Physik
Mechanik

Kenntnistest

Im Folgenden finden Sie einen Test mit 23 Aufgaben im MC-Format.
Es ist jeweils nur **eine** der angegebenen Antwortalternativen richtig.
Ihre Eingaben werden nach Bearbeiten des gesamten Tests bewertet.

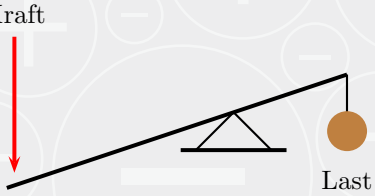
Navigation am unteren Bildrand

- ▶ weiter zur nächsten Aufgabe
- ◀ eine Aufgabe zurück
- ■ zurück zum CD-Menü

Um zu beginnen, klicken Sie auf 'Test starten'.

Test starten

1. Im Vergleich zum direkten, senkrechten Anheben einer Last hat ein Hebel einen Vorteil. Welchen?



A Es wird weniger Zeit benötigt

B Es wird weniger Kraft benötigt

C Es wird weniger Energie benötigt

D Es muss weniger Arbeit verrichtet werden

E Es ist ein kürzerer Weg notwendig

2. Die vier abgebildeten Kugeln P, Q, R und S haben gleiche Massen. Die Kugeln bestehen aus verschiedenen Materialien; sie sind homogen.
Welche Aussage über die Dichte der Kugeln ist richtig?

A Alle Kugeln haben die gleiche Dichte

B P hat die kleinste Dichte

C R hat die kleinste Dichte

D S hat die größte Dichte

E Man kann ohne weitere Angaben nichts über deren Dichte aussagen

3. Die gesetzliche SI-Einheit für den Betrag einer Kraft ist 1 Newton = 1 N.
Welche Aussage über diese Krafteinheit ist richtig?

A Die Kraft $F = 1\,\mathrm{N}$ erteilt der Masse $m = 9,81\,\mathrm{kg}$ die Beschleunigung $a = 9,81\,\mathrm{m\ s^{-2}}$

B Die Kraft $F = 1\,\mathrm{N}$ erteilt der Masse $m = 1\,\mathrm{kg}$ die Beschleunigung $a = 9,81\,\mathrm{m\ s^{-2}}$

C Die Kraft $F = 1\,\mathrm{N}$ erteilt der Masse $m = 9,81\,\mathrm{kg}$ die Beschleunigung $a = 1\,\mathrm{m\ s^{-2}}$

D Die Kraft $F = 1\,\mathrm{N}$ erteilt der Masse $m = 1\,\mathrm{kg}$ die Beschleunigung $a = 1\,\mathrm{m\ s^{-2}}$

E Nichts davon

4. Ein Ball wird senkrecht nach oben geworfen.
Welche der genannten physikalischen Größen nimmt dabei sofort nach dem Verlassen des Balls von der werfenden Hand zu?

A Beschleunigung

B Geschwindigkeit

C Kinetische Energie

D Potentielle Energie

E Nichts davon

5. Gegeben ist eine Reibungskraft $\vec{F}_{\text{reib}}$, ihr Betrag ist proportional zum Betrag der Geschwindigkeit $|\vec{v}|$. Es gilt

$$|\vec{F}_{\text{reib}}| = b|\vec{v}|$$

Dabei ist b die Dämpfungskonstante.
Welche Einheit hat b im SI-System?

A kg s^{-1}

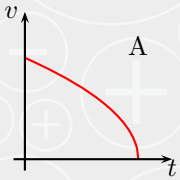
B kg m^{-1}

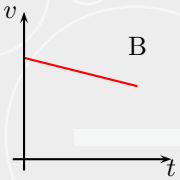
C kg m s^{-1}

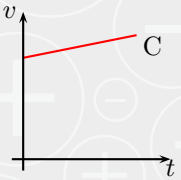
D kg m s^{-2}

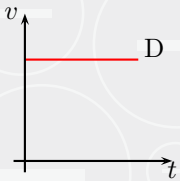
E Andere Einheit

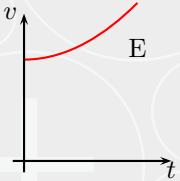
6. Ein Körper wird auf dem Mond mit einer Anfangsgeschwindigkeit v_0 senkrecht nach unten geworfen.
Welches Diagramm beschreibt die Abhängigkeit der Geschwindigkeit v von der Zeit t qualitativ richtig?











A Diagramm A

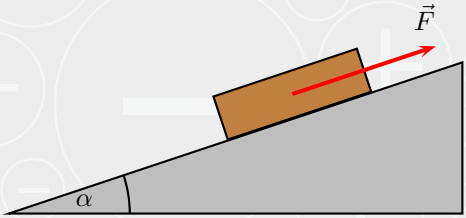
B Diagramm B

C Diagramm C

D Diagramm D

E Diagramm E

7. Ein Körper wird eine schiefe Ebene hinaufgezogen (vgl. Abbildung).
Die auf den Körper wirkende Gewichtskraft ist bekannt.
Reibung zwischen Ebene und Körper soll nicht berücksichtigt werden.
Es soll die beim Hochziehen am Körper verrichtete Arbeit ausgerechnet werden.
Welche Größe muss dazu noch zusätzlich bekannt sein?



A Der Winkel α der schiefen Ebene

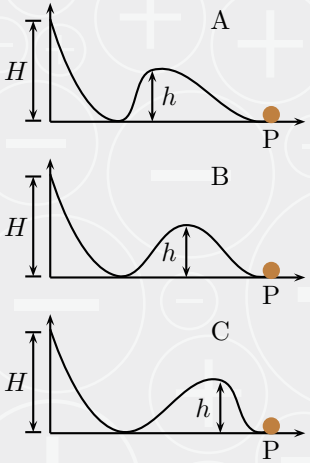
B Der Bertrag F der Kraft $\vec{F}$, mit der der Körper gezogen wird

C Die Geschwindigkeit, mit der der Körper gezogen wird

D Die Hangabtriebskraft

E Die Höhe, um die der Körper angehoben wird

8. In drei Versuchen rollt jeweils eine Kugel einen Abhang der Höhe H hinunter. Danach muss die Kugel drei geometrisch verschieden geformte 'Berge' der Höhe h überwinden. Reibung soll vernachlässigt werden.
Welche Aussage über die Geschwindigkeit am Ort P, also nach Überwinden der Berge, ist richtig?



A Sie ist für Berg A am größten

B Sie ist für Berg B am größten

C Sie ist für Berg C am größten

D Sie ist in allen Fällen gleich groß

E Eine Aussage ist nur möglich, wenn die Kugelmasse bekannt ist

9. Ein Körper (Masse $m = 25\,\mathrm{kg}$) ist anfangs in Ruhe. Auf den Körper wirkt eine konstante Kraft $F = 5\,\mathrm{N}$, die den Körper um $s = 10\,\mathrm{m}$ gegen seine Ausgangslage verschiebt. Bestimmen Sie die kinetische Energie des Körpers am Ende dieses Vorgangs.

