

# **Seminare zu den physikalischen Grundlagen**

## **1. Studienjahr, 2011/12, Wochen 1–5**

### **Aufgaben**

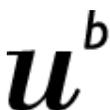
#### **Seminare zu den physikalischen Grundlagen**

In mehreren Gesprächen zwischen DozentInnen der Universität und GymnasiallehrerInnen wurden diejenigen Inhalte der Physik festgelegt, die für den Einstieg ins Medizinstudium nötig sind und somit zu einem Minimalprogramm des Physikunterrichts in den Gymnasien gehören. Diese vorausgesetzten physikalischen Inhalte betreffen vor allem die Grundlagen aus der Mechanik, der Optik und der Elektrizitätslehre. Zu Ihren Fähigkeiten gehört es auch, dass Sie graphische Darstellungen interpretieren oder erstellen und, dass Sie den Inhalt von Formeln wiedergeben können. Dies alles wird im Medizinstudium nicht mehr ausführlich behandelt. Um Ihnen Breite und Tiefe der von uns erwarteten physikalischen Grundlagen zu veranschaulichen, und Ihnen zu helfen, allfällige Wissenslücken zu identifizieren, erhalten Sie in der ersten Studienwoche fünf Übungsserien mit Beispielen und Fragen zu den erwähnten physikalischen Inhalten.

Sie sind nun aufgefordert, diese Übungsserien selbständig zu lösen und mit den beigelegten Lösungen zu vergleichen. Wer wenig Wissenslücken entdeckt und glaubt, diese im Selbststudium mit Hilfe eines Physiklehrbuches aus dem Gymnasium, mit dem Physikbuch für Mediziner von Seibt oder in Gruppengesprächen stopfen zu können, soll diese im Selbststudium aufarbeiten.

Diejenigen Studierenden aber, die beim Lösen der Übungsserien grössere Lücken entdecken, können einzelne oder alle der angebotenen Seminare besuchen. Assistenten helfen Ihnen, den Umfang der Lücken besser zu definieren und diskutieren mit Ihnen, wie Sie die Lücken in nützlicher Frist stopfen können. Sie helfen Ihnen weiter, wenn Sie bei einer Aufgabe stecken bleiben. Der Sinn dieser 5 Doppelstunden ist aber nicht, dass die Assistenten Ihnen die Aufgaben vorlösen oder Ihnen das fehlende Wissen eintrichtern; das müssen Sie als PBL Studierende schon selber erarbeiten.

Bearbeiten Sie die Aufgaben ohne auf die zur Verfügung gestellten Lösungen zu schießen. Vergleichen Sie erst Ihre Zwischen- und Schlussergebnisse mit den Lö-



b  
**UNIVERSITÄT  
BERN**

## **Studium der Medizin**

### **Universität Bern**

### **Philosophisch-naturwissenschaftliche und Medizinische Fakultät**

sungen. Unsere Lösungen stehen Ihnen oft ausführlich zur Verfügung, damit Sie Ihre Lücke(n) besser identifizieren können.

**Täuschen Sie sich auf keinen Fall: eine Lücke haben Sie meistens nicht gestopft, wenn Sie die angegebenen Lösungen zu den einzelnen Beispielen verstanden haben!**

Was verstehen wir unter der oben erwähnten “nützlichen Frist”? Physikalische Grundlagen werden bereits ab der 1. Studienwoche benötigt und gehören mit zum Prüfungstoff. Es lohnt sich also, Lücken laufend aufzuarbeiten.

Dozenten: PD Dr. H.P. Beck, Prof. F. Joos, Assistenten

Daten: Mittwoch, 21.9.2011, 14:15–16:00; Mittwoch, 28.9.2011, 14:15–16:00;

Mittwoch, 5.10.2011, 14:15–16:00; Mittwoch, 12.10.2010, 14:15–16:00, Mittwoch 19.10.2010, 16:30–18:00.

