

0. Mathematische Grundlagen

1. Stellen Sie fest, in welchem Verhältnis die Beträge der Kräfte \underline{F}_1 und \underline{F}_2 zueinander stehen, wenn sie einen Winkel von 135° einschließen und wenn der Betrag ihrer Resultierenden gleich dem Betrag der kleineren Kraft \underline{F}_2 ist!

1. Kinematik der Punktmasse

1. Ein Auto durchfährt das erste Drittel eines Weges mit der Geschwindigkeit v_1 und den restlichen Teil des Weges mit $v_2 = 50 \text{ kmh}^{-1}$. Zu bestimmen ist die Durchschnittsgeschwindigkeit auf der ersten Wegstrecke, wenn die Durchschnittsgeschwindigkeit auf dem Gesamtweg $v_m = 37.5 \text{ kmh}^{-1}$ beträgt. Wie groß ist v_1 bei $v_2 = 100 \text{ kmh}^{-1}$ und $v_m = 30 \text{ kmh}^{-1}$?
2. Von einem Flugplatz starten zwei Flugzeuge zur gleichen Zeit in zwei zueinander senkrechte Richtungen. Ihre Geschwindigkeiten betragen $v_1 = 300 \text{ kmh}^{-1}$ und $v_2 = 400 \text{ kmh}^{-1}$. Beschreibe die Entfernung zwischen ihnen als Funktion der Zeit! Wie weit sind sie voneinander entfernt, wenn das erste Flugzeug eine Strecke von 900 km geflogen ist?
3. Auf einem Fluß verkehrt ein Kutter zwischen zwei 100 km entfernten Anlegern. Flußabwärts benötigt er 4h, flußaufwärts 10h. Wie groß ist die Strömungsgeschwindigkeit v_1 des Flusses und die Relativgeschwindigkeit v_2 des Kutters gegen das Wasser?
4. Der Pilot eines Flugzeuges möchte einen Punkt 400 km östlich seiner gegenwärtigen Position erreichen. Der Wind bläst mit einer Geschwindigkeit von 60 kmh^{-1} aus NW. Mit welcher Geschwindigkeit (Vektor!) muß der Pilot das Flugzeug steuern (Motorkraft und Seitenleitwerk), damit er trotz des Windes sein Ziel in 40 min erreicht?
5. Ein Flugzeug fliegt in einer Höhe von 4000m mit einer Horizontalgeschwindigkeit $v = 500 \text{ kmh}^{-1}$. In welcher waagrecht gemessenen Entfernung x_0 vom Punkt B muß ein beliebiger Körper aus dem Flugzeug abgeworfen werden, damit er im freien Fall in B auftrifft? Der Luftwiderstand wird vernachlässigt.
6. Eine Signalarakete leuchtet 6s nach dem Start auf. Sie wird unter einem Winkel von 45° gegen die Waagerechte abgeschossen. Wie groß muß ihrer Anfangsgeschwindigkeit sein, damit sie im höchsten Punkt ihrer Bahn aufleuchtet? Wie hoch ist die Gipfelhöhe bezüglich des Startpunktes und wie weit fliegt sie wenn Aufschlagpunkt und Startpunkt auf gleicher Höhe liegen?
7. Berechnen Sie die Umfangsgeschwindigkeit eines Punktes auf der Erde in Abhängigkeit der geographischen Breite. Mit welcher Geschwindigkeit bewegen wir uns in Halle?
8. Um den Mantel einer Rolle mit dem Radius r , die sich um eine horizontale Achse drehen kann, ist ein Seil gelegt, an welchem ein Körper hängt. Die Bewegung des Körpers wird durch die Gleichung $s = \frac{1}{2} at^2$ definiert. Bestimmen Sie die Zeitabhängigkeit der Beschleunigung des Punktes M, der auf dem Rollenumfang liegt !

2. Dynamik der Punktmasse

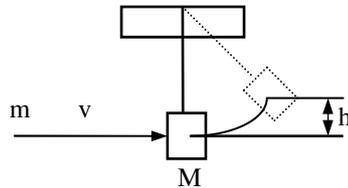
1. Ein Wanderer besteigt eine glatte Felswand, deren Höhe nach dem Gesetz $h = ax^2$ mit $a = 1/100\text{m}$ zunimmt. In welcher Höhe wird er spätestens ausrutschen, wenn der Haftreibungskoeffizient seiner Schuhe $\mu_H = 0,8$ beträgt?
2. Auf einem Volksfestplatz steht ein Rotor mit dem Durchmesser $2r = 4\text{m}$. Seine Drehzahl soll gerade so groß sein, daß die Zentrifugalbeschleunigung an der Wand gleich der doppelten Fallbeschleunigung ist. Welcher Haftreibungskoeffizient μ_0 muß zwischen Wand und Fahrern vorhanden sein, damit letztere nicht herunterrutschen?
3. Ein Radfahrer durchfährt eine Kurve vom Krümmungsradius R . Er neigt sein Fahrrad so weit, daß es den Winkel α mit der Erdoberfläche bildet. Wie groß ist die Geschwindigkeit?
4. Welche Horizontalgeschwindigkeit v muß man irgendeinem Körper in einer Höhe $h = 500\text{ km}$ über der Erdoberfläche vermitteln, damit er als künstlicher Erdsatellit auf einer Kreisbahn die Erde umfliegt? Der Erdradius beträgt 6370 km .
5. Die Hubwinde eines Aufzugs, der mit einem Gesamtgewicht von $G = 10\text{ kN}$ belastet ist, wird mit einer konstanten Beschleunigung von $a = 2\text{m/s}^2$ betrieben. Berechnen Sie die Arbeit, die während der ersten fünf Sekunden des Hubvorgangs verrichtet wird!

