

# Spezielle Diskussionsaufgaben mit bemerkenswerten Resultaten - ohne Lösungen – bezogen auf den Stoff

***Aufgaben, wie sie an einer Prüfung gestellt werden können – daher ohne Lösungen - wird fortlaufend ergänzt***

Hier gilt das Prinzip: Unsere Schule ist praxisorientiert. In der Praxis muss man die Lösungen zu den Problemen, welche zentralen die Gegenstände der eigenen Arbeit sind, selber finden.

**Spezielle Diskussionsaufgaben mit bemerkenswerten Resultaten - ohne Lösungen – bezogen auf den Stoff ..... 1**

***Aufgaben, wie sie an einer Prüfung gestellt werden können – daher ohne Lösungen - wird fortlaufend ergänzt..... 1***

Zu H\_01: Modell und Wirklichkeit / Prinzipien / Hypothesen ..... 2

Zu H\_02: Einheiten..... 2

Zu H\_03: Über die Materie ..... 3

Zu H\_04: Punktmechanik..... 3

Zu H\_05: Kraft / Masse / Gewicht ..... 4

Zu H\_06: Arbeit / Energie / Leistung / Impuls ..... 6

Zu H\_07: Starre ausgedehnte Körper: Statik, Dynamik, ..... 7

Zu H\_08: Gravitation ..... 10

Zu H\_09: Hydromechanik Aeromechanik..... 12

Zu H\_10: Aus der Wärmelehre..... 13

Zu H\_11: Schwingungen..... 14

Zu H\_12: Wellen ..... 14

Zu H\_13: Schall ..... 15

Zu H\_14: Optik..... 15

Zu H\_15: Elektrostatik..... 16

Zu H_16: Elektrischer Strom, Elektrodynamik .....	17
Zu H_17: Magnetismus .....	19
Zu H_18: Elektrotechnik.....	19
Zu H_19: Elektromagnetische Schwingungen, Wellen .....	19
Zu H_20 ff: Weitere Themen .....	19
Basisgrößen: Download.....	19

## Zu H\_01: Modell und Wirklichkeit / Prinzipien / Hypothesen

1. **Sinnvolle oder unsinnige Experimente?** Eine Schulklasse möchte alle möglichen Sitzordnungen durchprobieren. Sie ist gut trainiert, sehr langlebig und braucht keinen Schlaf usw. Man bringt es fertig, pro 10 Sekunden eine neue Sitzordnung auf den nummerierten Stühlen herzustellen. Wie lange dauert es in Universenalter (UA), wenn man alle Ordnungen durchspielt? (Die Zeiten mit dem Alter des Universums vergleichen, 1 UA ist ca. 13.6 Milliarden Jahre)
  - 1.1. Mit 20 Studierenden?
  - 1.2. Mit 40 Studierenden?
  - 1.3. Mit 60 Studierenden?

## Zu H\_02: Einheiten

Beschaffe dir folgende Daten: Mittlerer Radius  $r$  der Erde, Distanz  $d$  bis zum nächsten Fixstern (Proxima Centauri), Durchmesser  $D$  der Milchstrasse? Alter  $u$  des Universums, Radius  $R$  des Universums, Lichtgeschwindigkeit  $c$ , Masse der Erde, Erdbahndurchmesser  $b$ . Beschaffe dir ebenfalls die weiteren notwendigen Eingangsdaten:

1. **Wie schnell geht das?**
  - 1.1. Wie lange dauert es, um mit einem Fahrzeug oder einem Boot, welche konstant 30 km/h zurücklegen, auf einer Großkreis die Erde zu umrunden?
  - 1.2. Du fliegst mit einem Raumschiff so schnell, dass es 1 sec dauert, um eine Distanz zurückzulegen, welche gleich dem Erddurchmesser ist. Wie lange würde ein Flug mit dieser mittleren Geschwindigkeit bis zum nächsten Fixstern dauern?
  - 1.3. Wie lange braucht ein Lichtstrahl um die Milchstrasse zu durchqueren?
  - 1.4. Wie lange braucht ein Lichtstrahl, um eine Distanz vom Rande des Universums bis zu uns zurückzulegen?
2. **Wie weit ist das?**
  - 2.1. Berechne mit Hilfe der oben zusammengestellten Daten: Wie weit ist ein Stern entfernt, von dem aus man den Erdbahndurchmesser unter einem Winkel von einer Bogensekunde sieht (parsec)?
  - 2.2. Was ist eine Astronomische Einheit?

- 2.3. Sie groß ist ein Lichtjahr in km?
3. **Vergleiche:**
- 3.1. Wie groß wäre die Masse der Erde, wenn sie die spezifische Dichte von Eisen im Normalzustand hätte?
- 3.2. Vergleiche die berechnete Masse mit der tatsächlichen Masse der Erde, welche in der Literatur (Tabellenbücher) zu finden ist.
- 3.3. Wie oft kann man das Volumen des Mondes in das Volumen der Erde einpacken?
- 3.4. Wie oft kann man das Volumen der Erde in das Volumen der Sonne einpacken?
- 3.5. Wie oft kann man die Masse der Erde in die Masse der Sonne einpacken?
4. **Berechne:**
- 4.1. Um die Breite eines Sees herauszufinden misst man auf dem Lande ein Dreieck ABC aus. A liegt auf der linken Seeseite, B auf der rechten und C am See-Ende in einem Acker. Die Strecken  $a = |BC|$  und  $b = |AC|$  sind messbar. Gleiches gilt für den Winkel  $\gamma = \angle(ACB)$  bei C. Man misst sorgfältig:  $a = 248.94 \pm 0.04$  m,  $b = 415.86 \pm 0.04$  m und  $\gamma = 54.2^\circ \pm 0.02^\circ$ . Berechne die Distanz  $c$  und auch den dazugehörigen Messfehler.

### Zu H\_03: Über die Materie

Beschaffe dir notwendigen Eingangsdaten. **Vergleiche:**

1. Wie viele Atome würde ein Mensch besitzen, wenn er ganz aus Kohlenstoff bestehen würde?
2. Wie viele Atome würde die Erde besitzen, wenn sie ganz aus Eisen bestehen würde?
3. Wie viele Atome würde die Sonne besitzen, wenn sie ganz aus Wasser bestehen würde?
4. Vergleiche die letzte berechnete Zahl mit dem Alter des Universums in Sekunden und auch mit dem Durchmesser des Universums in Millimeter.

### Zu H\_04: Punktmechanik

Beschaffe dir die notwendigen Eingangsdaten. **Probleme:**

1. Ein Körper fällt mit der konstanten Erdbeschleunigung  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  von den Grenzen des Universums in Richtung Erde. Auf der ganzen Fallstrecke sind für diese Aufgabe die physikalischen Gesetze wie folgt verändert: Die Lichtgeschwindigkeit kann überschritten werden.
  - 1.1. Berechne die notwendige Zeitdauer und vergleiche diese mit dem Alter des Universums.
  - 1.2. Berechne seine Geschwindigkeit bei der Ankunft auf der Erde und vergleiche diese mit der Lichtgeschwindigkeit (= Grenzgeschwindigkeit, welche sonst nicht überschritten werden kann.)
2. Ein Motorradfahrer kommt außerorts mit 100 km/h daher und sieht die Ortseingangstafel sowie die Verkehrstafel für die maximale

Innerortsgeschwindigkeit von 50 km/h. Es bleiben ihm noch 50 Meter um abzubremesen.

- 2.1. Welche Negativbeschleunigung würde er erfahren, wenn es ihm gelingen würde, bis zur Ortstafel auf 50 km/h abzubremesen? Vergleiche diese mit der Erdbeschleunigung.
- 2.2. Wie wäre es, wenn die Abbremsung auf 0 km/h erfolgen würde?
- 2.3. Wie wäre es für den Motorradfahrer, wenn er nur 20 m zur Verfügung hätte?
3. Welche Ausflussgeschwindigkeit ist bei einer Brunnenröhre notwendig, damit bei horizontalem Ausfluss ein Punkt auf dem Boden in 2 m Tiefe und 2 m horizontaler Entfernung vor der Ausflussöffnung getroffen wird?
4. Jemand schießt mit Schallgeschwindigkeit ein Projektil ab mit der Masse 0.1 kg. Der Abschusswinkel gegen die Horizontale beträgt von  $45^\circ$ .
  - 4.1. Wie weit weg vom Abschusspunkt trifft das Projektil wieder auf den Boden?
  - 4.2. Wie hoch fliegt es maximal?
5. Eine Kanone schießt eine Kugel von 1 kg ab mit der Abschussgeschwindigkeit =  $1.5 \cdot$  Überschallgeschwindigkeit. In welchem Winkel muss man die Kanone gegen die Horizontale aufstellen, damit ein 1 km horizontal entfernter Punkt getroffen wird? (Ist das Problem so eindeutig lösbar?)
6. Ein Rad von 10 cm Durchmesser dreht mit 1000 Umdrehungen pro Minute. Auf dem Rad klebt ein Kaugummi. Im dem Moment, wo sich der Kaugummi auf der Rad exakt senkrecht nach oben bewegt, löst sich der Kaugummi vom Rad und fliegt tangential nach oben weg.
  - 6.1. Frage: Trifft er die 10 m höher hängende Lampe, oder fällt er vorher wieder nach unten?
  - 6.2. Berechne auch die Frequenz, die Umlaufzeit und die Winkelgeschwindigkeit bei 1000 Umdrehungen pro Minute.