Ort: Hörsaal 099, Physikalisches Institut

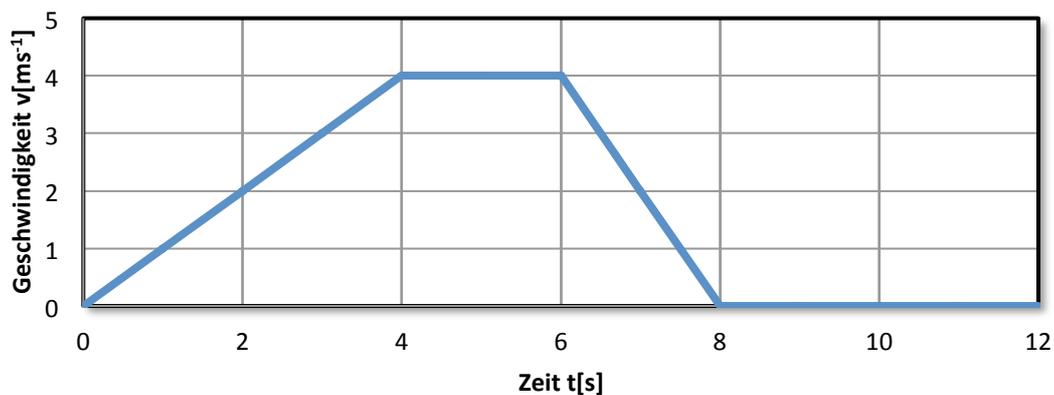
sowie GmH, Bühlplatzareal (gemäss Stundenplan)

## Seminar 1

### Physikalische Grundlagen, mathematische Funktionen und ihre graphische Darstellungen

#### A1. Bewegungsdiagramme

Stellen Sie die Beschleunigung  $a(t)$  und den Weg  $s(t)$  für eine eindimensionale Bewegung graphisch dar, wenn die Geschwindigkeit  $v(t)$  durch folgende Graphik gegeben ist und bei  $x(0\text{ s}) = 0\text{ m}$  beginnt. Wie lauten die Formeln für  $s(t)$ ,  $v(t)$  und  $a(t)$  für die vier Zeitabschnitte  $t \in [0,4]\text{ s}$ ,  $t \in [4,6]\text{ s}$ ,  $t \in [6,8]\text{ s}$  und  $t \in [8,10]\text{ s}$ ?



#### A2. Exponentialfunktion

##### a) Druckverlauf in der Atmosphäre

Der Luftdruck in der Atmosphäre nimmt exponentiell mit der Höhe  $z$  ab. Bei der Höhe  $z_e$  ist dieser auf den  $e$ -ten Teil abgesunken.

$$p(z) = p_0 e^{-\frac{z}{z_e}}, \quad z_e \approx 8300\text{ m}, \quad e = 2.71818\dots$$

Wie gross ist der Luftdruck auf der Höhe auf der Linienflugzeuge fliegen ( $z = 10\text{ km}$ ), wenn der Luftdruck auf Meereshöhe  $p_0 = 10^5\text{ Pa}$  beträgt?

### b) Radioaktiver Zerfall

Radioaktive Isotope zerfallen exponentiell. Nach Verlauf der Lebensdauer  $\tau$  sind jeweils noch ein  $e$ -ter Teil der ursprünglich vorhandenen Kerne vorhanden.

$$N = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}} = N_0 e^{-\lambda t} \quad \tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T_{1/2}}{\ln 2}$$

Von einer radioaktiven Substanz sind innerhalb von 24 Stunden 90% zerfallen.

- Berechnen Sie die Halbwertszeit.
- Wie viel Prozent der ursprünglich vorhandenen Atome sind nach zwei Tagen noch vorhanden?

### c) Kondensator entladen

Beim Laden sowie beim Entladen eines Kondensators der Kapazität  $C$  via einen Widerstand  $R$  ändert sich die Spannung über dem Kondensator exponentiell. Die Zeitkonstante  $\tau$  gibt an nach welcher Zeit sich die Spannung beim Entladen auf den  $e$ -ten Teil vermindert.

$$\text{Laden: } U = U_0 \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right), \quad \tau = RC$$

$$\text{Entladen: } U = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad \tau = RC$$

Ein Kondensator entlädt sich in 2 Sekunden über einen Widerstand von  $R = 100 \Omega$  von einer Spannung  $U_0$  auf eine Spannung von  $U_0 / 4$ . Wie gross ist die Kapazität des Kondensators?

### d) Röntgenabsorption in Materie

Beim Durchgang von Röntgenstrahlung durch Materie wird diese geschwächt. Die Intensität nimmt dabei exponentiell mit der Schichtdicke  $x$  ab.