Zusatzaufgabe:

Zwei Platten haben die Massen m_1 und m_2 und sind durch eine Feder verbunden. Die obere Platte wird durch eine Kraft nach unten gedrückt. Wie groß muß diese Kraft mindestens sein, damit bei ihrer Rücknahme die untere Platte durch das Zurückspringen der oberen Platte mit angehoben wird? Welche Mindestlänge muß dabei die Feder aufweisen? Die Federmasse wird vernachlässigt, die Federkonstante sei k .

3. Erhaltungssätze der Mechanik

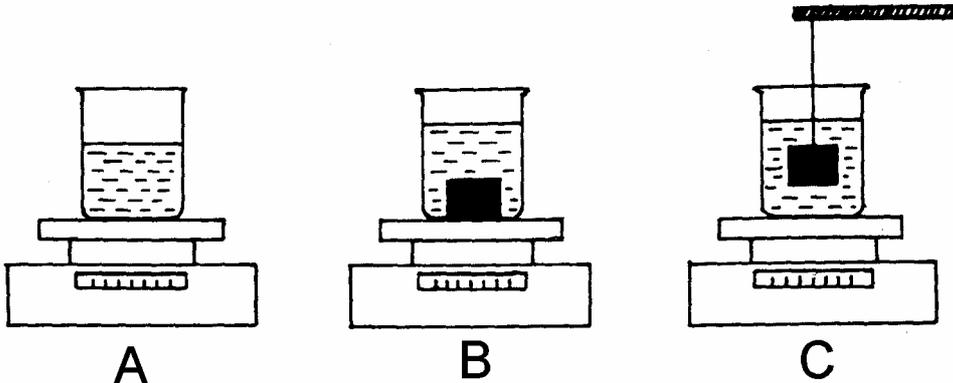
1. Auf einer um $\alpha = 45^\circ$ gegen die Horizontale geneigten schiefen Ebene bewegt sich eine Masse m aufwärts. Ihre Anfangsgeschwindigkeit sei 10 m/s , die Reibungszahl $\mu = 0,2$. Welche Geschwindigkeit v hat sie, wenn sie zum Ausgangspunkt zurückkehrt?
2. Ein oben offener leerer Eisenbahnwagen der Masse $m_o = 15 \text{ t}$ bewege sich reibungsfrei mit $v_o = 2 \text{ m/s}$. Während der Bewegung fällt aus einem ruhenden Greifbagger senkrecht von oben Sand mit der Masse $m_1 = 1 \text{ t}$ in den Wagen. Wie groß ist die Geschwindigkeit des beladenen Wagens? Um welchen Betrag ändert sich die kinetische Energie des Wagens? (Begründung!)
3. Bis zu welcher Höhe schlägt ein ballistisches Pendel der Masse $M = 10 \text{ kg}$ aus, wenn es von einem Geschoß der Masse $m = 0,1 \text{ kg}$ und der Geschwindigkeit $v = 200 \text{ m/s}$ getroffen wird?



4. Eine Eiskunstläuferin vollführt eine Pirouette mit ausgebreiteten Armen (Umlaufzeit: 1 s). Ihr Drehimpuls beträgt dabei $31,4 \text{ Nms}$.
 - a) Wie groß ist ihr Trägheitsmoment?
 - b) Auf welche Drehzahl kommt sie, wenn sie durch Anlegen der Arme ihr Trägheitsmoment auf $2,5 \text{ kg m}^2$ reduziert?
5. Erklären Sie die Beobachtungen beim Drehschemel-Experiment aus der Vorlesung.

4. Mechanik der Flüssigkeiten und Gase

1. a) Wie groß ist der Druck, den eine 50 kg schwere, auf einem Pfennigabsatz von $0,5 \text{ cm}^2$ Fläche balancierende Dame auf den Boden ausübt ?
 b) Wie groß ist zum Vergleich der Druck, den ein 1 t schwerer Elefant auf einem Bein (Fußsohlenfläche ca. 700 cm^2) balancierend auf den Boden ausübt?
2. Eine Injektionsspritze (Kolbendurchmesser 9,4 mm) wird mit einer Kraft von 0,7 N (an der Kolbenstange) betätigt. Welcher Stempeldruck (in bar) entsteht in der Flüssigkeit?
3. Wie groß ist das Volumen eines Menschen mit der Masse $m = 75 \text{ kg}$, der im Wasser mit der Dichte 10^3 kg/m^3 schwimmt?
4. Welcher hydrostatische Druck (in bar und Pa) lastet auf einem Amateurttaucher in 7,5 m Wassertiefe?
5. Auf einer Waage befindet sich ein Gefäß mit Wasser. Bringt man einen Gegenstand unmittelbar, bzw. an einer festen Halterung aufgehängt, in das Wasser, so ändert sich die angezeigte Masse in der Abbildungen in folgender Weise:
 A: 2,0 kg B: 2,7 kg C: 2,5 kg
 Berechnen Sie die Dichte des Gegenstandes.



6. Eine Frau hält einen Gartenschlauch von $A_1 = 10 \text{ cm}^2$ Innenquerschnitt mit einer Durchflußrate Q von Wasser: $Q = 15 \text{ l/min}$. Über der Düse ergibt sich ein Druckabfall $\Delta p = 2 \text{ bar}$.
 - a) Mit welchen Geschwindigkeiten v_1 und v_2 strömt das Wasser im waagrecht gehaltenen Schlauch und in der Düse (reibungsfreie laminare Strömung wird angenommen)? Welchen Durchmesser d_2 hat die Austrittsöffnung der Düse?
 - b) Welche Rückstoßkraft \underline{F} erfährt die Frau vom Strahl?
 - c) Wie hoch steigt der Wasserstrahl, wenn die Düse senkrecht nach oben gerichtet ist? In welcher Entfernung x_e treffen die Wassertropfen auf den ebenen Boden auf, wenn die Düse unter einem Winkel $\alpha = 45^\circ$ schräg nach oben spritzt?