A $E_{\mathrm{kin}} = 50\,\mathrm{J}$

B $E_{\mathrm{kin}} = 250\,\mathrm{J}$

C $E_{\mathrm{kin}} = 500\,\mathrm{J}$

D $E_{\mathrm{kin}} = 1000\,\mathrm{J}$

E $E_{\mathrm{kin}} = 5000\,\mathrm{J}$

10. Welche Aussage ist für eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung eines Körpers aus dem Stand richtig?

A Die Beschleunigung wächst linear mit der Zeit

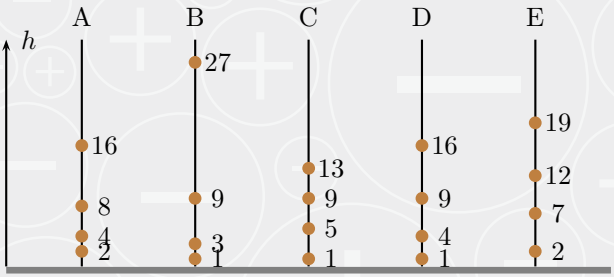
B Die Beschleunigung wächst quadratisch mit der Zeit

C Der zurückgelegte Weg wächst linear mit der Zeit

D Der zurückgelegte Weg wächst quadratisch mit der Zeit

E Nichts davon

11. Vier Kugeln sind an einer dünnen Schnur in unterschiedlichen Höhen angeordnet (vgl. Skizze). Sie werden gleichzeitig losgelassen.
In welcher Anordnung treffen die Kugeln in gleichmäßigen zeitlichen Abständen auf die Unterlage (Höhe $h = 0$)?



A Anordnung A

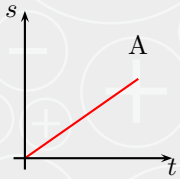
B Anordnung B

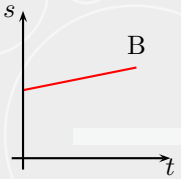
C Anordnung C

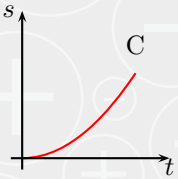
D Anordnung D

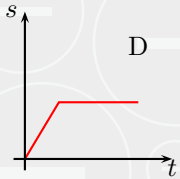
E Anordnung E

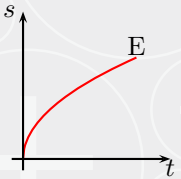
12. Eine Stahlkugel wird auf eine schiefe Ebene aufgesetzt und anschließend losgelassen. Die Kugel rollt die schiefe Ebene hinab.
Welches Diagramm stellt die Beziehung zwischen zurückgelegtem Weg s und Zeit t qualitativ richtig dar?











A Diagramm A

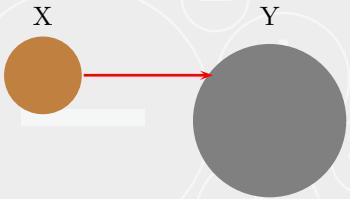
B Diagramm B

C Diagramm C

D Diagramm D

E Diagramm E

13. Eine rollende Kugel X stößt mit einer ruhenden zweiten und größeren Kugel Y zusammen (vgl. Skizze).
Welche Aussage über diesen Stoßprozess ist richtig?



A Kugel X gibt kinetische Energie ab; Kugel Y nimmt kinetische Energie auf

B Kugel X nimmt kinetische Energie auf; Kugel Y gibt kinetische Energie ab

C Beide Kugeln verlieren kinetische Energie

D Beide Kugeln gewinnen kinetische Energie

E Die kinetische Energie jeder der beiden Kugeln ändert sich nicht

14. Die abgeleitete Einheit der Arbeit W ist im SI-System $[W] = \mathrm{J}$ (Joule)
Welche Darstellung in SI-Basiseinheiten ist richtig?

A $[\mathrm{J}] = 1\ \mathrm{kg\ m\ s^{-1}}$

B $[\mathrm{J}] = 1\ \mathrm{kg\ m\ s^{-2}}$

C $[\mathrm{J}] = 1\ \mathrm{kg\ m\ s^{1}}$

D $[\mathrm{J}] = 1\ \mathrm{kg\ m\ s^{2}}$

E Nichts davon

15. Ein Körper bewegt sich mit konstanter Bahngeschwindigkeit auf einer Kreisbahn. Dazu ist eine äußere Kraft notwendig.
Welche Aussage über diese Kraft ist richtig?

A Sie ist tangential gerichtet

B Sie ist nach außen (vom Kreismittelpunkt weg) gerichtet

C Sie hält der Zentripetalkraft das Gleichgewicht

D Nach dem Trägheitsgesetz ist keine Kraft notwendig

E Nichts davon

16. Welche Einheit hat das Drehmoment M – ausgedrückt in SI-Basiseinheiten?

A $[\mathrm{M}] = 1\ \mathrm{kg\ m\ s^{-2}}$

B $[\mathrm{M}] = 1\ \mathrm{kg\ m\ s^{-3}}$

C $[\mathrm{M}] = 1\ \mathrm{kg\ m^2\ s^{-2}}$

D $[\mathrm{M}] = 1\ \mathrm{kg\ m^2\ s^{-3}}$

E Andere Einheit

17. Welche der genannten physikalischen Größen ist im internationalen Einheitensystem (SI-System) **keine** Basiseinheit?

A Masse m

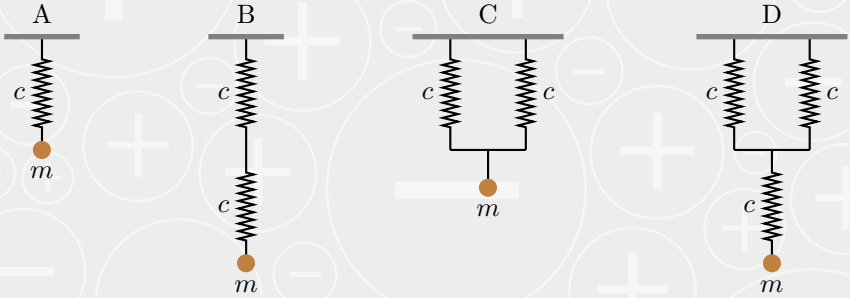
B Elektrische Stromstärke I

C Kraft F

D Thermodynamische Temperatur T

E Länge L

18. Die skizzierten Anordnungen sind aus jeweils gleichen Federn (Federkonstante c) zusammen gebaut. An jede Federanordnung wird jeweils ein Körper (Masse m) gehängt. Welche Federanordnung wird dabei am weitesten ausgelenkt?



A Anordnung A

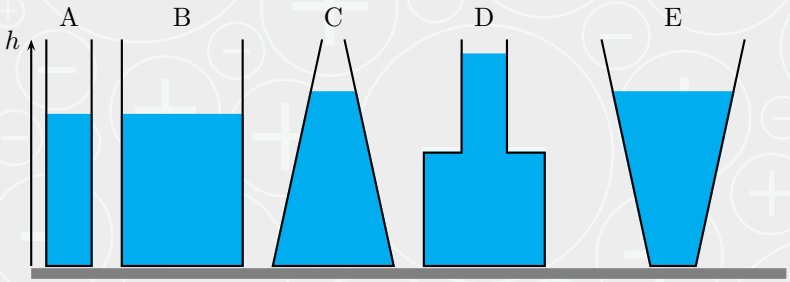
B Anordnung B

C Anordnung C

D Anordnung D

E Die Auslenkung aller vier Anordnungen ist gleich

19. Die fünf skizzierten Gefäße unterscheiden sich durch ihre Geometrie.
In die Behälter wird gleiche Flüssigkeit eingefüllt.
In welchem Gefäß ist der Druck in der Flüssigkeit am Behälterbodens am größten?



