

### Aufgabe 1: Physikalische Größen und Fehlerrechnung (5 Punkte)

In der Physik lassen sich alle benötigten physikalischen Größen durch Definition aus einer kleinen Anzahl so genannter Basisgrößen herleiten.

- a) Kreuzen Sie das/die Feld(er) an, bei denen es sich ausschließlich um SI-Basisgrößen handelt. (1 Punkt)
- Meter, Kilogramm, Sekunde, Newton
  - Candela, Mol, Ohm, Kelvin
  - Kelvin, Mol, Sekunde, Candela
  - Mol, Kilogramm, Watt, Meter
  - Ampere, Sekunde, Joule, Meter

- b) Sie haben das Volumen eines 200 Liter Fasses mit einem Fehler von 3% bestimmt. Geben Sie die richtige physikalische Darstellung des Volumens mit SI-Basiseinheiten an. (1 Punkt)

$$\frac{\Delta V}{V} = 0.03; \quad V = 0,2 \text{ m}^3 \pm 0,006 \text{ m}^3$$

- c) Gegeben sei die Messgröße X mit einem Fehler  $\Delta X$ . Der relative Fehler für X ist 2%. Die Größe Y ist durch  $Y = cX^4$  gegeben (mit  $c = \text{konst.}$ ). Wie groß ist der relative Fehler von Y? (1 Punkt)

$$\frac{\Delta Y}{Y} = 4 \cdot \frac{\Delta X}{X} = 0,08 \quad (8\%)$$

- d) Geben Sie die Formel für die Standardabweichung  $\sigma$  einer Messreihe aus ( $n = 9$ ) Einzelmessungen ( $x_i$ ) an. (1 Punkt)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^9 (x_i - \bar{x})^2}{8}}$$

Wie groß ist der mittlere statistische Fehler zu  $\sigma$  aus Aufgabe d)?

(1 Punkt)

$$\sigma_{\text{mi}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{1}{3} \sigma$$

**Aufgabe 2: Mechanik I (Kinematik, 5 Punkte)**

In einem Freizeitbad rutscht ein Junge auf einem Gummireifen (Gesamtmasse  $m = 50\text{kg}$ ) eine  $10\text{ m}$  hohe Wasserrutschbahn reibungsfrei hinunter und stößt am Auslauf der Bahn zur Zeit  $t = 0$  an der Stelle  $x = 0$  mit einem Mädchen auf einem Gummireifen *derselben Masse* zusammen.

- a) Berechnen Sie die Geschwindigkeit des Jungen am horizontalen Auslauf der Bahn *unmittelbar vor* dem Zusammenstoß! (2 Punkte)

$$E_{\text{pot}} = E_{\text{kin}} \Rightarrow m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m v^2$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{2g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 10 \text{ m}} = 14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

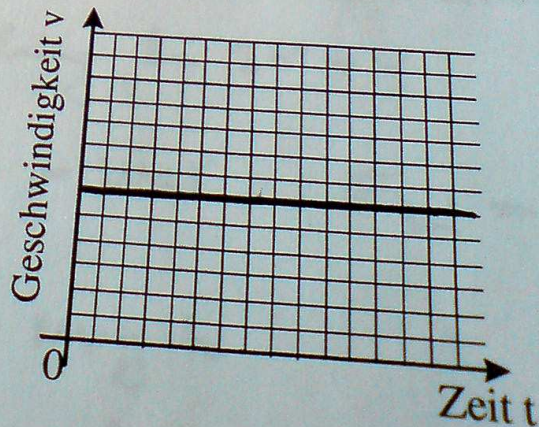
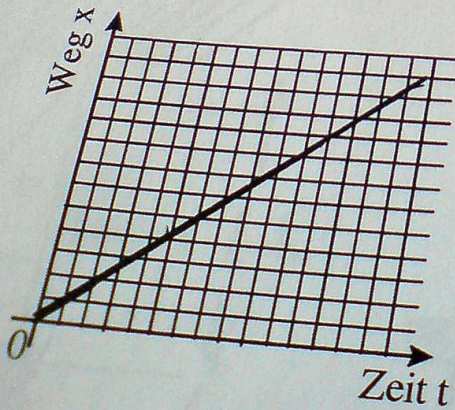
- b) Welche Erhaltungssätze gelten im *idealen elastischen* Stoß? (1 Punkt)

