

# Klausurlösung der Experimentalphysik für MBTler

WS 2012/2013

Autorenkollektiv „Olaf“

3. Februar 2018

1. Sie werden aufgefordert einen Medizinball (5,0 kg) und einen Handball (500,0 g) aufzufangen. Sie fangen die Bälle mit ausgestrecktem Arm (80,0 cm) und bringen sie vor der Brust zum Halten (gleichmäßige Beschleunigung). Der Medizinball hat eine Geschwindigkeit von  $1,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

- a) Wenn beide Bälle den gleichen Impuls aufweisen, welche Geschwindigkeit hat dann der Schlagball?

Der Impuls berechnet sich aus

$$p = m \cdot v$$

Für den Medizinball demnach

$$p_M = 5 \text{ kg} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}}$$

Da der Handball den gleichen Impuls hat, können wir dadurch die Geschwindigkeit ausrechnen:

$$p_H = p_M = 5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}} = m_H \cdot v_H$$
$$v_H = \frac{p_H}{m_H} = \frac{5 \frac{\text{kg m}}{\text{s}}}{0,5 \text{ kg}} = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- b) Wie hoch sind die kinetischen Energien der Bälle?

Da es eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung ist, gilt für die kinetische Energie:

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Daher gilt für den Medizinball:

$$E_M = \frac{1}{2} \cdot 5 \text{ kg} \cdot \left(1 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 2,5 \text{ J}$$

Und für den Handball:

$$E_M = \frac{1}{2} \cdot 0,5 \text{ kg} \cdot \left(10 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 25 \text{ J}$$

- c) Diskutieren Sie das Auffangen der Bälle im Zusammenhang mit der Belastung der Armmuskulatur.

Energie ist gleich Arbeit und Arbeit ist „Kraft mal Weg“:

$$E = W = F \cdot s$$

Die benötigte Energie muss bei beiden Bällen über demselben Weg (nämlich der Armlänge von 0,8 m) geleistet werden. Da die kinetische Energie des Handballs 10× höher als die des Medizinballs ist, muss der Arm beim Handball auch 10× mehr Kraft aufwenden und wird dadurch 10× mehr belastet.

2. a) Wie lautet das Hookesche Gesetz?

$$F = D \cdot \Delta l$$

In seinen Folien steht auch  $F = k_H \cdot x$ , aber das sieht komisch aus.

- b) Bestimmen Sie die Federkonstante aus Abbildung 1.

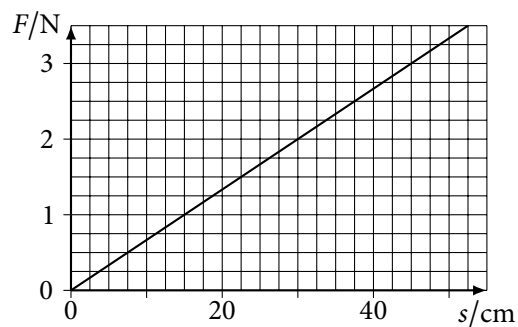
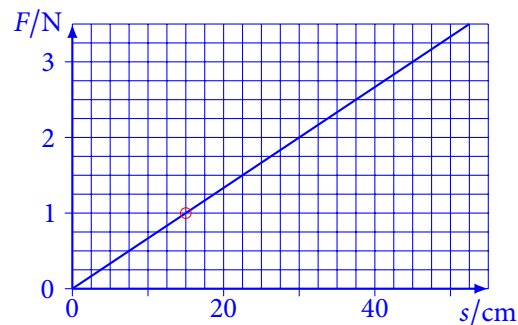


Abbildung 1: zu Aufgabe 2

Sucht euch einen Schnittpunkt der Gerade mit den Hilfslinien, zum Beispiel bei  $s = 15 \text{ cm}$  und  $F = 1 \text{ N}$ :



Das  $s$  ist dabei  $\Delta l$  im Hookeschen Gesetz. Umstellen, einsetzen und ausrechnen führt zur Federkonstanten:

$$F = D \cdot \Delta l \quad \Leftrightarrow \quad D = \frac{F}{\Delta l}$$

$$D = \frac{1 \text{ N}}{0,15 \text{ m}} = 6,667 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2}$$

- c) Wie ändert sich die Steigung der Geraden, wenn sich die Federkonstante erhöht?