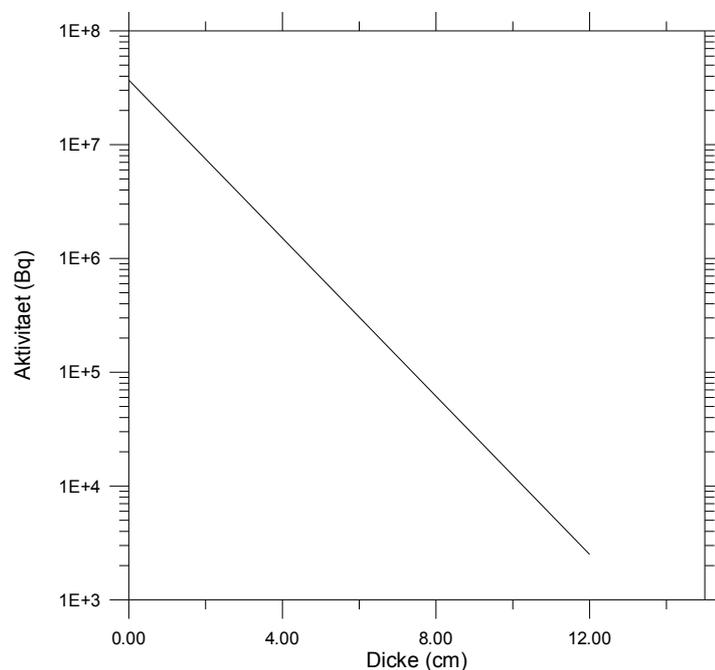
$$I = I_0 e^{-\frac{x}{x_e}}, \quad \frac{1}{x_e} = \mu = \text{Schwächungskoeffizient}$$

Wie viel % einer Röntgenstrahlung wird beim Durchgang durch eine Schicht Wasser ( $\mu = 20 \text{ m}^{-1}$ ) der Mächtigkeit 20 cm absorbiert?

### A3. Halblogarithmische Darstellung

Das folgende Diagramm zeigt die gemessene Aktivität eines radioaktiven Präparates als Funktion der Dicke seiner Abschirmung.

- Wie dick muss die Abschirmung sein, damit Sie nur noch die Hälfte der unabschirmten Aktivität messen?
- Wie dick muss die Abschirmung sein, damit Sie nur noch 1 Promille der unabschirmten Aktivität messen?
- Wie lautet die Beziehung zwischen gemessener Aktivität und Dicke der Abschirmung?
- Wie gross ist etwa der Absorptionskoeffizient  $\lambda$  in  $[\text{cm}^{-1}]$  (graphisch bestimmen)?



- Nach welcher Dicke  $d_e$  in [cm] ist die Aktivität auf ihren  $e$ -ten Teil abgesunken?

### A4. Trigonometrische Funktionen

Einer an einem Federpendel befestigten Masse wird in der Gleichgewichtslage eine Geschwindigkeit  $v$  erteilt, so dass sie eine Frequenz  $f = 3\text{Hz}$  erhält und eine maximale Amplitude von  $\hat{y} = 5\text{cm}$  erreicht.

- Bestimmen Sie mit Hilfe dieser Angaben die Funktionsgleichung und stellen Sie diese graphisch dar.
- Wie gross ist die Auslenkung zur Zeit  $t = 1\text{s}$ ,  $1.5\text{s}$  und  $0.4\text{s}$ ?
- Berechnen Sie die Geschwindigkeitsfunktion  $v(t) = \frac{dy}{dt}$  und überprüfen Sie diese, indem Sie sie graphisch mit  $y(t)$  vergleichen.

## Seminar 2

### Mechanik

#### B1. Inhalt von Formeln

Erklären Sie in Worten den Inhalt der folgenden Formeln:

a)  $\vec{F} = \dot{\vec{p}}$

b)  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

c)  $\vec{F} = -D\vec{x}$

d)  $\vec{F} = -G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$

e)  $F = \frac{mv^2}{r}$

f)  $P = \vec{F} \cdot \vec{v}$

#### B2. Galilei-Thermometer

Ein Galilei Thermometer besteht aus einem mit organischem Lösungsmittel gefüllten Glasrohr und Glaskugeln mit Bleigewichten als Temperaturanzeige. Die Anzeige der Kugel gibt an, bei welcher Temperatur sie in der Flüssigkeit gerade schwebt.