A Gefäß A

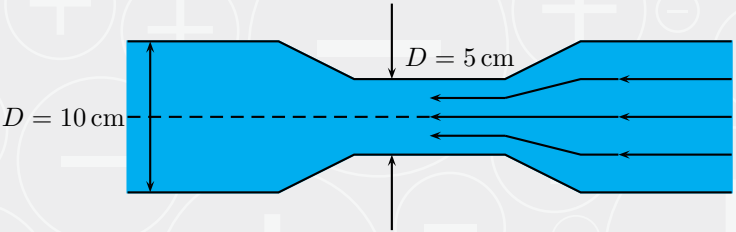
B Gefäß B

C Gefäß C

D Gefäß D

E Gefäß E

20. Durch eine Rohrleitung (Durchmesser $D = 10\,\text{cm}$) wird eine inkompressible Flüssigkeit mit einer mittleren Geschwindigkeit von $v = 10\,\text{cm s}^{-1}$ gepumpt.
Bei Reparaturarbeiten wird ein provisorisches Teilstück mit nur halbem Durchmesser eingebaut.
Der Flüssigkeitsdurchsatz bei der Reparatur soll unverändert bleiben.
Welche Durchflussgeschwindigkeit v gehört dazu?



A $v = 10\ \text{cm s}^{-1}$
B $v = 20\ \text{cm s}^{-1}$
C $v = 25\ \text{cm s}^{-1}$
D $v = 40\ \text{cm s}^{-1}$
E $v = 50\ \text{cm s}^{-1}$

21. Ein fester Körper sinkt in einer Flüssigkeit.
Welche Bedingung muss erfüllt sein?

A Wenn seine Dichte gleich der Dichte der Flüssigkeit ist

B Wenn die Auftriebskraft kleiner ist als die Gewichtskraft der von ihm verdrängten Flüssigkeit

C Wenn seine Gewichtskraft gleich der Auftriebskraft ist

D Wenn die Gewichtskraft der von ihm verdrängten Flüssigkeit größer ist als seine eigene

E Wenn die Gewichtskraft der von ihm verdrängten Flüssigkeit kleiner ist als seine eigene

22. Welche Beziehung zwischen
der Drehfrequenz f,
der Umlaufdauer T und
der Winkelgeschwindigkeit ω
ist für eine Kreisbewegung zutreffend?

A $f = \frac{1}{T}$

B $f = 2\pi T$

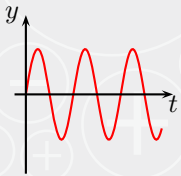
C $f = \frac{1}{\omega}$

D $f = 2\pi\omega$

E Nichts davon

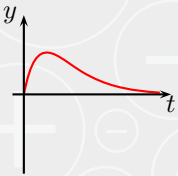
23. Welches der gezeichneten Diagramme stellt eine gedämpfte Schwingung dar?

A

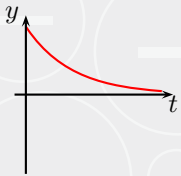


B

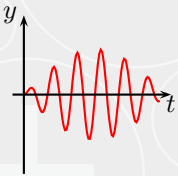
C



D



E



A Diagramm A

B Diagramm B

C Diagramm C

D Diagramm D

E Diagramm E

Klicken Sie bitte zur Bewertung Ihrer Antworten auf 'Test beenden'.

Test beenden

Sie haben _____ Aufgaben richtig gelöst.

Nicht beantwortete Aufgaben wurden dabei als 'falsch' bewertet.

Sie können nun zu den einzelnen Aufgaben zurückverzweigen und Musterlösungen aufrufen.
Zu den Lösungen.

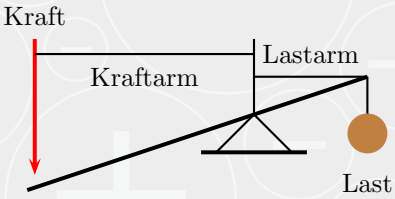
Die Lösungen sind nur dann frei geschaltet, wenn Sie den Test vollständig bearbeitet haben.
Die jeweils richtige Lösung ist mit ✓ markiert. Anklicken ruft dann die zugehörige Musterlösung auf.
In den Musterlösungen sind Sprechblasen eingebaut, die nach Anklicken zusätzliche Hinweise einblenden.
Ein Link ◀ in der Musterlösung bringt Sie wieder zur Aufgabe zurück.
So können Sie bequem zwischen Aufgaben und ihren Lösungen hin- und herspringen.

Lösungen der Aufgaben

Lösung zu Aufgabe 1:
Beim Heben einer Last wird Arbeit gegen die Gewichtskraft verrichtet. Die 'Hebelgesetze' erlauben es, die zum Heben aufzuwendende Kraft zu reduzieren. Es gilt schlagwortartig

Kraft mal Kraftarm gleich Last mal Lastarm

Dabei sind die jeweiligen 'Arme' die senkrechten Abstände zwischen den Angriffspunkten der Kraft bzw. Last und dem Drehpunkt.



Ist der Kraftarm größer als der Lastarm, so ist die aufzuwendende Kraft kleiner als die Gewichtskraft auf die Last.

Vertiefung

Bei den Hebelgesetzen ist die Drehrichtung zu berücksichtigen. In dem Beispiel ist das durch die Last ausgeübte Drehmoment rechtsdrehend (im Uhrzeigersinn), das durch die Kraft ausgeübte Moment ist linksdrehend (im Gegenuhrzeigersinn).

Die Vektorschreibweise des Drehmoments berücksichtigt Drehrichtung und Betrag.

Das Drehmoment $\vec{M}$ ist definiert als Vektorprodukt aus Radiusvektor $\vec{r}$ und Kraftvektor $\vec{F}$ als

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$

Der Betrag des Drehmoments ist gegeben durch

$$M = r \cdot F \cdot \cos(\vec{r}, \vec{F})$$

Dabei ist $(\vec{r}, \vec{F})$ = Winkel zwischen dem Radiusvektor und dem Kraftvektor

zurück zur Aufgabe ◀

Lösung zu Aufgabe 2:

Die Dichte ρ eines Körpers ist definiert als

$$\rho = \frac{\text{Massenelement}}{\text{Volumenelement}} = \frac{\Delta m}{\Delta V}$$

Für einen homogenen Körper ist die Dichte konstant und es gilt $\rho = \dfrac{\text{(Gesamt) Masse}}{\text{(Gesamt) Volumen}}$.

