Physik-Aufgabensammlung

Inhaltsverzeichnis

A Physikalische Größen

1. Physikalische Größen

a und b seien zwei physikalische Größen unterschiedlicher Dimension (z.B. Länge und Zeit), c eine dimensionslose Größe (z.B. eine Zahl). Welche der folgenden Ausdrücke können physikalische Größen darstellen?

a) $a + b$
b) $a + c$
c) ab
d) $a = b$

2. Umrechnung von Einheiten

Rechnen Sie folgende Angaben in SI-Basiseinheiten um:

a) 3 km^2
b) 2 g
c) 42 Stunden
d) 40 km/h
e) 1 g/cm^3
f)

3. Schreiben Sie die gegebene Größe als Zehnerpotenz

a) 1 MW
b) 32 µF
c) 50 kg
d) 20 GByte

4. Anwendungsaufgabe

Titan, der größte Mond des Saturns, liegt 1,4 Mrd. Kilometer von der Sonne entfernt. Die Entfernung
der Erde zur Sonne beträgt 150.000.000 Kilometer. Am 15. Oktober 1997 startete die Raumsonde
Cassini-Huygens ins All. Am 14. Januar 2005 landete Huygens auf dem Titan.

a) Der Saturnmond Titan besitzt einen Durchmesser von 5.150 Kilometern. Berechnen Sie die Größe seiner Oberfläche und sein Volumen.
b) Bestimmen Sie die durchschnittliche Geschwindigkeit, mit der die Raumsonde im All unterwegs war.
c) Am 25. Dezember 2004 trennte sich Huygens von seiner Muttersonde Cassini und ging auf einen 4.000.000 km langen Alleinflug zur äußeren Atmosphäre des Titans. Bestimmen Sie die durchschnittliche Geschwindigkeit von Huygens.

B Mechanik

1. Beschreibung von Bewegungen

1. Aufgabe – Darstellung von Wegen, Zeiten und Geschwindigkeiten

Anton fährt mit dem Rad von zu Hause los um seine 20 km entfernt wohnende Freundin Berta zu besuchen. Er radelt mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 15 km/h. Zeitgleich läuft Berta ihm entgegen mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 5 km/h.

a) Erstellen Sie das zugehörende Weg-Zeit-Diagramm.
b) Welche Zeit benötigt Anton für den (gesamten) Weg bis zu Bertas Haus?
c) Bestimmen Sie, wann und wo der freudestrahlende Anton seine etwas aus der Puste geratende Berta in die Arme schließen kann.

2. Aufgabe – Geschwindigkeit als vektorielle Größe

Postbotin Berta verlässt das Postamt und fährt mit einer Geschwindigkeit von 50 km/h in nördliche Richtung in die nächste Stadt A-Stadt, wo sie nach 25 Minuten ankommt. Sie fährt danach 47 km weit, 60° in südöstlicher Richtung, nach B-Dorf.

Wie weit ist sie am Ende des zurückgelegten Weges vom Postamt entfernt?

2. Beschleunigte Bewegungen

1. Aufgabe - Senkrechter Wurf

Ein Ball mit der Masse 500g wird von einem Turm aus 20m Höhe senkrecht nach oben mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 5 m/s geworfen.

a) Stellen Sie die Bewegungsgleichungen auf, d.h. die Funktionen für den Ort, die Geschwindigkeit und die Beschleunigung des Balles.
b) Berechnen Sie die erreichte Wurfhöhe.
c) Berechnen Sie die Zeit die verstreicht bis der Ball seine maximale Höhe erreicht hat.

2. Aufgabe - Schiefer Wurf

Anton ist auf dem Sportplatz und möchte sein Sportabzeichen machen. Hierfür muss er den 200g Ball möglichst weit werfen. Er erreicht eine Abwurfgeschwindigkeit von 10 m/s. In welchem Winkel zur Horizontalen muss er den Ball abwerfen?

a) Berechnen Sie die Wurfweite und Wurfdauer bei einem Abwurfwinkel von 40° und einer Abwurfhöhe von h=0m.
b) Stellen Sie die Bewegungsgleichungen für den Ball und für die erreichte Wurfweite für einen beliebigen Abwurfwinkel auf.
c) Bestimmen Sie den Winkel, für den die Wurfweite maximal wird. Diskutieren Sie das Ergebnis („Wenn … erhöht wird, dann …“).
d) Auf welche Wurfweite kann sich Anton verbessern, wenn er den optimalen Wurfwinkel bei gleichbleibender Abwurfgeschwindigkeit wählt?

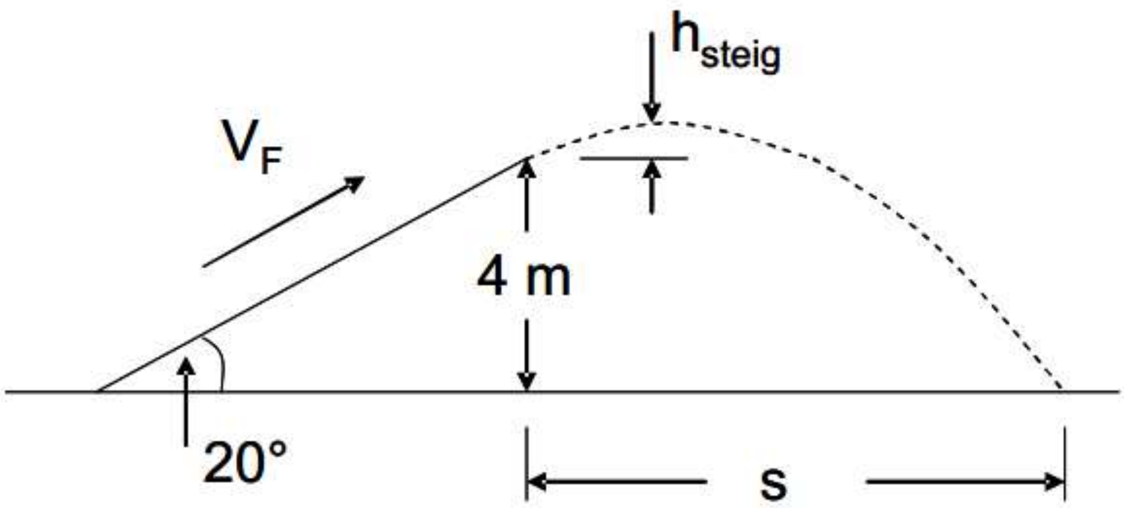
3. Aufgabe - Schiefer Wurf

Anton schießt einen ruhenden Ball mit 22 m/s im Winkel von 25° zur Horizontalen nach oben ab.

a) Wie hoch kommt der Ball maximal?
b) Wie weit kommt er?
c) Wie sieht die maximale Höhe und die Flugweite bei 45° Abschusswinkel aus?
d) Wie hoch und wie weit kommt der Ball bei 63°?
e) Wie hoch und wie weit kommt der Ball, wenn er von einem 5 m hohem Turm mit 45° Winkel abgeschossen wird?

4. Klausuraufgabe - Schiefer Wurf

Auf einem schrägen Förderband wird ein Gut mit der Geschwindigkeit V_F transportiert. Das Förderband steht mit einem Winkel von 20°. Am Ende des Förderbandes fliegt das Gut entsprechend dem schiefen Wurf für eine Zeit t_{Flug}, bevor es nach einer Strecke s am Boden aufprallt. Der Endpunkt des Förderbandes liegt in 4 m Höhe. Als Erdbeschleunigung g sei 9,81 m/s² anzunehmen. V_F ist mit 2,2 m/s anzunehmen.



a) Berechnen Sie die Geschwindigkeit v_x in horizontaler Richtung (entlang dem Weg s) und die Geschwindigkeit v_y in vertikaler Richtung direkt nach dem Verlassen des Förderbandes.
b) Berechnen Sie die Höhe h_{steig}, die das Gut zusätzlich zu den 4 m erreicht.
c) Berechnen Sie den Weg s, den das Gut auf seinem Flug zurücklegt.

5. Klausuraufgabe – Beschleunigte Bewegung

Ein elektrischer Zug mit einer Masse von 100 t fährt auf einer waagerechten Strecke mit 100 km/h. Für 15 s fällt der Strom aus. Durch die Reibkraft wird der Zug gebremst.

a) Ermitteln Sie die für diese Situation zugehörende Reibungszahl anhand der Angaben in der nachfolgenden Tabelle und **begründen** Sie Ihre Auswahl.

Stoffe	Haftreibungszahl μ_{HR}	Gleitreibungszahl μ_{GR}	Rollreibungszahl μ_{RR}
Holz auf Holz	0,6	0,5	-
Stahl auf Stahl	0,15	0,10	0,002
Stahl auf Eis	0,03	0,01	-
Luftreifen auf Asphalt	0,55 (nass: 0,3)	0,3	0,015 ... 0,025
Luftreifen auf Beton	0,65 (nass: 0,5)		
Luftreifen auf Schnee	< 0,2		
Luftreifen auf Ackerboden	0,45 (nass 0,2)		
Kettenfahrzeug auf Ackerboden	0,8		0,07 ... 0,12

b) Berechnen Sie die Reibungskraft und die daraus resultierende Bremsbeschleunigung während des Stromausfalls.
c) Welche Geschwindigkeit besitzt der Zug am Ende des Stromausfalls?
d) Welche Strecke legte der Zug während des Bremsvorgangs zurück?
e) Der Zug beschleunigt nach dem Stromausfall innerhalb von 10 s wieder auf die vorherige Geschwindigkeit von 100 km/h. Wie groß ist die zugehörende Beschleunigung?

3. Drehbewegungen

1. Aufgabe

Der Erdradius beträgt etwa 6370 km.

a) Ein Satellit umkreist in 300 km Abstand zur Erdoberfläche die Erde innerhalb von 2 Stunden. Welche Geschwindigkeit besitzt der Satellit gegenüber der Oberfläche?

b) Mit welcher Geschwindigkeit bewegt sich ein Punkt auf der Erdoberfläche am Äquator?

2. Aufgabe

Berta fährt mit ihrem Fahrrad zu Anton mit 20km/h. Die Fahrradreifen haben einen Durchmesser von 60cm.

a) Bestimmen Sie die Anzahl der Umdrehungen des Fahrradreifens pro Minute.

b) Bestimmen Sie die Winkelgeschwindigkeit des Rades.

c) Berta beschleunigt fünf Sekunden lang, da sie schneller bei Anton sein möchte. Sie erreicht eine Winkelbeschleunigung von $2s^{-2}$. Welche Winkelgeschwindigkeit besitzt das Rad danach?

d) Mit welcher Geschwindigkeit fährt Berta weiter?

3. Aufgabe

In der Produktionsbeschreibung zur Festplatte findet sich die Information:
80-GB-DIE-Festplatte (7200 U/min) für Dell OptiPlex 170L MMT-System

a) Der Lesekopf der Festplatte befindet sich 3,0 cm von der Drehachse entfernt. Wie groß ist die Geschwindigkeit der Festplatte unter dem Lesekopf?
b) Wie viele Bits kann der Schreibkopf pro Sekunde schreiben, wenn für ein einzelnes Bit 5,0 μm Länge entlang der Bewegungsrichtung benötigt werden?
c) Wie groß ist die durchschnittliche Winkelbeschleunigung, wenn die Platte 3,6 s brauchte, um aus der Ruhe die Umdrehungsgeschwindigkeit zu erreichen?
d) Wie viele Umdrehungen legt die Festplatte dabei zurück?
e) Wie ändert sich das Umdrehungsgeräusch, wenn die Umlaufzahlen weiter erhöht werden?