5. Mechanische Schwingungen und Wellen

1. Ein Signal springt periodisch zunächst auf + 5 mV und bleibt dort für 2 ms. Dann springt es auf -5 mV und bleibt dort wieder 2 ms. Danach erfolgt wieder ein Sprung auf + 5 mV. Welche Grundfrequenz hat der Vorgang?
2. Zwei harmonische Schwingungen gleicher Periodendauer mit den Amplituden $y_{m1} = 5 \text{ cm}$ und $y_{m2} = 2 \text{ cm}$ erfolgen längs einer Geraden. Ihre Periodendauer ist $T = 1,2 \text{ s}$.
 - a) Wie groß ist die Periodendauer der resultierenden Schwingung?
 - b) Wie groß sind die maximal und die minimal möglichen Werte der Amplitude der resultierenden Schwingung, und welchen kleinsten Phasenunterschieden entsprechen sie?
 - c) Zu bestimmen ist die Elongation der resultierenden Schwingung 0,1 s nach Schwingungsbeginn, wenn die Anfangsphase beider Schwingungen 0° beträgt.
3. Bei einer gedämpften Schwingung verringert sich die Amplitude zwischen zwei aufeinanderfolgenden Auslenkungen nach der gleichen Seite um 60 %. Die Periodendauer beträgt 0,5 s. Wie groß sind Dämpfungskonstante sowie die Eigenfrequenz des ungedämpften Systems?
4. Ein Eisenbahnwaggon (Gesamtgewicht: $5 \cdot 10^5 \text{ N}$) fährt in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts durch Thüringen. Bei einer Geschwindigkeit von 12 m/s beginnt der Waggon heftig zu schwanken, was durch das Überfahren der Schienenstöße verursacht wird. Die Schienenlänge beträgt 12,8 m. Wie groß ist die Federkonstante der vier Radfedern, wenn Dämpfung vernachlässigt wird?
5. Zwei Stimmgabeln schwingen mit den Frequenzen 398 und 401 Hz. Welche Schwebungsfrequenz kann ein Beobachter besonders auffällig wahrnehmen ?
6. Punkte, die sich auf einem Strahl befinden und von der Schwingungsquelle die Abstände $l_1 = 12 \text{ m}$ und $l_2 = 14,7 \text{ m}$ haben, schwingen mit einem Phasenunterschied $3/2 \pi \text{ rad}$. Zu bestimmen ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schwingungen im gegebenen Medium, wenn die Quelle mit der Periodendauer $T = 1 \text{ ms}$ schwingt !
7. Die Schallgeschwindigkeit in Luft kann nach der Gleichung $v/\text{ms}^{-1} = 332 (1 + \alpha T/^\circ\text{C})^{1/2}$ bestimmt werden, worin $\alpha = 1/(273^\circ\text{C})$ und T die Lufttemperatur in $^\circ\text{C}$ ist. Eine Drehorgel wird erst in einem Gebäude bei 20°C und dann draußen bei 5°C gespielt. Um welchen Prozentsatz liegt die Tonhöhe dann höher oder tiefer ?
8. Der Nasen-Rachen-Raum des Menschen wirkt z.T. als Hohlraumresonator. Taucher bekommen in großen Tiefen ein Luft-Helium-Gemisch zum Atmen. Verschiebt sich die Tonlage der Sprache gegenüber reiner Luft zu höheren oder tieferen Frequenzen ?
9. Als Beobachter bewegen Sie sich auf eine Schallquelle zu. Erscheint Ihnen der Ton, den sie hören, unverändert, höher oder tiefer als die Frequenz an der Quelle (Begründung !)?
10. Bis zu welchem maximalen Einfallswinkel darf eine Schallwelle auf die Trennfläche zwischen den beiden Medien Luft und Wasser auftreffen, damit sie noch ins Wasser übertritt? Die Schallgeschwindigkeit im Wasser sei $v_2 = 1450 \text{ ms}^{-1}$, in Luft bei gegebener Temperatur $v_1 = 340 \text{ ms}^{-1}$.
11. Was für Schwingungen werden als Ultraschall bezeichnet? Zu bestimmen ist die Wellenlänge von Wellen, die von einem Ultraschallgenerator bei der Frequenz 10 MHz in Aluminium erregt werden. Die Schallgeschwindigkeit in Aluminium beträgt 5100 ms^{-1} .
12. Um welchen Betrag steigt der Schallpegel, wenn sich die physikalische Intensität eines Schalls auf das 5-fache erhöht ?