Weil die Massen der vier Kugeln gleich sind, hat notwendigerweise die Kugel mit dem größten Volumen die geringste Dichte. Dies ist Kugel P

Dichtevergleich aller vier Kugeln – mathematisch ausführlich

Das Volumen einer Kugel ist proportional zur dritten Potenz des Radius $V_\mathrm{K} = \frac{4}{3}\pi R^3$

Also gilt für die Volumina der vier Kugeln

$$V_\mathrm{K}(\mathrm{P}) > V_\mathrm{K}(\mathrm{Q}) > V_\mathrm{K}(\mathrm{S}) > V_\mathrm{K}(\mathrm{R})$$

Die Massen aller vier Kugeln sind gleich, also gilt

$$m_\mathrm{K}(\mathrm{P}) = m_\mathrm{K}(\mathrm{Q}) = m_\mathrm{K}(\mathrm{S}) = m_\mathrm{K}(\mathrm{R})$$

Damit gilt für die Dichten der vier Kugeln

$$\rho_\mathrm{K}(\mathrm{P}) < \rho_\mathrm{K}(\mathrm{Q}) < \rho_\mathrm{K}(\mathrm{S}) < \rho_\mathrm{K}(\mathrm{R})$$

Die Kugel P hat also die kleinste Dichte.

zurück zur Aufgabe ◀

Lösung zu Aufgabe 3:

Nach NEWTON bewirkt eine Kraft $\vec{F}$, die auf einen Körper der Masse m wirkt, eine Beschleunigung $\vec{a}$ des Körpers, gemäß $\vec{F} = m\vec{a}$.

Eine konstante Kraft $F = 1$ N erteilt der Masse $m = 1$ kg die Beschleunigung $a = 1\ \mathrm{m\ s^{-2}}$.

Im Internationalen Einheitensystem (SI) wird die Kraft als abgeleitete Einheit definiert. Dabei sind Beschleunigungsvektor $\vec{a}$ (Geschwindigkeitsvektor $\vec{v}$) abgeleitete Einheiten.

Für die Einheiten einer physikalischen Größe ist ihr Vektorcharakter nicht relevant.

Die Definitionen von Geschwindigkeit und Beschleunigung (skalare Schreibweise) sind

$$\text{Beschleunigung} \qquad a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\text{Geschwindigkeitsänderung}}{\text{Zeitintervall}}$$

$$\text{Geschwindigkeit} \qquad v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\text{Wegelement}}{\text{Zeitintervall}}$$

Für die Einheiten ist der Vektorcharakter unerheblich.

Ausgehend von den Basisgrößen Zeit, Länge und Masse wird die Einheit der Kraft

$$[F] = 1\,\mathrm{kg\,m\,s^{-2}}$$

Die Einheit der Kraft ist das Newton (Formelbuchstabe N) $1\,\mathrm{N} = 1\,\mathrm{kg\,m\,s^{-2}}$

Basisgrößen

Das internationale System der Einheiten definiert folgende Basisgrößen

Basisgröße	Basiseinheit	Zeichen
Zeit	Sekunde	s
Länge	Meter	m
Masse	Kilogramm	kg

Sir Isaac Newton 1643 - 1727

Seine Leistungen liegen auf den Gebieten der experimentellen Optik, der Gravitation und der höheren Mathematik.

zurück zur Aufgabe ◀

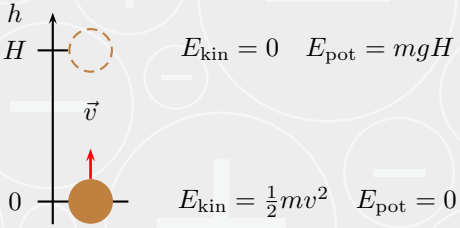
Lösung zu Aufgabe 4:

Das geschilderte Szenario im Schwerefeld der Erde ist ein senkrechter Wurf nach oben. Auf den Ball wirkt auf seiner Flugbahn die konstante Fallbeschleunigung $\vec{g}$ nach unten.

Beim Verlassen der Hand hat der Ball eine Anfangsgeschwindigkeit $\vec{v}$ nach oben.

Der Ball hat beim Verlassen der Hand kinetische Energie.

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2}mv^2$$



Diese kinetische Energie wird umgesetzt in potentielle Energie der Lage

$$E_{\text{pot}} = mgh$$

(Man wählt als Referenzniveau zweckmäßig für die Hand die Koordinate $h = 0$.)

Die potentielle Energie hat ihren größten Wert ($E_{\text{pot}} = mgH$) im höchsten Punkt der Wurfbahn – dem Umkehrpunkt – und ihren kleinsten Wert beim Verlassen des Balles von der Hand.

Die potentielle Energie ist also die physikalische Größe, die unmittelbar nach Beginn der Bewegung nach oben zunimmt.

Grundlagen

Koordinatensystem: Höhenkoordinate positiv nach 'oben'

Bei einem senkrechten Wurf nach oben verlässt der Ball die Hand mit der Geschwindigkeit v_0. Auf ihn wirkt die Erdbeschleunigung $-g$, die seine Geschwindigkeit verringert.

Es gelten folgende Bezeichnungen

Für eine Bewegung unter Einwirkung der konstanten Erdbeschleunigung ist

$$a = -g$$

Integriert man diese Gleichung über die Zeit, so erhält man das Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz

$$v = -gt + v_0$$

Die Geschwindigkeit zur Zeit $t = 0$ ist v_0.

Für $t > 0$ nimmt die Geschwindigkeit linear mit der Zeit ab. Im Umkehrpunkt ist die Geschwindigkeit null, danach kehrt sie ihr Vorzeichen um.

Eine nochmalige Integration ergibt – als zurückgelegten Weg – die Steighöhe als Funktion der Zeit

$$h = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 t + h_0$$

Die Höhenkoordinate ist eine quadratische Funktion der Zeit. Die Höhe h_0 zur Zeit $t = 0$ wird zweckmäßig gleich null gesetzt.

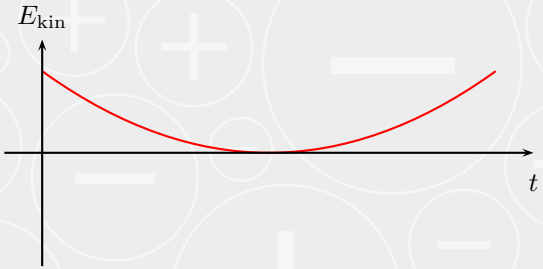
Die potentielle Energie ist $E_{\text{pot}} = mgh$

$$E_{\text{pot}} = mg\left(-\frac{1}{2}gt^2 + v_0 t\right)$$

Die potentielle Energie E_{pot} nimmt wie die Höhe h zunächst quadratisch mit der Zeit zu und nach dem Umkehrpunkt quadratisch mit der Zeit ab.

Nach dem Energiesatz ist die Summe aus kinetischer und potentieller Energie konstant, also z. B. gleich der kinetischen Energie zur Zeit $t = 0$.

$$E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} = \frac{1}{2} m v_0^2$$



Die kinetische Energie wird in potentielle Energie umgesetzt, sie nimmt bis zum Umkehrpunkt ab und anschließend wieder zu.

zurück zur Aufgabe ◀

Lösung zu Aufgabe 5:

Die SI-Einheit der Kraft und der Geschwindigkeit sind im SI-System abgeleitete Einheiten.

$$[F] = 1\,\mathrm{N} = 1\,\mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \quad \text{und}$$

$$[v] = 1\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Damit wird die abgeleitete Einheit der Dämpfungskonstanten b im linearen Reibungsgestz

$$[b] = \frac{[F]}{[v]} = 1\,\frac{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot \frac{\mathrm{s}}{\mathrm{m}} = 1\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{s}}$$

zurück zur Aufgabe ◀

Lösung zu Aufgabe 6:

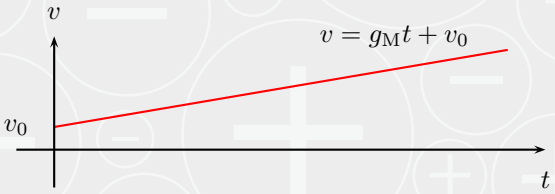
Der Mond hat im Gegensatz zur Erde keine Lufthülle, die einen Luftwiderstand auf einen fallenden Körper ausübt. Deshalb hat man ideale Bedingungen für den freien Fall eines Körpers unter der (an der Mondoberfläche) konstanten Schwerebeschleunigung g_{M}.