*4. Aufgabe – Das Drehmoment**

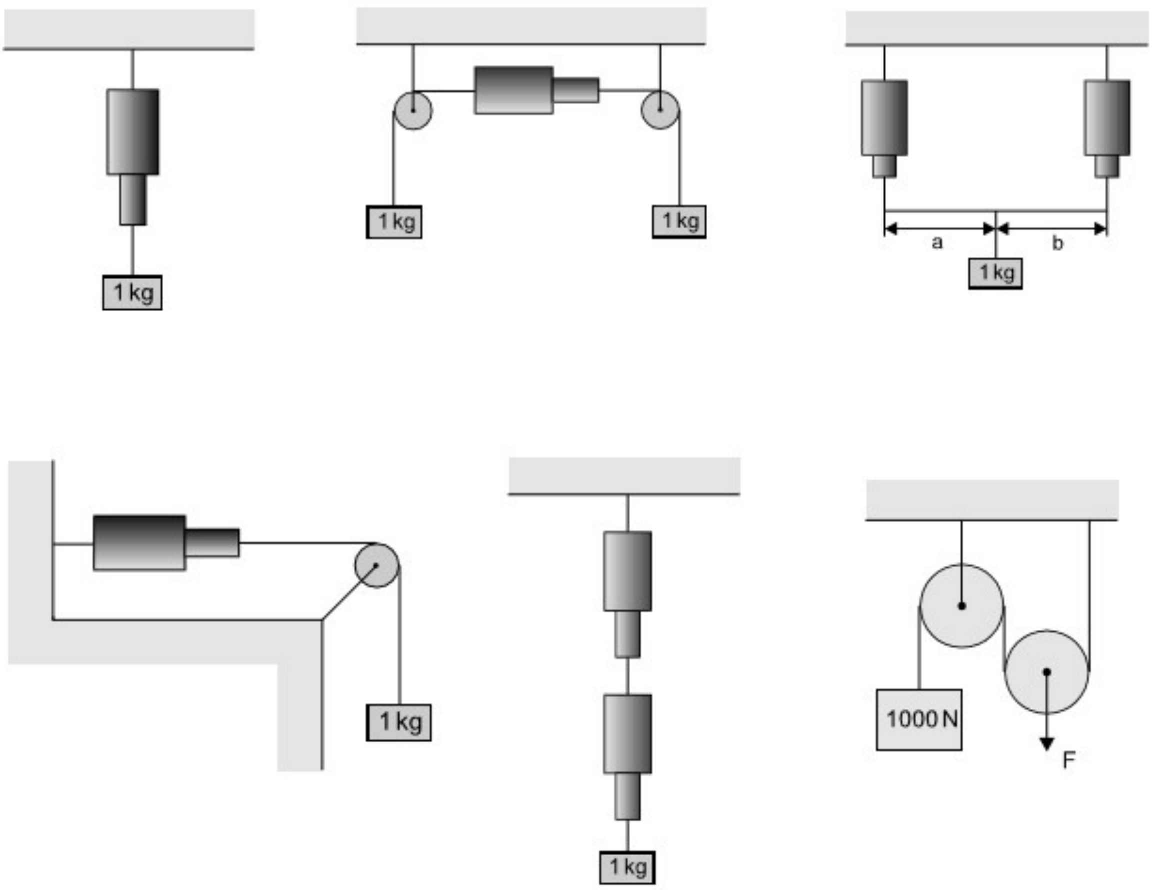
Ein Schleifstein mit einer Masse von 1,4 kg in Form eines homogenen Zylinders mit einem Radius von 20 cm erreicht innerhalb von 6, 0 s bei konstanter Winkelbeschleunigung aus dem Stillstand eine Drehzahl von 1800 U/s.

a) Berechnen Sie das von dem Motor gelieferte Drehmoment.
b) Wie ändert sich das Trägheitsmoment des Schleifsteins, wenn entlang der Drehachse ein Loch mit 2cm Radius durch den Schleifstein gebohrt wird?
c) Welche Zeit benötigt Motor dann, um den Schleifstein auf die Drehzahl von 1800 U/s zu beschleunigen?

4. Kräfte

1. Aufgabe – Kraftmessung

Welche Kräfte zeigen die Kraftmesser an?



2. Aufgabe – Kräfteaddition

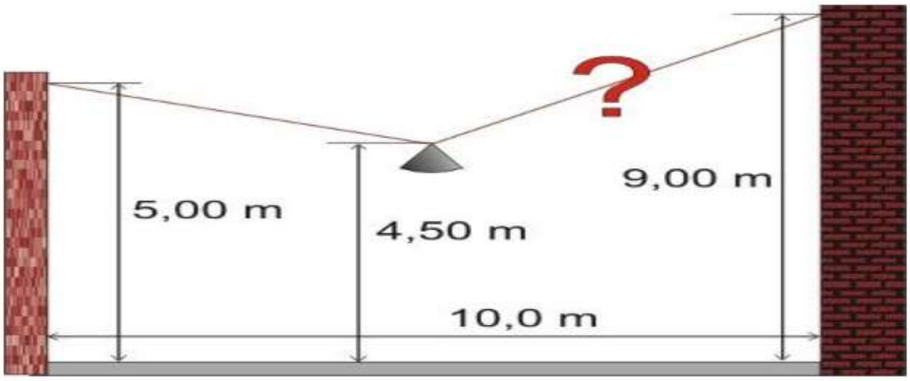
Zwei Schüler tragen gemeinsam eine Tasche. Jeder wendet dabei eine Kraft von 200 N auf, wobei zwischen den angreifenden Kräften ein Winkel von 60° besteht.

a) Wie schwer ist die Tasche?

3. Aufgabe – Kräfteaddition

In einer 10,0 m breiten Straße hängt eine Lampe genau in der Mitte an zwei Seilen. Das linke Seil ist in 5,00 m Höhe und das rechte Seil in 9,00 m Höhe an den Häusern befestigt. Die Lampe hat eine Gewichtskraft von 100 N.

Mit welcher Kraft zieht die Lampe am rechten Seil?



4. Messwertauswertung

Zur Ermittlung der Federkonstanten wurden Messreihen durchgeführt, bei denen unterschiedliche Massen an eine Feder gehängt wurden und die jeweilige Auslenkung aus der Ruhelage ermittelt wurden. Folgende Messwerte wurden ermittelt:

Masse	100g	250g	500g	750g	1kg	1,25 kg
Auslenkung	2,5cm	6,25cm	12,8cm	18,4	25,3	29,8

a) Berechnen Sie bitte aus jedem Messwertpaar die zugehörende Federkonstante.
b) Bilden Sie das arithmetische Mittel und berechnen Sie die Streuung. Berechnen Sie hierzu die zugehörende Federkonstante.
c) Tragen Sie die Messwerte in einem Koordinatensystem ein, wobei Sie die Gewichtskraft gegenüber der Auslenkung auftragen. Die Messwerte sind als Punkte einzutragen (also kein Linienzug).
d) Berechnen Sie die zu den Messwerten gehörende Ausgleichsgerade durch die Anwendung der Methode der linearen Regression und ermitteln Sie hieraus die jeweilige Federkonstante sowie den zugehörenden Fehler. Geben Sie dabei die Regressionsgerade als Formel an und interpretieren Sie diese.
e) Welcher Wert für die Federkonstante ergibt sich hieraus?
f) Tragen Sie die Regressionsgerade in das Diagramm aus Teilaufgabe b) ein. Überprüfen Sie, ob der Verlauf der Messwerte dem Verlauf der Regressionsgeraden entspricht.
g) Vergleichen Sie die in den Teilaufgaben a), b) und e) berechneten Federkonstanten der verwendeten Federn mit den theoretischen Wert von 40N/m. Bestimmen Sie die zugehörenden absoluten und relativen Messfehler.

5. Klausuraufgabe – Schiefe Ebene

Ein PKW von 1200 kg Masse hat bei einer Geschwindigkeit von 40 km/h maximal eine Motorleistung von 50 kW und einen gesamten Fahrwiderstand von 800 N.

a) Welche Zugkraft steht noch für eine Beschleunigung oder zur Überwindung einer Steigung zur Verfügung? Beachten Sie dabei, dass die Leistung $P=F\cdot v$ ist.
b) Welcher Teil der Leistung ist bei einer konstanten Geschwindigkeit von 40 km/h auf einer 15% Steigung erforderlich? Gehen Sie davon aus, dass die Erdanziehungskraft eine Teilkomponente aufweist, die den Wagen die Steigung hinabdrückt (Hangabtriebskraft). Gehen Sie weiterhin von der Erdbeschleunigung $g=9{,}81\ m/s^2$ aus.

Welche Beschleunigung ergibt sich bei der gleichen Geschwindigkeit und voller Leistung auf der Steigung?

5. Energieerhaltungssatz

1. Aufgabe

Ein Auto ($m = 950$ kg) wird in 4 s von $v_1 = 50$ kmh^{-1} auf $v_2 = 90$ kmh^{-1} beschleunigt.

a) Welchen Weg legt es dabei zurück.
b) Wie groß ist die Beschleunigungsarbeit?
c) Welche Geschwindigkeit hätte der Wagen mit der gleichen Beschleunigungsarbeit erreicht, wenn er aus dem Stand beschleunigt wäre?

2. Aufgabe – Energieumwandlung am Fadenpendel

An einem 2,5 m langen Faden hängt ein Pendelkörper. Das Pendel wird anfangs um 30° gegen die Senkrechte ausgelenkt und losgelassen.

a) Erstellen Sie eine Skizze, in der Sie alle gegebenen Größen eintragen.
b) Beschreiben Sie die nachfolgend beschriebenen Zustände (1) – (3) durch die auftretenden Energien.
    1. bevor der Körper losgelassen wird,
    2. beim Durchgang durch die Ruhelage des Pendels, d.h. am tiefsten Punkt der Bewegung (unterer Umkehrpunkt),
    3. nach dem Durchgang durch die Ruhelage und vor dem höchsten Punkt der Bewegung (oberer Umkehrpunkt).
    Als Bezugsniveau für die potentielle Energie soll die Ruhelage des Pendels gewählt werden.
c) Berechnen Sie die Geschwindigkeit des Körpers beim Durchgang durch die Ruhelage.

3. Aufgabe – Energieumwandlungen (Federpendel)

An einem Gummiband wird ein Körper mit einer Masse von 100g angehängt und losgelassen. Nach Erreichen des tiefsten Punktes führt der Körper eine harmonische Schwingung aus. Innerhalb von 5 Sekunden erreicht er 8 Mal einen Tiefpunkt. Das Gummiband ist insgesamt 20 cm gedehnt, nachdem der Körper zur Ruhe gekommen ist.

Beschreiben Sie die nachfolgend beschriebenen Zustände (1) – (4) durch die auftretenden Energien.

1. bevor der Körper losgelassen wird,
2. beim Durchgang durch die Ruhelage,
3. unterer Umkehrpunkt der entstehenden Schwingung,
4. oberer Umkehrpunkt der entstehenden Schwingung.

Als Bezugsniveau für die potentielle Energie soll die Ruhelage des Pendels gewählt werden.

4. Klausuraufgabe – Energieumwandlung bei zusammengesetzten Bewegungen

Ein Ball mit einer Masse $m = 2{,}60$ kg, der aus der Ruhe startet, fällt einen vertikalen Weg $h = 55{,}0$ cm, bevor er auf eine vertikal angeordnete Spiralfeder triff, die er um einen Betrag y von 15,0 cm zusammendrückt. Bestimmen Sie die Federkonstante der Feder und die Geschwindigkeit, mit der der Ball auf die Feder trifft. Nehmen Sie an, dass die Masse der Feder vernachlässigt werden kann. Setzen Sie den Nullpunkt auf den Punkt, an dem der Ball zum ersten Mal auf die entspannte Feder trifft.

6. Impulserhaltungssatz

1. Aufgabe

Leiten Sie die in der Vorlesung angegebenen Formeln für den zentralen, vollkommen elastischen Stoß her.

2. Aufgabe

Ein Golfball (Masse m = 40 g, Geschwindigkeit v_1 = 12 m/s) stößt elastisch auf eine in derselben Richtung sich bewegende Stahlkugel (Masse m = 200 g, Geschwindigkeit v_2 = 4 m/s). Mit welchen Geschwindigkeiten fliegen die beiden Kugeln nach dem Stoß weiter?

3. Aufgabe

Ein Güterwaggon der Masse m_1 = 25 t rollt ein 50 m langes, unter 2° gegen die Horizontale geneigtes Gleis hinab und stößt dann auf einen dort abgestellten, ruhenden Güterwaggon der Masse m_2 = 18 t. Beim Anstoßen kuppeln beide Wagen zusammen und bilden eine Einheit.

a) Mit welcher Geschwindigkeit stößt der erste Waggon an den zweiten?
b) Mit welcher Geschwindigkeit rollen beide Waggons weiter?

4. Aufgabe

Ein Block mit einer Masse von 2,0 kg gleitet mit einer Geschwindigkeit von 8,0 m/s über eine reibungsfreie Tischplatte auf einen zweiten Block (in Ruhe) mit einer Masse von 4,5 kg zu. Eine Schraubfeder, die sich nach dem Hooke'schen Gesetz verhält und eine Federkonstante k = 850 N/m hat, ist so an dem zweiten Block angebracht, dass sie zusammengedrückt wird, wenn er in Bewegung befindliche Block auf sie trifft.

a) Wie groß sind die Endgeschwindigkeiten der Blöcke nach dem Stoß?
b) Um wie viel wird die Feder maximal zusammengedrückt?
c) Ist der Stoß elastisch?

