschwindigkeiten  $v_1$  und  $v_2$  in der Einheit  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$  an!

b) Berechne die mittlere Beschleunigung  $a$ ! Gib diese Beschleunigung in der Einheit  $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  an!

**M 287** Auf einer geneigten Ebene rutscht ein Stück Trockeneis (festes Kohlendioxid) herunter; seine Geschwindigkeit nimmt dabei in jeder Sekunde um  $\Delta v = 6 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$  zu.

a) Wie groß ist die Beschleunigung  $a$  (in der Einheit  $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ ) des Trockeneisstückes?

b) Wie groß ist die Geschwindigkeit  $v$  des Trockeneisstückes, wenn seit Beginn der Bewegung die Zeit  $t = 8 \text{ s}$  verstrichen ist?

c) Welchen Weg  $s$  hat das Trockeneisstück während der Zeit  $t = 8 \text{ s}$  nach Beginn der Bewegung zurückgelegt?

**M 288** Ein Stück Trockeneis (festes Kohlendioxid) rutscht auf einer geneigten Ebene mit der konstanten Beschleunigung  $a = 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  herunter.

In welcher Zeit  $t$  nach Beginn der Bewegung hat das Stück Trockeneis die Strecke  $s = 40$  cm zurückgelegt?

**M 289** Ein  $l = 48,0$  m langer Schnellbahnzug für den Nahverkehr einer Großstadt fährt nach dem Halten mit der Beschleunigung  $a = 0,9 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  an. Diese Beschleunigung behält der Zug während der Zeit  $t = 10$  s nach dem Anfahren.

a) Berechne die Geschwindigkeit  $v$  (in den Einheiten  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$  und  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ ), die der Zug nach der Zeit  $t = 10$  s erreicht hat!

b) Vor dem Anfahren hielt die Zugspitze an der vorderen Bahnsteigkante.

Prüfe mit Hilfe einer Rechnung, ob der Zug nach der Zeit  $t = 10$  s den Bahnsteig vollständig verlassen hat!

**M 290** Ein Zug wird aus der Geschwindigkeit  $v = 24 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  gebremst. Die Geschwindigkeit nimmt während der Bremszeit  $t = 12$  s gleichmäßig ab, bis der Zug zum Stillstand gekommen ist.

a) Berechne die Verzögerung  $a$ !

b) Berechne den Bremsweg  $s$ !

Anleitung: Betrachte zur Lösung die Bewegung rückwärts verlaufend!

**M 291** Die Startbahn eines Flugplatzes ist  $l = 2,25$  km lang. Ein Verkehrsflugzeug benötigt zum Abheben von der Startbahn die Geschwindigkeit  $v = 324 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Die Triebwerke erteilen dem Flugzeug während der Bewegung auf der Startbahn die konstante Beschleunigung  $a = 1,9 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

a) Gib die Geschwindigkeit  $v$  in der Einheit  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$  an!

b) Berechne die Zeit  $t$ , in welcher die Geschwindigkeit  $v$  erreicht wird!

c) Stelle fest, ob die Länge der Startbahn für diesen Start ausreicht!

**M 292** Ein mit der Geschwindigkeit  $v = 90 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  fahrender Pkw muß plötzlich gebremst werden. Vom Augenblick des Erkennens der Gefahr durch den Fahrer bis zum Betätigen der Bremsen vergeht die Zeit  $t_1 = 1$  s (Schrecksekunde). Die anschließende Bremszeit bis zum Stillstand des Pkw beträgt  $t_2 = 5$  s. Es soll angenommen werden, daß die Verzögerung  $a$  während des Bremsvorganges konstant ist.

a) Gib die Geschwindigkeit  $v$  in der Einheit  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$  an!

b) Berechne die Verzögerung  $a$ !

c) Berechne den Weg  $s_1$ , den das Fahrzeug während der Schrecksekunde zurückgelegt hat!

d) Berechne den Weg  $s_2$ , den das Fahrzeug während des Bremsvorganges zurückgelegt hat!

Anleitung: Betrachte zur Lösung die Bewegung rückwärts verlaufend!

e) Welchen Weg  $s$  hat das Fahrzeug vom Augenblick des Erkennens der Gefahr durch den Fahrer bis zum Stillstand zurückgelegt?

**M 293 a)** Welche Bewegung wird als „freier Fall“ bezeichnet?

b) Durch welche Gleichung wird der Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit  $v$  eines frei fallenden Körpers und der Fallzeit  $t$  beschrieben?

c) Durch welche Gleichung wird der Zusammenhang zwischen dem Fallweg  $s$  eines frei fallenden Körpers und der Fallzeit  $t$  beschrieben?

d) Warum heißt der Ortsfaktor  $g$  auch Fallbeschleunigung?

e) Warum kann man die Gesetze des freien Falles bei kleinen Fallwegen  $s$  auch auf in Luft fallende Körper anwenden?