Energieerhaltung, Impulserhaltung

- c) Berechnen Sie die Geschwindigkeit des Mädchens *unmittelbar nach* dem idealen elastischen Stoß (1 Punkt)

Impulserhaltung;  $v_1 = v_1' + v_2'$  (I)  $\Rightarrow v_1' = v_1 - v_2'$  in (II):  
 Energieerhaltung;  $v_1^2 = v_1'^2 + v_2'^2$  (II)  $\Rightarrow v_1^2 = (v_1 - v_2')^2 + v_2'^2$   
 $\Rightarrow v_1^2 = v_1^2 + v_2'^2 - 2v_1 v_2' + v_2'^2$   
 $\Rightarrow 0 = v_2' - 2v_1 + v_2' \Rightarrow v_2' = v_1 = 14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

- d) Zeichnen Sie in untenstehende Diagramme den Ort und die Geschwindigkeit als Funktion der Zeit *für das Mädchen* unmittelbar nach dem Zusammenprall ein! (1 Punkt)



**Aufgabe 3: Mechanik II (Pendel, 5 Punkte)**

Auf einer Kinderschaukel der Länge  $l = 2 \text{ m}$  sitzt ein kleines Kind ( $m_1 = 30 \text{ kg}$ ) und schaukelt. (Das Kind kann als Punktmasse auf der Schaukel angenommen werden. Mathematisches Pendel!)

- a) Berechnen Sie die Schwingungsdauer des Kindes. (Hinweis: die Auslenkung der Schaukel ist klein verglichen mit der Länge der Schaukel) (Ersatzlösung  $T = 4 \text{ s}$ ) (1 Punkt)

~~Mathematisches Pendel~~

$$F_G = m \cdot a = m \frac{d^2 s}{dt^2} = m l \ddot{\varphi} = -m g \sin \varphi \quad | ds = l d\varphi$$

$$\Rightarrow \ddot{\varphi} + \frac{g}{l} \sin \varphi = 0 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{l}} = 2\pi \cdot \frac{1}{T}$$

$$\approx \omega^2 \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 2.84 \text{ s} \quad \square$$

- b) Wie müsste die Länge der Kinderschaukel geändert werden, damit die Schwingungsdauer des Kindes nur noch die Hälfte der ursprünglichen beträgt? (1 Punkt)

$$T' = \frac{1}{2} T = 2\pi \sqrt{\frac{l'}{g}} \Rightarrow l' = \frac{T'^2}{4\pi^2} \cdot g \quad ; \quad T' = \frac{1}{2} T$$

$$\Rightarrow l' = \frac{T'^2}{4\pi^2} \cdot g = \frac{2.84^2}{4\pi^2} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.5 \text{ m}$$

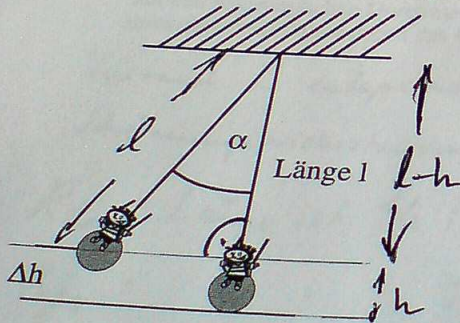
- c) Jetzt setzt sich der Vater des Kindes ( $m_2 = 85 \text{ kg}$ ) auf die Schaukel ( $l = 2 \text{ m}$ )! Mit welcher Frequenz schwingt er? (1 Punkt)

Schwingungsdauer bzw. Frequenz ist unabhängig von der Masse!

$$\Rightarrow \omega = 2\pi \cdot \frac{1}{T} = 2\pi \cdot \frac{1}{2.84 \text{ s}} = 0.35 \text{ Hz}$$