7. Energie- und Impulserhaltungssatz kombiniert

1. Klausuraufgabe – Energie- und Impulserhaltungssatz

Ein Wagen der Masse 1000 kg rollt auf einem horizontalen Gleis. Das Gleis hat eine Reibungszahl von 0,002 (Rollreibung). Der Wagen fährt mit einer Geschwindigkeit von 1 m/s, als 1000kg Schutt von oben in den Wagen hineinfällt.

a) Berechnen Sie die Geschwindigkeit des Wagens direkt nach dem Hinzukommen des Schutts.
b) Berechnen Sie die Bremsverzögerung, die der Wagen durch die Reibkraft erfährt.
c) Berechnen Sie die Zeit, nach der der Wagen durch die Reibung vollständig abgebremst wird.
d) Berechnen Sie den Bremsweg.

2. Klausuraufgabe – Energie- und Impulserhaltungssatz

Auf einem Güterbahnhof läuft ein Waggon mit einer Masse von 15,0 t von einem 1,8 m hohen Ablaufberg ab. Dabei werden 92% der potentiellen Energie des Waggons in kinetische Energie umgewandelt. Anschließend rollt er auf einer horizontalen Strecke 270 m weiter, die Reibungszahl beträgt $6{,}00 \cdot 10^{-3}$. Danach stößt er auf einen dort haltenden zweiten Waggon der Masse 22,0 t, wobei die Kupplung einrastet.

a) Beschreiben Sie die Energieumwandlungen.
b) Berechnen Sie die Geschwindigkeitsbeträge der beiden Waggons nach dem Ankoppeln.

3. Klausuraufgabe – Zusammengesetzte Bewegungen

Ein Geschoss der Masse m_1 =10g dringt in einen Holzklotz der Masse m_2 =600g, der auf einer horizontalen Tischplatte liegt und dadurch s=5,5m unter dem Einfluss der Reibungszahl μ=0,4 fortrutscht

a) Erstellen Sie eine Skizze, in der Sie alle gegebenen und gesuchten Größen eintragen.
b) Berechnen Sie die Geschwindigkeit v des Geschosses.
c) Welcher Anteil der Geschossenergie wird durch Reibung des Holzklotzes auf der Tischplatte aufgezehrt? Was passiert mit der restlichen Energie?

*4. Klausuraufgabe – Gravitationsbeschleunigung**

Die Masse des Planeten Jupiter ist 318 mal so groß wie die der Erde, der Erdradius beträgt 6370 km, der des Jupiter 71000 km. Der Jupiter dreht sich in 9h 50 min einmal um seine Achse.

a) Wie groß ist die Fallbeschleunigung des Jupiters am Äquator? Berechnen Sie zunächst g' des Jupiter unter Annahme von $\gamma = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ m³/kg s². Berücksichtigen Sie dann die Zentrifugalbeschleunigung am Äquator des Jupiters.
b) Mit welcher Mindestgeschwindigkeit muss eine Rakete von der Oberfläche des Jupiters aus gestartet werden, damit sie sein Schwerefeld verlassen kann?
Hinweis: Gehen Sie vom Energieerhaltungssatz aus.

Hinweis: Berechnen Sie die Erdmasse aus den gegebenen Werten und g = 9,81 m/s²

8. Schwingungen

1. Aufgabe – Federpendel und Schwingungsgleichung

Ein Körper der Masse 2 kg hängt an einer Feder mit der Federkonstanten D = 32 N/m und schwingt.

a) Bestimmen Sie seine Winkelgeschwindigkeit,
b) seine Schwingfrequenz
c) die dazugehörige Schwingdauer.
d) Zeichnen Sie die Schwingung im Koordinatensystem.

2. Aufgabe – Rückstellkraft

An einem Fadenpendel hängt eine Masse von 1 kg und schwingt. Geben Sie die Rückstellkräfte bei den folgenden 2 Auslenkwinkeln an:

a) $\alpha = 5°$
b) $\beta = 14$

3. Aufgabe – Beschreibung von Schwingungen

Wie groß ist die Elongation einer Sinusschwingung, wenn die Amplitude 12 cm und die Frequenz 15 Hz beträgt?

a) 0,01s nach dem Nulldurchgang
b) 0,02s nach dem Nulldurchgang
c) 0,03 s nach dem Nulldurchgang

4. Klausuraufgabe – Federpendel und Schwingungsgleichung

Ein Federpendel mit der Masse 100g führt in 2 Minuten 90 Schwingungen aus.

a) Bestimmen Sie die Frequenz der Schwingung und die Federkonstante D.
b) Wie groß ist die Amplitude A, wenn beim Durchgang durch die Ruhelage das Pendel eine maximale Geschwindigkeit von 2 m/s erreicht?
c) Stellen Sie die zugehörende Schwingungsgleichung auf.

5. Klausuraufgabe – Federpendel

An einem Gummiband wird ein Körper mit einer Masse von 100g angehängt und losgelassen. Nach Erreichen des tiefsten Punktes führt der Körper führt eine harmonische Schwingung aus. Innerhalb von 5 Sekunden erreicht er 8 Mal einen Tiefpunkt. Das Gummiband ist insgesamt 20 cm lang, nachdem der Körper zur Ruhe gekommen ist.

a) Berechnen Sie die Federkonstante
b) Berechnen Sie die ursprüngliche Länge des Gummibandes (bevor der Körper angehängt wurde).
c) Wie lautet die Schwingungsgleichung des Körpers?
d) Berechnen Sie die Gesamtenergie und die in den Zuständen auftretenden Energien.
e) Welche Geschwindigkeit besitzt der Körper beim Durchgang durch die Ruhelage?

6. Klausuraufgabe – Fadenpendel mit Dämpfung

Ein Fadenpendel schwingt 18 Mal in 23s.

a) Wie lang ist das Pendel und welche Masse besitzt der Pendelkörper?
b) Wie groß ist die Elongation nach 0,1s und 0,25s nach dem Nulldurchgang bei einer Amplitude von 5cm?
c) Welche Geschwindigkeit besitzt der Pendelkörper beim Nulldurchgang sowie 0,1s und 0,25s nach dem Nulldurchgang?
d) Die Amplitude nimmt bei jeder Schwingung um 1,5% ab. Wie groß ist die Abklingkonstante?
e) Wie groß ist die Elongation nach 0,1s und 0,25s nach dem Nulldurchgang für die gedämpfte Schwingung aus c)?
f) Skizzieren Sie bitte den Verlauf der ungedämpften und gedämpften Schwingungen.

7. Aufgabe – Federpendel und Resonanzeffekt

Ein Federpendel mit einer Eigenfrequenz von 2Hz verringert seine Amplitude in 10s um 80%.

a) Wie groß ist die Amplitude, wenn das System mit einer Erregeramplitude von 0,5cm zu Schwingungen angeregt wird? Die Erregerfrequenz soll gleich der Eigenfrequenz sein.
b) Wie groß ist die Resonanzfrequenz?
c) Die Dämpfungskonstante wird verdoppelt. Welche Auswirkung hat dies auf die Resonanzfrequenz und die zu erwartende maximale Amplitude bei äußerer Erregung?

9. Mechanische Wellen

1. Aufgabe – Wellengleichung

Eine Transversalwelle auf einem Seil wird dargestellt durch
$s(x,t)=0{,}48m\cdot\sin(5{,}6m^{-1}\cdot x+84Hz\cdot t)$.

a) Bestimmen Sie für diese Welle die Wellenlänge,
b) die Frequenz,
c) die Geschwindigkeit (Größe und Richtung) sowie
d) die Amplitude.

2. Aufgabe – Wellengleichung

Für den internationalen Notruf „SOS“ wird die Frequenz 500 kHz freigehalten. Da es sich um elektromagnetische Wellen handelt, beträgt ihre Ausbreitungsgeschwindigkeit 300000km/s. Bestimmen Sie die dazu gehörende Wellenlänge.

3. Aufgabe – Gekoppelte Pendel

Eine Transversalwelle bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 5,4 m/s. Ihre Wellenlänge beträgt 8m, ihre Amplitude 8,2 cm. Das Koordinatensystem sei so gelegt, dass die Welle zur Zeit t=0s im Koordinatenursprung beginnt und sich in Richtung der positiven x-Achse ausbreitet.

a) Wie groß ist die Frequenz der Welle?
b) Wann erreicht die Welle den Ort x_1=14m?
c) Welche Auslenkung hat der Schwinger am Ort 14m und 3s und in welche Richtung schwingt er?

4. Klausuraufgabe – Gekoppelte Pendel

In einer Reihe von 20 gekoppelten Pendeln breitet sich eine Transversalwelle mit einer Amplitude von 1,6 cm nach rechts aus. Der Abstand zwischen den Pendeln beträgt 0,6cm. Die Welle hat eine Ausbreitungsgeschwindigkeit von 2,88 cm/s und eine Wellenlänge von 7,2 cm.

a) Wie groß ist die Frequenz der Welle?
b) Stellen Sie die Wellengleichung auf.
c) Nach welcher Zeit wird das 20. Pendel erreicht?
d) Welche Auslenkung hat in dem Moment, wenn das 20. Pendel erreicht wird, das 6. Pendel?
e) Was passiert, wenn die Pendellängen um jeweils 10% vergrößert werden?

10. Akustik

1. Aufgabe – Schallgeschwindigkeit

Die Schallgeschwindigkeit in Luft ist Temperaturabhängig und beträgt c=331,4 m/s + 0,6 m/(s·°C) ·T.

a) Wie groß ist die Schallgeschwindigkeit bei -10°C und bei 20°C?
b) Wie groß sind die Wellenlängen bei diesen Temperaturen eines Ultraschallsignals von 20kHz?
c) Wie lange dauert es, bis das Echo von einer 30cm entfernten Wand bei einer Temperatur von -10°C und 20°C zurückkehrt?
d) Was ändert sich, wenn der Zwischenraum durch Mauerwerk ausgefüllt ist? Bei 20°C wurde für ein Signal von 2kHz im Mauerwerk eine Wellenlänge von 1,8m gemessen.

2. Aufgabe – Schwebung

Je nach Tonhöhe besitzt ein Klavier 1, 2 oder 3 Saiten, die auf den gleichen Ton gestimmt werden. Beim Stimmen wird erst eine Saite gestimmt, während die alle anderen Saiten abgedämpft werden. Anschließend wird die Dämpfung der weiteren Saite entfernt, die auf demselben Ton gestimmt werden soll, so dass beide Saiten zusammen erklingen können. Der Klavierstimmer nimmt beim Stimmen der a-Saite (Kammerton 440Hz) beispielsweise alle 3s eine Schwebung wahr.

Welche Frequenz hat die noch ungestimmte Saite?

3. Aufgabe – Dezibel

Ein Stereoverstärker erreicht bei einer Eingangsleistung von 1mW eine Ausgangsleistung von 100W. Wie groß ist der Verstärkungsfaktor in dB?

Die Verstärkung L in Dezibel ist definiert durch $L=10\log(P_{aus}/P_{ein})$ mit der Eingangsleistung Pein und der Ausgangsleistung P_{aus}.

4. Aufgabe – Dopplereffekt

Das Signalhorn einer Lokomotive hat eine Frequenz von 500 Hz.

a) Welche Frequenzen nimmt ein am Bahndamm stehender Beobachter wahr, wenn die Lokomotive mit 80 km/h an ihm vorbeifährt?
b) Welche Frequenzen hört der Beobachter in einem Zug, der mit 80 km/h an der unbewegten Lokomotive vorbeifährt?
c) Welche Frequenzen hört ein Beobachter in einem Zug, der mit einer Geschwindigkeit von 80 km/h an der mit 80 km/h fahrenden Lokomotive vorbeifährt?
d) Anton und Berta sind in Streit geraten. Anton behauptet, dass der Ton des Signalhorns höher ist, wenn die pfeifende Lokomotive schneller ist als die entgegenkommende Lokomotive, als umgekehrt. Berta behauptet, dass der Ton des Signalhorns tiefer ist, wenn die pfeifende Lokomotive langsamer ist, als die entgegenkommende Lokomotive. Überprüfen Sie die Aussagen von Anton und Berta, wenn eine der beiden Lokomotiven 120 km/h und die andere 80 km/h fährt.

*5. Aufgabe – Schwingung einer Saite**

Eine Gitarrensaite misst 90 cm und wiegt 3,6 g. Vom Steg bis zur Mechanik (=L) sind es 60cm und die Saite hat eine Seilspannung von 520 N.

a) Wie groß ist die Frequenz der Ersten Harmonischen?
b) Wie groß sind die Frequenzen der ersten beiden Obertöne?