- keine Änderung
- größere Steigung

✗ geringere Steigung

Man kann das Hookesche Gesetz als lineare Funktion ansehen. Vergleiche mal:

$$F = D \cdot \Delta l$$

$$y = m \cdot x + n$$

Hookesches Gesetz

lineare Funktion

Die Kraft  $F$  ist das  $y$  und damit der Funktionswert, die Federkonstante  $D$  ist das  $m$  und damit der Anstieg der Funktion, der Weg bzw. die Längenänderung  $\Delta l$  ist das  $x$  und damit die Variable und das  $n$  in der linearen Funktion (die Verschiebung auf der  $y$ -Achse) gibt es im Hookeschen Gesetz nicht.

Wenn der Anstieg der Funktion erhöht wird, dann steigt die Funktion stärker an. Deswegen heißt es auch „Anstieg“. Also gilt: wenn die Federkonstante erhöht wird, dann steigt die Gerade stärker an. Physikalisch gesehen braucht man dann mehr Kraft, um die Feder um die gleiche Länge langzuziehen.

3. Wie lauten die beiden grundlegenden Bedingungen für ein statisches Gleichgewicht?

a) Kräftegleichgewicht:

$$\sum \vec{F}_i = \vec{0}$$

b) Momentengleichgewicht:

$$\sum \vec{M}_i = \vec{0}$$

4. Markieren Sie, welche der Kurven in Abbildung 2 qualitativ den Zusammenhang zwischen Druck  $p$  und Höhe  $x$  in der Erdatmosphäre richtig wiedergibt! Hinweis: es handelt sich jeweils um eine lineare Skala.

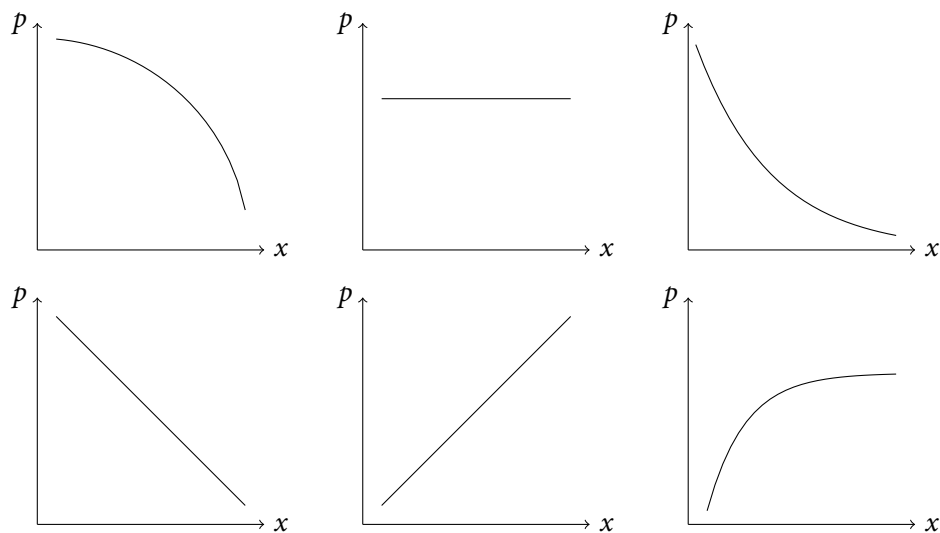
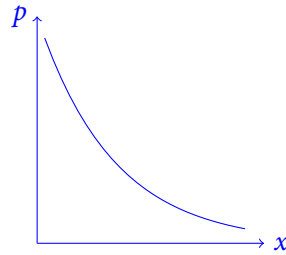


Abbildung 2: zu Aufgabe 4

Lies den Wikipedia-Artikel zum Luftdruck und dann nimm das Bild mit der Exponentialfunktion:



5. In einem Kanal eines Elektroenzephalogramms, das mit einem Papierschub von  $30,0 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$  registriert wurde, beobachtet man eine Wellenstruktur mit einem Abstand von  $5,0 \text{ mm}$ . Welche Frequenz hat diese Welle?