6. Wärmelehre I

1. Ein elektrischer Heißwasserspeicher faßt 8 l Wasser von 10°C. Wie lange dauert es, bis 95°C heißes Wasser verfügbar ist, wenn bei einem Wirkungsgrad von 85% eine Heizleistung von 900 W vorhanden ist?
2. 500g Wasser in einem Isoliergefaß werden mit einem 250W-Tauchsieder geheizt. Welche Temperaturerhöhung wird ungefähr in 5 min erreicht? Die spezifische Wärmekapazität von Wasser beträgt $4,2 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.
3. Zu 100g Wasser von 25°C in einem Isoliergefaß mit vernachlässigbarer apparativer Wärmekapazität werden 50g siedendes Wasser gegossen. Welche Temperatur stellt sich ein?
4. Welche Wärmemenge ist erforderlich, um die Körpertemperatur um 4 K zu erhöhen? Die Masse betrage 75 kg, die mittlere spezifische Wärmekapazität der Körpersubstanz beträgt $3,48 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$
5. Ein Niederdruckautoreifen wird bei 5 °C auf 1,4 bar Überdruck (veraltet: atü) aufgepumpt. Als Folge einer längeren, raschen Fahrt steigt die Reifentemperatur auf 45°C. Welche Druckänderung wird dadurch bewirkt?
6. In welcher Höhe ist in einer isothermen Atmosphäre der Luftdruck auf die Hälfte zurückgegangen, wenn der Druck am Boden 1,013 bar und die Luftdichte $1,293 \text{ kg m}^{-3}$ betragen?
7. a) Welche Stoffmenge ist in 1 Liter Wasser enthalten? b) Geben Sie an, welche Stoffmenge eine Probe von 0,67 l Stickstoffgas bei Normalbedingungen umfaßt!
8. Ein Gasgemisch setzt sich aus den Gasen Wasserstoff (H_2), Methan (CH_4) und Kohlenmonoxid (CO) zusammen. In welchen Mengen sind die einzelnen vorgenannten Komponenten im Gasgemisch enthalten, wenn ihre jeweiligen Partialdrücke wie folgt bestimmt sind: $p_1 = 0,7 \text{ atm}$, $p_2 = 2 \text{ atm}$, $p_3 = 1,3 \text{ atm}$?
9. Die Dichte der Luft hat bei einem Druck $p_1 = 2 \text{ atm}$ und einer Temperatur $t_1 = 27 \text{ °C}$ den Wert $\rho_1 = 2,345 \text{ g/l}$. Wie groß ist die Luftdichte bei $p_0 = 1 \text{ atm}$ und $t_0 = 0 \text{ °C}$?
10. Eine Druckgasflasche enthält komprimiertes Gas unter einem Druck $p_1 = 40 \text{ atm}$ und der Temperatur $t_1 = 27\text{°C}$. Wie verändert sich der Druck, wenn bei Ablassen der Hälfte des eingeschlossenen Gases die Temperatur um 15°C abnimmt ?
11. Ein Ballon hat ein Volumen $V = 3000 \text{ m}^3$ und fliegt bei einer Temperatur $t = 0\text{°C}$ in einer Höhe $h = 6000 \text{ m}$, wo der äußere Luftdruck den Wert $p = 0,5 \text{ atm}$ hat. Berechnen Sie, wie groß die resultierende Kraft ist, die auf den Ballon wirkt, wenn er im Fall a) mit Wasserstoff und im Fall b) mit Helium gefüllt ist! Die Luftdichte beträgt unter Normalbedingungen $\rho_0 = 1,293 \text{ g/l}$.
12. In der Atmosphäre beträgt der Sauerstoffanteil 21 Vol.-%. Die Alveolarluft ist mit Wasserdampf gesättigt. Der Partialdruck des Wasserdampfes beträgt bei Körpertemperatur in gesättigter Atmosphäre 47 Torr. Der Partialdruck des Sauerstoffs der eingeatmeten Luft muß bei normaler Funktion mindestens 75 Torr betragen. In welcher Höhe über dem Meeresspiegel muß für eine zusätzliche Sauerstoffversorgung gesorgt werden?

7. Wärmelehre II

1. Wieviel Wärmeenergie geht stündlich durch ein Fenster von $1,80 \times 1,20 \text{ m}^2$ bei Einzelverglasung mit 4 mm dickem Glas verloren, wenn die Innentemperatur des Raumes 20°C und die Außentemperatur -10°C beträgt? Der Wärmeleitungskoeffizient von Glas beträgt: $0,84 \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ K}^{-1}$.
2. Welche Wärmeleistung muß ein nackter Mensch aufbringen, der sich in einem Raum von 20°C befindet, um den Konvektionswärmeverlust auszugleichen? Die Oberfläche des Menschen sei ca. $1,5 \text{ m}^2$, der Wärmeübergangskoeffizient $\gamma = 6 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$.
3. Eisstückchen der Temperatur -10°C und der Masse 1 kg werden durch eine elektrische Heizung mit der Leistung $P = 1 \text{ kW}$ Wärmeenergie bei einem konstanten Druck $p_0 = 1,013 \text{ bar}$ zugeführt. Wie lange dauert es, bis
 - a) sie auf 0°C erwärmt sind und zu schmelzen beginnen,
 - b) sie völlig geschmolzen sind,
 - c) das Wasser zu sieden beginnt,
 - d) es vollständig in Dampf überführt worden ist,
 - e) der Dampf in einem Zylinder mit beweglichem Kolben die Temperatur 110°C erreicht hat?

Skizzieren Sie die Abhängigkeit der Temperatur von der Zeit! Die spezifischen Wärmekapazitäten werden als temperaturunabhängig angenommen: Eis $c_E = 2093 \text{ J/(kgK)}$, Wasser: $c_W = 4187 \text{ J/(kgK)}$, Dampf: $c_D = 1840 \text{ J/(kgK)}$, spezifische Schmelzwärme: $q = 334 \text{ kJ/kg}$, spezifische Verdampfungswärme: $r = 2260 \text{ kJ/kg}$ (bei 100°C).

4. In welcher Höhe siedet das Wasser bei Körpertemperatur (Dampfdruck des Wassers bei 37°C : 47 Torr)?
5. Ein Mensch ($m = 75 \text{ kg}$) verliert während des Aufenthaltes in der Sauna bei 100°C 1,5 kg Masse.
 - a) Welche Wärmemenge hat er abgeführt, wenn dieser Massenverlust durch Verdampfen von Wasser an der Oberfläche und in den Lungen erklärt wird?
 - b) Um wieviel Grad würde sich die Temperatur des Körpers erhöhen, wenn diese Wärme nicht abgeführt würde? (Die durch den Grundumsatz produzierte Wärme soll unberücksichtigt bleiben.)
6. Ein runder Stahlstab mit der Länge $l_0 = 0,8 \text{ m}$ und dem Durchmesser $2r_0 = 12 \text{ mm}$ wird von 25°C auf 100°C erwärmt.
 - a) Um wieviel wird der Stab dabei länger (Δl) und dicker (Δd)? Wie groß ist seine Volumenänderung?
 - b) Welche Druckkraft ist nötig, um ihn an der Ausdehnung zu hindern?
 - c) Welche potentielle Energie steckt nun in dem erwärmten Stab? Wieviel Prozent der hineingesteckten Wärmemenge sind das?
 - d) Um wieviel wird der Stab dicker ($\Delta d'$), wenn man die Druckkraft von Aufgabe b) bei konstanter Temperatur 25°C einwirken läßt? (Die folgenden Werte werden als temperaturunabhängig angenommen: linearer Ausdehnungskoeffizient $\alpha = 16 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, Elastizitätsmodul $E = 206000 \text{ Nmm}^{-2}$, Koeffizient der Querkontraktion $\mu = 0,29$ (Poisson-Zahl), spezifische Wärmekapazität $c = 0,46 \text{ kJkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$, Dichte $\rho = 7,8 \text{ gcm}^{-3}$.)