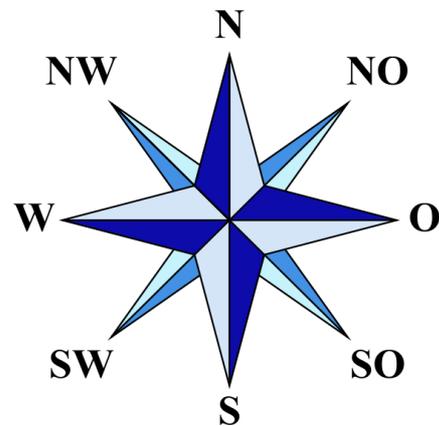
- Welche Kugeln befinden sich ganz oben?
- Wieso ändert sich der Auftrieb auf die Kugeln bei steigender Temperatur der Flüssigkeit?
- Im Bild ist eine Kugel im Schwebезustand.  
Wie heisst die Gleichgewichtsbedingung?
- Was lässt sich über die mittlere Gesamtdichte der schwebenden, der oberen bzw. der unteren Kugeln mit Bleigewichten aussagen?
- Eine tropfenförmige Glaskugel schwebt in dem organischen Lösungsmittel von 20°C der Dichte 980 kg/m<sup>3</sup>. Der Glastropfen enthält Wasser und hat eine mittlere Dichte von 750 kg/m<sup>3</sup>. Wie schwer ist das Zusatzgewicht aus Blei, wenn Sie den Glastropfen als Kugel mit dem Durchmesser 3.0 cm betrachten?



### B3. Vektoraddition

Ein Pilot richtet sein Flugzeug nach dem Kompass exakt nach Norden aus und fliegt mit einer Geschwindigkeit  $v_F = 600$  km/h relativ zur umgebenden Luft. Der Wind weht exakt nach Westen, mit einer Geschwindigkeit von  $v_W = 100$  km/h.

- Um welchen Winkel wird das Flugzeug von der Nordrichtung abgetrieben? (Skizze)
- Wie gross ist seine Geschwindigkeit  $v_R$  gegenüber dem Boden (Betrag angeben)?



### B4. Schiefe Ebene

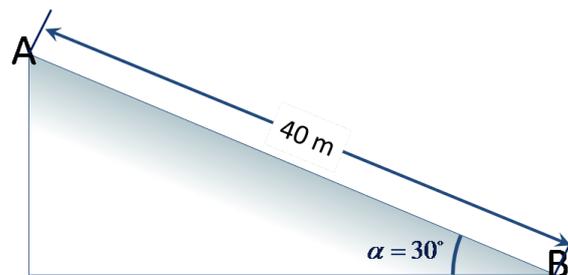
Eine Masse  $m$  beginnt zur Zeit  $t = 0$  in Punkt A auf der schiefen Ebene ( $\alpha = 30^\circ$ ) zu gleiten.

Die Anfangsgeschwindigkeit sei  $v_0 = 0$ .

Welche Kräfte wirken auf  $m$ ?

Berechnen Sie die Geschwindigkeit der Masse in B und die Zeit, die benötigt wird, um die Strecke

$s = 40$  m zwischen A und B zu durchgleiten für den Fall, dass die Reibung vernachlässigt werden kann.



### B5. Schiefer Wurf : Wasserstrahl

Aus einer horizontalen Brunnenröhre (Querschnitt  $A = 1$  cm<sup>2</sup>) fließen 12 Liter Wasser pro Minute. Der Wasserspiegel im Brunnen liegt 50 cm tiefer als die Röhre. In welcher horizontalen Distanz vom Röhrenende trifft der Strahl auf die Wasseroberfläche? Luftwiderstand ist zu vernachlässigen.

### B6 Wasserpumpen

In Dubai wird das höchste Gebäude der Welt gebaut. Über welche Leistung müsste die Wasserpumpe (Wirkungsgrad: 78 %) alleine für die Versorgung der 12 obersten Stockwerke (ca. 780–820 m) verfügen, wenn dort ca. 100 Liter Wasser pro Sekunde gefördert werden sollen?

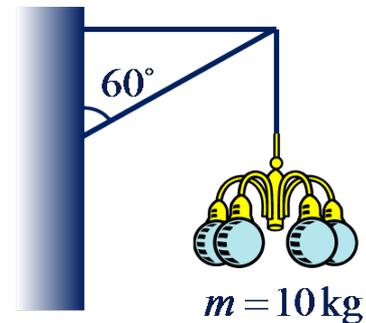
### B7. Sicherheitsgurten

Ein dreijähriges Kind sitzt im Auto auf den Knien einer erwachsenen, mit Sicherheitsgurten angeschnallten Person. Diese meint, dass sie das Kind bei einer eventuellen Kollision in den Armen halten könnte. Stimmt dies, oder sollte das Kind doch besser selbst angeschnallt sein?