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{30,0 \frac{\text{mm}}{\text{s}}}{5,0 \text{ mm}} = 6 \text{ Hz}$$

6. Welche Energieformen spielen im menschlichen Körper eine Rolle? Begründen Sie in Stichworten Ihre Auswahl.
- Wärmeenergie (Erhaltung der Lebensfunktionen, da die meisten Prozesse nur bei Körpertemperatur ablaufen können)
  - elektrische Energie (Reizweiterleitungen bei Nerven)
  - chemische Energie (Energie wird in ATP gespeichert)
7. Geben Sie eine physikalische Erklärung für den im Demonstrationsversuch vorgestellten Effekt.

Keine Ahnung, müsste man gesehen haben.

8. Betrachten Sie ein Stück einer Zellmembran (Dicke  $d_M$ , spezifische Leitfähigkeit  $\sigma_M$  (Einheit  $\frac{1}{\Omega \text{ m}}$ ), Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_M$ ). Auf beiden Seiten der Membran gibt es zusätzliche Grenzschichten mit spezifischen Leitfähigkeiten  $\sigma_i, \sigma_a$  und vernachlässigbarer Kapazität.

- a) Welcher einfacher Zusammenhang besteht zwischen elektrischem (spezifischem) Widerstand und elektrischer (spezifischer) Leitfähigkeit?

Wir dachten uns einerseits den einfachen Zusammenhang zwischen Widerstand und Leitwert:

$$R = \frac{1}{G}$$

Andererseits kann man das noch weiter ausführen:

$$R = \frac{U}{I} = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad \text{elektr. Widerstand } \rho$$

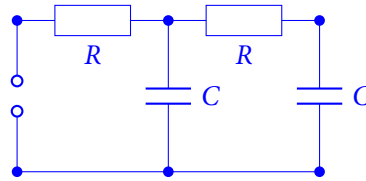
$$G = \frac{1}{R} = \frac{I}{U} \quad \text{elektr. Leitwert}$$

$$\rho = R \cdot \frac{A}{l} \quad \text{spez. Widerstand}$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{l}{R \cdot A} \quad \text{elektr. (spez.) Leitfähigkeit}$$

- b) Zeichnen Sie ein elektrisches Ersatzschaltbild, das die passiven elektrischen Eigenschaften der Membran wiedergibt. Hinweis: vernachlässigen Sie Randeffekte.

Wir dachten uns folgendes RC-Glied:



9. a) Geben Sie den Wellenlängenbereich an, in dem das menschliche Auge für Licht empfindlich ist.

400 nm – 700 nm

b) Ein roter und ein blauer Lichtstrahl treten aus dem Medium Luft kommend in einen Glasblock ein und auf der anderen Seite wieder heraus. Zeichnen Sie in Abbildung 3 den jeweiligen Strahlengang ein.