- d) Berechnen Sie die Gesamtenergie des Systems, wenn das Kind auf der Schaukel der Länge  $l = 2 \text{ m}$  schaukelt und seine Auslenkung aus der Ruhelage  $30^\circ$  beträgt! (2 Punkte)

$$E_{\text{ges}} = E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}}$$



Z.B. im Punkt der maximalen Auslenkung bei  $30^\circ = \varphi$

$$E_{\text{pot}} = \text{max} \quad ; \quad E_{\text{kin}} = 0$$

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$$

$$\cos \varphi = \frac{l-h}{l}$$

$$\Rightarrow h = l(1 - \cos \varphi)$$

$$\Rightarrow E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot l (1 - \cos \varphi) =$$

$$= 30 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2 \text{ m} (1 - \cos(30^\circ)) \approx 78.97 \approx 79 \text{ J}$$



### Aufgabe 5: Ideales Gas (5 Punkte)

- a) Welche Aussage(n) treffen für ein ideales Gas zu? (1 Punkt)
- Die Gasteilchen haben keine Masse
  - Schnelle Gasteilchen sind kleiner als langsame.
  - Die spezifische Wärme von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) ist größer als die spez. Wärme von Argon. (Ar)
  - Die Temperatur ist durch die mittlere Bewegungsenergie der Gasteilchen bestimmt
  - Die Gasteilchen sind meist positiv geladen
  - Die Gasteilchen stoßen inelastisch mit den Wänden

Man betrachte eine volle 10-Liter Flasche mit Wasserstoff (= ideales Gas) bei einem Druck von 150 bar und einer Temperatur von 25 °C (Gaskonstante  $R = 8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ).

- b) Geben Sie die ideale Gasgleichung an und berechnen Sie, wie viele Mol Wasserstoff in der Flasche sind. (1,5 Punkte)

$$p \cdot V = \nu \cdot R \cdot T$$
$$\nu = \frac{pV}{RT} = \frac{1,5 \cdot 10^7 \text{ Pa} \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \text{ mol K}}{8,31 \text{ J} \cdot 298 \text{ K}} = 60,57 \text{ mol}$$

- c) Wie groß ist das Gasvolumen, wenn das Gas (isotherm) auf Normaldruckbedingung ( $p_0 = 101300 \text{ Pa}$ ) expandiert? (1 Punkt)

$$p_1 V_1 = p_0 V_0 \Rightarrow V_0 = \frac{p_1}{p_0} \cdot V_1 = \frac{150}{1,013} \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$$
$$V_0 = \underline{\underline{1,48 \text{ m}^3}}$$

- d) Das Gas in der Flasche erfahre eine Wärmezufuhr von  $Q = 600 \text{ kJ}$ . Auf welche Temperatur wird das Gas erwärmt (Vernachlässigen Sie die spezifische Wärme der Flasche)? (1,5 Punkte)

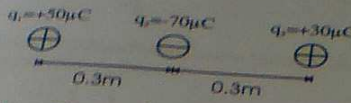
$$\Delta Q = \Delta U = \frac{f}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot \Delta T ; f = 5$$

$$\Delta T = \frac{2 \Delta Q}{f R \nu} = \frac{1,2 \cdot 10^6 \text{ J}}{5 \cdot 60,57 \cdot 8,31 \text{ J}} = 477 \text{ K}$$

$$\underline{\underline{T_2 = 502^\circ \text{C}}}$$

**Aufgabe 6: Elektrizitätslehre (5 Punkte)**

- a) Berechnen Sie die **resultierende** elektrostatische Kraft auf die Ladung  $|q_1| = 50 \mu\text{C}$  aufgrund der Anwesenheit der Ladungen  $|q_2| = 70 \mu\text{C}$  und  $|q_3| = 30 \mu\text{C}$ , die sich jeweils im Abstand  $\Delta x = 0.3 \text{ m}$  voneinander befinden (vgl. Abbildung)! (Hinweis: Die Ladungen können als **Probeladungen** im elektrischen Feld angesehen werden!  $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$ )