8. Elektrostatik

1. Zwei Kügelchen von je einer Masse $m_1 = m_2 = 1,5\text{g}$, die in einem Punkt an Seidenfäden hängen, spreizen, nachdem sie gleiche Ladungen erhalten haben, um $r = 10\text{ cm}$ auseinander. Dabei bilden die Fäden den Winkel $\alpha = 36^\circ$. Unter der Annahme negativer Ladungen ist deren Größe Q und die Anzahl der Elektronen N , die jede Kugel erhalten hat, zu bestimmen. ($\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}\text{ Fm}^{-1}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ C}$)
2. Zwei positive Ladungen der Größe Q und $4Q$ wurden im Abstand l fest angeordnet. Auf der Verbindungslinie zwischen den beiden Ladungen soll eine dritte Ladung Q' so angeordnet werden, daß auf sie keine Kräfte ausgeübt werden. An welcher Stelle zwischen Q und $4Q$ muß ihr Ort sein?
3. Ein elektrisches Feld wird von der Ladung $Q = 500\text{ nC}$ erzeugt, die sich in einem Medium mit der Dielektrizitätszahl $\epsilon_r = 2,0$ befindet. Zu bestimmen ist die Potentialdifferenz U zwischen zwei Punkten B und C, die von der Ladung 5 cm und 20 cm entfernt sind. Welche Arbeit W wird vom Feld verrichtet, wenn man die Probeladung $Q_1 = 30\text{ nC}$ zwischen den Punkten B und C verschiebt ?
4. Ein Plattenkondensator ohne Dielektrikum hat eine Fläche $A = 600\text{ cm}^2$. Die Platten haben einen Abstand $d_1 = 0,3\text{cm}$ und sind zunächst mit einer Batterie mit einer Spannung $U_1 = 300\text{ V}$ verbunden.
 - a) Berechnen Sie die Kapazität C_1 des Kondensators, seine Ladung Q_1 , die elektrische Feldstärke E_1 , die Feldenergie W_1 und die Kraft F_1 , mit der sich die Platten anziehen.
 - b) Bei angeschlossener Batterie wird der Plattenabstand auf $d_2 = 1\text{ cm}$ vergrößert. Wie groß sind jetzt C_2 , Q_2 , U_2 , E_2 , W_2 und F_2 ?
 - c) Von a) ausgehend wird die Verbindung zur Batterie unterbrochen und dann der Abstand auf $d_2 = 1\text{cm}$ vergrößert. Welche Werte nehmen die in b) berechneten Größen nun an ?
Vergleichen Sie jeweils die Ergebnisse von b) und c) mit denen des Anfangszustandes bei a) !
Der Plattendurchmesser ist $\gg d$, so daß Randeﬀekte vernachlässigt werden dürfen.
5. Eine Zellmembran habe eine Dicke von $7,5\text{ nm}$ und einen sehr großen spezifischen Widerstand. Sie sei beiderseits von gut leitenden Flüssigkeiten begrenzt. Die Dielektrizitätskonstante der Membran wollen wir mit $\epsilon_r = 8,5$ annehmen.
 - a) Wie groß ist die Flächenkapazität (Kapazität / Fläche) der Membran ?
 - b) Wie groß ist die Ladungsdichte einer Membran (Ladung/Fläche) bei einer Membranspannung von 75 mV ?
 - c) Welche Feldstärke herrscht in der Membran ?
 - d) Wie groß ist die Kraft auf ein Teilchen mit einer Elementarladung in der Membran ?
6. Welche kinetische Energie in Joule erreicht in einer Röntgen-Röhre ein aus der Ruhe mit einer Spannung von 100 kV beschleunigtes Elektron?