- Das Kind habe eine Masse von 16 kg.
- Das Auto kollidiere bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h.
- Das Auto kommt innerhalb von 0.5 m zum Stillstand, wobei sich die Knautschzone komplett deformiert hat.

### B8. Kräfte

Eine Lampe mit der Masse  $m=10\text{ kg}$  ist gemäss nebenstehender Skizze aufgehängt. Zeichnen Sie die wirkenden Kräfte ein und berechnen Sie sie.



### B9. Impulssatz

Eine Kugel stösst schräg und vollkommen elastisch gegen eine Wand. Skizzieren Sie die Komponenten des Impulses während den verschiedenen Phasen und diskutieren Sie die Impulsübertragung.

## Seminar 3

### Elektrizitätslehre, Stromkreise

#### C1. Kurzfragen

- Was ist elektrische Spannung? Was ist ein elektrisches Potential?
- Was besagt das Ohmsche Gesetz?
- Interpretieren Sie folgende Formeln:

$$\vec{F} \sim \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$P = UI$$

$$\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_{total}}$$

$$\sum_i U_i = \sum_n R_n I_n$$

$$C = \epsilon \epsilon_0 A / d$$

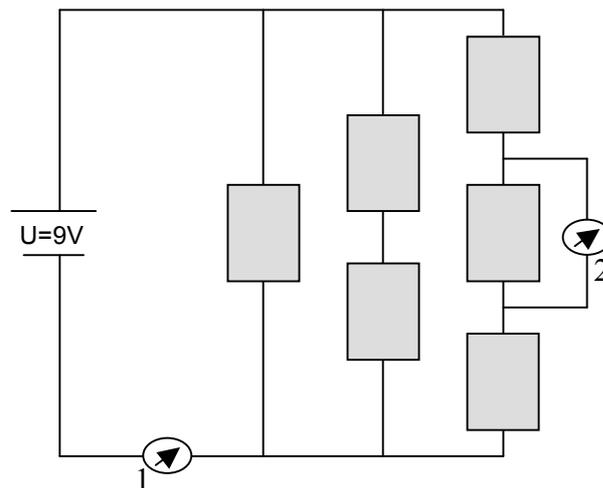
$$\vec{E} = \vec{F} / q$$

$$1 \text{ eV}$$

#### C2. Ersatzwiderstände, Spannungsabfälle

In dieser Schaltung haben alle Widerstände  $10 \Omega$ .

Was zeigen die Messinstrumente 1 und 2 an?



### C3. Elektrische Leistung

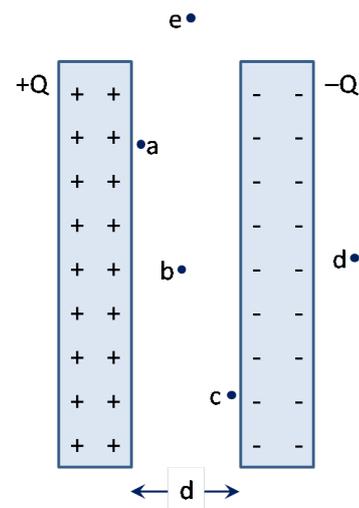
Mit einem Tauchsieder soll 1 Liter Wasser in 5 Min. von 10°C auf 100°C erwärmt werden können. Es steht eine Gleichspannung von 200 V zur Verfügung.

Welche Stromstärke fließt? Wie gross ist der Widerstand des Heizelements? Spez. Wärme von Wasser  $c_w = 4180 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ .

### C4. Kondensator

Wie verändern sich die elektrische Feldstärke  $\overset{1}{E}$  und die Spannung  $U$  in einem Plattenkondensator, wenn der Abstand  $d$  zwischen den beiden Platten verdoppelt wird.

- Wenn die Ladung auf den Platten unverändert bleibt?
- Wenn über den Platten mit einer Batterie die Spannung konstant gehalten wird?
- Skizzieren Sie die elektrische Feldstärke in den Punkten a bis e.