Bei einer Bewegung mit konstanter Beschleunigung g_{M} nimmt die Geschwindigkeit linear mit der Zeit zu, es ist $v = g_{\mathrm{M}}t + v_0$.

Dabei ist v_0 die Anfangsgeschwindigkeit (zum Zeitpunkt $t = 0$).

Beim freien Fall nimmt die Geschwindigkeit linear mit der Zeit zu;

in der grafischen Darstellung ist dies eine Gerade mit positiver Steigung und dem Ordinatenabschnitt v_0 für den Zeitpunkt $t = 0$.



Zweckmäßige Wahl des Koordinatensystems: positive Richtung in Fallrichtung nach 'unten'

Reibungsbetrachtung

Kommentare

B entspricht senkrechtem Wurf nach oben. Die Geschwindigkeit nimmt linear mit der Zeit ab; sie wird im Umkehrpunkt null.

D Eine konstante Sinkgeschwindigkeit stellt sich – als Endzustand – beim Fallen in einer zähen Flüssigkeit.

E Bei einer zunehmenden Beschleunigung nimmt die Geschwindigkeit überproportional zu (Hinweis: die Steigung der Tangente an die $v(t)$-Kurve ist ein Maß für die Beschleunigung).

Ein parabelförmiger Kurvenverlauf gilt für den zurückgelegten Weg bei einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung.

Grundlagen

zurück zur Aufgabe ◀

Lösung zu Aufgabe 7:

Beim Anheben eines Körpers (Masse m) im (konstanten) Schwerefeld der Erde (Fallbeschleunigung g) ist Arbeit gegen die Gewichtskraft aufzuwenden.

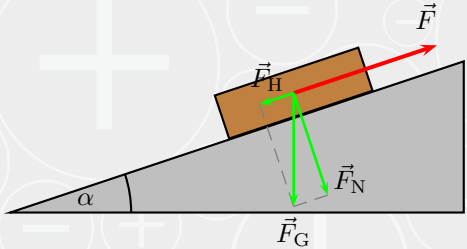
Zur Bestimmung der Arbeit kommt es nur auf die Höhendifferenz ΔH an, um die der Körper angehoben wird. Der Arbeitsaufwand ist gegeben durch

$$W = mg\Delta H$$

Hinweis

Die Höhendifferenz kann z. B. aus dem Neigungswinkel α der schiefen Ebene und der Länge L der Rampe bestimmt werden, der Neigungswinkel α **allein** ist nicht ausreichend.

Die Kraft, mit der gezogen wird, muss stets der Hangabtriebskraft (der Komponente der Gewichtskraft in Richtung der schiefen Ebene) das Gleichgewicht halten.



zurück zur Aufgabe ◀

Lösung zu Aufgabe 8:

Bei (angenommener) Reibungsfreiheit gilt für jeden Bahnpunkt der Energiesatz in seiner Fassung der Mechanik.

$$E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}} = \text{ const.}$$

Eine zweckmäßige Wahl des Nullniveaus ist $h = 0$.

Für den Startpunkt der Kugel und Punkt P gilt:

Die potentielle Energie zu Beginn (Höhenniveau H) wird umgesetzt in kinetische Energie der Kugel.

Für die Endgeschwindigkeit im Punkt P ist also die Form des zweiten Hügels der Höhe h unerheblich.

In allen drei Fällen ist die Abnahme der potentiellen Energie gleich der Zunahme der kinetischen Energie der Kugel. Die Endgeschwindigkeit ist deshalb in allen Fällen gleich.

Im Punkt P ist die potentielle Energie mgH in kinetische Energie umgesetzt

$$mgH = \frac{1}{2}mv^2$$

Die Geschwindigkeit ist in allen drei Fällen $v = \sqrt{2gH}$

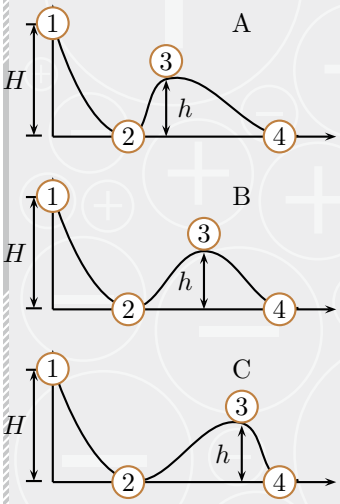
Übungsbeispiel zum Energiesatz – Geschwindigkeiten an vier Bahnpunkten

Punkt 1: Startpunkt (Höhe H)

Punkt 2: Talsohle

Punkt 3: Berg (Höhe h)

Punkt 4: Punkt P nach Überwinden des Bergs.



- Startpunkt

  $E_{\text{pot}} = mgH$
  $E_{\text{kin}} = 0$
  $v = 0$

- Talsohle

  $E_{\text{pot}} = 0$
  $E_{\text{kin}} = mgH$
  $v = \sqrt{2gH}$

- Berg

  $E_{\text{pot}} = mgh$
  $E_{\text{kin}} = mg(H - h)$
  $v = \sqrt{2g(H - h)}$

- Punkt P

  wie Punkt 2.

zurück zur Aufgabe ◀

Lösung zu Aufgabe 9:

Eine konstante äußere Kraft $|\vec{F}|$ auf einen Körper **in Verschiebe-Richtung** $|\Delta\vec{s}|$ verrichtet an einem Körper die Arbeit, $W = F \cdot \Delta s$.

Aufgewandte Verschiebe-Arbeit

$$W = 5\,\mathrm{N} \cdot 10\,\mathrm{m} = 50\,\mathrm{N\ m} = 50\,\mathrm{J}$$

Diese Arbeit wird in kinetische Energie des Körpers umgesetzt.

Zunahme der kinetischen Energie

$$E_{\mathrm{kin}} = \frac{1}{2}mv^2$$

Also gilt

$$E_{\mathrm{kin}} = W = 50\,\mathrm{J}$$

Die Zunahme der kinetischen Energie hängt nicht von der Masse m des Körpers ab. Die Angabe einer Masse ist also überflüssig.