## Zu H\_05: Kraft / Masse / Gewicht

Beschaffe dir notwendigen Eingangsdaten. **Probleme:**

1. Auf ein Fahrzeug mit der Masse von 500 kg wirkt eine Antriebskraft von 5 kN. Das Auto wird 10 Sekunden mit der zugehörigen Beschleunigung beschleunigt. Dann wird es mit einer Negativbeschleunigung von  $a = 4 \text{ m/s}^2$  während 4 s verzögert. Anschliessend fährt es mit der erreichten Geschwindigkeit eine Minute geradeaus. Dann nimmt die Geschwindigkeit pro Sekunde während 5 s um 3 m/s linear zu. Anschliessend nimmt die Geschwindigkeit während 200 m linear ab bis zum Stillstand. Berechne, falls möglich, die Durchschnittsgeschwindigkeit.
2. An einem gegebenen Körper wirkt eine Kraft  $F_1 = 10 \text{ N}$ . Im senkrechten Abstand von 0.20 m wirkt eine zweite Kraft  $F_2 = 30 \text{ N}$ . Bestimme die Größe und die Lage der Resultierenden.
3. Auf einem Wagen mit der Masse  $m_1 = 0.230 \text{ kg}$  liegt eine Masse  $m_2 = 1.428 \text{ kg}$ . Der Wagen ist in Ruhe und steht auf einer horizontalen Ebene. Nun wird am Wagen eine Schnur befestigt, an den man ihn horizontal zu einer Umlenkrolle ziehen kann. Ans andern Ende der Schnur wird eine Masse  $m_3 = 2.500 \text{ kg}$  gehängt. Die Vorderkante des Wagens befindet sich 1.00 m von der Umlenkrolle

- entfernt. Mit welcher Geschwindigkeit wird der Wagen auf die Umlenkrolle prallen?
4. Huckleberry Finn packt seine schwarze tote Katze am Schwanz. Sie wiegt exakt 1.00 kg.
    - 4.1. Welche Kraft übt die Katze auf Hucks Schultergelenk aus, wenn er sie mit 2 Umdrehungen pro Sekunde um seinen Kopf schwingt und die Gewichtskraft nicht beachtet werden soll? Der Abstand von der Drehachse bis zum Schwerpunkt der Katze beträgt 1.30 m.
    - 4.2. Wie groß ist die Kraft, wenn die Schwerkraft mitgerechnet wird?
  5. Ein Satellit befindet sich auf einer Höhe, auf der die Erdbeschleunigung noch  $9.37 \text{ m/s}^2$  beträgt.
    - 5.1. Berechne den Bahnradius in km. (Gravitationsgesetz notwendig.)
    - 5.2. Wie groß muss seine Umlaufgeschwindigkeit sein, damit seine Bahn stationär wird, d.h. damit der Radius etwa konstant bleibt?
  6. Eine Leiter steht an einer Wand. Die Reibzahl am Boden für die Haftreibung ist  $= 0.2$ . Die Leiter ist 5 m lang. In der Mitte der Leiter steht ein Mann mit einer Masse von 90 kg. Die Leiter selbst hat eine Masse von 10 kg. Wie groß muss der Anstellwinkel mindesten sein, damit die Leiter nicht rutscht?
    - 6.1. Wenn der Haftreibungskoeffizient an der Wand 0 ist?
    - 6.2. Wenn der Haftreibungskoeffizient an der Wand ebenfalls 0.2 ist?
  7. Ein Radfahrer mit einer Masse von 60 kg (inklusive Fahrrad) durchfährt eine Kurve mit dem Radius  $r = 15 \text{ m}$  mit einer Geschwindigkeit  $v = 30 \text{ km/h}$ . Berechne den Anstellwinkel des Fahrrades (Neigungswinkel von Horizontale gegen die Linie vom Bodenberührungspunkt zum Schwerpunkt).
  8. Skifahren: Auf einer schiefen Ebene mit der Neigung von 50 Grad beginnt ein Körper mit der Masse  $m = 60 \text{ kg}$  zu gleiten. Der Gleitreibungskoeffizient ist  $= 0.05$ .
    - 8.1. Wie groß ist seine Geschwindigkeit nach einer Gleitdistanz von 100 m? (Luftwiderstand vernachlässigt.)
    - 8.2. Hat die Masse auf das Resultat einen Einfluss?
  9. Eisenbahn: Eine 0.2 kg schwere Lokomotive einer Modelleisenbahn fährt auf einem kreisrunden Schienenweg von 1 m mittlerem Durchmesser im Kreis herum. Die Geschwindigkeit ist so eingestellt, dass sie eine Runde in 15 sec fährt. Nun werden beidseitig parallel in den Kreis je ein gerades Stück Schiene von 20 cm Länge eingebaut. Dann geht die Fahrt wieder los wie vorhin. Doch oh Schreck: Gerade wo die Lokomotive beim Übergang aus einem der geraden Stücke in den Kreisbogen die volle Geschwindigkeit wie vorher erreicht hat, fällt sie jetzt aus den Schienen, das hätte sie einen Schlag bekommen. Bei der mehrfachen Wiederholung der Durchfahrt passiert immer das gleiche Übel. Was also ist an diesem Punkte los?
    - 9.1. Hinweis: Studiere die Zentripetalbeschleunigung während der Fahrt.
    - 9.2. Was lassen sich daher für die Kraft für Schlüsse ziehen?
  10. Wie könnte man den Rollwiderstandskoeffizienten von Stahl auf Stahl mit Hilfe einer Kugel oder einem Rad bestimmen? (Skizziere mögliche Versuchsanordnungen und beschreibe die Vor- und Nachteile.)
  11. An einem 5.00 m langen horizontalen Hebelarm hängt vorne eine Masse von 100 kg. Der Hebelarm liegt frei auf einer Stütze auf. Hinter der Stütze ist er im Abstand von 0.500 m in ein Loch in der Mauer eingelassen. Berechne alle Kräfte mitsamt deren Richtungen an diesem Hebelarm.
  12. Aus einer Mauer ragt ein horizontaler Hebelarm mit einer Länge von 6 m. An ihm hängt vorne eine Masse von 100 kg. Der Hebelarm ist genau in seiner Mitte

unterstützt durch eine Balkenstütze, welche mit dem Hebelarm einen Winkel von  $45^\circ$  bildet und genau unterhalb des Hebelarms in die Mauer eingelassen ist.

- 12.1. Berechne alle Kräfte am Hebelarm und an der Stütze.
- 12.2. Berechne auch alle Kräfte an der Wand.
- 12.3. Berechne allfällige Momente am Unterstützungspunkt in der Mitte.