6. Aufgabe – Schwingende Saite

Auf einer kleinen Harfe ist die a‘-Saite, die mit der Frequenz 440 Hz gestimmt ist, 40 cm lang.

a) Wie groß ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle auf der Saite?
b) Welche Frequenzen besitzen die zweite und dritte Harmonische?
c) Wie muss die Länge der Saite verändert werden, so dass bei gleicher Saitenspannung ein um 10 Hz tieferer Ton erklingt?
d) *Wie muss die Saitenspannung verändert werden, so dass bei gleicher Saitenlänge ein um 10 Hz tieferer Ton erklingt?

C Elektrizitätslehre

1. Kräfte zwischen Ladungen

1. Aufgabe – Kräfteaddition

An den Ecken eines gleichseitigen Dreiecks aus Gummi mit einer Kantenlänge von 5mm befinden sich drei positive Ladungen mit jeweils einer Ladungsmenge von $5 \cdot 10^{-8}$ C.

a) Berechnen Sie die Kräfte (Betrag und Richtung), die zwischen den Ladungen wirken.
b) In der Mitte des Dreiecks (Schwerpunkt) soll eine weitere Ladung angebracht werden, so dass hierdurch die Kraftwirkung auf die Ladungen an den Ecken des Dreiecks aufhebt. Berechnen Sie die zugehörende Ladungsmenge.

2. Aufgabe – Kräfteaddition

An jedem Eckpunkt eines Quadrats der Seitenlänge 0,1 m wird eine Ladung je 6 mC plaziert. Bestimmen Sie Betrag und Richtung der Kraft auf jede Ladung.

3. Aufgabe – Elektrisches Feld einer Ladungsverteilung

Zwei kleine, nichtleitende Kugeln tragen zusammen eine Gesamtladung von 90 µC. Wenn ihr Abstand voneinander 1,16 m beträgt, üben sie eine abstoßende Kraft von jeweils 12 N aufeinander aus.

a) Wie groß sind die beiden einzelnen Ladungen?
b) Was würde passieren, wenn die Kraft anziehend wäre?

4. Aufgabe – Driftgeschwindigkeit von Elektronen

Wie groß ist die Driftgeschwindigkeit in Kupfer bei einem Strom von 1 A, der durch einen Draht mit einem Standard-Maß von 8 (Durchmesser 3,28 mm) fließt? Kupfer hat eine Dichte von 8920 kg/m3 und eine molekulare Masse von 63,5. Jedes Kupferatom trägt ein Elektron zum Elektronengas bei.

5. Klausuraufgabe – Coulombsches Gesetz und Stromstärke

Angenommen, ein Elektron befindet sich auf der 1. Bahn (Grundzustand) des Bohrschen Atommodells.

a) Wie groß ist die Kraft zwischen dem Elektron und dem Proton?
b) Um welchen Faktor ist die elektrische Kraft zwischen dem Elektron und dem Proton größer als die Gravitationskraft.
c) Welche Stromstärke ergibt sich im Mittel, wenn das Elektron eine gleichförmige Kreisbewegung um den Kern durchführt?

2. Elektrisches Feld

1. Aufgabe – Elektrisches Feld einer Ladungsverteilung

Zwei Punktladungen Q_1 und Q_2 haben voneinander den Abstand a. Bestimmen Sie den Verlauf der elektrischen Feldstärke entlang der Verbindungsgeraden der beiden Ladungen. Gegeben seien die beiden folgenden Fälle:

a) Q_1 ist positiv und Q_2 ist negativ. Der Betrag beider Ladungen ist gleich (Q).
b) Q_1 ist positiv und Q_2 ist ebenfalls positiv. Der Betrag beider Ladungen ist gleich (Q).

2. Aufgabe – Elektrisches Feld einer Ladungsverteilung

Zeichnen Sie bitte die Feldlinien des elektrischen Feldes von vier Ladungen, die an Eckpunkten eines Quadrates angeordnet sind.

a) alle 4 Ladungen sind positiv
b) die gegenüberliegenden Ladungen haben unterschiedliches Vorzeichen
c) alle 4 Ladungen sind negativ

3. Aufgabe – Elektrisches Feld im Nah- und Fernbereich

Zwei Metallkugeln, die in einem Abstand r von 10 cm an isolierenden Fäden aufgehängt sind, werden mit je -10^{-8} C aufgeladen.

a) Wie groß ist die Kraft zwischen den beiden Kugeln?
b) Wie groß ist der Elektronenüberschuss auf jeder Kugel? Berechnen Sie bitte die Anzahl der Elektronen an.
c) Erstellen Sie eine Skizze des Feldlinienverlaufs der elektrischen Feldstärke im Nahbereich der beiden Kugeln.
d) Wie groß ist die Feldstärke E im Abstand von a=10m von den beiden Kugeln? Machen Sie eine geeignete Näherung, da der Abstand a viel größer ist als r.

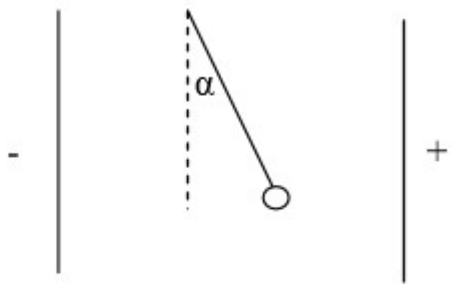
4. Klausuraufgabe – Elektrisches Feld zweier aufgehängter Kugeln

Zwei elektrisch gleich aufgeladene Kugeln mit der Masse m sind an gleichlangen Fäden der Länge l aufgehängt. Infolge der Abstoßung beträgt der gegenseitige Abstand d. Der Kugeldurchmesser ist vernachlässigbar. Die Anordnung befindet sich in Luft.

a) Wie groß ist die auf den Kugeln vorhandene Ladung (in Abhängigkeit von d, l und m)?
b) Machen Sie eine Skizze. Tragen Sie dort den Auslenkungswinkel und die wirkenden Kräfte ein.
c) Berechnen Sie die auf den Kugeln vorhandene Ladung bei einer Kugelmasse von 2g und einem Abstand von 4cm und einer Fadenlänge von 50cm.

5. Klausuraufgabe – Fadenpendel im Kondensator

In dem homogenen Feld eines Plattenkondensators wird eine isoliert aufgehängte Kugel mit einer Masse von 2g so abgelenkt, dass sie mit der Vertikalen einen Winkel von 45° bildet. Die elektrische Feldstärke beträgt 1000V/m. Berechnen Sie bitte, wie viele überschüssige Elektronen auf der Kugel sitzen.



6. Klausuraufgabe – Fadenpendel im Kondensator

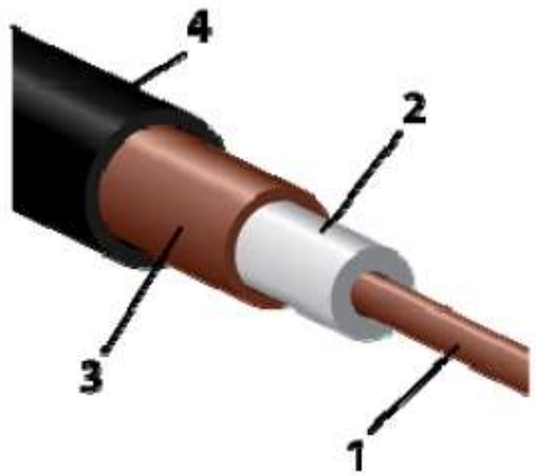
In dem homogenen Feld eines Plattenkondensators wird eine isoliert aufgehängte Kugel mit einer Masse von 2g von einer Feldstärke von 1000N/C zur positiv aufgeladenen Platte abgelenkt. Auf der Kugel sitzen 1,225.10^14 Elektronen.

Wie groß ist der Ablenkwinkel?

3. Gaußscher Satz*

1. Aufgabe – Koaxialkabel

Ein Koaxialkabel besteht aus einem positiv geladenen Innenleiter und einen negativ geladen Außenleiter.



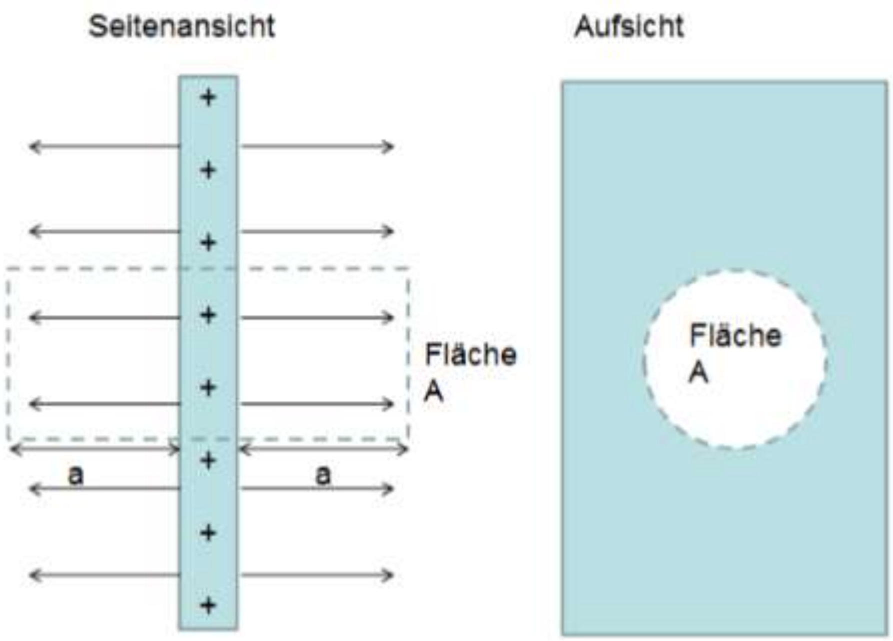
1. Innenleiter positiv geladen
2. Dielektrikum
3. Außenleiter negativ geladen
4. Isolation

Begründen und berechnen Sie bitte für ein Koaxialkabel mit einer linearen Ladungsdichte von λ auf dem inneren Leiter und $-\lambda$ auf dem äußeren Leiter

- das elektrische Feld außerhalb des Außenleiters,
- das elektrische Feld zwischen den beiden Leitern sowie
- die sich zwischen den beiden Leitern aufbauende Potentialdifferenz.

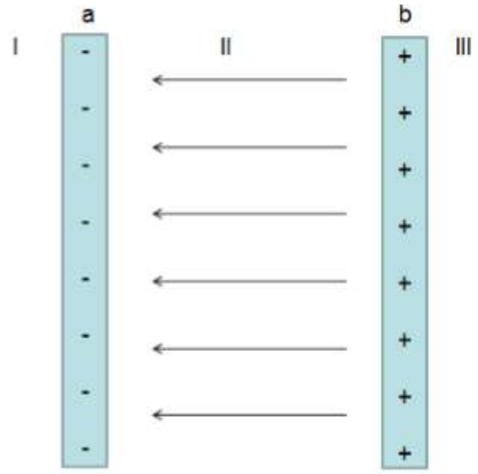
2. Aufgabe – Homogene geladene Platte

Begründen und berechnen Sie bitte mit Hilfe des Gaußschen Satzes das elektrische Feld einer unendlich großen, homogen geladenen ebenen Platte. Die Platte besitzt die Flächenladungsdichte (=Ladungen pro Fläche) $\sigma = Q/A [C/m^2]$. Als Integrationsoberfläche verwenden Sie bitte einen Zylinder mit der Deckelfläche A und der Höhe 2a.



3. Aufgabe – Kondensator

a) Begründen und berechnen Sie bitte das elektrische Feld zweier dünner Platten, die entgegengesetzt mit der Flächenladungsdichte б geladen sind (Kondensator). Berechnen Sie explizit das elektrische Feld für die Gebiete I, II und III.



b) Berechnen Sie mit Hilfe des Ergebnisses aus Teilaufgabe a) die Spannung, die sich zwischen zwei Kondensatorplatten der Fläche 50 cm² aufbaut, wenn die beiden Platten einen Abstand von 1cm besitzen und mit einer Ladungsmenge von 10^{-10} C geladen sind und sich im Zwischenraum Glas ($\varepsilon_r = 7$) befindet.