Anmerkung:

Die Masse des bewegten Körpers benötigt man nur, wenn man die Endgeschwindigkeit v des Körpers nach Einwirken der Kraft bestimmen will. Sie ergibt sich aus der kinetischen Energie.

$$v = \sqrt{\frac{2E_{\mathrm{kin}}}{m}} = \sqrt{\frac{2W}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 50}{25} \cdot \frac{\mathrm{kg\,m}}{\mathrm{s}^2}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{kg}}} = 2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Allgemeine Definition der Arbeit – Vektorschreibweise

Die an einem Körper verrichtete Arbeit ist definiert als das skalare Produkt aus Kraft-Vektor $\vec{F}$ und Verschiebungs-Vektor $\Delta\vec{s}$

$$W = \vec{F} \cdot \Delta\vec{s} = F \cdot \Delta s \cos(\vec{F}, \Delta\vec{s})$$

Dabei ist $(\vec{F}, \Delta\vec{s})$ = Winkel zwischen $\vec{F}$ und $\Delta\vec{s}$

Sind $\vec{F}$ und $\Delta\vec{s}$ parallel, so ist $\cos(\vec{F}, \Delta\vec{s}) = 1$ und die verrichtete Arbeit ist $W = F \cdot \Delta s$

zurück zur Aufgabe ◀

Lösung zu Aufgabe 10:

Für eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung ist die Beschleunigung konstant, es gilt $|\vec{a}| =$ const.

Integration liefert

- das Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz $v = a_0 t + v_0$ und
- das Weg-Zeit-Gesetz $s = \frac{1}{2} a_0 t^2 + v_0 t + s_0$

Am einfachsten durch Ableiten bestätigen.

Zum Zeitpunkt $t = 0$ sind

- die Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = 0$ ('aus dem Stand', 'aus der Ruhe') und
- die Anfangskoordinate $s_0 = 0$ (zweckmäßigerweise).

Der zurückgelegte Weg nimmt quadratisch mit der Zeit zu.

Grundlagen

zurück zur Aufgabe ◀

Lösung zu Aufgabe 11:

Die Kugeln der fünf Anordnungen werden im (konstanten) Schwerefeld der Erde mit der Fallbeschleunigung g beschleunigt.

Für eine gleichmäßig beschleunigte Fallbewegung gilt allgemein das Weg-Zeit-Gesetz

$$s = \frac{1}{2}gt^2 + v_0 t + s_0$$

Speziell für

Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = 0$ (ohne Anfangsgeschwindigkeit, 'aus der Ruhe')

Anfangskoordinate $s_0 = 0$ (Startkoordinate jeder einzelnen Kugel)

wird der Zusammenhang zwischen Weg und Zeit

$$s = \frac{1}{2}gt^2$$

Die von den einzelnen Kugeln zurückgelegten Wege, gemessen vom jeweiligen Startpunkt, nehmen also mit dem Quadrat der Fallzeit zu.

Für zeitlich gleichmäßige Aufschläge in der Abfolge $t = 1, 2, 3, 4$ (willkürliche Zeiteinheiten) verhalten sich die jeweils zurückgelegten Wege wie

$$1^2 : 2^2 : 3^2 : 4^2 = 1 : 4 : 9 : 16$$

zurück zur Aufgabe ◀

Lösung zu Aufgabe 12:

Die Stahlkugel erfährt auf der schiefen Ebene eine konstante Beschleunigung, die von der Komponente der Fallbeschleunigung in Richtung der schiefen Ebene bestimmt wird. Es gelten die Beziehungen für eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung.

Weg-Zeit-Gesetz

$$s = \frac{1}{2}at^2 + v_0 t + s_0$$

Dabei ist v_0 die Anfangsgeschwindigkeit und s_0 die Anfangskoordinate. Die Bedingung 'aufgesetzt und losgelassen' bedeutet

die Anfangsgeschwindigkeit ist null $v_0 = 0$,

die Anfangskoordinate ist null $s_0 = 0$ (zweckmäßige Setzung).

Damit wird der Zusammenhang zwischen Weg und Zeit

$$s = \frac{1}{2}at^2$$

Dies ist die Gleichung einer Parabel, die durch den Ursprung geht.

Hinweis

In diesem Beispiel ist der Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit und der Zeit

$$v = at + v_0$$

Da die Anfangsgeschwindigkeit v_0 null ist, ist dies eine Ursprungsgerade.

Grundlagen zurück zur Aufgabe ◀

Lösung zu Aufgabe 13:
Die rollende Kugel X hat kinetische Energie.

Die anfangs ruhende Kugel Y wird sich nach dem Stoßvorgang bewegen.

Damit hat sie kinetische Energie gewonnen, die nur von der Kugel X geliefert werden kann. Notwendigerweise hat also X Energie abgegeben und Y Energie aufgenommen.

Diese Überlegungen sind unabhängig davon, ob der Stoßvorgang gerade oder schief ist, ob elastisch oder inelastisch.

Speziell

Für den Sonderfall eines **zentralen, vollständig elastischen Stoßes** zweier Kugeln gleicher Masse, von denen eine vor dem Stoß in Ruhe ist, – das ist z. B. für Billardkugeln erfüllt – gibt die stoßende Kugel X ihre kinetische Energie (und ihren Impuls) vollständig an die gestoßene Kugel Y ab. Die stoßende Kugel bleibt deshalb nach dem Stoßvorgang in Ruhe.

Schiefer Stoß

Gerader zentraler, elastischer Stoß
(gleiche Massen)

zurück zur Aufgabe ◀

Lösung zu Aufgabe 14:

Die Definition der Arbeit aus wirkender Kraft $\vec{F}$ auf einen Körper und seiner Verschiebung $\Delta\vec{s}$ ist allgemein

$$W = \vec{F} \cdot \Delta\vec{s}$$

Das skalare Produkt berücksichtigt den Vektorcharakter von Kraft und Wegelement.

Für die Einheitenbetrachtung ist aber der Vektorcharakter unerheblich.

Aus $W = F \cdot \Delta s$ folgt für die abgeleitete Einheit im SI-System

$$[W] = [F]\,[s] = 1\ \mathrm{N\ m}$$

Die Kraft ist selbst wieder eine abgeleitete Einheit

$$[F] = 1\ \mathrm{N} = 1\ \mathrm{kg\ m\ s^{-2}}$$

Damit wird

$$[W] = 1\ \mathrm{kg\ m\ s^{-2} m} = 1\ \mathrm{kg\ m^2\ s^{-2}} = 1\ \mathrm{J}$$

Diese richtige Antwort ist unter den Antwortalternativen nicht genannt.

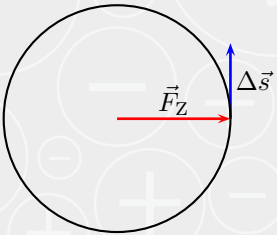
Das Joule ist die abgeleitete SI-Einheit für die Energie, Arbeit und Wärme.

James Prescott Joule (1818 - 1889)

zurück zur Aufgabe ◀

Lösung zu Aufgabe 15:

Um einen Körper auf einer Kreisbahn zu halten, ist eine Kraft notwendig, es ist die Zentripetalkraft, die stets auf das Zentrum der Kreisbahn hin gerichtet ist. (Damit scheiden A, B und C aus.)



Die Zentripetalkraft verrichtet an dem Körper keine Arbeit (der Körper wird nicht beschleunigt – sein Geschwindigkeitsbetrag nimmt nicht zu!).