9. Gleichstromkreis

1. Wie groß ist der Kurzschlußstrom einer Monozelle, deren Leerlaufspannung $U = 1,65 \text{ V}$ beträgt und die bei Belastung mit einem äußeren Widerstand von $6,6 \Omega$ eine Klemmspannung von $1,58 \text{ V}$ aufweist ?
2. Der Widerstand zwischen der Innen- und Außenfläche einer Zellmembran sei $R_1 = 10^3 \Omega$. Durch eine Verletzung der Zellmembran verändert sich der Membranwiderstand auf $R_2 = 10^2 \Omega$. Wie groß ist der Widerstand R_3 der Verletzungsstelle? Die flächenhafte Ausdehnung der Verletzungsstelle sei gegenüber der Gesamtfläche klein.
3. Eine Wheatstonesche Brückenschaltung besteht aus einem Präzisionswiderstand $R_1 = 100 \Omega$, einem Spannungsteiler und einem Voltmeter. Damit kann der Wert des unbekanntem Widerstand R_x ermittelt werden. Wie groß ist R_x , wenn bei einem Verhältnis $R_3:R_4 = 4:5$ das Voltmeter keine Spannung anzeigt?
4. Ein Spannungsteiler wird durch ein Gerät belastet, welches den Innenwiderstand R_i besitzt und parallel zum Spannungsteilerwiderstand R_2 angeschlossen ist.
 - a) Berechnen Sie die Funktion $U_2 = f(R_i)$, diskutieren und skizzieren Sie diese!
 - b) Wie groß ist die am Gerät liegende Spannung U_2 , wenn $R_1 = 150 \Omega$, $R_2 = 70 \Omega$, $R_i = 100 \Omega$ und $U_0 = 220 \text{ V}$ sind?
Wie groß wäre U_2 , wenn $R_i \gg R_1$?
5. Ein Heizgerät hat die Aufschrift $1,5 \text{ kW}$. Mit welcher Sicherung muß der 220V -Netzkreis abgesichert sein, damit das Heizgerät problemlos angeschlossen werden kann?
6. Für eine Notbeleuchtung mit fünf $12 \text{ V} / 30\text{W}$ Glühlampen stehen zwei Autobatterien zur Verfügung. Die eine Batterie trägt die Aufschrift $12 \text{ V} / 50 \text{ Ah}$ und die andere $12 \text{ V} / 75 \text{ Ah}$. Wie müssen die Batterien geschaltet werden und wie lange kann die Notbeleuchtung damit aufrechterhalten werden?
7. Ein Elektronenblitzgerät setzt pro Blitz eine Energie $W_e = 90 \text{ Ws}$ um. Der Speicherkondensator wird vor der Entladung auf $U_e = 500 \text{ V}$ aufgeladen.
 - a) Welche Ladung Q_e geht pro Blitz durch die Blitzröhre ? Wie groß ist die Kapazität C des Kondensators ?
 - b) Die Aufladung des Kondensators erfolgt über einen Gleichspannungswandler mit 60% Wirkungsgrad aus einem Akku mit der Spannung $U_0 = 6 \text{ V}$. Dieser kann eine Ladung $Q_0 = 1,5 \text{ Ah}$ speichern. Wieviele Blitze n kann man dem Akku entnehmen ?
8. Berechnen Sie die Elementarladung aus der Faraday-Konstanten $F = 96490 \text{ C/mol}$!

10. Magnetfeld, elektromagnetische Induktion, Wechselstromkreis

1. Eine zylindrische Spule von 40 cm Länge und 10 cm Durchmesser ist mit 1200 Windungen versehen und wird mit einem Gleichstrom von 3 A durchflossen.
 - a) Wie groß ist die Spuleninduktivität und
 - b) welche magnetische Energiemenge speichert die Spule, wenn der Zylinder mit Eisen ($\mu = 1400$) oder Luft gefüllt ist?
2. Ein horizontal liegender, mit 1 A stromdurchflossener Cu-Draht (Masse: 1 g/cm) quert ein homogenes, horizontal verlaufendes Magnetfeld senkrecht zu den Feldlinien. Wie groß muß die magnetische Induktion des Feldes sein, damit der Draht in der Schwebe gehalten wird?
3. Ein 200 V Gleichstrommotor hat einen Anlaufstrom von 25 A. Bei voller Geschwindigkeit des Motors geht der Strom auf 3,5 A zurück. Wie groß ist die induktive Gegenspannung?
4. Eine flache, rechteckige Spule (828 Windungen, Fläche 25 cm^2) befindet sich in einem homogenen Magnetfeld ($B = 0,5 \text{ T}$, Feldlinien senkrecht zur Spulenebene). Welche elektrische Spannung wird in der Spule induziert, wenn
 - a) das Magnetfeld innerhalb von 6 s gleichmäßig auf Null verringert wird oder
 - b) die Spule bei konstantem Magnetfeld gleichmäßig (3000 U/min) um eine der Symmetrieachsen senkrecht zur Flächennormale rotiert?
5. Ein verlustfreier Transformator wird an 230 V angeschlossen. Seine Primärspule hat 920 Windungen, seine Sekundärspule 120. Welche Sekundärspannung U_s steht maximal zur Verfügung?
6. Durch einen an das 230 V – Wechselstromnetz angeschlossener Elektromagnet fließt ein Strom von 100 A. Seine Wirkleistung beträgt 15 kW. Wie groß sind sein Ohmscher Widerstand und seine Induktivität?
7. Ein Stromkreis enthält in Serie geschaltet einen ohmschen Widerstand $R = 10 \Omega$, einen Kondensator der Kapazität $C = 2 \mu\text{F}$ und eine Spule der Induktivität $L = 0,1 \text{ H}$. Er ist an die Netzspannung (230 V, 50 Hz) angeschlossen. Welcher Strom fließt in dem angegebenen Stromkreis? Berechnen Sie die Teilspannungen an den drei Bauelementen und diskutieren Sie die Ergebnisse!
8. Ein Schwingkreis besteht aus einem Kondensator mit der Kapazität $48 \mu\text{F}$, einer Spule mit der Induktivität 24 mH und dem Wirkwiderstand 20Ω . Wie groß ist die Eigenfrequenz des Schwingkreises? Wie ändert sie sich, wenn der Wirkwiderstand der Spule durch supraleitendes Leitermaterial vernachlässigt werden kann?
9. Zu bestimmen ist die Vakuum-Wellenlänge elektromagnetischer Wellen, deren Frequenz im Vakuum 450 GHz beträgt. Wie groß sind Ausbreitungsgeschwindigkeit und Wellenlänge in Benzol, das eine Dielektrizitätszahl 2,28 besitzt?