4. Bewegte Elektronen in elektrischen Feldern

1. Aufgabe – Beschleunigung von Elektron im Kondensator

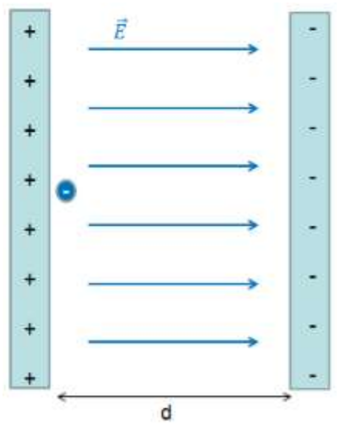
Ein Elektron wird aus der Ruhe in einem elektrischen Feld eines Kondensators mit der Potentialdifferenz U=1V beschleunigt.

a) Wie groß ist die kinetische Energie des Elektrons nach dem Beschleunigungsvorgang?
b) Welche Geschwindigkeit besitzt das Elektron nach dem Beschleunigungsvorgang?
c) Welche Spannung muss an dem Kondensator angelegt werden, damit das Elektron auf eine Geschwindigkeit von 30% der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt wird?

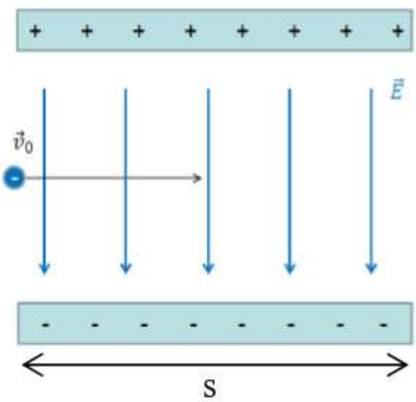
2. Aufgabe – Elektronen in homogenen elektrischen Feldern

Bewegte Ladung im E-Feld

a) Welche Beschleunigungsarbeit wird durch das elektrische Feld verrichtet, um ein Elektron von der positiv geladenen Kondensatorplatte zur negativen geladenen Kondensatorplatte zu verschieben? Stellen Sie hierzu eine Formel auf.



b) Nutzen Sie den Energieerhaltungssatz aus, um die Spannung zu berechnen, die benötigt wird um Elektronen auf die Geschwindigkeit $v_0 = 1{,}96 \cdot 10^6\ ms^{-1}$ zu beschleunigen.
c) Ein Elektronenstrahl mit der Geschwindigkeit $v_0 = 1{,}96 \cdot 10^6\ ms^{-1}$ tritt senkrecht in ein homogenes elektrisches Feld zweier Kondensatorplatten mit der Spannung U=1V und Abstand d=1cm sowie der Länge s=2cm. Berechnen Sie die vertikale Ablenkung und Geschwindigkeit des Elektronenstrahls nach dem Durchgang durch den Kondensator.



3. Klausuraufgabe - Ionenantrieb

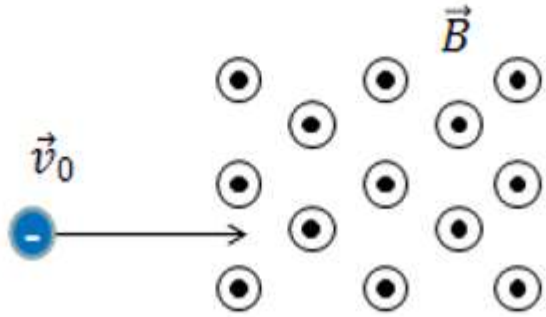
Seit Herbst 1998 verwendet die NASA eine Raumsonde mit Ionenantrieb. Dabei werden einfach positiv geladene Xenon-Ionen zwischen zwei Gittern beschleunigt, die wie ein Plattenkondensator wirken. Die über den ganzen Gitterabstand beschleunigten Ionen mit vernachlässigbarer Anfangsgeschwindigkeit verlassen die Raumsonde und erzeugen dabei den nötigen Rückstoß. Die Spannung zwischen den Gittern beträgt 1280V, ihr Abstand ist 5,0 cm. Ein Xenon-Ion hat die Masse $2{,}18 \cdot 10^{-25}$ kg und die Raumsonde hat die Masse 486 kg.

a) Mit welcher Geschwindigkeit verlassen die Ionen die Sonde?
b) Berechnen Sie die elektrische Kraft auf die $2{,}2 \cdot 10^{13}$ Ionen, die jeweils gleichzeitig zwischen den Gittern sind!
c) Wie viele Stunden würde es dauern, um die Raumsonde von 0 auf 100 km/h zu beschleunigen, wenn keine weiteren Kräfte wirken? Der Masseverlust durch das Austreten der Ionen ist zu vernachlässigen.

5. Bewegte Ladungen in magnetischen Feldern

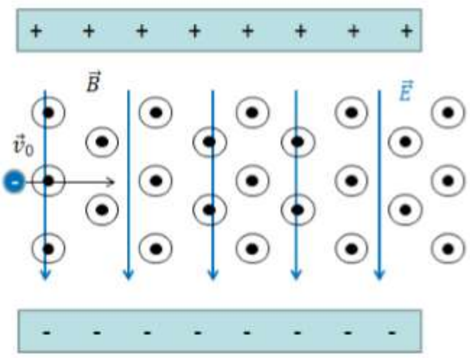
1. Aufgabe – Elektronen im magnetischen Feld

a) Der Elektronenstrahl tritt mit der Geschwindigkeit v_0 = 1,96 · 106 ms^{-1} senkrecht zu den Feldlinien in ein homogenes magnetisches Feld eines Hufeisenmagneten mit der magnetischen Flussdichte B=1,6 · 10^{-3} T ein. Erklären Sie, warum sich der Elektronenstrahl im homogenen Magnetfeld auf einer Kreisbahn weiterbewegt und in welche Richtung die Kreisbahn gekrümmt ist. Berechnen Sie den Radius der Kreisbahn.



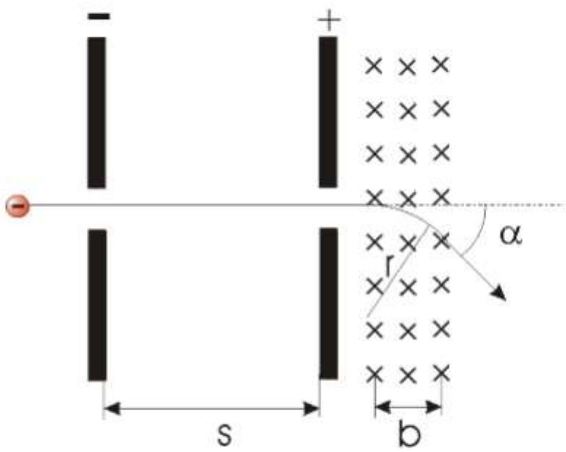
b) Der Hufeisenmagnet mit der magnetischen Flussdichte B = 1,6 · 10^{-3} T aus a) soll durch einen Elektromagneten ersetzt werden. Zur Verfügung steht eine 5cm lange Spule ohne Eisenkern mit 1000 Windungen. Berechnen Sie die benötigte Stromstärke, um eine gleich große magnetische Flussdichte im Innern der Spule zu erhalten.

c) In welche Richtung wird der Elektronenstrahl abgelenkt, wenn dieser senkrecht zu einem homogenen Magnetfeld und senkrecht zu einem elektrischen Feld eintritt? Geben Sie die Richtung in Abhängigkeit von der Spannung U des Kondensators an.



2. Aufgabe – Bewegte Ladung im magnetischen Feld

Elektronen treten mit der Geschwindigkeit 2,0·105 m/s in ein homogenes elektrisches Feld ein und durchlaufen es auf einer Strecke von s = 20 cm. Die Polung der Platten bewirkt, dass die Elektronen beschleunigt werden. Am Ende der Beschleunigungsstrecke sollen die Elektronen eine Geschwindigkeit von 8,0*106 m/s haben. Anschließend treten die Elektronen senkrecht zu den Feldlinien in ein homogenes Magnetfeld ein, in der sie um α = 25° zu ihrer Bewegungsrichtung abgelenkt werden sollen. Das Magnetfeld ist b = 3,0 cm breit.



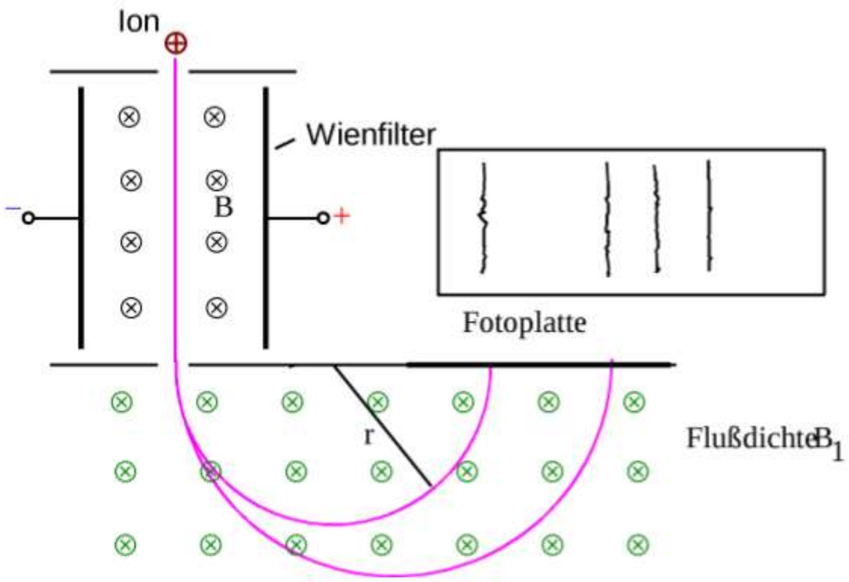
a) Wie groß ist die elektrische Feldstärke des Feldes im Kondensator?

b) Wie groß muss die magnetische Flussdichte sein?

3. Aufgabe – Massenspektrometer

In einem Massenspektrometer zeigen Germaniumatome Krümmungsradien von 21 cm, 21,6 cm, 21,9 cm, 22,2 cm und 22,8 cm. Der größte Radius entspricht einer Atommasse der anderen Isotope. Die Masse des Isotops mit dem größten Radius ist 76 u. Nur Ionen mit einer bestimmten Geschwindigkeit v=E/B verlassen den Wienfilter.

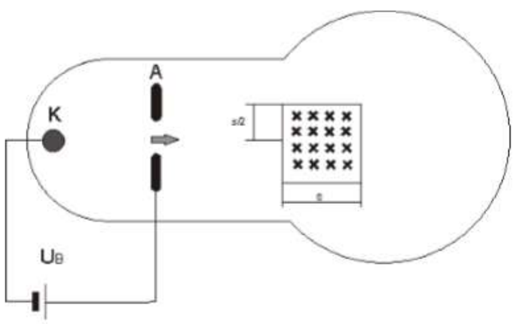
a) Wie schwer sind die einzelnen Isotope?



4. Klausuraufgabe – Massenspektrometer und Brownsche Röhre

Die Abbildung stellt eine Elektronenstrahlröhre mit einem magnetischen Ablenksystem von quadratischem Querschnitt mit der Seitenlänge s = 3 cm dar. Das homogene magnetische Feld verläuft senkrecht zur Bewegungsrichtung der Elektronen und hat eine magnetische Flussdichte von 20 mT.

a) Welche Geschwindigkeit haben die Elektronen des Elektronenstahls, wenn die Anodenspannung 12 kV beträgt? Die relativistische Massenveränderlichkeit bleibe unberücksichtigt.
b) Berechnen Sie die kinetische Energie eines Elektrons in eV, nachdem es die Beschleunigungsspannung durchlaufen hat.
c) Wie groß ist der Radius der innerhalb des Magnetfeldes verlaufenden Kreisbahn der Elektronen?
d) Bei welcher Anodenspannung verläuft der das Magnetfeld verlassende Elektronenstrahl senkrecht zum eintretenden Elektronenstrahl?

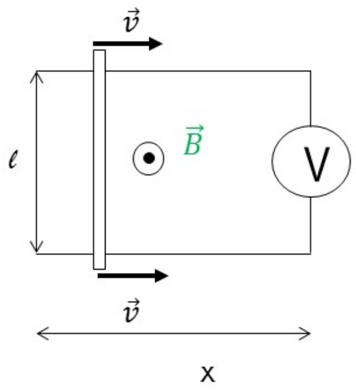


6. Induktion

1. Aufgabe – Induktion in einer Leiterschleife

Gegeben sei ein U-förmig gebogener Leiterdraht, dessen Innenfläche senkrecht von einem magnetischen Feld der Flussdichte 0,5 T durchsetzt wird. Der Abstand der parallelen Drähte beträgt 0,5m und die Länge der parallelen Drähte 1m.