## Zu H\_06: Arbeit / Energie / Leistung / Impuls

Beschaffe dir, falls notwendig, die benötigten Eingangsdaten. **Probleme:**

1. Wir nehmen an, dass der Mond plötzlich seine Geschwindigkeit verlieren würde und somit stillsteht. Dann wird der von der Erde, und nur von der Erde angezogen. Berechne seine Geschwindigkeit kurz von der Berührung der Erde (Aufprall).
2. Mit einer Pistole wird senkrecht nach oben in die Luft geschossen. Den zu hörende Knall wollen wir als Überschallknall interpretieren. Das abgefeuerte Projektil besteht im Wesentlichen aus Blei. Es ist etwa 7.5 mm im Durchmesser und 25 mm lang. Da es vorne in eine Spitze ausläuft, besitzt es nur ca. 70 % der Masse wie sie ein Zylinder mit den angegebenen Ausmassen haben würde. Wie hoch fliegt das Projektil, wenn man den Luftwiderstand vernachlässigt und  $g$  als konstant annimmt?
  - 2.1. Wenn  $v = v_{\text{Schall}}$  ist beim Verlassen des Laufs.
  - 2.2. Wenn  $v = 1.5 \cdot v_{\text{Schall}}$  ist beim Verlassen des Laufs.
  - 2.3. Wenn  $v = 2.0 \cdot v_{\text{Schall}}$  ist beim Verlassen des Laufs.
  - 2.4. Vergleiche die errechneten Höhen mit der Distanz der Erde zum Mond.
3. Ein Fallschirmspringer mit einer Masse  $m = 75 \text{ kg}$  steigt in 1000 m Höhe über Grund aus dem Flugzeug. Wir nehmen  $g$  als konstant an (Normalwert). Zuerst fliegt er beschleunigt nach unten, zieht dann an der Leine und sinkt darauf mit einer etwa konstanten Geschwindigkeit. Diese Geschwindigkeit wird bei der Landung gemessen. Man gibt sie mit 3 m / sec an. Diese konstant bleibende Geschwindigkeit ist nur möglich, weil ein Kräftegleichgewicht herrscht. Die Gravitationskraft befindet sich im Gleichgewicht mit dem Luftwiderstand, welcher mit  $F_L = \text{const.}(m, A) \cdot v^2$  angegeben wird. Dabei hat man herausgefunden:  $\text{const.}(m, A) = m \cdot A \cdot k$ ,  $A = \text{Schirmstirnfläche} = 25 \text{ m}^2$ . Kennt man  $k$  so kann man den Fallschirmsprung auch für andere Parameter damit behandeln.
  - 3.1. Berechne  $k$ .
  - 3.2. Berechne die Landegeschwindigkeit bei einem Springer von 80 kg mit einem Fallschirm mit  $30 \text{ m}^2$  Stirnfläche (wirksame Schirmfläche).
  - 3.3. Berechne die Energie, welche beim Sprung des ersten Springers in die Luftverwirbelung abgeflossen ist (ursprüngliche Energie minus bei der Landung noch vorhandene Energie).
4. Mit zwei Fahrzeugen, welche vorne mit genügend starken Federn bestückt sind, fahren frontal aufeinander. Dabei handelt es sich um einen elastischen Stoss. Die folgenden Daten sind bekannt:  $m_1 = 3 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 2 \text{ kg}$ ,  $v_1 = (+) 0.4 \text{ m/sec}$ ,  $v_2 = (-) 0.6 \text{ m/sec}$ .
  - 4.1. Berechne die Geschwindigkeiten nach dem Stoss. Beachte dabei die Richtungen.
  - 4.2. *Hinweis:* Verwende den Impulssatz und den Energiesatz.

5. An Fäden gleicher Länge sind Stahlkugeln gleicher Masse  $m$  in einer Reihe aufgehängt. Die Kugeln berühren sich. Sie können aber schwingen.
  - 5.1. Der Fall von 3 losen Kugeln: Zwei benachbarte Kugeln werden in der Richtung der Kugelreihe nach aussen auf die Höhe  $h$  hochgezogen. Die dritte Kugel wird ebenfalls auf die Höhe  $h$  hochgezogen, jedoch in der Gegenrichtung. Alle Kugeln werden gleichzeitig losgelassen. Unten angekommen erfahren sie je einen elastischen Stoss. Wie schwingen sie dann weiter? (Geschwindigkeit? Richtung?)
  - 5.2. Der Fall von 2 benachbarten gekoppelten Kugeln (z.B. mit Klebeband aneinander befestigt, so dass ein Körper mit 2 Kugeln der Masse  $2m$  entsteht): Man verfährt wie im letzten Fall. Was passiert?
    - 5.2.1. *Hinweis:* Verwende den Energiesatz und den Impulssatz zusammen.
6. Eine Billard-Kugel hat einen Durchmesser von 57,2 mm und wiegt 170 g. Sie stösst elastisch mit einer Geschwindigkeit von 1.000 m / s gegen eine zweite gleiche Kugel in einer Art, dass nach dem Stoss beide Kugeln in einem rechten Winkel auseinander laufen und ihre Richtungen mit der Richtung der ursprünglich daherkommenden Kugel einen  $45^\circ$ -Winkel bilden. Berechne die Geschwindigkeit der beiden auseinander laufenden Kugeln einzeln nach dem Stoss, wenn ihre Rotation vernachlässigt werden soll.
  - 6.1. Mit dem Energiesatz.
  - 6.2. Mit dem Impulssatz.
7. Betrachte die Formel  $F = m a$  in ihrer vektorisierten Form.
  - 7.1. Erkläre in drei kurzen und prägnanten Sätzen um was es hier geht und wie man diese Aussage begründen kann. (Schliesslich könnte ja jeder so etwas reichlich voll Phantasie behaupten. „Wo käme man dann da hin!“)
  - 7.2. Man hat schon früh herausgefunden und in der Lernpsychologie auch bestätigen können, dass verstehen ein gradueller Prozess ist. Denke darüber nach und versuche dann, deine Erklärung der Formel nochmals zu überarbeiten: Kürzer, prägnanter, mehr darauf achtend, was wirklich bei der Sache wichtig ist, bis es nicht mehr geht.
  - 7.3. Diskutiere dein Ergebnis mit andern. Vergleiche deine Ergebnisse mit den Ergebnissen der andern. Erarbeite einen Konsens.

## Zu H\_07: Starre ausgedehnte Körper: Statik, Dynamik, ...

1. Auf einer schiefen Ebene mit dem Anstellwinkel  $\alpha = 60^\circ$  gegen die Horizontale in der Höhe 1.2 m über der Horizontalen wird ein Körper (vordere Kante) der Masse 1.2 kg gelegt. Der Gleitreibungskoeffizient ist  $\mu_G = 0.12$ . Der Körper wird nun losgelassen, sodass er nach unten rutscht.
  - 1.1. Wie gross ist seine Aufprallgeschwindigkeit?
  - 1.2. Wie gross ist seine Aufprallenergie?
2. Auf einer schiefen Ebene mit dem Anstellwinkel  $\alpha = 30^\circ$  gegen die Horizontale in der Höhe 1 m über der Horizontalen wird ein Körper der Masse 0.5 kg gelegt. Der Körper ist an seinen Enden mit Rundungen versehen. Ebenso befindet sich beim Übergang der schiefen Ebene in die Horizontale eine Rundung (Punkt A). Nach diesem Übergang in die Horizontale ist die Ebene Abgedeutert. Federn sollen die Kräfte (und auch die Energie) aufnehmen, welche dann senkrecht auf die Horizontale wirken, wenn der Körper unten ankommt. Man lässt dann den Körper

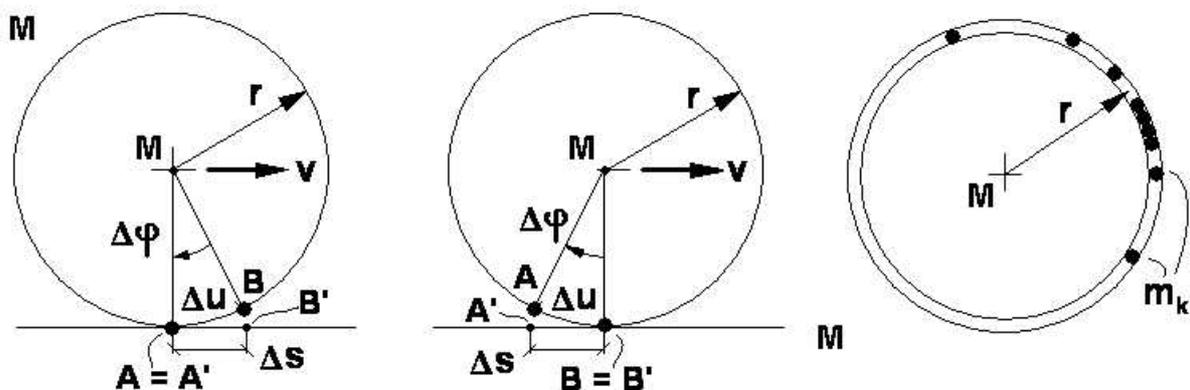
nach unten sausen. Danach legt er noch eine gewisse Strecke  $w$  auf der Horizontalen zurück, bis er zum Stillstand kommt.