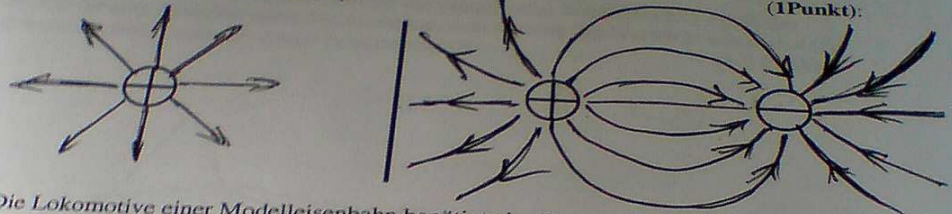
$$F_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r_{12}^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-5} \cdot (-7 \cdot 10^{-5} \text{ C}^2)}{(0.3 \text{ m})^2}$$

$$= \frac{-35 \cdot 10^{-10} \text{ C}^2}{4\pi \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm} \cdot 0.09 \text{ m}^2} = -39.68 \text{ N};$$

$$F_{13} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_3}{r_{13}^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-5} \cdot 3 \cdot 10^{-5} \text{ C}^2}{(0.6 \text{ m})^2} = +37.46 \text{ N};$$

$\Rightarrow F = F_{12} + F_{13} = (-39.68 + 37.46) \text{ N} = -2.22 \text{ N};$

- b) Zeichnen Sie den Feldlinienverlauf des elektrischen Feldes ein für **links: positive Punktladung** und für **rechts: Dipol!** (1 Punkt):



- c) Die Lokomotive einer Modelleisenbahn benötigt eine Spannung  $U_S = 9 \text{ V}$ . Dabei fließt ein Strom von  $I_S = 1 \text{ A}$  durch die Lok. Ein  $230 \text{ V}$  ( $U_P$ ) **Transformator** mit  $n_P = 20$  Windungen auf der Primärseite erzeugt die Spannung  $U_S$ .

- i) Berechnen Sie die Anzahl der benötigten Windungen  $n_S$  auf der Sekundärseite! (1 Punkt)

$$U_P \cdot n_S = U_S \cdot n_P \Rightarrow n_S = \left(\frac{U_P}{U_S}\right)^{-1} \cdot n_P = \left(\frac{230 \text{ V}}{9 \text{ V}}\right)^{-1} \cdot 20$$

$n_S = 0.8$  Windungen

- ii) Wie viel Strom  $I_P$  fließt durch die Primärspule? (1 Punkt)

Leistung  $P_P = P_S = P = U \cdot I$   $I_P = \frac{n_S}{n_P} \cdot I_S = 40 \text{ mA}$

$\Rightarrow \frac{U_P}{I_P} = \frac{U_S}{I_S} \Rightarrow I_P = \frac{U_P \cdot I_S}{U_S} = \frac{230 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}}{9 \text{ V}} = 25.5 \text{ A}$

- iii) Wie groß ist die Leistungsaufnahme  $P$  der Lokomotive? (0,5 Punkte)

$P_{\text{Loc}} = U_S \cdot I_S = 9 \text{ V} \cdot 1 \text{ A} = 9 \text{ W}$

Frage 7: Spektrometer

a) Geben Sie die Gleichung für die Transmission T von Licht beim Durchlaufen einer absorbierenden Flüssigkeit an! Bezeichnen Sie die im einzelnen vorkommenden Größen! (1 Punkt)

$$T = \frac{I}{I_0} = e^{-\alpha d}$$

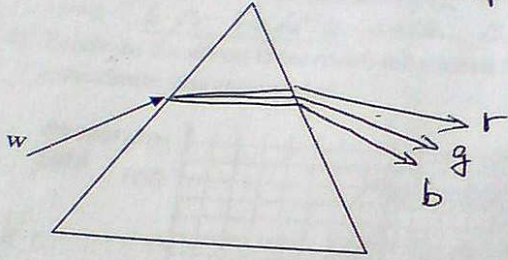
$I_0$ : einfallende Int.  
 $I$ : Transmittanz  
 $\alpha$ : Absorptionskoeff.  
 $d$ : Dicke d. Probe

b) Unter welchen Bedingungen kann für die Extinktionskonstante  $K = \text{const} \cdot c$  angenommen werden? (0,5 Punkte)

stark verdünnte Lösung  $c \ll 10^{-2} \text{ mol/l}$

c) Was ist die Ursache für die spektrale Aufspaltung im Prisma?  
 Vervollständigen Sie den Strahlenverlauf des einfallenden Weißlichts (w) durch das Prisma bis zum Austreten unter der Annahme, dass das sich das Weißlicht aus rotem (r), grünem (g) und blauem (b) Anteil zusammensetzt: (1,5 Punkte)