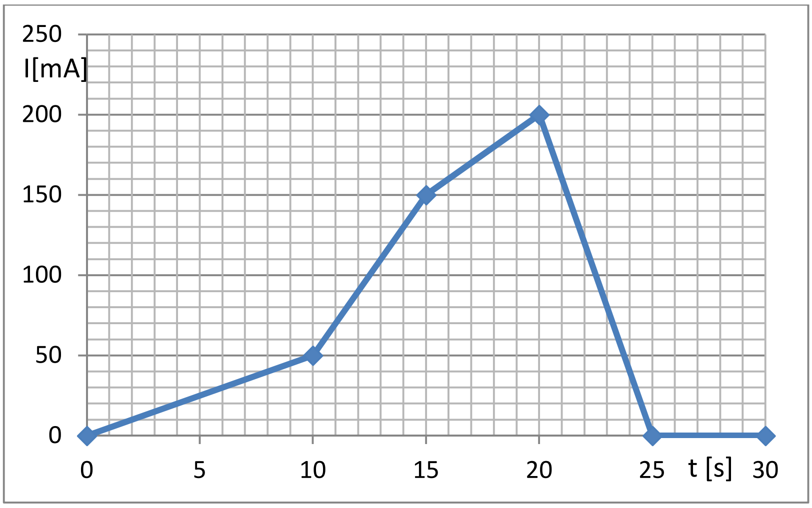
a) Wie groß ist die induzierte Spannung, wenn die magnetische Flussdichte sinusförmig mit einer Frequenz von 50Hz geändert wird?
b) Wie groß ist die maximale induzierte Spannung, wenn der Bügel mit einer Geschwindigkeit von 1 m/s bei einer konstanten magnetischer Flussdichte von 0,5 T bewegt wird?



2. Aufgabe – Selbstinduktion

In einer Spule 1 mit 10.000 Windungen und einer Länge von 10cm wird eine zweite Spule 2 mit der 2000 Windungen und einer Querschnittsfläche von 1 cm² mittig so hinein gelegt, dass beide Spulenachsen parallel stehen. Die Abbildung zeigt den Stromverlauf durch die Spule 1.

Wie groß ist die in Spule 2 induzierte Spannung als Funktion der Zeit?



3. Aufgabe – Transformator

Ein Transformator, der zu einem Notebook verwendet wird, reduziert eine 230V-Wechselspannung auf eine 9V Wechselspannung. Dieser Transformator beinhaltet auch Dioden, welche anschließend die 9V Wechselspannung in eine Gleichspannung umwandeln. Die Sekundärspule besitzt 30 Windungen und das Notebook zieht 400 mA.

a) Berechnen Sie die Anzahl der Windungen der Primärspule.
b) Berechnen Sie die Stromstärke in der Primärspule.
c) Berechnen Sie die elektrische Leistung in Primär- und Sekundärspule.

D Wärmelehre

1. Wärmeleitung und Aggregatzustandsänderungen

1. Aufgabe – Wärmeleitung

Wie dick muss eine Holzwand (λ=1,05 kJ/(mhK) sein, wenn sie je m² nicht mehr Wärme ableiten soll als eine gleich große 38 cm dicke Ziegelwand (λ=1,7 kJ/(mhK)?

2. Aufgabe – Wärmeleitung

Ein halbkugelförmiger Iglu hat einem Innendurchmesser von 5 m und einer Wanddicke von 80 cm. Ein Mensch im Inneren gibt ca. 70 W Wärmeleistung ab. Die Außentemperatur beträgt -15 °C. Welche Temperatur stellt sich bei 4 Bewohnern im Innern des Iglus ein?

Hinweise:

- *Die Wärmeleitfähigkeit von gestampftem Schnee beträgt 0,209 W/(mK)*
- *Die Wärmeleistung ist die erzeugte Wärmeenergie pro Zeit*

3. Aufgabe – Schmelzende Eisschicht

Eine 10 cm dicke Eisschicht auf einem See wird durch Sonneneinstrahlung geschmolzen. Die an einem sonnigen Frühlingstag einfallende Sonnenenergie beträgt insgesamt 4 kWh/m². Davon werden 20% von der Eisschicht absorbiert, der Rest wird zurückgestrahlt.

Wie viele Sonnentage sind erforderlich, um das Eis zu schmelzen?

Hinweise:

- *Dichte von Eis beträgt 900 kg/m³*
- *Spezifische Wärmekapazität von Eis: c = 2,1 J/(gK)*
- *Spezifische Schmelzwärme von Eis: q = 334 J/g*

4. Klausuraufgabe – Eis im Wasserglas

Sie entfliehen dem kalten Winter und aalen sich in der Sonne in der Karibik. Leider stand ihr volles Glas Wasser (0,2l) in der Sonne und hat eine Temperatur von 40°C angenommen.

a) Wie viel Eis von -10°C müssen Sie dem Wasser zufügen, damit es eine Temperatur von 5°C annimmt?
b) Natürlich trinken Sie dann das gesamte Wasser, schwitzen es dann aber anschließend wieder aus, so dass es verdunstet. Wie viel Energie wird dabei dem Wasser zugeführt?
c) Während Sie so schwitzen, knabbern Sie eine 250g Tüte Chips mit 502 kcal pro 100g. Vergleichen Sie die dabei aufgenommene Energiemenge mit der Energiemenge aus Teilaufgabe b).

Hinweis: Bitte vernachlässigen Sie einen Wärmeaustausch mit der Umgebung und ein Ausscheiden des Wassers auf anderen Wegen.

5. Klausuraufgabe – Eis und Wasserdampf

In einem thermisch isolierten Gefäß mit der Masse 1kg befinden sich 100 g Eis mit einer Temperatur von -15°C. Bei konstantem Druck von 1013 mbar werden 20 g Wasserdampf mit einer Temperatur von 100°C eingeleitet.

Wie sieht der Endzustand des Systems aus (fest, flüssig, gasförmig)? Welche Endtemperatur stellt sich für Gefäß und Inhalt ein?

Nehmen Sie die folgenden Wärmemengen und Wärmekapazitäten an:

Spezifische Wärmekapazität von Eis: $c_E = 2,1\ J/gK$ (Joule pro Gramm pro Kelvin)

Spezifische Wärmekapazität von Wasser: $c_W = 4,182\ J/gK$

Spezifische Wärmekapazität des Gefässes: $C = 80\ J/K$

Spezifische Schmelzwärme von Eis: $q = 334\ J/g$

Spezifische Verdampfungswärme von Wasser: $r = 2256\ J/g$

2. Allgemeines Gasgesetz

1. Aufgabe – Druck und Temperatur

Heiße Luft von Atmosphärendruck (101325 Pa) wird in einer dichtschließenden Thermoskanne von 80°C auf Zimmertemperatur von 20°C abgekühlt.

a) Wie groß ist die Differenz zwischen Innen- und Außendruck anschließend.
b) Der runde Stöpsel der Thermoskanne besitzt einen Durchmesser von 5cm. Mit welcher Kraft wird der Stöpsel festgehalten, wenn die Thermoskanne wirklich dicht schließt?

2. Aufgabe – Allgemeines Gasgesetz

a) Die Temperatur von einem Kubikmeter Luft wird von 0°C auf 120°C erhöht. Der Druck soll konstant bleiben. Welches Volumen hat das Gas anschließend?
b) Wird die (in Grad Celsius gemessene) Temperatur des in einem festen Behälter eingeschlossenen Gases um 50% erhöht, so steigt der Druck um 10%. Welche Anfangstemperatur hatte das Gas?
c) Welche Dichte hat das in einer Druckflasche eingeschlossene Wasserstoffgas (H_2) bei 20°C und 15MPa Druck?

Hinweise:

- *Achten Sie auf die Umrechnung von Temperaturen von °C in °K und umgekehrt*
- *Die Dichte ρ berechnet sich ganz allgemein mit* $\rho = \frac{m}{V}$
- *Nutzen Sie zur Bestimmung der Dichte die allgemeine Gasgleichung*

3. Kreisprozesse*

1. Aufgabe – Wirkungsgrad

a) In einem Ottomotor mit 1600 cm^3 Volumen wird ein Benzin-Luft-Gemisch auf den 100. Teil des ursprünglichen Volumens verdichtet und dann gezündet. Die Verbrennungstemperatur beträgt 600 °C. Die Abgase kühlen bei der darauf folgenden Expansion auf 80 °C ab und gelangen zum Auspuff.
Wie groß ist der maximal erreichbare Wirkungsgrad für diesen Motor?

b) Auf welchen Betrag ist die obere Arbeitstemperatur eines zwischen 40°C und 120°C arbeitenden Carnotprozesses zu erhöhen, damit sich der Wirkungsgrad verdoppelt?

2. Aufgabe – Isochor-Isobarer Kreisprozess

Ein ideales Gas durchläuft zwischen den Volumina V1=1l und V2=2l sowie den Drücken p4=0,15 MPa
und p1 = 0,3 Mpa einen isochor-isobaren Kreisprozess.

a) Skizzieren Sie den Kreisprozess im p-V-Diagramm.
b) Welche Temperaturen bestehen in den Zuständen 2-4, wenn T1=600K beträgt?
c) Wie groß ist der thermische Wirkungsgrad des behandelten Kreisprozesses für Luft (cp=1,005 kJ/(kg K), cv=0,718 kJ/(kg K).
d) Welchen Wirkungsgrad hat der zwischen den gleichen Temperaturen verlaufende Carnotprozess?

2. Klausuraufgabe – Carnotprozess

Eine Wärmekraftmaschine arbeitet nach dem Carnotprozess mit erwärmter Luft. Der Anfangszustand ist gegeben durch die drei Zustandsgrößen:

$p_1 = 7{,}1$ bar (1 bar = $10^5\, N/m^2$)
$T_1 = 127$ °C
$V_1 = 2 \cdot 10^{-3} m^3$

Nach der ersten isothermischen Expansion (Ausdehnung) nimmt die Luft das Volumen $V2=5.10^{-3}$ m³ ein, nach der adiabatischen Ausdehnung beträgt das Volumen $V3=8.10^{-3}$ m³. Nehmen Sie Luft als 2-atomiges ideales Gas an.

a) Berechnen Sie den Wirkungsgrad des angegebenen Carnot-Zyklus.
b) Auf welchen Betrag muss die obere Arbeitstemperatur des Carnotprozesses erhöht werden, damit sich der Wirkungsgrad verdoppelt?
c) Berechnen Sie für den angegebenen Carnot-Zyklus:
   1. Die Werte p, V, T für alle vier Punkte des Carnotprozesses
   2. Die Arbeit in jedem Abschnitt des Zyklus

3. Klausuraufgabe – Wärmekraftmaschine

In einer Wärmekraftmaschine wird das in einem Zylinder befindliche Arbeitsgas Helium durch einen beweglichen Kolben abgeschlossen. Von außen wird das Gas abwechselnd beheizt und gekühlt. Dabei bewegt sich der Kolben periodisch hin und her und dreht eine Welle. Die folgenden Betrachtungen beginnen im Anfangszustand mit dem Druck 0,20 MPa, dem Volumen 150 cm³ und der Temperatur 300 K.

a) Berechnen Sie die Masse des eingeschlossenen Heliums.
   Hinweis: $R_{S_{He}} = 2077 \cdot \frac{1}{kg \cdot K}$
b) Während eines vollständigen Arbeitszyklus durchläuft das Gas folgende Zustandsänderungen:

1 → 2 isochore Erwärmung auf 600 K
2 → 3 isotherme Expansion auf das doppelte Volumen
3 → 4 isochore Abkühlung auf die Anfangstemperatur
4 → 1 isotherme Kompression auf das Anfangsvolumen.
Stellen Sie diese Zustandsänderungen in einem p-V-Diagramm dar. Berechnen Sie hierzu die fehlenden Drücke.

c) Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Motors als Verhältnis von Nutzarbeitsbetrag und während der Zustandsänderung 1 -> 2 sowie 2 -> 3 insgesamt zugeführten Wärme.

4. Klausuraufgabe –Kreisprozess

In einem abgeschlossenen Zylinder befindet sich Luft im Zustand A (0,20MPa, 5,0dm³, 30°C). Die Luft wird als ideales Gas betrachtet (c_p = 1,010kJ·kg^{-1}·K^{-1}, c_V = 0,723kJ·kg^{-1}·K^{-1}).

Die Luft wird nacheinander den folgenden vier Zustandsänderungen unterworfen:

(I) isotherme Kompression auf den doppelten Druck zum Zustand B,
(II) isochore Temperaturerhöhung um 180 K zum Zustand C,
(III) isotherme Expansion auf den Anfangsdruck zum Zustand D und
(IV) isobar zurück in den Anfangszustand A.

a) Berechnen Sie die Masse der Luft sowie für die Zustände B, C und D jeweils Druck, Volumen und Temperatur.
b) Skizzieren Sie das p(V)-Diagramm für den beschriebenen Kreisprozess.
c) Bestimmen Sie für die Zustandsänderung (I) die zugehörige Volumenarbeit, die übertragene Wärme und die Änderung der inneren Energie.