- 2.1. Berechne die Hangabtriebskraft ohne Reibung, die Normalkraft sowie die Reibkraft bei einem Gleitreibungskoeffizient  $\mu_G = 0.1$ .
- 2.2. Berechne die noch vorhandene kinetische Energie im Punkt A.
- 2.3. In A wird ein Teil der Energie in den Federn gespeichert, der andere Teil dient zur horizontalen Weiterbewegung des Körpers mit derselben Reibungssituation wie vorher. Wie weit bewegt sich der Körper noch von A horizontal vorwärts (Distanz  $w$ ) bis zum Stillstand?
- 2.4. Wie weit käme der Körper, wenn er rollen würde? (4 scheibenförmige Räder mit Durchmesser 7 cm von je 50 g zusätzlich, überall gleich dick, Loch für die Achse vernachlässigt.)
- 2.5. Wie weit käme der Körper bei  $\alpha = 60^\circ$  gegen die Horizontale und Gleitsituation, alle andern Parameter gleich wie oben?
- 2.6. Wie weit käme der Körper bei  $\alpha = 60^\circ$  gegen die Horizontale und Rollsituation, alle andern Parameter gleich wie oben?
3. Eine Welle dreht sich mit 1000 Umdrehungen pro Minute. Berechne die Zentripetalkraft in einer Stange, welche senkrecht an der Welle befestigt ist in im Abstand  $r$  von der Achse der Welle eine Masse von 1 kg befestigt hat.
  - 3.1. Bei  $r = 5.0$  cm.
  - 3.2. Bei  $r = 10$  cm.
  - 3.3. Bei  $r = 50$  cm.
  - 3.4. Bei  $r = 1.00$  m.
4. Ein Schwungrad besteht aus einer horizontalen Achse und einer bleiernen Schwungmasse mit rechteckigem Querschnitt der Breite 5 cm, einem Innendurchmesser von 10 cm und einem Aussendurchmesser von 20 cm. Die Masse der Fassung, der Welle und der Speichen ist zu vernachlässigen. Berechne die gespeicherte Energie bei einer Tourenzahl von
  - 4.1. 100 Umdrehungen / Minute = 100 U / Min.
  - 4.2. 1000 U / Min.
  - 4.3. 10000 U / Min.
  - 4.4. Vergleiche die Energie je mit der potentiellen Energie, welche man benötigt um die Masse in eine Höhe  $h_a$  zu bringen. Berechne jeweils  $h$ .
5. Berechne die Länge  $L$  eines Drahtes aus Baustahl 33 (Bruchspannung nachschlagen) mit dem Durchmesser  $d$ , bei welcher der Draht infolge des Eigengewichts zerreisst. (Als Zerreisspannung die tabellierte Bruchspannung verwenden.)
  - 5.1.  $d = 5$  mm.
  - 5.2.  $d = 10$  mm.
  - 5.3.  $d = 20$  mm.
6. Eine Dame von 100 kg trägt Bleistiftabsätze mit einem Untendurchmesser von 5 mm. Chic!
  - 6.1. Wie gross ist die Druckspannung, wenn sie auf einem Absatz steht?
  - 6.2. Vergleich: Ein Lastwagen mit vier Rädern besitzt bei Stillstand eine Pneu-Auflagefläche pro Rad von 20 mal 20 cm<sup>2</sup>. Wie wer muss das Fahrzeug samt Ladung sein, damit es denselben Bodendruck erzeugt wie die Dame?
7. Ein Sack mit 2.5 kg Sand ist fest gestopft. Er hängt an einem dünnen Drahtseil, welches über eine Rolle gelagert ist. Vom Schwerpunkt des Sacks bis zum Rollenmittelpunkt ist eine Höhendifferenz von 1.20 m. Nun zieht man den Sack seitlich soweit hoch, bis die Höhe des Schwerpunkts über der Normallage 40 cm

beträgt und lässt den Sack schwingen. Auf der anderen Seite erreicht er bei der ersten Schwingung nur 38 cm.

- 7.1. Berechne die kinetische Energie, wenn der Sack unten erstmals durchschwingt.
- 7.2. Beziffere den Energieverlust infolge Reibung u.s.w. bei obiger Rechnung.
- 7.3. Der Sack wird unten innerhalb von 0.1 sec auf  $v = 0$  m / sec abgebremst, weil dort ein Hindernis liegt. Berechne ungefähr die wirkende Kraft beim Aufschlag.
8. Ein Eisenbahnzug mit 50 Wagen (Leergewicht 20 Tonnen) transportiert je 2 Container. Diese haben die Abmessung 12,192 m x 2,438 m x 2,591 m. Alle sind bis oben mit Wasser gefüllt. Dazu kommen 2 Lokomotiven mit je 40 Tonnen. Der Zug fährt geradeaus mit einer Geschwindigkeit von 100 km/h. Andererseits hat das Atomkraftwerk Gösgen eine Nettoleistung von 970 MW und eine Bruttoleistung von 1.020 MW. Die Differenz wollen wir als Abwärme nutzen.
  - 8.1. Wie viele Eisenbahnzüge könnten wir mit der täglichen Abwärme maximal auf 100 km/h beschleunigen?
  - 8.2. Um einen Nagel einzuschlagen verwenden wir einen Hammer mit einer Masse von 400 g. Die Auftreffgeschwindigkeit auf dem Kopf des Nagels ist 2 m / sec. Wie viele solche Nägel können wir mit der täglichen Abwärme von Gösgen maximal einschlagen?
  - 8.3. Wie viele grosse Lastwagen mit einer Leistung von 380 PS könnte man mit dieser Abwärme gleichzeitig fahren lassen. (1 PS entspricht 0.73549875 kW. Vgl. <http://www.umrechnung.org/> )
9. An einer Feder hängt eine Masse  $m$ . Die Masse an der Feder wird um die Distanz  $s$  nach unten gezogen und losgelassen. Dann schwingt sie. Wie gross ist ihre Geschwindigkeit beim Durchgang durch die Ruhelage?
10. Eine Druckfeder mit der Federkonstanten  $D = 400$  N / m ist um  $\Delta x = 10$  cm zwischen zwei Körpern zusammengepresst. Damit ist in der Feder Energie gespeichert. Die Körper haben die Massen  $m_1 = 1$  kg und  $m_2 = 0.5$  kg. Die ganze Anordnung befindet sich in Ruhe auf einer Unterlage mit dem Gleitreibungskoeffizienten  $\mu = 0.05$ . Zur Zeit  $t_0$  wird die Arretierung der Feder schlagartig gelöst, sodass die beiden Massen auseinander getrieben werden und horizontal gleiten. Berechne, falls das möglich ist:
  - 10.1. Die in der Feder gespeicherte Energie.
  - 10.2. Die mittlere Federkraft, welche auf die Massen wirkt und damit jeweils die mittlere Beschleunigung.
  - 10.3. Die Anfangsgeschwindigkeiten, mit der die beiden Massen nach der Beschleunigungsphase sich auseinander bewegen. Das Federgewicht soll dabei vernachlässigt werden.
  - 10.4. Die Gleitreibungskräfte für die einzelnen Massen.
  - 10.5. Die durch die Gleitreibungskräfte erzeugten Negativbeschleunigungen (Bremsbeschleunigungen).
  - 10.6. Berechne damit jeweils die Zeit bis zum Stillstand.
  - 10.7. Berechne damit jeweils die zurückgelegte Distanz bis zum Stillstand.
11. Der Drehwinkel bei einer Drehbewegung beträgt  $\varphi = 4 + t + \cos(\omega t)$ . Zudem ist die Masse  $m_1 = 100$  g und der Radius  $r = 30$  cm sowie auf derselben Halbgerade  $m_2 = 140$  g und der Radius  $r = 20$  cm.
  - 11.1. Berechne die Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  und die Winkelbeschleunigung  $\alpha$ .
  - 11.2. Berechne das Trägheitsmoment.
  - 11.3. Berechne das Drehmoment, welches sich durch  $\alpha(t)$  ergibt.
  - 11.4. Berechne die kinetische Energie zum Zeitpunkt  $t = 1$  sec.

- 11.5. Berechne den Drehimpuls zum Zeitpunkt  $t = 1$  sec.
12. An einer Stange mit einem Drehlager hängen drei Massen:  $m_1 = 3$  kg im Abstand  $r = 1$  m vom Drehlager,  $m_2 = 2$  kg im Abstand  $r = 1.5$  m vom Drehlager und  $m_3 = 1$  kg im Abstand  $r = 2$  m vom Drehlager.
- 12.1. Bestimme den Massenschwerpunkt.
- 12.2. Bestimme das Trägheitsmoment bezüglich des Schwerpunkts.
- 12.3. Bestimme das Trägheitsmoment bezüglich des Drehpunkts.
13. Modellierung: Ein Rad mit dem Radius  $r$  rollt auf einer Ebene. In der Zeit  $\Delta t$  legt es den Weg  $\Delta s$  zurück (siehe nachstehende Skizze).  $\Delta s = \Delta u$  ist sowohl der Weg des Radmittelpunktes  $M$  wie auch die Distanz zwischen den Berührungspunkten auf der Unterlage  $A'$  und  $B'$ . Wie groß ist die Winkelgeschwindigkeit  $\omega$ , wenn man diese durch  $r$  und die Momentangeschwindigkeit  $v = \Delta s / \Delta t$  ausdrückt?