Dispersion:  $n = n(\lambda)$



d) Die Skala eines Spektrometers hat eine lineare Skala von 0 bis 100 Skalenteilen (Skt). Die Eich-tabelle zur Blutzuckerbestimmung ergibt 68 Skt für 85 mg/dl Glukose im Blut. Welche Anzeige ist für 120 mg/dl zu erwarten? (2 Punkte)

$$T_1 = \frac{68}{100} \quad ; \quad c_1 = 85 \text{ mg/dl}$$

$$c_2 = 120 \text{ mg/dl} = 1,412 \cdot c_1$$

$$\Rightarrow K_2 = 1,412 \cdot K_1$$

$$T_2 = e^{-K_2 d}$$

$$\ln T_2 = -K_2 d = -K_1 d \cdot 1,412$$

$$= \ln T_1$$

$$T_2 = e^{1,412 (\ln T_1)}$$

$$= e^{1,412 \cdot \ln(\frac{68}{100})} = e^{-0,425} = 0,65$$

$$T_2 = 0,65 \cdot 100 = \underline{\underline{65 \text{ Skt}}}$$



**Aufgabe 9: Röntgenstrahlung (5 Punkte) MUSS BEARBEITET WERDEN!!**

In einer Röntgenröhre werden Elektronen mit einer Spannung  $U_B = 50\,000\text{ V}$  beschleunigt (Elementarladung  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ As}$ ; Planck'sches Wirkungsquant  $h = 6,6 \cdot 10^{-34}\text{ Js}$ ).

- a) Wie groß ist ihre kinetische Energie beim Auftreffen auf die Anode (Formel, Zahlenwert und geeignete Energieeinheit)? (0,5 Punkte)

$$E = e \cdot U_B = 50\text{ keV} (= 8 \cdot 10^{-15}\text{ J})$$

- b) Welche Wellenlänge  $\lambda$  haben die Röntgenquanten mit der höchsten Energie bei der Beschleunigungsspannung  $U_B$ ? (1 Punkt)

$$\lambda_{\text{min}} = \frac{hc}{e \cdot U_B} = \frac{1,242\text{ nm} \cdot \text{eV}}{5 \cdot 10^4\text{ eV}} = 0,2484\text{ nm}$$

- c) Beschreiben Sie kurz die beiden wichtigsten Wechselwirkungsprozesse von Röntgenstrahlung mit Materie. (1 Punkt)

1.) Photoeffekt: Röntgenquant schlägt Elektron aus d. Hülle  $\rightarrow$  Ion,  $u$ -u,  $u$ erke (wieder an) Röntgenphoton

2.) Compton effekt: Streuung von Röntgenquanten: wie oben + gestr. Röntgenquant mit  $E' = E_0 - E_A \rightarrow$  Ion

- d) Ein geeignetes Maß für die ionisierende Wirkung von Röntgenstrahlung ist die Ionendosis. Wie ist diese definiert (mit Einheit!) (1 Punkt)

$$\text{Ionendosis} = \frac{\text{Ladung d. Ionenpaare}}{\text{durchstr. Masse}} \left[ \frac{\text{C}}{\text{kg}} \right]$$

- e) Sie durchstrahlen bei der Diagnose eine 6 cm dicke Gewebesicht (ohne Knochen). Bei 50 keV Röntgenenergie ist deren Absorptionskoeffizient  $0,33\text{ cm}^{-1}$ . Berechnen Sie, welcher Bruchteil der einfallenden Intensität  $I_0$  in der Schicht absorbiert wird (und dabei das Gewebe schädigen kann). (1,5 Punkte)

$$\begin{aligned} \text{Abs. Anteil} = A &= 1 - T = 1 - e^{-\mu x} \\ &= 1 - e^{-0,33 \cdot 6} = 1 - e^{-2} = 1 - 0,135 = 0,865 \end{aligned}$$

oder: 86,5% d. Strahlung werden absorbiert.