### C5. Beschleunigung im elektrischen Feld

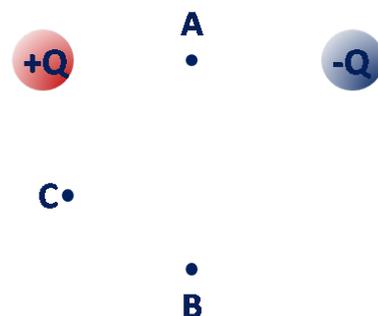
In der Nähe der Erdoberfläche wirkt auf geladene Körper ein elektrisches Feld von mindestens 100 V/m. Zudem wirkt auf alle Körper das Gravitationsfeld. Beide Felder sind nach unten gerichtet und annähernd homogen.

In einem Gedankenexperiment stehen Sie mit einer grossen und einer kleinen ungeladenen Stahlkugel, einem Proton, einem Neutron und einem Elektron auf dem Turm von Pisa. Dabei dürfen Sie den Luftwiderstand vernachlässigen.

- Welches Feld wirkt effektiv auf die fünf Körper?
- Welche Beschleunigung in  $\text{m}/\text{s}^2$  erfahren diese fünf Körper, wenn Sie diese aus ihrer Ruhelage loslassen?

### C6. Coulomb-Kräfte, Vektoraddition

Skizzieren Sie den Feldverlauf von zwei Ladungen ( $+Q$  und  $-Q$ ) und die von ihnen ausgeübten Kräfte auf eine Probeladung  $+q$ , die sich in A, B oder C befindet.



### C7. Stromleitung in einem Cu-Draht

- Wie viele freie Elektronen stehen pro  $\text{cm}^3$  Kupfer zur Verfügung, wenn man annimmt, dass pro Cu-Atom eines frei ist?
- Wie viele Elektronen strömen bei einer Stromstärke  $I = 1 \text{ A}$  ?
- Wie gross ist die mittlere Geschwindigkeit  $\bar{v}$  der Elektronen, wenn 1 Ampere durch eine Querschnittsfläche  $A = 1 \text{ mm}^2$  fliesst?

### C8. Elektrische Leitungsverluste

Sie machen eine Gartenbeleuchtung mit einer elektrischen Lampe. Dazu haben Sie einen Akkumulator mit 24 V Batteriespannung zur Verfügung. Sie benutzen eine Lampe, die bei 24 V eine Leistung von 100 W erbringt.

- Berechnen Sie den elektrischen Widerstand  $R_L$  der Lampe.
- Berechnen Sie den elektrischen Widerstand  $R_K$  der 100 Meter langen Leitung (Zuleitung  $\times 2$ ; Kupfer mit einem Leiterquerschnitt von  $1 \text{ mm}^2$ ; spezifischer elektrischer Widerstand von Kupfer:  $\rho_{Cu} = 1.7 \cdot 10^{-8} \text{ } \Omega \text{ m}$ ).
- Welche Leistung wird tatsächlich in der Lampe freigesetzt?

### C9. Coulomb-Kraft

Wie gross ist die Coulomb-Kraft zwischen zwei Protonen im Kern ungefähr?

$$\epsilon_0 = 8.8 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}$$

### C10. Induktion, Netzspannung

- Wie (qualitativ) wird eine elektrische Spannung induziert?
- Wie lautet die numerische Formel für die Netzspannung? Wieso spricht man von 230 V in diesem Zusammenhang?
- Warum benutzen wir im täglichen Leben Wechselspannungen und nicht Gleichspannung?
- Skizzieren Sie die Magnetfeldlinien in der Umgebung eines Permanentmagneten und geben Sie die Eigenschaften der Feldlinien an.

## Seminar 4

### Wärmelehre, Energieerhaltung

#### D1. Energie

Welche Aussagen sind wahr?

- a)  $p \cdot \Delta V$  ergibt eine Energie.
- b)  $U \cdot I$  ergibt eine Energie.
- c) 1 eV ist eine Energieeinheit.
- d)  $1 \text{ kcal} = 4.18 \text{ J}$
- e) Die Temperatur von kochendem Wasser bleibt konstant.
- f) Wenn Strom durch eine Kochplatte fließt, wird elektrische Energie in Wärmeenergie umgewandelt.
- g) Die mittlere Geschwindigkeit von Gasmolekülen steigt linear mit der absoluten Temperatur.
- h) Das Funktionsprinzip eines Quecksilber-Glas-Fieberthermometers beruht auf Volumenexpansion bei zunehmender Temperatur.