11. Optik

1. Auf eine ebene Glasplatte mit der Brechzahl $n=1,5$ fällt ein Lichtstrahl. Unter welchem Winkel fällt der Strahl ein, wenn der gebrochene Strahl mit dem auf der Begrenzungsfläche reflektierten einen Winkel $\gamma = 60^\circ$ einschließt ?
2. Ein Lichtstrahl fällt unter 60° auf eine planparallele Glasplatte von 2 cm Dicke. Die Brechzahl des Glases beträgt $n = 1,5$. Wie groß ist die Parallelverschiebung ?
3. Wie groß ist der Durchmesser des Kreises, durch den ein 11 m unter der Wasseroberfläche befindlicher Taucher den Himmel sehen kann ($n_{\text{Wasser}} \approx 1,33$) ?
4. Wie groß ist bei einem Brillenglas die Brennweite (in cm), wenn es einen Brechwert von -4 dpt hat ?
5. Wieviel km^2 Erdoberfläche werden von einer Luftbildkamera der Brennweite $f = 50$ cm bei einem Bildformat von 18 cm x 18 cm aus 4000 m Höhe abgebildet ?
6. Sie wechseln bei einem Mikroskop Objektiv und Okular gegen Einsätze mit je dreifachem Vergrößerungswert. Mit welchem Faktor gelangen Sie von der alten zur neuen Gesamtvergrößerung ?
7. Welche Brennweite muß das Objektiv einer Kamera haben, wenn ein in 50 cm Entfernung befindlicher Gegenstand in natürlicher Größe abgebildet werden soll ?
8. Ein Beugungsgitter, das je Millimeter 75 Striche trägt, wird mit monochromatischem Licht der Wellenlänge $\lambda=500$ nm beleuchtet. Auf einem Schirm, der vom Gitter den Abstand l hat, sind helle Streifen in gleichen Abständen voneinander zu sehen. Vom mittleren hellen Streifen auf dem Schirm bis zum übernächsten hellen Streifen beträgt die Entfernung 11,25 cm. Zu bestimmen ist der Abstand l des Beugungsgitters vom Schirm.
9. Wie groß ist die höchste erreichbare Ordnung der Na-Linie ($\lambda=589$ nm) bei einer Gitterkonstante von $1,5 \mu\text{m}$?
10. Der Absorptionskoeffizient für Hämoglobin bei $\lambda = 656$ nm beträgt $\mu = 1 \text{ cm}^{-1}$ und für Oxyhämoglobin beträgt er $\mu = 10 \text{ cm}^{-1}$. Wie groß ist die Extinktion $E = -\lg(I/I_0)$ beider Stoffe in einer Küvette mit einer Flüssigkeitsschichtdicke von $x = 1$ cm ?
Welchen praktischen Nutzen hat die Definition der Größe Extinktion?

12. Atomphysik

1. Röntgenstrahlen sind durch Aluminiumfolien gegangen, die jede eine Dicke von 4 mm haben. Die Zählrate eines Geigerzählers beträgt 8000, 4700, 2800, 1650, bzw. 970 min^{-1} bei einer Folienzahl von 0, 1, 2, 3 bzw. 4. Berechnen Sie den linearen Absorptionskoeffizienten von Aluminium.
2. Die Detektionsschwelle des bloßen Menschauges für gelbes Licht (ca. 600 nm) beträgt ungefähr $1,8 \cdot 10^{-18}$ W (Lichtleistung auf der Netzhaut). Wieviel Photonen treffen dabei je Sekunde auf die Netzhaut?
3. Ein elektrisch geladenes ($1,602 \cdot 10^{-19}$ C), durch eine Spannung von 200 V beschleunigtes Teilchen hat eine de Broglie-Wellenlänge von $2,02 \cdot 10^{-12}$ m. Welche Masse hat das Teilchen und was könnte es sein?
4. Bei der Photosynthese werden neun Photonen benötigt, um aus dem CO_2 -Molekül O_2 abzuspalten. Welcher Energie entspricht dies für Licht einer Wellenlänge von 680 nm?
5. Bei welcher Temperatur rückt bei Erwärmung die Frequenz der maximalen Strahlungsintensität des schwarzen Körpers in den sichtbaren Lichtbereich (360 bis 780 nm) und ab welcher Temperatur liegt sie jenseits davon im Ultravioletten?
6. Welche Temperatur hat eine schwarze Kugel (Durchmesser 10 cm), die netto insgesamt 100 W an die Umgebung (20 °C) abstrahlt?
Wie groß ist der dadurch verursachte jährliche Massenverlust?
7. Das radioaktive Isotop ^{131}J hat eine Halbwertszeit von 8,04 Tagen. Nach welcher Zeit haben sich 10 g dieses Isotops auf 3 g verringert?
8. Welche Aktivität muß das Präparat eines γ -Strahlers, der bei jedem Zerfallsakt ein Photon mit einer Energie von 1 MeV aussendet, mindestens haben, wenn bei Ausnutzung der gesamten γ -Strahlung in einem Gewebestück ($m = 1$ g) eine Energiedosisleistung von 0,01 Gy/min erreicht werden soll?

Lösungen

Serie 0

1. $\sqrt{2} : 1$

Serie 1

1. 25 km/h bzw. 12,5 km/h
2. 500 km/h * t; 1500 km
3. $v_1 = 7,5$ km/h; $v_2 = 17,5$ km/h
4. $v_{\text{ost}} = 557,6$ km/h; $v_{\text{nord}} = 42,4$ km/h bzw. $|v| = 559,2$ km/h; Kurs (bzgl. Ost) = $+ 4^\circ 20' 54''$
5. 4 km
6. $v_0 = 83,2$ m/s; $h_{\text{max}} = 176,6$ m; $s_{\text{max}} = 706,3$ m
7. $2\pi/1d * \text{Erdradius} * \cos(\text{geogr. Breite})$; 288,3 m/s
8. $a_M = a \cdot \sqrt{\left(\frac{a \cdot t^2}{r}\right)^2 + 1}$

Serie 2

1. 16m
2. $\mu_0 > 0,5$
3. $v = \sqrt{g \cdot R \cdot \cot \alpha}$
4. 7610 m/s
5. 301 kJ
6. $F > (m_1 + m_2) \cdot g$

Serie 3

1. 8,2 m/s
2. 1,875 m/s; -1,875 kJ; inelastischer Stoß
3. 20 cm
4. a) 5,0 kgm²; b) 2 s⁻¹
5. Hinweis: Anwendung des Drehimpuls-Erhaltungssatzes auf den Gesamtdrehimpuls (Vektor!) von Person+Drehschemel und Rad.