**M 294** Von der Spitze eines Kirchturmes löst sich aufgrund der Verwitterung des Gesteins ein Mauerbrocken und erreicht nach der Zeit  $t = 3,7$  s den Erdboden. Der Fall des Mauerbrockens kann als freier Fall angesehen werden. Die Fallbeschleunigung ist  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

Berechne die Höhe  $h$  des Turmes!

**M 295** Beim Bau eines Fernsehturmes fällt aus der Höhe  $h = 320$  m über dem Erdboden eine eiserne Schraube herunter.

a) Nach welcher Fallzeit  $t$  erreicht die Schraube den Erdboden?

b) Mit welcher Geschwindigkeit  $v$  schlägt die Schraube auf dem Erdboden auf? Gib diese Geschwindigkeit in den Einheiten  $\frac{\text{m}}{\text{s}}$  und  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$  an!

Der Luftwiderstand soll bei der Rechnung nicht berücksichtigt werden; in Wirklichkeit ist er bei so großen Fallwegen nicht zu vernachlässigen. Die Fallbeschleunigung ist  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

**M 296** Im Mai und Juni 1980 ereigneten sich mehrere ungeheure Ausbrüche des Vulkans Mount St. Helens (USA). Es wurde beobachtet, daß dabei Vulkanasche in der Zeit  $t_1 = 7,4$  min bis zu einer Höhe  $h = 18$  km über dem Vulkangipfel aufstieg.

Zeige: Wenn man die Bewegung der Ascheteilchen rückwärts verlaufend betrachtet, liegt keineswegs ein freier Fall vor!

Anleitung: Berechne die Zeit  $t_2$ , welche die Ascheteilchen für den Fallweg  $h = 18$  km bei einem freien Fall benötigt hätten! Da die Fallbeschleunigung mit wachsender Höhe über dem Erdboden abnimmt, ist mit der mittleren Fallbeschleunigung  $g = 9,80 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  zu rechnen.

**M 297** Auf dem Mond fallen alle Körper frei, weil der Mond keine Atmosphäre hat. Die Fallbeschleunigung beträgt an der Mondoberfläche  $g = 1,62 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

a) Von welcher Höhe  $h_1$  muß man auf dem Mond einen Gegenstand fallen lassen, damit die Fallzeit genau  $t_1 = 2,5$  s beträgt?

b) Welche Geschwindigkeit  $v$  hat der Gegenstand nach der Fallzeit  $t_1 = 2,5$  s erreicht?

c) Einem Astronauten fällt ein Werkzeug aus der Hand, die sich in diesem Augenblick  $h_2 = 81$  cm über dem Mondboden befindet.

Nach welcher Zeit  $t_2$  hat das Werkzeug den Mondboden erreicht?

**M 298** Der Fall eines Fallschirmspringers vollzieht sich in drei Bewegungsabschnitten: Der Springer fällt mit ungeöffnetem Schirm (Fallzone) – der Springer zieht die Reißleine zum Öffnen des Schirms (Entfaltungszone) – der Springer fällt mit geöffnetem Schirm (Sinkzone).

Welche Aussage kann man über die Geschwindigkeit für die drei Bewegungsabschnitte machen?

**M 299** Bei einem Fallschirmspringer entfaltet sich der Fallschirm nicht. Die Bewegung des Fallschirmspringers ist trotzdem kein freier Fall. Der Luftwiderstand bremst den Fallschirmspringer so stark, daß dieser nach dem Fallweg  $s = 600$  m die konstante Sinkgeschwindigkeit  $v_1 = 55 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  erreicht.

Berechne die Geschwindigkeit  $v_2$ , die ein Körper bei der gleichen Fallstrecke  $s = 600$  m im Vakuum erreicht hätte! (Fallbeschleunigung  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .)

Anleitung: Schreibe das Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz und das Weg-Zeit-Gesetz für den freien Fall auf. Löse beide Gleichungen nach der Zeit  $t$  auf, und setze die beiden Terme für  $t$  gleich!

### Die Schallgeschwindigkeit

**M 300** Zur Messung der Schallgeschwindigkeit werden zwei Mikrofone im Abstand  $s = 1,4$  m voneinander aufgestellt. Die Mikrofone sind an eine elektronische Stoppuhr angeschlossen. Die Stoppuhr wird eingeschaltet, wenn das erste Mikrofon einen Schallimpuls erhält; sie wird ausgeschaltet, wenn das zweite Mikrofon einen Schallimpuls erhält. Dicht vor dem ersten Mikrofon wird mit Hilfe von Knallplättchen ein Knall erzeugt. Danach zeigt die elektronische Stoppuhr für die Zeit zwischen Ein- und Ausschalten die Zeit  $t = 0,0041$  s an.