14. Ein Rad besteht aus 120 kleinvolumigen Massen  $m_k$  von je 10 g, welche um einen Mittelpunkt  $M$  im gleichen Mittelpunktabstand  $r = 20$  cm verteilt sind. Dieses Rad lässt man aus einer Höhe  $h$  über dem Boden eine schiefe Ebene (Rollweg  $s = 2$  m, Anstellwinkel  $= 45^\circ$ ) hinunterrollen. Berechne (unter Verwendung des Resultats der letzten Aufgabe):
- 14.1 Das Trägheitsmoment des Rades.
- 14.2 Die Geschwindigkeit welche das Rad hat, wenn es den Weg  $s$  zurückgelegt hat.
- 14.3 Die kinetische Energie des Rades im Moment, wo es unten ankommt.
- 14.4 Die Rotationsenergie des Rades im Moment wenn es unten ankommt.
- 14.5 Die Zeit  $t_R$ , welche das Rad für den Weg braucht.
- 14.6 Die Zeit  $t_K$ , welche ein gleitender Vergleichskörper  $K$  auf derselben schiefen Ebene für denselben Weg braucht, wenn man die Reibungskräfte beim Gleiten vernachlässigt.
- 14.7 Die kinetische Energie des Körpers  $K$ , wenn er unten ankommt.
- 14.8 Die Federkonstante einer Drückfeder, welche um  $d = 20$  cm zusammengedrückt wird, wenn sie unten die Energie des Körpers  $K$  elastisch ohne Reibungsverluste aufnimmt.

## Zu H\_08: Gravitation

1. Berechne die Gravitationskraft und die Fliehkraft infolge der Erdrotation auf einen Körper in 500 m über Meer auf der Erde.

2. Mache dasselbe wie in der letzten Rechnung für den Mond in Bezug auf die Erde. Zur Vereinfachung wird angenommen, dass der Mond nicht um den gemeinsamen Schwerpunkt sondern um den Mittelpunkt der Erde rotiert.
3. Ein Stahldrahtseil mit dem Querschnitt, welcher einer Stange mit dem Durchmesser  $d = 3 \text{ cm}$  entspricht, wird hängt an einem riesigen Ballon.
  - 3.1. Wie lang darf das Seil werden, bis es infolge des Eigengewichts zerreisst?
  - 3.2. Was bedeutet dann das für die Auftriebskraft des Ballons?
  - 3.3. Wie hängt die Zerreakraft vom Durchmesser ab?
4. Ein Kreiskegel aus Eisen (homogen) mit einem Anstellwinkel von  $45^\circ$  wird auf halber Höhe abgeschnitten und wie in der letzten Aufgabe an einem riesigen Ballon befestigt.
  - 4.1. Wie gross darf sein Grundkreisradius sein, damit die obere Fläche die Zugkraft noch tragen kann?
5. So steht zu lesen, dass der Diktator ein Grabmal bekommen sollte, welches aus einer Vollkugel aus Beton von einem km Durchmesser besteht.
  - 5.1. Wie gross ist die Masse der Kugel?
  - 5.2. Wie gross ist die Gravitationskraft der Kugel?
  - 5.3. Wie gross ist die Fliehkraft der Kugel? (Bezogen auf die Gravitationskraft.)
  - 5.4. Wie gross muss der Durchmesser der säulenartigen Auflagefläche aus Beton sein, damit die die Kugel tragen kann? (Kugel als Vollkugel gerechnet)
  - 5.5. Wie ist die Situation, wenn man die Säule aus Hartholz macht?
  - 5.6. Wie ist die Situation, wenn man die Kugel aus Tannenholz macht?
  - 5.7. Mit welcher Kraft zieht eine solche Betonkugel eine zweite an, wenn der Abstand zwischen den Kugeln höchstens ein Prozent des Durchmessers beträgt?
  - 5.8. Wie gross müsste ein Rollwiderstandskoeffizient höchstens sein, damit die Kugel rollen könnte?
  - 5.9. Die zweite Kugel habe den Durchmesser  $d$ . Beschreibe die Anziehungskraft der Kugeln als Funktion von  $d$ .
  - 5.10. Wie gross ist die Zugspannung in einer vertikalen Querschnittsfläche durch den Kugelmittelpunkt bei der Betonkugel infolge der durch die Momente hervorgerufenen Kräfte auf beiden Seiten? Würde nicht armerter Beton das aushalten?
  - 5.11. Bricht eine gleich grosse Kugel auseinander?
  - 5.12. *Hinweise zur Lösung:*
    - 5.12.1. [http://rowicus.ch/Wir/Scripts/Hilfen/BetonKugeln\\_Loes.pdf](http://rowicus.ch/Wir/Scripts/Hilfen/BetonKugeln_Loes.pdf) (PDF)
    - 5.12.2. [http://rowicus.ch/Wir/Scripts/Hilfen/BetonKugeln\\_Loes.nb](http://rowicus.ch/Wir/Scripts/Hilfen/BetonKugeln_Loes.nb) (Source-Code, Mathematica-File .nb)
6. Repetition: Eine schiefe Ebene hat einen Neigungswinkel von  $45^\circ$  gegen die Horizontale. Darauf lässt man einen Gleitkörper (Masse =  $1.00 \text{ kg}$ ) mit durchwegs rechteckigen Querschnitten nach unten gleiten. Beim Loslassen des Körpers befindet sich seine untere Vorderkante  $1.00 \text{ m}$  über der Grundebene. Berechne die Geschwindigkeit beim Aufprall auf der Grundebene.
  - 6.1. Ohne Reibung.
  - 6.2. Mit Reibung: Gleitreibungskoeffizient  $\mu_G = 0.1$ .
7. Repetition: Ein Wagen mit einer Masse von  $8.00 \text{ kg}$  prallt frontal auf einen anderen mit einer Masse von  $1.00 \text{ kg}$ . Beide Wagen sind vorne mit Federn bestückt, so dass der Zusammenstoss elastisch erfolgt. Beide Wagen fahren je mit einer Geschwindigkeit von  $1 \text{ m/sec}$  aufeinander zu. Berechne ihre Geschwindigkeiten inklusive deren Richtungen nach dem Zusammenstoss.
8. Leite das Hebelgesetz her.

- 8.1. Aus dem Energiesatz.
- 8.2. Aus den Gleichgewichtsbedingungen der Statik.
9. Erkläre Flut und Ebbe.
10. Repetition: Erkläre die Corioliskraft.

## Zu H\_09: Hydromechanik Aeromechanik

1. An einem Flüssigkeitsbarometer, welches mit Quecksilber funktioniert, wird eine Säulenhöhe von 76.0 cm abgelesen. Berechne den herrschenden Luftdruck.
  - 1.1. In Pa.
  - 1.2. In bar.
2. Mit einem Hydraulikkolben von 20 cm Durchmesser soll eine Masse von einer Tonne gehoben werden. Der genannte Kolben ist mittels eines Druckschlauches mit einem zweiten Kolben von 1.0 cm Durchmesser verbunden.
  - 2.1. Wie gross muss die Kraft auf den zweiten Kolben sein, damit die Masse nach oben bewegt werden kann?
  - 2.2. Um welche Strecke muss man bei einer idealen Flüssigkeit den zweiten Kolben hineindrücken, damit die Masse um 0.50 cm gehoben werden kann?
3. Beim Tauchen ist der Druck unter Wasser wichtig. Oben herrscht Normaldruck.
  - 3.1. Wie gross ist dieser Normaldruck?
  - 3.2. Wie gross ist der Druck in einer Tiefe von 2 m?
  - 3.3. Wie gross ist der Druck in einer Tiefe von 10 m?
  - 3.4. Wie gross ist der Druck in einer Tiefe von 100 m?
4. Ein Baumstamm der Länge 10 m mit dem mittleren Durchmesser 50 cm wird in einen Fluss gelassen. Die Dichte des Holzes ist  $0.95 \text{ kg/dm}^3$ .
  - 4.1. Wie gross ist die Gewichtskraft des Stammes?
  - 4.2. Wie gross ist die Auftriebskraft, wenn man den Stamm untertaucht?
  - 4.3. Wie viele Prozent des Volumens ragen aus dem Wasser, wenn der Stamm schwimmt?
5. Durch ein horizontales Rohr mit einem Durchmesser von 4 cm strömt eine ideale Flüssigkeit. Die Dichte entspricht der von Wasser. Die Strömungsgeschwindigkeit ist  $v = 20 \text{ cm/sec}$ . Der Druck in der Flüssigkeit ist um 1 bar höher als der Aussendruck. Was geschieht mit der Geschwindigkeit und mit dem Druck, wenn sich der Durchmesser des Rohrs an einer gewissen Stelle plötzlich verdoppelt?
6. In einem Gefäss der Höhe  $h = 1.0 \text{ m}$  und dem Durchmesser  $d = 70 \text{ cm}$  befindet sich Wasser (als ideale Flüssigkeit angenommen). Aussen herrscht Normaldruck. Seitlich ganz unten ist ein Loch mit dem Durchmesser 1.0 cm, welches mit einem Zapfen verschlossen ist.
  - 6.1. Mit welcher Geschwindigkeit strömt das Wasser anfänglich aus, wenn der Zapfen entfernt wird?
  - 6.2. Stelle die Ausflussgeschwindigkeit als Funktion der Zeit dar.
  - 6.3. Wie lange geht es, bis die Wasserhöhe im Gefäss nur noch 1 cm ist?
7. Eine Kiste mit einer Deckfläche von  $1 \text{ m}^2$  ist mit einem Deckel verschlossen, der seitlich bündig eingelassen, jedoch nur aufgelegt ist. Über den Deckel strömt Luft der Dichte  $1.2 \text{ kg / m}^3$  mit einer Geschwindigkeit von  $v = 120 \text{ km/h}$ . In der Kiste ist ebenfalls Luft mit Normaldruck. Der Deckel besteht aus einer 3.0 cm dicken Holzplatte mit der Dichte von  $0.9 \text{ kg/dm}^3$ .
  - 7.1. Wird der Deckel infolge der durch die grosse Windgeschwindigkeit entstehenden Sogwirkung abgehoben?