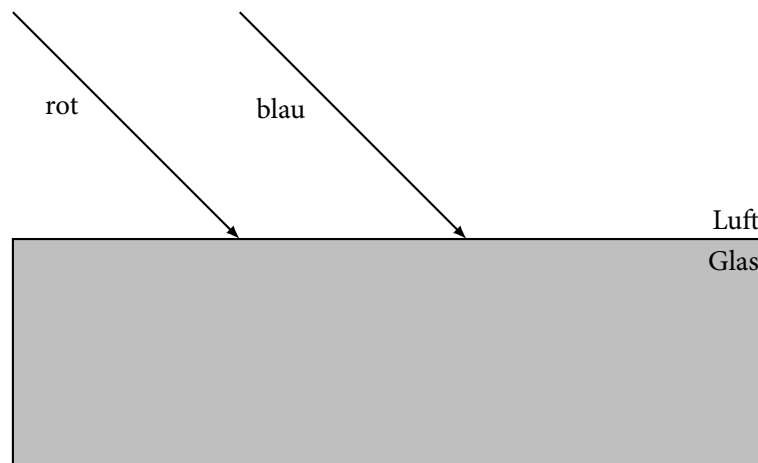
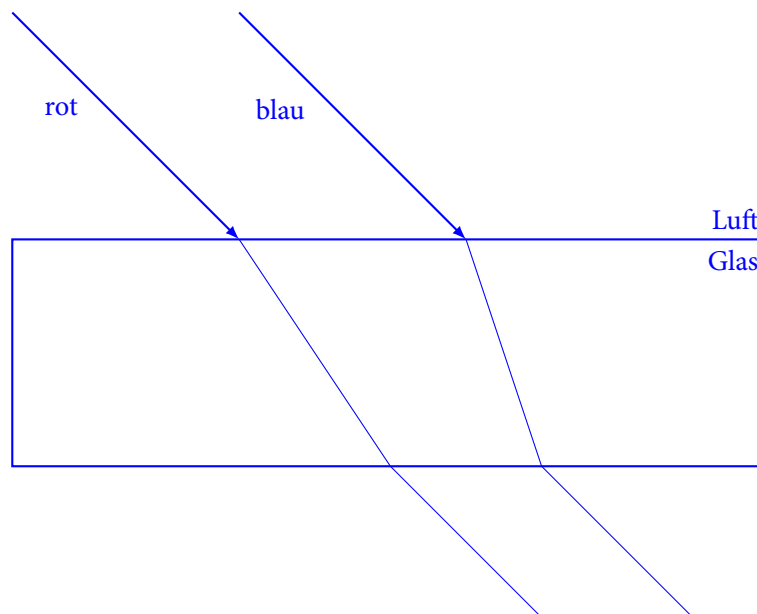


Abbildung 3: zu Aufgabe 9b

Da die Wellenlänge des blauen Lichtstrahls kleiner als die des roten Lichtstrahls ist, wird dieses stärker gebrochen. So ungefähr könnten die Strahlen gezeichnet werden:



10. Skizzieren Sie die Abbildung eines Objektes mit Hilfe einer Lupe. Wie erreichen Sie eine größtmögliche Vergrößerung?

Schaut's nach. Wichtig ist, dass der Gegenstand zwischen Linse und Brennpunkt sein muss.

11. Um eine abgelöste Netzhaut (im wesentlichen aus Wasser bestehend) wieder anzuschweißen, wird ein fokussierter Laserstrahl ( $P = 50,0 \text{ mW}$ ,  $\lambda = 500,0 \text{ nm}$ ) für  $20,0 \text{ ms}$  auf das betroffene Gewebe eingestrahlt. Das Laserlicht wird in einem zylinderförmigen Bereich (Durchmesser  $100,0 \mu\text{m}$ , Länge  $250,0 \mu\text{m}$ ) absorbiert.

- a) Wie hoch ist die Energie des Pulses?

$$P = \frac{E}{t} \Rightarrow E = 1 \text{ mJ}$$

- b) Um wieviel steigt die Temperatur des bestrahlten Gewebes durch die Einwirkung des Laserstrahls?