**Aufgabe 10: Ultraschall (5 Punkte)**

a) Benennen Sie den Frequenzbereich für Ultraschallwellen.

$$f > 20 \text{ kHz}$$

(0,5 Punkte)

(... bis 20 MHz mit tiefl.)

b) Was versteht man unter akustischer Impedanz (Formel) und warum wird Kontaktgel bei der Sonographie verwendet? (1 Punkt)

$W = c_s \cdot \rho$ : ak. Imp.  $W$  \* Widerstand f. Schallwellen  
 Dichted. Mat.:  $\rho$   
 Schallgeschw.:  $c_s$   
 Bei Änderung von  $W$  tritt Reflexion auf  $\rightarrow$  Kontaktgel verhindert Reflexion

c) Die Eindringtiefe von US-Wellen nimmt mit zunehmender Frequenz stark ab. Für Untersuchungen an der Niere sollte maximal eine Frequenz von 5 MHz gewählt werden. Welche Gewebestrukturgröße können Sie damit gerade noch auflösen (Begründung!)? (Schallgeschwindigkeit  $c_s = 1540 \text{ m/s}$ ) (1 Punkt)

Bewegungsbegrenzung für  $\lambda \approx l$  (Strukturgröße)

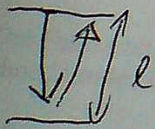
$$f \cdot \lambda = c_s; \Rightarrow l \approx \frac{c_s}{f} = \frac{1540 \text{ m/s}}{5 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}} = 0,308 \text{ mm}$$

d) Was versteht man unter dem Dopplereffekt (Formel + Beschreibung; - Sender/Quelle)? (1 Punkt)

Veränderung d. wahrgenommenen Frequenz bei bewegter Schallquelle,  $v_Q$  und/oder bewegtem Empfänger,  $v_E$

$$f' = f \cdot \frac{1 \pm \frac{v_E}{c}}{1 \mp \frac{v_Q}{c}}$$

e) Sie wollen ein Objekt in wässriger Umgebung ( $c_s = 1540 \text{ m/s}$ ) mit dem Impuls-Echo Verfahren (A-Scan) vermessen. Welche Tiefenauflösung erreichen Sie, wenn die Zeitauflösung Ihres Detektors  $1 \mu\text{s}$  beträgt? (1,5 Punkte)



Laufzeit:  $t = \frac{2l}{c_s}; > 1 \mu\text{s}$

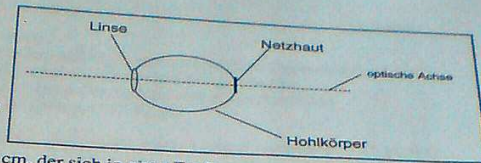
$$2l = c_s \cdot t; \quad l = \frac{c_s t}{2} = \frac{1,54 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 10^{-6} \text{ s}}{2}$$

$$l = 0,77 \text{ mm}$$

**Aufgabe 11: Optik (5 Punkte)**

Die Abbildung zeigt ein stark vereinfachtes Auge.

**Achtung:**  
Alle Rechenergebnisse sind in der Einheit Millimeter mit einer gültigen Nachkommastelle anzugeben!



- a) Ein Gegenstand der Größe 10 cm, der sich in einer Entfernung von 10 m vor der Augenlinse befindet, wird auf der Netzhaut scharf abgebildet. Wie groß ist das Bild, wenn der Abstand zwischen Linse und Netzhaut 30,0 mm beträgt. (1 Punkt)

$$\frac{B}{G} = \frac{b}{g} \rightarrow B = \frac{G \cdot b}{g} = \frac{10 \text{ cm} \cdot 30 \text{ mm}}{1000 \text{ cm}} = 0,3 \text{ mm}$$

- b) Welche Brennweite hat die Linse im unter a) beschriebenen Fall? (1 Punkt)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} \rightarrow \frac{1}{f} = \frac{b+g}{g \cdot b} \rightarrow f = \frac{g \cdot b}{b+g} = \frac{10000 \text{ mm} \cdot 30 \text{ mm}}{30 \text{ mm} + 10000 \text{ mm}} = 29,9 \text{ mm}$$

- c) Der Gegenstand (Größe 5 cm) befinde sich nun im Abstand von 25 cm vor der Linse. Welche Brennweite und Bildgröße ergeben sich nun für ein scharfes Bild? (1 Punkt)

$$f = \frac{g \cdot b}{b+g} = \frac{250 \text{ mm} \cdot 30 \text{ mm}}{30 \text{ mm} + 250 \text{ mm}} = 26,8 \text{ mm}$$

$$B = \frac{G \cdot b}{g} = \frac{50 \text{ mm} \cdot 30 \text{ mm}}{250 \text{ mm}} = 6,0 \text{ mm}$$