Berechne die Schallgeschwindigkeit  $c$  für die Temperatur  $\vartheta = 18^\circ\text{C}$ , die im Physikraum zur Zeit des Versuchs gemessen wurde!

**M 301** Bei einem Gewitter stellt man fest, daß zwischen den Wahrnehmungen von Blitz und Donner die Zeit  $t = 6$  s vergeht.

Berechne die Entfernung  $s$  des Blitzes vom Beobachter!

(Schallgeschwindigkeit  $c = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .)

**M 302** Bei einer Sportveranstaltung findet ein Hürdenlauf statt. Ein Zuschauer ist  $s = 170$  m vom Startplatz entfernt. Er stellt fest, daß die Läufer bereits starten, bevor er den Startschuß hört.

Berechne die Zeit  $t$ , die zwischen dem Start und der Wahrnehmung des Startschusses durch den Zuschauer vergeht!

(Schallgeschwindigkeit  $c = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .)

**M 303** Das menschliche Ohr kann zwei Laute nur dann noch getrennt wahrnehmen, wenn diese mit einem Mindestzeitabstand von  $t = 0,1$  s auf das Trommelfell treffen.

Ein Schüler steht in der Entfernung  $d$  vor einer Felswand und ruft laut „Ha“. Er hört den ausgerufenen Laut und das Echo genau nacheinander als „Haha“, d. h., es liegt der obengenannte Fall vor.

Berechne die Entfernung  $d$  des Schülers von der Felswand!

(Schallgeschwindigkeit  $c = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .)

**M 304** Zwei Jungen wohnen in einem Mietshaus in übereinanderliegenden Wohnungen. Sie verständigen sich durch verabredete Klopfzeichen an der Zentralheizung. Der Schall wird durch die eisernen Rohre und durch das Wasser in den Rohren übertragen; der Schallweg ist  $s = 4,2$  m.

Stelle fest, ob der Empfänger ein gegebenes Klopfzeichen durch die doppelte Schallübertragung doppelt hört. Berechne dazu

a) die Laufzeit  $t_1$  eines Klopfzeichens für die Schallgeschwindigkeit in Eisen:  $c_E = 5180 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ,

b) die Laufzeit  $t_2$  eines Klopfzeichens für die Schallgeschwindigkeit in Wasser:  $c_W = 1500 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ !

**M 305** Bei einer Echolotung läuft ein Schallimpuls vom Schiff zum Meeresgrund, wird dort reflektiert und läuft zum Schiff zurück. Zwischen Aussendung und Empfang des Schallimpulses vergeht die Zeit  $t = 0,680$  s.

Die Schallgeschwindigkeit in Meerwasser ist  $c = 1500 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

a) Berechne die Meerestiefe  $h$ , die am Ort der Echolotung vorliegt!

b) Wir nehmen einmal an, daß man für die Zeitmessung mit der Ungenauigkeit  $\Delta t = 0,002$  s rechnen muß. Die wahre Laufzeit des Schallimpulses liegt also zwischen  $t_1 = 0,678$  s und  $t_2 = 0,682$  s.

Welche Unsicherheit  $\Delta h = h_2 - h_1$  ergibt sich daraus für die unter a) berechnete Meerestiefe?

**M 306** Ein Schiff befindet sich in der Entfernung  $s$  von einer Küstenstation. Das Schiff gibt gleichzeitig ein Überwasser- und ein Unterwasserschallsignal ab. Das Unterwasserschallsignal trifft bei der Küstenstation  $\Delta t = 5,0$  s früher ein als das Überwasserschallsignal.

Berechne die Entfernung  $s$ !

(Schallgeschwindigkeit in Luft:  $c_L = 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ ; Schallgeschwindigkeit in Meerwasser:  $c_M = 1500 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .)

**M 307** Bei einer akustischen Unterwasserpeilung (Sonar: Sound navigation and ranging) benötigt ein Schallsignal für den Schallweg die Zeit  $t_1 = 5,3$  s (wahre Laufzeit). Gemessen wird aufgrund eines Meßfehlers jedoch die Zeit  $t_2 = 5,0$  s. Die Schallgeschwindigkeit in Meerwasser ist  $c = 1500 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

a) Berechne den wahren Schallweg  $s_1$ !

b) Berechne den Schallweg  $s_2$ , der sich aus der gemessenen Zeit  $t_2$  ergibt!

c) Berechne den Fehler  $\Delta s$ , um den der meßtechnisch ermittelte Schallweg  $s_2$  vom wahren Schallweg  $s_1$  abweicht!

d) Der wahre Schallweg wird mit 100% bezeichnet.

Wieviel Prozent beträgt dann der unter c) berechnete Fehler?