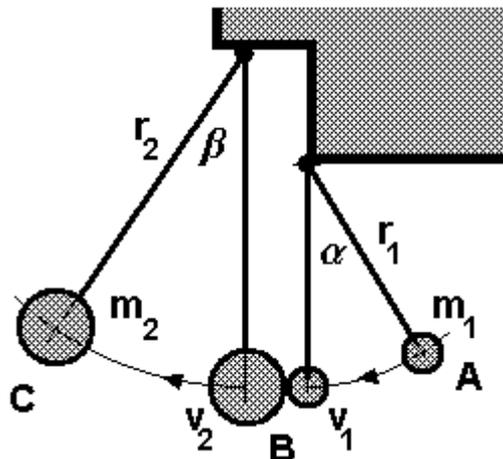
- 7.2. Wie gross muss die Windgeschwindigkeit minimal sein, damit der Deckel gehoben wird?
8. Wie gross ist der Luftdruck in 4.8 km Höhe? (Isotherme Situation.)

## Zu H\_10: Aus der Wärmelehre

1. Im Weltall an einem bestimmte Ort befinden sich zwei Wasserstoffatome im einem  $\text{cm}^3$  bei  $-265^\circ\text{C}$ . Berechne den Druck an diesem Ort.
2. Gegeben ist ein Rohr, das durch einen beweglichen Kolben luftdicht verschlossen ist. Im Rohr befindet sich Luft bei Normalbedingungen. Der Durchmesser des Kolbens beträgt 10 cm, die Basistemperatur ist  $20^\circ\text{C}$ .
  - 2.1. Um wie viel dehnt sich der Kolben bei Erhitzung aus, wenn der Druck immer ausgeglichen werden darf und die Temperatur um  $60^\circ\text{C}$  zunimmt?
  - 2.2. Um wie viel nimmt der Druck im Rohr bei Erhitzung zu, wenn der Kolben arretiert ist, das Volumen also gleich bleibt, und wenn die Temperatur um  $60^\circ\text{C}$  zunimmt?
3. Ein Aluminiumprofil der Länge  $L = 6\text{ m}$  und  $20^\circ\text{C}$  wird um  $60^\circ\text{C}$  erwärmt.
  - 3.1. Um wie viele mm wird es länger?
  - 3.2. Um wie viele mm wird ein gleich langes Eisenprofil länger?
4. Durch einen Stab von 6 m Länge und einem Querschnitt von  $5\text{ cm}^2$  soll der Wärmefluss untersucht werden.
  - 4.1. Wie viel Wärme fliesst in 24 Stunden der Länge nach durch diesen Stab, wenn die Temperaturdifferenz zwischen den Enden  $60^\circ\text{C}$  beträgt und der Stab aus Aluminium gefertigt ist?
  - 4.2. Wie viel Wärme fliesst entsprechend durch den Stab, wenn der Stab aus Eisen gefertigt ist?
  - 4.3. Wie viel Wärme fliesst entsprechend durch den Stab, wenn der Stab aus Eisen gefertigt ist?
  - 4.4. Wie viel Wärme fliesst entsprechend durch den Stab, wenn ein die Hälfte davon aus Eisen ist, die andere Hälfte aus Aluminium und wenn an den Enden noch je ein gleich dicker Isolier-Fortsatz aus Tannenholz sitzt?
5. Was ist Verdampfungswärme und Verdunstungskälte?  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Verdampfungswärme>  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Eigenschaften\\_des\\_Wassers](http://de.wikipedia.org/wiki/Eigenschaften_des_Wassers)  
<http://www.zeno.org/Lueger-1904/A/Verdampfungswärme>
6. Was ist Heizwert? <http://de.wikipedia.org/wiki/Heizwert>
7. Was ist Wärmekapazität? <http://de.wikipedia.org/wiki/Wärmekapazität>
8. Was ist Wärmeleitfähigkeit? (Wärmeleitzahl....)  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Wärmeleitfähigkeit>
9. Was ist der Wärmeleitwert?  
<http://www.systemdesign.ch/index.php?title=Wärmeleitwert>
10. Erläutere den Begriff „adiabatisch“.  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Adiabatische\\_Zustandsänderung](http://de.wikipedia.org/wiki/Adiabatische_Zustandsänderung)
11. Erläutere den Begriff „isotherm“.  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Isotherme\\_Zustandsänderung](http://de.wikipedia.org/wiki/Isotherme_Zustandsänderung)
12. Erläutere den Begriff „isochor“.  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Isochore\\_Zustandsänderung](http://de.wikipedia.org/wiki/Isochore_Zustandsänderung)
13. Erläutere den Begriff „isobar“.  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Isobare\\_Zustandsänderung](http://de.wikipedia.org/wiki/Isobare_Zustandsänderung)

## Zu H\_11: Schwingungen

- Ein Federpendel besteht aus einer an einem Gestänge aufgehängten Zugfeder, an welcher eine Kugel mit der Masse  $m = 100 \text{ g}$  hängt. Die Masse schwingt mit einer Schwingungsperiodendauer  $T = 2.4 \text{ sec}$ .
  - Berechne die Frequenz und die Kreisfrequenz.
  - Berechne aus der Kreisfrequenz und der Masse die Federkonstante, falls dies möglich ist. Kann man somit mit Hilfe der Schwingungsdauer und der Masse die Federkonstante bestimmen?
  - Berechne die Geschwindigkeit der Masse im Nulldurchgang.
- In der unten gezeigten Grafik sieht man zwei Fadenpendel mit den Massen  $m_1$  und  $m_2$  (in den Positionen A, B, C) sowie den Fadenlängen bis zum Mittelpunkt der Kugeln  $r_1$  und  $r_2$ . Sei  $m_1 = 100 \text{ g}$ ,  $m_2 = 2 m_1$ . Und sei  $r_1 = 10 \text{ cm}$ ,  $r_2 = 2 r_1$ . Wir gehen von der Annahme aus, dass die Auslenkungswinkel  $\alpha$  und  $\beta$  klein seien. Wir ziehen die Masse  $m_1$  wie gezeigt nach rechts, sodass wir genau  $\alpha = 10^\circ$  haben, und lassen dann die Masse  $m_1$  los.



- Berechne die Schwingungsdauer  $T_1$  von  $m_1$  für den Fall, dass  $m_2$  für eine Periodendauer entfernt worden ist, also die Schwingung von  $m_1$  nicht stören kann.
- Berechne die Geschwindigkeit  $v_1$  für den Moment, in dem sich die Masse  $m_1$  unten befindet.
- Bei B stößt die Masse  $m_1$  elastisch an die Masse  $m_2$ . Berechne  $v_2$ .
- Berechne die Schwingungsdauer  $T_2$  von  $m_2$  für den Fall, dass  $m_1$  für eine Periodendauer entfernt worden ist.
- Berechne den maximalen Auslenkungswinkel  $\beta$  während der ersten Schwingungsperiode von  $m_2$ .

## Zu H\_12: Wellen

- In welchen zwei grundlegend verschiedenen Formen manifestiert sich die Materie?
- Für eine Welle  $y(t, x) = y_A \cos(\omega t - k x)$  in einem Seil kennt man die folgende Größen:  $y_A = 10.5 \text{ cm}$ ,  $T = 0.50 \text{ sec}$ ,  $\lambda = 36 \text{ cm}$ .