Im allgemeinen Fall ist die verrichtete Arbeit gegeben durch das skalare Produkt aus wirkender Kraft $\vec{F}$ und Wegelement $\Delta\vec{r}$

$$W = \vec{F} \cdot \Delta\vec{s} = F\Delta s \cos(\vec{F}, \Delta\vec{s})$$

Bei der Kreisbewegung ist die Zentripetalkraft $\vec{F}_\mathrm{Z}$ senkrecht zu $\Delta\vec{s}$ gerichtet, also

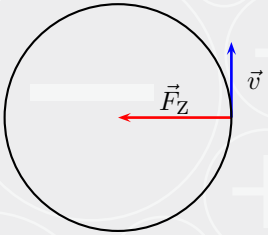
$$\cos(\vec{F}_\mathrm{Z}, \Delta\vec{s}) = \cos 90^\circ = 0$$

Die verrichtete Arbeit wird $W = 0$.

Der Betrag der Zentripetalkraft ist

$$F_Z = \frac{v^2}{R}$$

Dabei ist v die Bahngeschwindigkeit und R der Bahnradius.



Die Zentripetalkraft darf nicht verwechselt werden mit der Zentrifugalkraft, die ein auf der Kreisbahn mitbewegter Beobachter zu verspüren vermeint. Die Zentrifugalkraft ist eine Scheinkraft.

Die Zentripetalkraft verrichtet an dem Körper keine Arbeit.

Beispiele

- in der Leichathletik die Disziplin Hammerwerfen: der Werfer muss die Zentripetalkraft aufbringen.

Zum Beschleunigen des Hammers auf der Kreisbahn muss Arbeit aufgewandt werden.

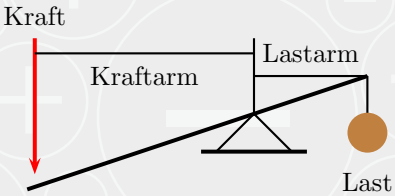
- Planetenbahnen: die Gravitationskraft der Sonne muss die Zentripetalkraft aufbringen.

zurück zur Aufgabe ◀

Lösung zu Aufgabe 16:

Ein Drehmoment ist schlagwortartig definiert als 'Kraft mal Hebelarm'.

$$[M] = [r]\,[F] = 1\ \mathrm{m\ N} = 1\ \mathrm{m\ kg\ m\ s^{-2}} = 1\ \mathrm{kg\ m^2\ s^{-2}}$$



Hinweis

Die obige Definition legt nur den Betrag des Drehmomentes fest.

Die **Vektorschreibweise** des Drehmoments berücksichtigt Drehrichtung und Betrag.

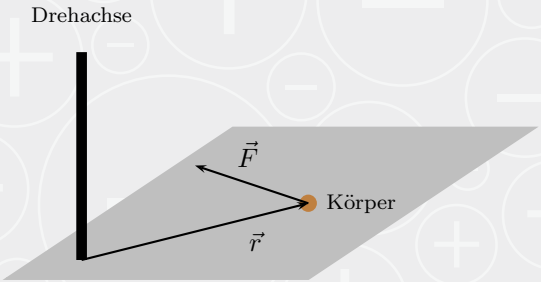
Das Drehmoment $\vec{M}$ ist definiert als Vektorprodukt aus dem Radiusvektor $\vec{r}$ und dem Kraftvektor $\vec{F}$

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$

Der Betrag des Drehmoments ist gegeben durch

$$M = r \cdot F \sin(\vec{r}, \vec{F})$$

Dabei ist $(\vec{r}, \vec{F})$ = Winkel zwischen dem Radiusvektor und dem Kraftvektor.



Hinweis

Die SI-Einheiten für das Drehmoment $[M] = 1$ m kg m s^{-2} und Arbeit $[W] = 1$ m kg m s^{-2} sind identisch. Die beiden physikalischen Größen Drehmoment und Arbeit sind aber grundverschieden.

Die Arbeit ist eine skalare und das Drehmoment eine vektorielle physikalische Größe.

zurück zur Aufgabe ◀

Lösung zu Aufgabe 17:

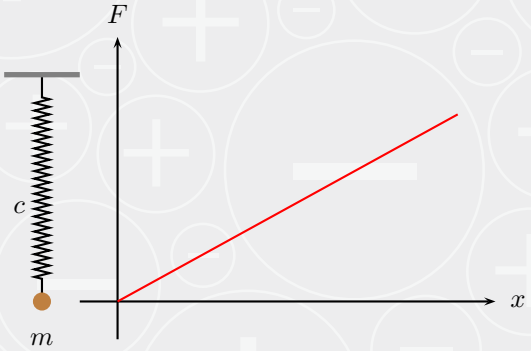
Im Internationalen Einheitensystem ist die Kraft keine Basiseinheit, sondern eine angeleitete Einheit. Die Einheit der Kraft ist $\mathrm{N} = \mathrm{kg\ m\ s^{-2}}$

Basiseinheiten sinf Masse?, Länge? und Zeit?.

zurück zur Aufgabe ◀

Lösung zu Aufgabe 18:

Für ideale Federn gilt das HOOKEschen Gesetz, ein lineares Kraftgesetz:



Die rücktreibende Kraft ist proportional zur Auslenkung einer Feder und der Auslenkung entgegengerichtet.

$$F_{\text{rück}} = -cx$$

Die Gravitationskraft $F_{\text{Grav}} = mg$ auf den angehängten Körper ist für alle Anordnungen gleich.

Die jeweils rücktreibende Federkraft muss dieser Gravitationskraft das Gleichgewicht halten.

Die größte Auslenkung gehört zu der Anordnung mit der kleinsten Federkonstante, der 'weichsten' Gesamtfeder.

Für die Parallelschaltung von Federn gilt:

die resultierende Feder härter.

Für die Serien- (Hintereinander-)Schaltung von Federn gilt:

die resultierende Feder wird weicher.

Anwenden dieser Gesetzmäßigkeiten liefert für die vier Anordnungen als resultierende Federkonstante:

- Anordnung A $c_{\text{res}} = c$
- Anordnung B $c_{\text{res}} = \frac{1}{2}c$
- Anordnung C $c_{\text{res}} = 2c$
- Anordnung D $c_{\text{res}} = \frac{2}{3}c$

Anordnung B hat die kleinste Federkonstante; damit wird die Auslenkung durch den angehängten Körper am größten.

zurück zur Aufgabe ◀

Lösung zu Aufgabe 19:

Hydrostatisches Paradoxon: Der Druck am Boden eines Gefäßes, der von der Flüssigkeitssäule über dem Boden ausgeübt wird, ist unabhängig von der Formgebung des Gefäßes.

Der hydrostatische Druck ist gegeben durch

$$p = \rho g H$$

Dabei ist

ρ	die Dichte (konstant),
g	die Fallbeschleunigung (konstant)
H	die Höhe der Flüssigkeitssäule.

In Anordnung D hat die Flüssigkeitssäule den höchsten Stand. Damit ist der auf den Boden des Gefäßes ausgeübte Druck am größten.

zurück zur Aufgabe ◀

Lösung zu Aufgabe 20:

Die transportierende Flüssigkeitsmenge ist unverändert. Es gilt die Kontinuitätsgleichung:

Der Volumenstrom – das ist die Masse, die in der Zeiteinheit durch die Querschnitte A_1 bzw. A_2 fließt – bleibt konstant.