5. Klausuraufgabe –Kreisprozess

Eine Wärmekraftmaschine arbeitet mit erwärmter Luft. Der Kreisprozess besteht aus einer isochoren Zustandsänderung, eine sich anschließenden isothermen Expansion und einer abschließenden isobaren Kompression. Der Anfangszustand ist gegeben durch die drei Zustandsgrößen p_1=1024 Pa, T_1= 100°C und $V_1=1 \cdot 10^{-3}$m³.

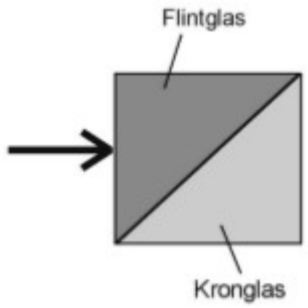
a) Skizzieren Sie das zugehörende p-V-Diagramm.
b) Berechnen Sie den Druck p_2 nach der isochore Zustandsänderung bei einer Temperaturerhöhung auf T_2=150°C.
c) Berechnen Sie das Volumen V_2, welches nach der isothermen Expansion durch das Gas eingenommen wird.
d) Welchen Wirkungsgrad kann diese Wärmekraftmaschine maximal besitzen?

E Optik

1. Lichtbrechung

1. Aufgabe – Zwei Prismen

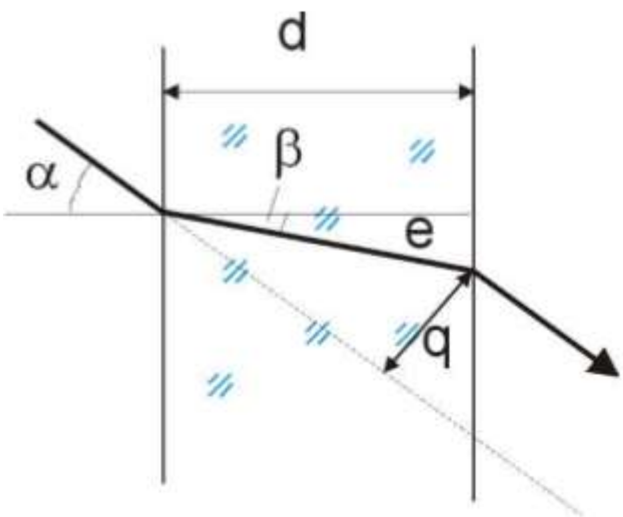
Zwei gleichschenklige, rechtwinklige Prismen aus Flintglas (n_F=1,75) und Kronglas (n_K = 1,51) sind zusammengesetzt.
Unter welchem Winkel verlässt das einfarbige Lichtbündel den Glaskörper?



2. Klausuraufgabe – Querverschiebung an einer parallelen Platte

Wie groß ist die Querverschiebung q eines schräg durch eine Parallelplatte von der Dicke d laufenden Lichtstrahls?

a) Geben Sie eine allgemeine Formel an. (q = f(d, α, β))
b) Berechnen Sie q für d = 6mm, α=40° und n = 1,5



3. Klausuraufgabe – Mehrere Glasplatten

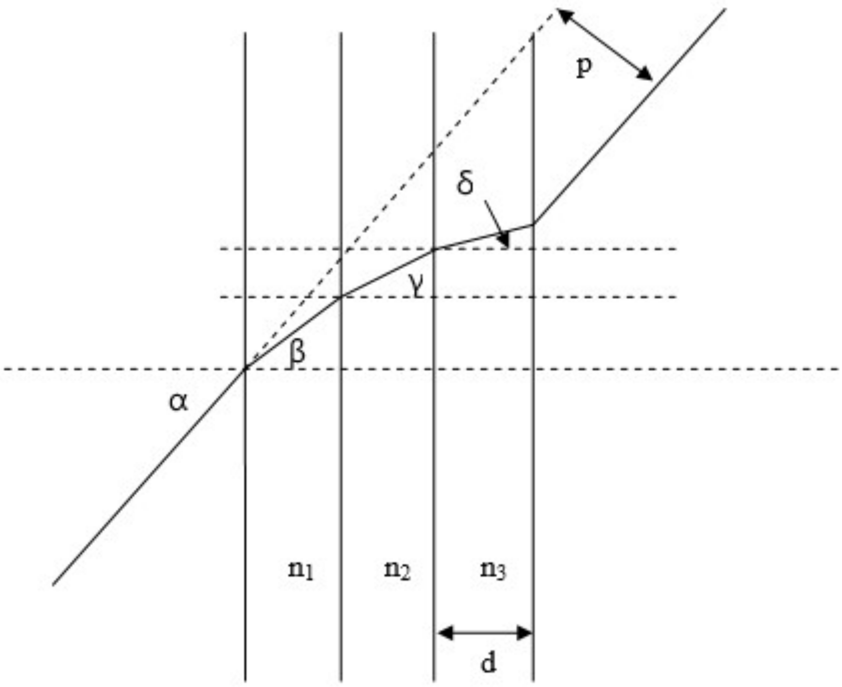
Ein Lichtstrahl trifft aus Luft unter dem Einfallswinkel α auf drei je 1 cm (d) dicke aufeinanderliegende Glasplatten. Die Glasplatten haben die Brechzahlen:

n_1 = 1,5

n_2 = 1,6

n_3 = 1,7

Danach tritt der Lichtstrahl wieder in Luft aus (Brechzahl n=1).

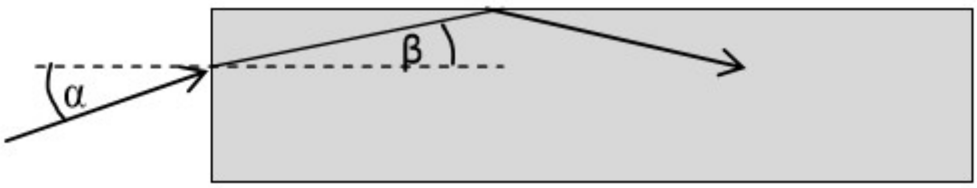


a) Berechnen Sie mittels des Brechgesetzes allgemein den Winkel β für die erste Brechung.
b) Berechnen Sie auch die anderen Winkel und zeigen Sie, dass der Austrittswinkel aus dem Scheibenstapel gleich dem Eintrittswinkel α ist.
c) Leiten Sie eine Formel für die Verschiebung p des austretenden Lichtstrahls her.

Berechnen Sie die Verschiebung p für einen Eintrittswinkel α = 30°.

*4. Aufgabe – Lichtwellenleiter**

a) Welche Brechzahl muss ein zylindrischer Stab mindestens haben, so dass alle an seiner Grundfläche eintretenden Strahlen diesen nicht verlassen können?
b) Wie groß ist der maximale Eintrittswinkel bei n=1,33?

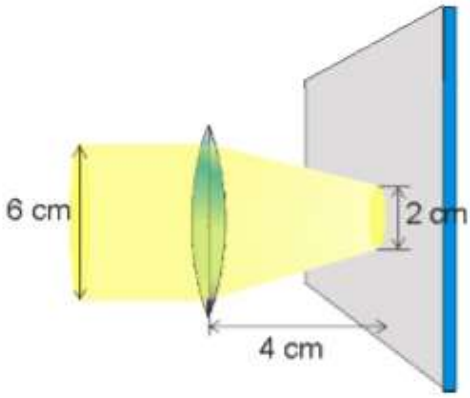


2. Linsengleichung

1. Aufgabe – Linsengleichung

Durch eine kreisrunde Blende fällt ein 6 cm breiter Sonnenstrahl auf eine dünne Sammellinse. Auf einem 4 cm entferntem Schirm bildet sich ein 2 cm breiter Fleck.

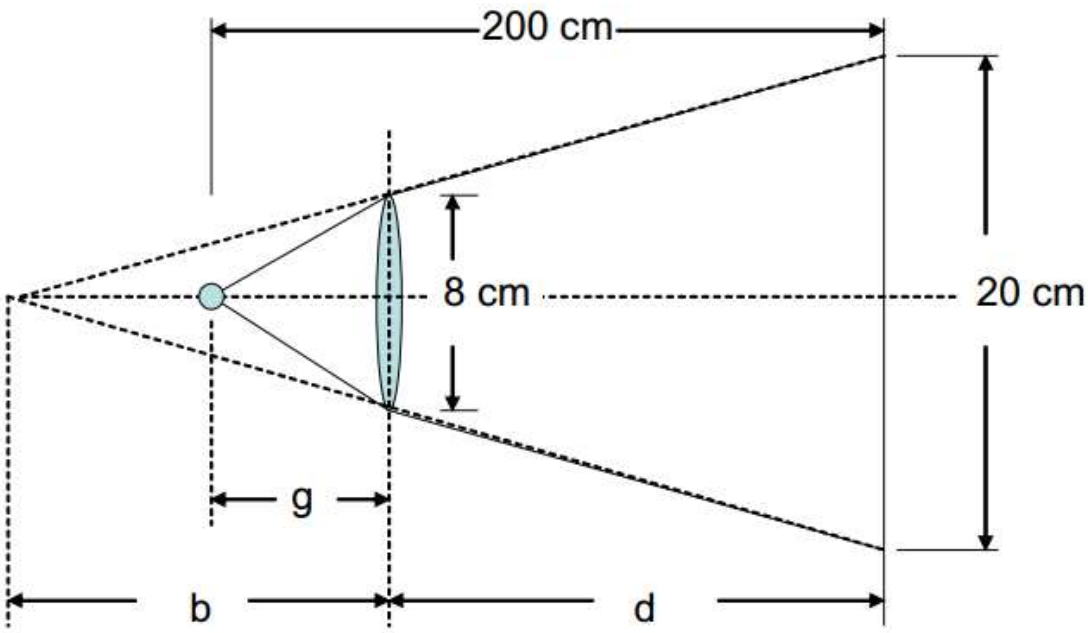
a) Welche Brennweite hat die Sammellinse?



2. Aufgabe – Linsengleichung

Eine punktförmige Lichtquelle soll auf einem 2 m entfernten Schirm eine Kreisfläche von 20 cm Durchmesser möglichst hell ausleuchten. Es steht zu diesem Zweck eine Sammellinse von 8 cm Durchmesser und 25 cm Brennweite zur Verfügung.

a) In welchem Abstand zur Lichtquelle muss die Sammellinse aufgestellt werden?



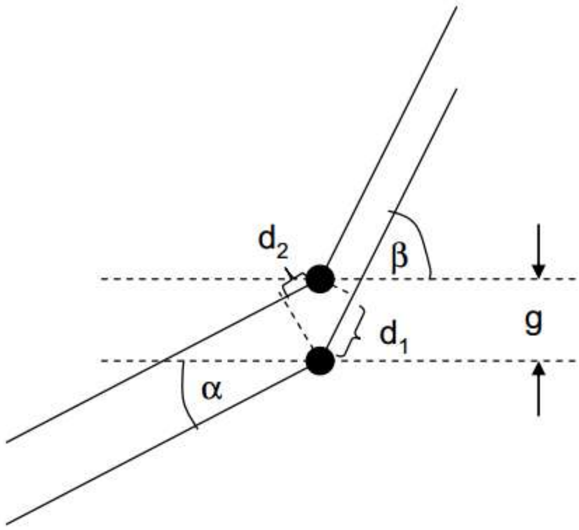
3. Klausuraufgabe – Linsengleichung

Eine Kleinbildkamera mit Normalobjektiv (Brennweite f = 50 mm) ist, auf einem Stativ befesti gt, am
Straßenrand aufgestellt. Im rechten Winkel zu ihrer optischen Achse fährt in der Entfernung 1 2 m ein
Motorrad vorbei. Bei einer Belichtungszeit von 1/250 s hinterlässt ein charakteristischer Pun kt des Motorradfahrers auf dem entwickelten Film eine Spur von 0,24 mm Länge.
Entscheiden Sie durch Rechnung, ob sich der Motorradfahrer an die Höchstgeschwindigkeit von $50 kmh^{-1}$ in Ortschaften gehalten hat!

3. Wellenoptik*

1. Aufgabe – Gitter

Monochromatisches (=eine Frequenz), kohärentes, paralleles Licht fällt unter schiefem Einfallswinkel α auf ein Gitter mit 1200 Gitterpunkten pro mm. Unter dem Winkel β von 73° und 14,45° zur Normalen der Gitterebene beobachtet man zwei aufeinander folgende Beugungsmaxima.