- 2.1 Berechne die Frequenz und die Kreisfrequenz.
- 2.2 Berechne die Kreiswellenzahl.
- 2.3 Berechne die Ausbreitungsgeschwindigkeit.
- 2.4 Berechne die Auslenkung  $y'(t, x)$  für  $x = 5.5$  cm bei  $t = 2.0$  sec, wenn das Seil schon etwa 10 Minuten schwingt.
- 2.5 Berechne die Geschwindigkeit  $y'(t, x)$  für  $x = 5.5$  cm bei  $t = 2.0$  sec, wenn das Seil schon etwa 10 Minuten schwingt.
- 2.6 Berechne die Beschleunigung  $y''(t, x)$  für  $x = 5.5$  cm bei  $t = 2.0$  sec, wenn das Seil schon etwa 10 Minuten schwingt.
- 2.7 Versuche die im Seil pro Längenmeter steckende Energie abzuschätzen. Gehe davon aus, dass das Seil durchschnittlich eine Masse  $m_k$  von 10 g pro cm Länge hat. Nimm an, dass das Seil aus unabhängig schwingenden Massen  $m_k$  besteht und dass beim Nulldurchgang (d.h. bei der Auslenkung 0) alle Energie einer Masse  $m_k$  als kinetische Energie vorhanden ist. Die gesamte Energie des Seiles kann so als die Summe aller Teilenergien verstanden werden. Dabei muss davon ausgegangen werden, dass das Resultat nur ungefähr richtig sein kann, da die tangentielle Geometrie des Seiles so unberücksichtigt bleibt.

### Zu H\_13: Schall

1. Für eine eingespannte Saite gilt:  $c^2_{\text{Saite}} = \sigma / \rho$ .  $c^2$  ist somit die Spannung in der Saite pro Dichte. Wir wollen nun mit einer Stahlsaite (gewöhnlicher billiger Baustahl), welche zwischen zwei Klemmen eingespannt werden kann, einen Ton von 440 Hz erzeugen. Der Klemmenabstand ist 30 cm.
  - 1.1 Wie gross muss die Spannung in der Saite sein, damit sich eine Stehende Halbwelle ausbildet?
  - 1.2 Wie gross muss die Spannung sein, damit der gewünschte Ton als erster Oberton auftritt?
2. Dehnwellen sind Longitudinalwellen in dünnen Stäben. Die Stäbe werden seitlich in den Kompressionszonen gedehnt. Dadurch wird das Material weicher und die Ausbreitungsgeschwindigkeit  $c_D$  damit kleiner. Für  $c_D$  gilt:  $c_D^2 = E / \rho$ .  $E$  ist dabei der Elastizitätsmodul, definiert durch Spannung =  $E$  mal Dehnung. Die Dehnung wird definiert durch Längendifferenz (Verlängerung) pro Länge =  $(\Delta l / l)$ . Wir verwenden wieder gewöhnlichen billigen Baustahl. Somit kann man  $E$  angeben.
  - 2.1 Wie gross ist nun  $c_D$  bei einer Spannung von  $1 \text{ kN} / \text{cm}^2$  ?
  - 2.2 Wie gross wäre etwa die Wellenlänge, wenn, wie jemand behauptet hat, ein Ton mit einer Frequenz von 1000 Hz festgestellt worden ist? –  
Kommentar?
3. Eine fest an einer Mauer eingebaute Sirene hat eine mittlere Frequenz von 528 Hz.
  - 3.1 Welche Frequenz hört ein Beobachter, wenn er mit 50 km/h auf diese Sirene zu fährt.
  - 3.2 Welche Frequenz hört er, wenn er mit der genannten Geschwindigkeit von der Sirene weg fährt?

### Zu H\_14: Optik

1. Ein Lichtstrahl fällt unter einem Winkel von  $45^\circ$  gegen das Lot von der Luft ins Wasser. Mit welchem Winkel gegen das Lot setzt er seinen Weg im Wasser fort?
2. Ein Gegenstand, welcher sich 30 m vor einer Lochkamera befindet und 5 m hoch ist, wird mit dieser Lochkamera abgebildet. Diese Lochkamera besteht aus einer Schachtel, welche vorne ein Loch besitzt und hinten, in einem Abstand von 10 cm hinter diesem Loch, eine Mattscheibe rechtwinklig zur optischen Achse. Berechne die Höhe des Bildes.
3. Eine Sammellinse hat eine Brennweite von  $f = 10.0\text{cm}$ . Ein 3 cm hoher, rechtwinklig zur optischen Achse stehender Gegenstand befindet sich 30 cm vor der Linse (vor deren Mittelpunkt). Er wird durch die Linse abgebildet.
  - 3.1 Berechne die Bildweite (Abstand des Bildes von der Linse).
  - 3.2 Berechne die Bildhöhe.

### Zu H\_15: Elektrostatik

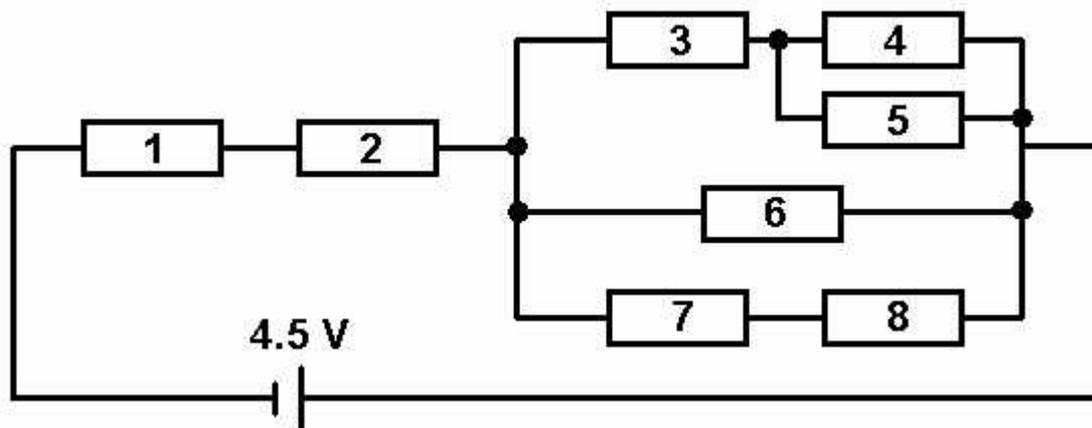
1. Zwei Elektronen befinden sich im Abstand der Ladungsschwerpunkte von 1 mm zueinander. Mit welcher Kraft stossen sie sich ab?
2. Zwei einander entgegen gesetzte Ladungen von je 1 C befinden sich im Abstand von s Metern zueinander. Berechne die Grösse der wirkenden Kraft:
  - 2.1 Für  $s = 1\text{ m}$ .
  - 2.2 Für  $s = 1\text{ cm}$ .
  - 2.3 Für  $s = 100\text{ m}$ .
3. Es ist gelungen, auf eine isolierte Kugel A eine Ladung von  $Q = -1.6 \cdot 10^{-14}\text{ C}$  zu bringen.
  - 3.1 Kann man damit eine Aussage über die Anzahl überschüssiger Elektronen auf der Kugel A machen?
  - 3.2 Die Kugel A berührt eine isolierte Kugel B. Die Kugel B berührt darauf eine isolierte Kugel C. Kann man nun eine Aussage über die Anzahl überschüssiger Elektronen auf der Kugel C machen?
4. Auf einer isolierten Kugel befindet sich eine Ladung von ca.  $Q = -10^{-10}\text{ C}$ . Kann man damit abschätzen, um wie viele überschüssige Elektronen es sich dabei etwa handelt?
5. Auf einer isolierten Kugel befindet sich eine Ladung von ca.  $-10^{-10}\text{ C}$ . Auf einer anderen isolierten Kugel eine Ladung von ca.  $Q = +10^{-10}\text{ C}$ .
  - 5.1 Mit welcher Kraft ziehen sich die beiden Kugel etwa an, wenn sie sich im Abstand (Mittelpunktabstand) von  $r = 1\text{ m}$  befinden?
  - 5.2 Wie groß ist die Kraft bei  $r = 1\text{ cm}$ ?
  - 5.3 Wie groß ist die Kraft bei  $r = 10\text{ m}$ ?
6. Auf einer isolierten Kugel befindet sich eine Ladung von ca.  $Q = -10^{-10}\text{ C}$ . Berechne die elektrische Feldstärke im Abstand
  - 6.1  $r = 1\text{ m}$ .
  - 6.2  $r = 1\text{ cm}$ .
  - 6.3  $r = 10\text{ m}$ .
7. Berechne den elektrischen Fluss durch eine Kugelfläche um eine Zentralladung  $Q = -10^{-10}\text{ C}$ :
  - 9.1 Bei einem Kugelradius  $r = 1\text{ m}$ .
  - 9.2 Bei einem Kugelradius  $r = 10\text{ m}$ .