- d) Eine krankhafte Veränderung des Auges führt zu einer Verkürzung des Abstandes zwischen Linse und Netzhaut auf einen Wert von nur noch 28,0 mm. Dieser Defekt soll durch eine Brille korrigiert werden. Welche Art von Linse wird benötigt? Welche Brennweite muss diese besitzen? Welche Art von Fehlsichtigkeit liegt vor? (1,5 Punkte)

$$\frac{1}{f_{\text{Ges}}} = \frac{1}{f_{\text{Linse}}} + \frac{1}{f_{\text{Brille}}} \rightarrow \frac{1}{f_{\text{Brille}}} = \frac{1}{f_{\text{Ges}}} - \frac{1}{f_{\text{Linse}}}$$

mit  $f_{\text{Linse}} = 29,9 \text{ mm}$  u.  $f_{\text{Ges}} = 28,0 \text{ mm} \rightarrow f_{\text{Brille}} = 440,6 \text{ mm}$ , Konvexlinse  
Weitsichtigkeit

- e) Der Fehlsichtige aus Aufgabe d) hat im Restaurant seine Brille vergessen. Wie kann er ohne fremde Hilfe trotzdem die Speisekarte lesen? (0,5 Punkte)

Er kann sich mit dem Prinzip der Lochkamera helfen:  
Durch kleines Loch auf Speisekarte blicken  $\rightarrow$  Scharfes Bild  
Das Loch kann er z. B. mit Zeigefinger formen

**Aufgabe 12: Polarisiertes Licht (5 Punkte)**

- a) Kreuzen Sie nur die richtige(n) Aussage(n) an! (1 Punkt)
- Licht ist eine longitudinale Welle.
  - Zirkular polarisiertes Licht breitet sich langsamer aus als linear polarisiertes Licht.
  - Linear polarisiertes Licht wird nur reflektiert und nicht gebrochen.
  - Durch Doppelbrechung kann linear polarisiertes Licht erzeugt werden.
  - Licht bewegt sich in dichten Medien schneller fort.

- b) Nennen Sie mindestens 2 Möglichkeiten, polarisiertes Licht zu erzeugen. (1 Punkt)

Pol. Folien, Reflexion an Metallen, Doppelbrech. Kristalle, Brewsterwinkel an Dielektrika

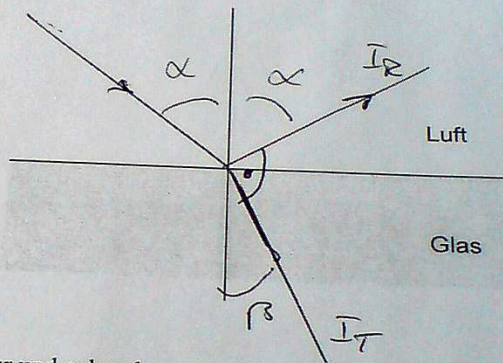
- c) Ein Lichtstrahl fällt unter einem Winkel  $\alpha = 55^\circ$  gegen das Einfallslot auf eine Glasoberfläche mit dem Brechungsindex  $n_G = 1.428$ . Geben Sie den Brechungswinkel  $\beta$  im Glas an und zeichnen Sie den vollständigen Strahlengang in untenstehende Skizze. (1,5 Punkte)

$$n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$$

$$\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{1.428} = 0.574$$

$$\beta = \arcsin(0.574) = 35^\circ$$

$$\Rightarrow \alpha + \beta = 90^\circ$$



- d) Welche Eigenschaft haben reflektierter und gebrochener Strahl, der unter dem Brewsterwinkel auf ein Dielektrikum trifft? Was passiert mit linear polarisiertem Licht, dessen Polarisationsebene parallel zur Einfallsebene liegt (Begründung)? (1,5 Punkte)

$\angle I_T, I_R = 90^\circ$ ; der Refl. Strahl ist vollständig polarisiert  
kein reflektierter Strahl; wenn Pol. || Einfallsebene!