Der Temperaturunterschied berechnet sich aus

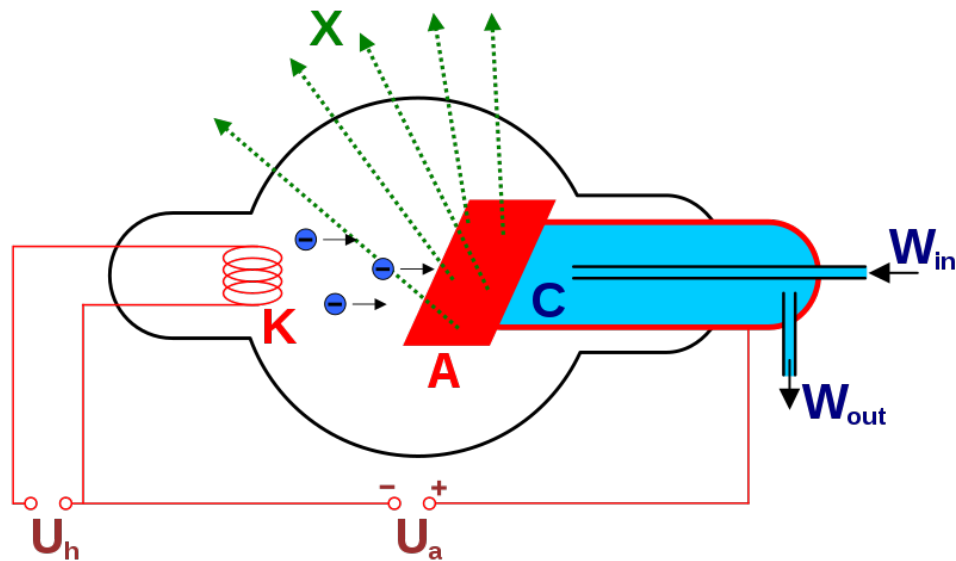
$$T = \frac{Q}{c \cdot m}$$

Dabei ist  $Q$  die Wärmeenergie,  $c$  die spez. Wärmekapazität und  $m$  die Masse des in diesem Fall zylinderförmigen Bereichs.  $Q = 1 \text{ mJ}$  und  $c = 4184 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}$  haben wir gegeben, also brauchen wir noch die Masse:

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot h = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \pi \cdot \left(\frac{100 \cdot 10^{-6} \text{ m}}{2}\right)^2 \cdot 250 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 1,963 \cdot 10^{-9} \text{ kg}$$

Führt zu einer Temperaturänderung von  $T = 121,755 \text{ K}$ .

12. a) Skizzieren Sie den schematischen Aufbau und die elektrische Schaltung einer Röntgenröhre. Zeichnen Sie die elektrischen Spannungen ein.



Die Spannung bei  $U_h$  beträgt  $5 \text{ V}$  und bei  $U_a$ :  $50 - 600 \text{ kV}$ .

- b) Warum befindet sich der Aufbau in einer Vakuumröhre?

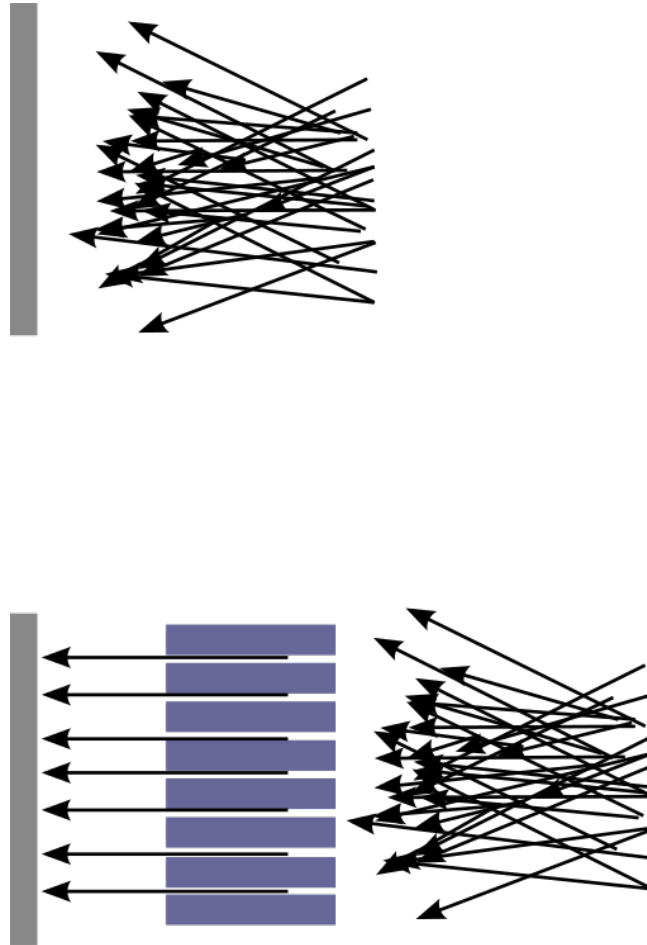
Damit die Elektronen ungehindert beschleunigen können.