#### D2. Mischtemperatur

Ein Eisenstück von 150 g Masse wird in den Flammen eines Bunsenbrenners erhitzt und dann in 700 g Wasser gelegt. Das Wasser erwärmt sich dabei von  $18.8^\circ\text{C}$  auf  $38.2^\circ\text{C}$ .

- a) Welche Wärmemenge nimmt das Wasser auf?
- b) Welche Temperatur hat das Eisen vor dem Eintauchen ( $c_{\text{Eisen}} = 450 \text{ J/kgK}$ )?

### D3. Eis schmelzen

Sie haben 1 kg Eiswürfelchen mit einer Anfangstemperatur von  $-10^{\circ}\text{C}$ , die Sie mit einer konstanten Wärmeleistung von 60 W erwärmen. Zeichnen Sie die Temperatur als Funktion der Zeit, wenn Sie den Wärmeaustausch mit der Umgebung vernachlässigen. Wie lange dauert es, bis das Wasser zu kochen beginnt?

Spezifische Wärmekapazitäten:

$$c_{\text{Eis}} = 2050 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \quad (\text{bei } -10^{\circ}\text{C})$$

$$c_{\text{Wasser}} = 4186 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

Spezifische Schmelzwärme:

$$L_{\text{Eis} \rightarrow \text{Wasser}} = 333700 \text{ J kg}^{-1}$$

### D4. Leichtathletik

Usain Bolt, der schnellste Mann der Welt, läuft die 100 m in 9.58 Sekunden. Für die folgende Aufgabe rechnen wir der Einfachheit halber mit einem Sprinter der für 100 m eine Zeit von genau 10 s benötigt.

- Welche maximale Höhe kann er als Stabhochspringer erreichen?
- Welche maximale Weite kann er als Weitspringer im günstigsten Fall erreichen?

### D5. Treppensteigen

Eine 60 kg schwere Frau steigt in gleichmässigem Tempo eine Treppe mit 100 Stufen der Stufenhöhe 20 cm hoch.

- Wie gross ist die potentielle Energie, die die Frau dabei gewinnt?
- Was lässt sich zur mechanischen Arbeit sagen, die sie dabei verrichtet?
- Wie gross ist die Energie, die ihr Organismus dabei mindestens benötigt, wenn ihre Muskeln einen Wirkungsgrad beim Treppensteigen von 20 % haben?
- Bei Körperruhe und Muskelentspannung verbrauche der Organismus der Frau 6300 kJ pro Tag (Grundumsatz). Mit welcher Trittfrequenz muss sie die Treppe steigen, damit die gesamte Leistung ihres Organismus während dem Treppensteigen gerade zehn Mal so gross ist wie bei Körperruhe und Muskelentspannung?

## D6. Radfahren

Eine Radfahrerin (Masse samt Gepäck  $m = 60$  kg) fährt mit ihrem Velo (Masse  $m_{\text{Velo}} = 15$  kg) mit gleichmässiger Geschwindigkeit von Göschenen auf den Gotthardpass hinauf (Höhendifferenz  $\Delta h = 1074$  m) und benötigt dafür 1.5 Stunden. Der Weg, auf dem sie fährt, sei gleichmässig steil und  $d = 18$  km lang. Ihre Muskeln haben einen Wirkungsgrad beim Radfahren von  $\eta_{\text{Muskeln}} = 25\%$ . Die Windgeschwindigkeit sei vernachlässigbar klein.

- Wie gross ist die Energie, die sie dabei verbraucht, wenn nur die Gravitationskraft und die Luftwiderstandskraft  $F_{\text{Luft}} = c_w \cdot A \cdot \rho / 2 \cdot v^2$  wirken? (Widerstandskoeffizient  $c_w = 0.9$ , Anströmoberfläche  $A = 0.45$  m<sup>2</sup>, Luftdichte  $\rho = 1.0$  kg/m<sup>3</sup>)
- Wie viel Wasser verliert sie dabei, falls jener Teil des Energieaufwandes des Organismus, der nicht mechanisch umgesetzt wird, vollständig in Wärme übergeht und durch Wasserverdunstung ausgeschieden wird? (spezifische Verdampfungswärme  $L_v = 2256$  kJ/kg)
- Wie gross ist die maximale Geschwindigkeit, die die Radfahrerin bei der Abfahrt ohne Pedaltritt erreichen kann?