Die Flüssigkeit wird als inkompressibel (nicht-zusammendrückbar) behandelt; dann ist die Dichte ρ konstant.

Die Masse Δm, die durch einen Querschnitt A im Zeitintervall Δt fließt ist

$$\Delta m = \rho A v \Delta t$$

Daraus ergibt sich der Volumenstrom (oder Durchsatz)

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho A v$$

Für einen konstanten Volumenstrom (oder Durchsatz) muss das Produkt $(A \cdot v)$ konstant sein, also

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Für einen kreisförmigen Querschnitt ist die Fläche proportional zum Quadrat des Radius $A = \pi R^2$. Unterscheiden sich die Radien um den Faktor 2, dann unterscheiden sich die Querschnittsflächen um den Faktor 4.

Der Volumenstrom (oder Durchsatz) bleibt dann konstant, wenn in dem provisorischen Teilstück die Geschwindigkeit um den Faktor 4 größer wird, also den Wert von $v = 40\,\mathrm{cm\ s^{-1}}$ hat.

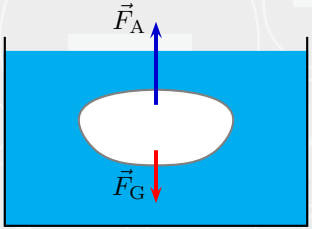
zurück zur Aufgabe ◀

Lösung zu Aufgabe 21:

Die Bedingung für das Sinken eines festen Körpers in einer Flüssigkeit lautet:

Die Gewichtskraft auf den Körper größer ist als die Auftriebskraft (Gewichtskraft auf die verdrängte Flüssigkeit).

Die Volumina von Körper und verdrängter Flüssigkeit sind natürlich gleich.



Mathematische Begründung:

- Gewichtskraft auf den Körper
  $F_\mathrm{G} = m_\mathrm{K} g = \rho_\mathrm{K} V_\mathrm{K} g$
  m_K Masse des (festen) Körpers
  V_K Volumen des (festen) Körpers
  ρ_K Dichte des (festen) Körpers (konstant)

- Auftriebskraft durch die verdrängte Flüssigkeit
  $F_A = m_F g = \rho_F V_F g$ (konstant)
  m_F Masse der verdrängten Flüssigkeit
  V_F Volumen der verdrängten Flüssigkeit
  ρ_F Dichte der verdrängten Flüssigkeit (konstant)
  Das Volumen der verdrängten Flüssigkeit V_F ist gleich dem Volumen des Körpers V_K.

Ein Körper sinkt dann, wenn $F_G > F_A$ oder $\rho_K V_K g > \rho_F V_F g$.

Da $V_K = V_F$ sinkt der Körper, wenn seine Dichte ρ_K größer ist als die Dichte ρ_F der ihn umgebenden Flüssigkeit.

Hinweis:

Mit wachsender Sinkgeschwindigkeit muss man auch die Reibungskräfte berücksichtigen.

zurück zur Aufgabe ◀

Lösung zu Aufgabe 22:

Für eine gleichmäßige Kreisbewegung ist die Drehfrequenz f definiert als der Quotient aus der Zahl der Umdrehungen n eines rotierenden Körpers und der dazu benötigten Zeit t. Also:

$$f = \frac{n}{t}$$

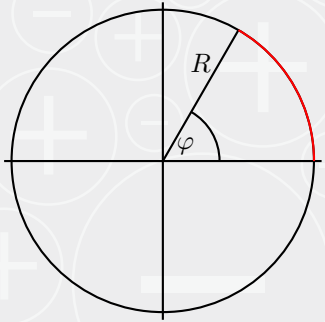
Die Umlaufdauer ist entsprechend

$$T = \frac{t}{n}$$

Die Drehfrequenz f ist der Kehrwert der Umlaufdauer

$$\text{Drehfrequenz} = \frac{1}{\text{Umlaufdauer}} \quad \text{oder} \quad f = \frac{1}{T} \quad \text{oder} \quad T = \frac{1}{f}$$

Für eine gleichförmige Kreisbewegung ist die Winkelgeschwindigkeit oder die Kreisfrequenz ω der Quotient aus dem von einem Radius überstrichen Winkel φ (im Bogenmaß) und der dazu benötigten Zeit t



$$\omega = \frac{\varphi}{t}$$

Die Winkelgeschwindigkeit ergibt sich als Quotient aus dem überstrichenen Winkel $\varphi = 2\pi$ für **einen** Umlauf und der zugehörigen Umlaufdauer T zu

$$\text{Winkelgeschwindigkeit} = \frac{\text{überstrichener Winkel für einen Umlauf}}{\text{Umlaufdauer}}$$

oder

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

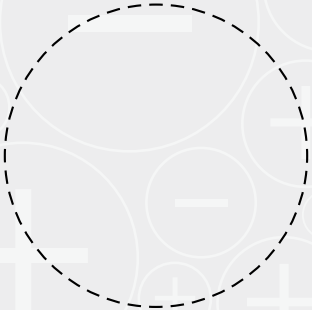
Anmerkung zu den Definitionen

Frequenz f = Anzahl der Umläufe in der Zeiteinheit

Umlaufdauer T = Zeit für einen Umlauf

Winkelgeschwindigkeit ω = überstrichener Winkel für einen Umlauf dividiert durch Zeit für einen Umlauf

Animation einer gleichförmigen Kreisbewegung



Anmerkung Einheiten

$[f] = \mathrm{s}^{-1} =$ 'Hertz'; Symbol Hz (die Angelsachsen benutzen "cycles per second")

$[T] = \mathrm{s}$

$[\omega] = \mathrm{s}^{-1}$ oder auch schärfer $[\omega] = \mathrm{rad\ s}^{-1}$

Der Winkel im Bogenmaß ist dimensionslos.

Zu seiner Kennzeichnung wird oft das Zeichen 'rad' verwendet.

zurück zur Aufgabe ◀

Lösung zu Aufgabe 23:

Bei einer ungedämpften oder einer schwach gedämpften Schwingung schwingt ein System sehr oft um seine Ruhelage. Die Auslenkungen gegen die Ruhelage können positive und negative Werte annehmen.

- Eine ungedämpfte Schwingung folgt in ihrer Zeitabhängigkeit einer harmonischen Funktion, also einer Sinus- oder Kosinusfunktion, mit konstanter Amplitude.
- Bei einem gedämpften System nehmen die Auslenkungen mit der Zeit ab. Die Einhüllende der Amplituden ist eine abnehmende Exponentialfunktion.

Die in den Diagrammen C und D dargestellten Bewegungsformen stellen keine Schwingungen dar. Dies sind Systeme mit einer extrem starken Dämpfung.

- Diagramm C: das System wird mit einer Anfangsgeschwindigkeit aus der Ruhelage geschossen. Es erreicht eine maximale Auslenkung und kehrt dann wegen starker Dämpfung in die Ruhelage zurück.
- Diagramm D: Die Anfangsbedingungen sind Auslenken aus der Ruhelage und abschießen mit negativer Geschwindigkeit.

  Das System kehrt wegen starker Dämpfung in seine Ruhelage zurück.
- Diagramm E: Eine periodische Zu- und Abnahme der Auslenkungen nennt man Schwebung.

zurück zur Aufgabe ◀