- c) Berechnen Sie die minimale Wellenlänge einer  $20 \text{ kV}$  Röntgenröhre.

$$e \cdot U_e = \frac{h \cdot c}{\lambda_{\min}} \Rightarrow \lambda_{\min} = 6,2 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

d) Durch welche Maßnahmen erreicht man Kontrast in einer Röntgenaufnahme?

Man unterdrückt das Streulicht durch Blei-Kollimatoren. Siehe Wikipedia für „Kollimator“ und merk dir das folgende Bild:



13. Die Wechselwirkung ionisierender Strahlung mit Materie hängt stark von der Art der Strahlung ab. Worum handelt es sich bei

- $\alpha$ -Strahlung: Atomkern zerfällt und sendet einen Helium-4-Atomkern aus.
- $\beta$ -Strahlung: Neutron im Atomkern zerfällt und sendet ein Elektron ( $\beta^-$ -Zerfall) aus. Beim  $\beta^+$ -Zerfall wird ein Proton im Kern in ein Neutron umgewandelt und es wird ein Positron ausgesendet.
- $\gamma$ -Strahlung: Nach einem radioaktiven  $\alpha$ - oder  $\beta$ -Zerfall befindet sich der zurückbleibende Kern in einem angeregten Zustand. Beim Übergang in einen weniger hoch angeregten Zustand oder den Grundzustand gibt er die frei werdende Energie in Form von Gammastrahlung ab.

Dazu noch eine Frage: Ihnen werden drei Kekse angeboten, von denen Sie wissen, dass einer der Kekse einen  $\alpha$ -Emitter, einen  $\beta$ -Emitter und der dritte einen  $\gamma$ -Emitter enthält. Einen sollen Sie essen, einen in der Hand halten und den letzten in die Tasche stecken. Was tun Sie? Ich mach mich bereit zum Weglaufen. Begründen Sie Ihre Antwort.

- $\alpha$ -Emitter: Weglaufen, weil sich die Äquivalentdosis quadratisch mit dem Abstand zum Keks verringert.
- $\beta$ -Emitter: Weglaufen, weil sich die Äquivalentdosis quadratisch mit dem Abstand zum Keks verringert.

c)  $\gamma$ -Emitter: Weglaufen, weil sich die Äquivalentdosis quadratisch mit dem Abstand zum Keks verringert.  
Keine Ahnung, ob das eine Fangfrage ist. Für eine Klausur ist das unserer Meinung nach keine gute Aufgabe.

14. Sie verwenden ein radioaktives Präparat, das  $1,0 \mu\text{g}$   $^{14}\text{C}$  (Halbwertszeit 5760 Jahre) enthält.

a) Was sind Isotope?

Als Isotope bezeichnet man Atomarten, deren Atomkerne gleich viele Protonen, aber unterschiedlich viele Neutronen enthalten.

b) Wie ist der Zusammenhang zwischen Zerfallskonstante und Halbwertszeit?

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

c) Wieviel  $^{14}\text{C}$  Atome beinhaltet die Substanz?

$$m = M \cdot n \Rightarrow n = \frac{m}{M} = \frac{1 \cdot 10^{-6} \text{ g}}{12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 8,333 \text{ mol} = 5,0183 \cdot 10^{16}$$

Man könnte auch noch die Masse der zwei zusätzlichen Neutronen einrechnen und käme dann auf  $M = 12,002 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$  und damit auf fast die gleiche Anzahl Teilchen. Keine Ahnung, welcher Weg der richtige ist. Schließlich gibt's noch das Phänomen des Massendefekts.

d) Berechnen Sie die Aktivität des Präparats.

$$A = \lambda \cdot N = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \cdot N$$

Dabei ist  $T_{1/2} = 5760 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s}$  und  $N$  die Anzahl der Teilchen, die wir gerade berechnet haben. Ausgerechnet bekommen wir

$$A = 191\,462,1 \text{ Bq}$$