## Seminar 5

### Optik

#### E1. Wandspiegel

Wie hoch muss ein Spiegel mindestens sein, damit man sich darin von Kopf bis Fuss sehen kann?

#### E2. Diaprojektor

Ein Dia vom Format  $24\text{ mm} \times 36\text{ mm}$  dient bei einem Diaprojektor als Gegenstand  $G$ . Dieser Gegenstand wird von der Projektionslinse ( $f = 10\text{ cm}$ ) auf eine Leinwand im Abstand  $b = 3.4\text{ m}$  scharf abgebildet.

- Berechnen Sie die Gegenstandsweite  $g$ .
- Berechnen Sie das Format des Bildes auf der Leinwand.
- Die Leinwand muss nun etwas näher an den Projektor heran geschoben werden. Damit das Bild wieder scharf wird, wird die Gegenstandsweite um  $2.0\text{ mm}$  vergrößert. Wie weit ist die Leinwand bei scharfer Einstellung jetzt vom Projektor entfernt?

#### E3. Linsensystem

Zwei dünne Linsen ( $f_1 = 15\text{ mm}$ ,  $f_2 = 30\text{ mm}$ ) sind im Abstand  $d = 90\text{ mm}$  hintereinander aufgestellt. Ein Gegenstand befindet sich  $25\text{ mm}$  vor der ersten Linse.

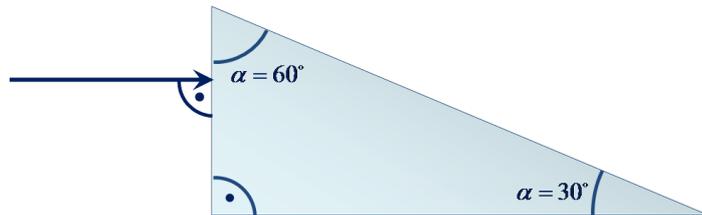
- Skizzieren Sie den Strahlengang (Bild der 1. Linse = Gegenstand der 2. Linse)
- In welcher Distanz hinter der 2. Linse befindet sich das Bild?
- Wie gross ist der totale Abbildungsmaßstab  $B_2 : G$  ?

### E4. Prisma

Ein Lichtstrahl fällt senkrecht auf eine Fläche des skizzierten Prismas. Zeichnen Sie den Gang des Strahls, bis er das Prisma verlassen hat.

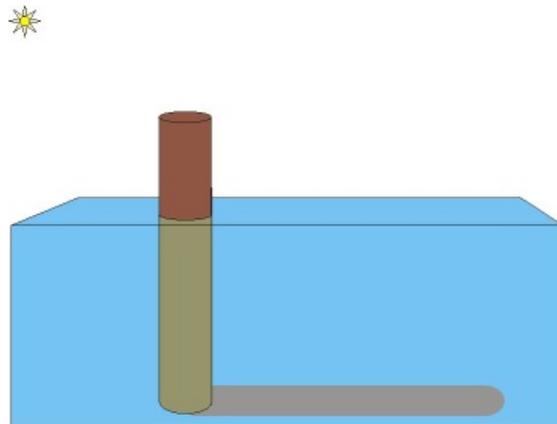
Berechnen Sie die vorkommenden Winkel.

$$n_{\text{Luft}} = 1, \quad n_{\text{Glas}} = 1.4.$$



### E5. Brechung

In ein Wasserbecken von 2 m Tiefe wird ein Pfahl gerammt, der 50 cm aus dem Wasser herausragt. Wie lang ist der Schatten des Pfahls auf dem Grund des Wasserbeckens, wenn die Sonnenstrahlen unter einem Winkel von  $60^\circ$  zur Wasseroberfläche einfallen? Für die Brechungsindizes gelte:  $n_{\text{Luft}} \approx 1.0$  und  $n_{\text{Wasser}} \approx 1.33$ .



### E6. Totalreflexion

Ein Taucher blickt von unten durch eine (wellenlose) Wasseroberfläche.

Skizzieren Sie den Strahlengang für verschiedene Winkel  $\alpha$ . Wie sieht er den Himmel? Brechungsindex von Wasser:  $n = 1.33$ .

### E7. Lichtgeschwindigkeit

Bestimme aus dem Brechungsindex von Wasser die Lichtgeschwindigkeit in Wasser.