Serie 4

1. a) 100 bar; b) 1,4 bar
2. 0,1 bar
3. 75 l
4. 0,74 bar = 74000 Pa
5. 1,4 g/cm³
6. a) $v_1 = 0,25$ m/s; $v_2 = 20$ m/s; $d_2 = 4$ mm; b) 5 N; c) $h_{\text{max}} = 20,4$ m; $s_{\text{max}} = 40,8$ m

Serie 5

1. 250 Hz
2. a) 1,2 s, b) 7 cm ($\Delta\varphi = 0$); 3 cm ($\Delta\varphi = 180^\circ$), c) 3,5 cm
3. 1,83 s⁻¹, 2,02 Hz
4. $4,42 \cdot 10^5$ N/m
5. 399,5 Hz, 3 Hz
6. 3600 m/s

7. 2,6 % tiefer
8. zu höheren Frequenzen
9. höher als die Frequenz der Quelle: Dopplereffekt
10. $13^{\circ} 33' 40,1''$
11. mechan. Wellen mit $f > 20 \text{ kHz}$, $0,51 \text{ mm}$
12. ca. 7 dB

Serie 6

1. 3724,4 s bzw. 1 h 2 min 4,4 s
2. 35,7 K
3. 50°C
4. 1044 kJ
5. 0,345 bar
6. 5,54 km
7. a) 55,6 mol; b) 0,030 mol
8. 2,0 m% H_2 , 45,8 m% CH_4 , 52,2 m% CO
9. 1,29 g/l
10. 19,25 bar
11. a) 17,7 kN, b) 16,4 kN
12. 5044 m

Serie 7

1. 49 MJ, 13,6 kWh
2. 144 W
3. a) 20,9 s, b) 334 s, c) 419 s, d) 2260 s, e) 18,4 s
4. 22,3 km
5. a) 3390 kJ, b) 13 K
6. a) 0,96 mm, 14,4 μm , 326 mm^3
b) 28 kN, c) 13,4 Nm, 0,055 %, d) 4,2 μm

Serie 8

1. 73 nC, 455 Milliarden
2. $1/3$ von Q entfernt zwischen Q und $4Q$
3. -33,7 kV, 1,01 mJ
4. a) 177 pF, 53,2 nC, 1 kV/cm, 8,0 μJ , 2,66 mN
b) 53,2 pF, 16,0 nC, 300 V, 0,3 kV/cm, 2,39 μJ , 0,239 mN
c) 53,2 pF, 53,2 nC, 1000 V, 1 kV/cm, 26,7 μJ , 2,66 mN
Energie b) < a), weil Ladung in Spannungsquelle zurückfließt, und dieser Energieverlust ist größer als die beim Auseinanderziehen geleistete Arbeit.
Energie c) > a), weil beim Auseinanderziehen der Platten Arbeit geleistet wird.
5. a) $0,01 \text{ pF}/\mu\text{m}^2$, b) $750 \mu\text{C}/\text{m}^2$, c) 100 kV/cm, d) 1,6 pN
6. $1,6 \cdot 10^{-14} \text{ J}$

Serie 9

1. 5,64 A
2. 111 Ohm
3. 125 Ohm (Aufgabe nicht eindeutig)

4. a) $U_2 = U_0 \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_1 \cdot \frac{R_2}{R_i}}$, b) 47,4 V, 70 V für $R_i \gg R_1$ bzw. R_2

5. 10A-Sicherung

6. Batterien parallel geschaltet (mit Vorbehalt), maximal 10 h (grobe Näherung)

7. a) 0,36 C, 720 μ F; b) 216 Blitze

8. $e = F / N_A$, N_A - Avogadro-Konstante, $1,602 \cdot 10^{-19}$ As

Serie 10

1. 49,7 H; 224J (Eisen); 35,5 mH, 0,16 J (Luft)

2. 0,981 T

3. 172 V

4. a) Gleichspannung 172,5 mV; b) Wechselspannung 325 V (U_{\max}), 50 Hz

5. 30 V

6. 1,5 Ohm; 5,55 mH

7. $I_{\text{eff}} = 147$ mA, $U_{R,\text{eff}} = 1,47$ V, $U_{C,\text{eff}} = 234,6$ V, $U_{L,\text{eff}} = 4,63$ V

$U_{R,\text{eff}} + U_{C,\text{eff}} + U_{L,\text{eff}} > 230$ V !?!

8. 132,6 Hz, 148,3 Hz (dämpfungsfrei)

9. 0,67 mm (Vakuum), $1,98 \cdot 10^8$ m/s, 0,44 mm (Benzol)

Serie 11

1. 79° 6' 23,8"

2. 1,025 cm

3. 25,1 m

4. -25 cm

5. 1,44 km x 1,44 km

6. 9

7. 25 cm

8. 1,50 m

9. max. 2. Ordnung

10. $E(\text{Hämoglobin}) = 0,434$; $E(\text{Oxyhämoglobin}) = 4,34$

Serie 12

1. $(131,9 \pm 0,6) \text{ m}^{-1}$

2. 5 oder 6, zeitliches Mittel: $5,4 \text{ s}^{-1}$

3. $1,68 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

4. $2,63 \cdot 10^{-18} \text{ J}$ bzw. 16,4 eV

5. 3715 K (IR), 8050 K (UV)

6. 229 °C, 35 μ g

7. 14 d

8. $1,04 \cdot 10^{-6} \text{ Bq}$