8. Auf der Erde befindet sich eine Ladung von  $Q = -9 \cdot 10^5 \text{ C}$ . Berechne die elektrische Feldstärke, welche durch eine solche angenommene Punktladung im Erdzentrum im Abstand  $R = \text{Erdradius}$  vom Erdzentrum entfernt erzeugt wird.
9. Gegeben ist eine dünne elektrisch geladene kreisförmige Platte mit einer Ladung  $Q = -9 \cdot 10^5 \text{ C}$ .
  - 9.1 Berechne den elektrischen Fluss durch eine die Platte sehr nahe umschliessende Fläche.
  - 9.2 Berechne daraus die Feldstärke auf der Oberfläche.
10. Gegeben ist ein Plattenkondensator mit einer annähernd als konstant angenommenen Feldstärke  $E = 1 \text{ V / m} = 1 \text{ N / C}$  zwischen den Platten. Darin bewegt sich eine Ladung von  $Q = 10^{-9} \text{ C}$  auf einer Distanz von 1 m.
  - 10.1 Welche Arbeit wird dabei umgesetzt?
  - 10.2 Welche Spannung tritt dabei auf?
11. Im Raum sind drei Kugeln A, B, C verteilt. Die zugehörigen Potentiale betragen: Für A  $\rightarrow 100 \text{ V}$ , für B  $\rightarrow 130 \text{ V}$ . Weiter beträgt die Potentialdifferenz zwischen B und C 12 V. Wie groß ist die Potentialdifferenz zwischen A und C?
12. Gegeben ist ein Plattenkondensator mit einer Kapazität von  $10^{-3} \mu\text{F}$ . Die Ladung auf je einer Platte beträgt  $10^{-4} \text{ C}$ . (Es wird Vakuum sowie ein kleiner Plattenabstand angenommen.)
  - 12.1 Berechne die im Kondensator gespeicherte Energie.
  - 12.2 Berechne die Spannung zwischen den Platten.
  - 12.3 Berechne die Feldstärke im Kondensator, wenn das Volumen zwischen den Platten  $10 \text{ mm}^3$  ist.

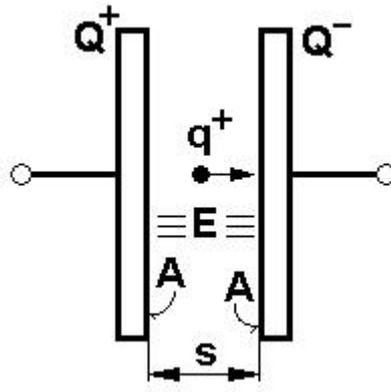
## Zu H\_16: Elektrischer Strom, Elektrodynamik

1. Eine Familie lässt als Einbrecherschutz eine 100 W-Glühbirne brennen, während sie 14 Tage in die Ferien geht. Was kostet dieses Vorgehen beim einem kWh-Preis von 16 Rp.?
2. Gegeben ist eine 1 km langen Kupferleitung mit  $1 \text{ mm}^2$  Durchmesser?
  - 2.1 Wie gross ist der Widerstand?
  - 2.2 Wie gross ist die in der Leitung verheizte Leistung bei einer Spannung von 230 V?
  - 2.3 Wie gross ist die Leistung, wenn man die Leitung statt aus Kupfer aus Aluminium macht?
  - 2.4 Der Kupferdraht liegt auf seiner ganzen Länge neben einem Dampfzuführrohr und erhitzt sich daher um  $100^\circ \text{ C}$ . Um wie viele Prozent erhöht sich dadurch der Widerstand der Leitung?
3. Gegeben sind die Widerstände  $R_1 = 1 \text{ Ohm}$ ,  $R_2 = 2 \text{ Ohm}$ ,  $R_3 = 3 \text{ Ohm}$  und  $R_4 = 4 \text{ Ohm}$ .
  - 3.1  $R_1$ ,  $R_2$  und  $R_3$  werden in Serie geschaltet. Welchen Widerstand muss man noch dazu in Serie schalten, damit ein Gesamtwiderstand von 10 Ohm entsteht?
  - 3.2  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  und  $R_4$  werden parallel geschaltet. Wie gross wird der gesamte Widerstand?
  - 3.3 Wir basteln mit den gegebenen Widerständen eine Schaltung.  $R_1$  wird in Serie mit  $R_A$  geschaltet, wobei  $R_A$  aus einer Parallelschaltung aus  $R_2$  und  $R_3$  besteht. Das Gesamte daraus ergibt  $R_B$ . Dieses  $R_B$  wird nun noch mit  $R_4$  parallel geschaltet.

1. Zeichne den Schaltplan.
2. Berechne, ob der gesamte Widerstand grösser oder kleiner als 0.400 Ohm ist.
4. Jemand schliesst an die Steckdose mit 230 V einen Motor an, welcher eine Leistung von 2000 W aufnimmt. Dabei bemerkt er, dass eine angeschaltete Glühbirne plötzlich um einiges schwächer wird. Er schliesst daraus, dass die Zuleitung vom Elektrizitätswerk wohl ein Verbraucher mit einem inneren Widerstand sein muss, welcher zum Motor in Serie geschaltet ist und über dem somit ein Teil der Spannung abfällt. Eine Nachmessung ergibt, dass über dem Motor eine Spannung von nur noch 210 V nachweisbar ist.
  - 4.1 Berechne den Strom im Motor, wenn die aufgenommene Leistung als richtig angegeben angenommen wird.
  - 4.2 Berechne den inneren Widerstand der Zuleitung.



5. In der zugehörigen Skizze sind alle Widerstände nummeriert. Berechne den Totalen Widerstand sowie die Ströme in allen Teilwiderständen und die Spannungen über allen Teilwiderständen. Es gilt:  $R_1 = 1 \Omega$ ,  $R_2 = 3 \Omega$ ,  $R_3 = 4 \Omega$ ,  $R_4 = 2 \Omega$ ,  $R_5 = 6 \Omega$ ,  $R_6 = 7 \Omega$ ,  $R_7 = 8 \Omega$ ,  $R_8 = 9 \Omega$ .
6. Gegeben ist ein Kupferdraht mit 2.0 km Länge und  $1 \text{ mm}^2$  Querschnitt.
  - 6.1 Berechne den Widerstand bei Normalbedingungen.
  - 6.2 Berechne den Widerstand bei einer Temperaturerhöhung von  $100^\circ \text{ C}$ .
  - 6.3 Berechne die in einer Stunde „verheizte“ Energie im Draht, wenn der Draht aus Aluminium besteht und an 230 V (Effektivwert Wechselstrom) angeschlossen wird. Gehe bei der Rechnung vorerst von Normalbedingungen aus.
7. Am Stromnetz eines Hauses (230 V) wird ein Verbraucher von  $P = 2000 \text{ W}$  angeschlossen. Dann misst man über dem Verbraucher 1 die Spannung und stellt nur 210 V fest. Offensichtlich ist der Verbraucher in Serie an der Zuleitung angeschlossen, an welcher nun ein Teil der Spannung abfällt, womit diese ebenfalls zum Verbraucher wird.
  - 7.1 Berechne den fließenden Strom im Verbraucher 1.
  - 7.2 Berechne den inneren Widerstand der Zuleitung.
8. Was gibt es für Erdungsarten?
9. <http://de.wikipedia.org/wiki/Erdung>
10. Gegeben ist ein Kondensator wie in der Skizze gezeigt.
11.  $Q^+ = 10^{-4} \text{ C}$ ,  $Q^- = -10^{-4} \text{ C}$ ,  $q_+ = 10^{-5} \text{ C}$ ,  $A = 10^2 \text{ cm}$ ,  $s = 10 \text{ cm}$ ,  $\epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N m}^2)$ . Berechne die im Kondensator gespeicherte Energie sowie die Spannung (vgl. Skizze).



### Zu H\_17: Magnetismus

1. .. Dieser Stoff wurde noch nicht behandelt.

### Zu H\_18: Elektrotechnik

1. .. Dieser Stoff wurde noch nicht behandelt.

### Zu H\_19: Elektromagnetische Schwingungen, Wellen

1. .. Dieser Stoff wurde noch nicht behandelt.

### Zu H\_20 ff: Weitere Themen

1. .. Dieser Stoff wurde noch nicht behandelt.
2. .. Dieser Stoff wurde auch noch nicht abschliessend beschrieben.

### Basisgrößen: Download

- [http://de.wikipedia.org/wiki/Internationales\\_Einheitensystem](http://de.wikipedia.org/wiki/Internationales_Einheitensystem)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Grundeinheiten>
- <http://www.ptb.de/de/publikationen/download/pdf/einheiten.pdf>
- <http://www.ptb.de/de/publikationen/download/>

Wird bei -  
Gelegenheit  
Fortgesetzt.  
Ha! Ha! Ha!  
Wauwau !!!!

***The End    The End    The End***