Beachten Sie, dass der Gangunterschied der beiden äußeren Strahlen sich aus der Differenz d_1-d_2 ergibt.

Berechnen Sie:

a) Welche Wellenlänge hat das Licht? Stellen Sie zwei Gleichungen für die zwei Maxima auf. Eliminieren Sie so den Winkel α.

Unter welchem Winkel kann ein weiteres Maximum erwartet werden.

2. Aufgabe – Gitter

Auf ein optisches Gitter mit der Gitterkonstante $4{,}00 \cdot 10^{-6}$ m fällt Licht der Wellenlänge 694 nm senkrecht ein. Das Interferenzbild wird auf einem e = 2,00 m entfernten ebenen Schirm beobachten der parallel zum Gitter steht.

a) Berechnen Sie den Abstand der auf dem Schirm sichtbaren Helligkeitsmaxima 1. Ord nung voneinander.
b) Bis zur wievielten Ordnung können theoretisch Helligkeitsmaxima auftreten?
c) Weisen Sie rechnerisch nach, dass die Spektren 2. und 3. Ordnung einander überlapp en, wenn sichtbares Licht aus dem Wellenlängenintervall
$400 \text{ nm} \leq \lambda \leq 750 \text{ nm}$ benutzt wird!

*3. Aufgabe – Menschliches Auge**

Schätzen Sie ab, welchen Durchmesser das Beugungsscheibchen auf der Netzhaut des menschlichen Auges besitzt, das von einem annähernd parallelen Lichtbündel erzeugt wird.

F Atomphysik

1. Bohrsches Atommodell

1. Klausuraufgabe – Grenzen des Bohrschen Atommodells

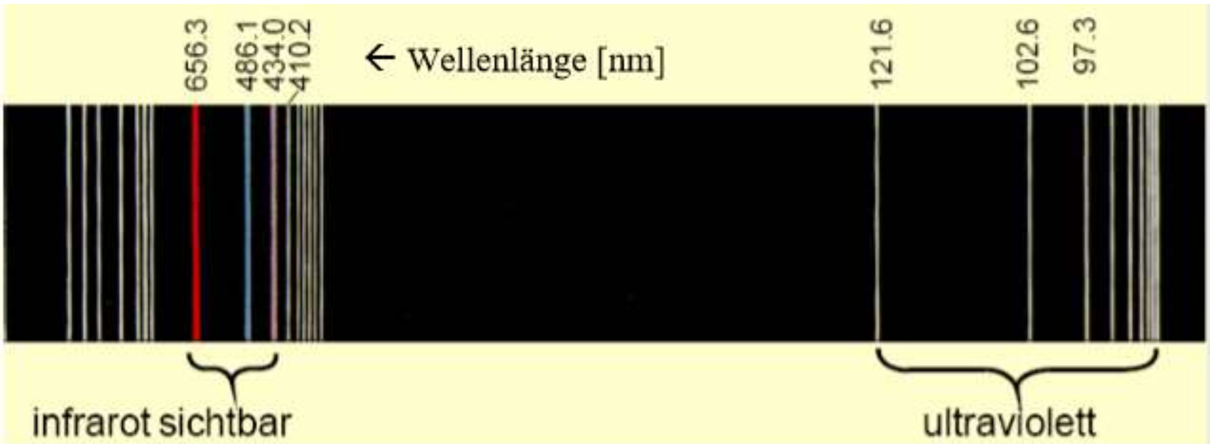
Im Bohr'schen Atommodell wird angenommen, dass die Elektronen auf Kreisbahnen um den Kern fliegen. Dabei wirkt der positiv geladene Kern des Atoms anziehend auf das Elektron, es wirkt die Coulombkraft. Damit eine stabile Kreisbahn entsteht, muss die auf das Elektron wirkende Zentrifugalkraft der Coulombkraft entsprechen. Um tatsächlich die notwendige Zentrifugalkraft zu erreichen, müsste das Elektron bei höheren Kernladungszahlen (Anzahl positiv geladener Protonen im Kern) mit Geschwindigkeiten in der Größenordnung der Lichtgeschwindigkeit fliegen. Diese Geschwindigkeit soll berechnet werden.

a) Berechnen Sie aus den Formeln für die 1. Umlaufbahn um den Kern (Radius r_1), die Coulombkraft und die Zentrifugalkraft eine Formel für die notwendige Geschwindigkeit der Kreisbewegung. Die Formel sollte eine Abhängigkeit von der Kernladungszahl aufweisen.
b) Bestimmen Sie die Kernladungszahl, ab der ein Elektron mit mehr als 10% der Lichtgeschwindigkeit (*c= 300.000 km/s*) fliegen müsste. Ist dies möglich?

Hinweis: Nehmen Sie für die Masse des Elektrons $m_e = 9{,}109 \cdot 10^{-31}$kg an. Die Ladung eines Atomkerns mit Kernladungszahl n beträgt q=n·e, ist jedoch postiv.

2. Klausuraufgabe – Linienspektren

Das Bohrsche Atommodell soll anhand von einem Emissionsspektrum von Wasserstoff überprüft werden. Zu ausgewählten Linien des Emissionsspektrums sind die Wellenlängen in nm angegeben. Entsprechend dem Orbital m, auf dem sich das Elektron nach der Emission des Photons befindet, werden die Übergänge zu Serien zusammengefasst. Berechnen Sie für die angegebenen Spektrallinien die Lichtfrequenz, die zugehörende Energie in Joule und Elektronenvolt eV (1eV = 1,602 $\cdot 10^{-19}$V). Begründen Sie, um welchen Übergang es sich jeweils handelt und geben Sie die zugehörende Serienbezeichnung an.



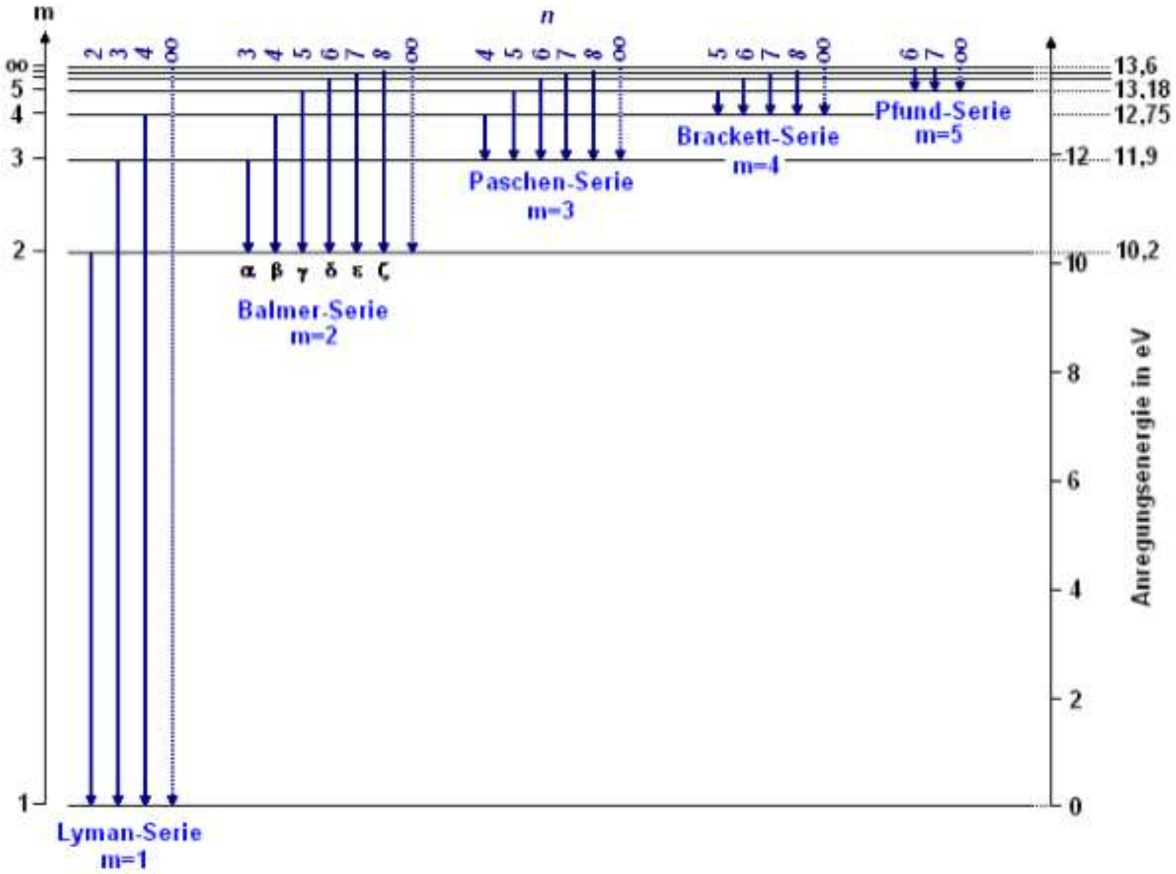


Tabelle 1- Einige Spektrallinien des Wasserstoffs

Wellenlänge λ [nm]	Frequenz f [10^{-14} Hz]	Energie E [eV]	Energie E [J]	Übergang	Serie/ Bezeichnung
656,3					
486,1					
434,0					
121,6					
102,6					
97,3					

2. Photoeffekt*

1. Aufgabe – Photoeffekt

Die mit Barium beschichtete Kathode einer Vakuum-Photozelle wird mit monochromatischem Licht bestrahlt.

a) Wenden Sie den Energieerhaltungssatz auf diesen Vorgang an und leiten Sie daraus eine Gleichung zur Berechnung der Frequenz des Lichts her.
b) Die Austrittsarbeit für Barium beträgt W_A(Ba)=2,52 eV, wobei 1eV= 1,602 $\cdot 10^{-19}$ J ist. Ermitteln Sie die Grenzwellenlänge des eingestrahlten Lichtes, ab der keine Elektronen mehr emittiert werden.
c) Bei Verwendung von Licht einer anderen Wellenlänge verlassen die Elektronen die Kathodenoberfläche mit einer Geschwindigkeit von 460 km/s. Berechnen Sie die zugehörende Wellenlänge des Lichts.

2. Klausuraufgabe – Photoeffekt

Mit Hilfe einer Photozelle wird der Photoeffekt untersucht. Es wird die Bremsspannung U gemessen, bei der der Photostrom zum Erliegen kommt. Diese Bremsspannung ist abhängig von der Frequenz des eingestrahlten Lichtes. Die Erklärung des Photoeffekts besagt, dass von den einfallenden Photonen Elektronen aus dem Anodenmaterial herausgeschlagen werden und mit einer Geschwindigkeit V in Richtung der Kathode davonfliegen. Diese Bewegung wird durch die Kathoden-Anodenspannung U abgebremst. Dabei wird die Energie des Photons $W = h \cdot f_{Photon}$ in kinetische Energie und Ablöseenergie (die zum Herausschlagen des Elektrons aus dem Material benötigt wird) umgesetzt:

$$W_{kin} + W_{Ablöse} = \frac{1}{2}mv^2 + W_{Ablöse}$$

Die kinetische Energie entspricht der Arbeit zum Bewegen der Ladung *e* gegen die Spannung *U*:

$$W_{kin} = e \cdot U$$

Die gemessenen Werte bei dem Experiment lauten:

$$v = 7{,}3 \cdot 10^{14}\ Hz => U = 1V$$

$$v = 6{,}1 \cdot 10^{14}\ Hz => U = 0{,}4V$$

a) Bestimmen Sie die Ablöseenergie $W_{Ablöse}$
b) Bestimmen Sie das Plancksche Wirkungsquantum *h*

Hinweis: Nehmen Sie die Ladung e des Elektrons als e=1,602·10^{-19}C an. Die Masse des Elektrons wird nicht benötigt, der Term hebt sich bei passender Umstellung der Gleichungen heraus.

G Kurzfragen

Geben Sie an, ob die folgenden Aussagen richtig oder falsch sind und begründen Sie Ihre Entscheidung.

a. Ein Körper, der sich mit konstantem Geschwindigkeitsbetrag auf einer Kreisbahn bewegt, erfährt keine Beschleunigung.
b. Da die Erde sich dreht, hat die Fallbeschleunigung g nicht überall auf der Erdoberfläche den Wert $g = 9{,}81\ m/s^2$.
c. Auf der Verbindungslinie zwischen zwei positiven Ladungen ist das elektrische Feld niemals Null.
d. Das Bohrsche Modell des Wasserstoffatoms wird "Planetenmodell" genannt, weil es das Newtonsche Gravitationsgesetz verwendet.