

## Lösungen zur 2. Klausur WS 1999/2000

TRÄ 1) Beim Versuch Trägheitsmoment soll das Trägheitsmoment der gestreckten Puppe ( $m = 180\text{g}$ ) auf der Drillachse bezüglich der Längsachse bestimmt werden. Dazu wird die Puppe in eine Halterung gesteckt, die sich zwischen den Beinen befindet. Diese Halterung befindet sich aber nicht genau in der Längsachse, sondern in einem Abstand von  $0,4\text{cm}$  davon.

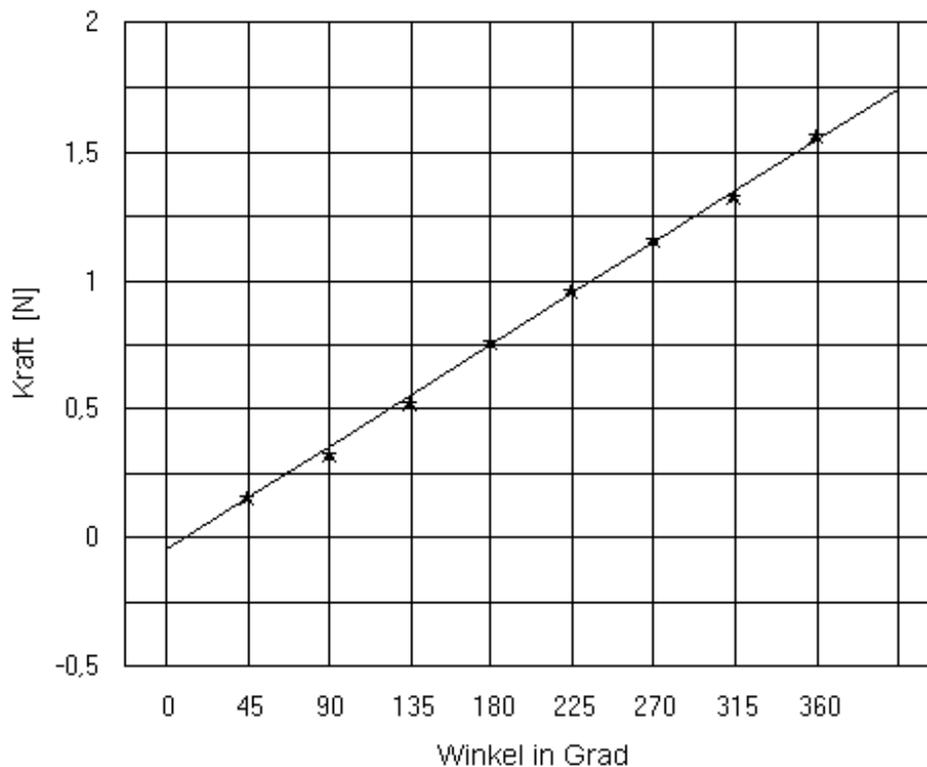
Wie groß ist das Trägheitsmoment bezüglich der Längsachse, wenn bei Benutzung der vorhandenen Halterung ein Trägheitsmoment von  $4,8 \cdot 10^{-5} \text{kgm}^2$  ermittelt wurde?

$$I = I_s + m \cdot a^2 \quad \text{d.h.} \quad I_s = I - m \cdot a^2 = 4,8 \cdot 10^{-5} \text{kgm}^2 - 0,18\text{kg} \cdot (4 \cdot 10^{-3}\text{m})^2 = 4,5 \cdot 10^{-5} \text{kgm}^2$$

TRÄ 2) Mit einer Drillachse wie im Praktikum seien mit einer Federwaage folgende Kräfte  $F$  in Abhängigkeit vom Winkel  $\varphi$  gemessen worden (Winkel zwischen Federwaage und Stange senkrecht; Länge der Stange  $20\text{cm}$ ):

Winkel $\varphi$	Grad	45	90	135	180	225	270	315	360
Kraft $F$	N	0,15	0,32	0,52	0,76	0,96	1,16	1,32	1,56

a) Tragen Sie (auf Karopapier) die Kraft  $F$  in Abhängigkeit vom Winkel  $\varphi$  ein und legen Sie (nach Augenmaß) eine Ausgleichsgerade durch die Punkte.



- b) Bestimmen Sie mit Hilfe der Steigung der Ausgleichsgeraden die Winkelrichtgröße  $D^*$  der Feder (in Nm)?

*Die mit Rechner ermittelte (Regressions-)Gerade lautet:  $F = 0,0044N \cdot j - 0,0413N$  ( $j$  in Grad).*

*Die Gerade geht nicht genau durch den Nullpunkt (!!). Das muß sie auch nicht, wenn z.B. die Justierung (Nullpunktstellung) der Federwaage beim Messen nicht ok war.*

*Daraus ergibt sich eine Winkelrichtgröße von  $D^* = 0,0044N \cdot 180^\circ \cdot 0,2m / p = 0,0504Nm$*

- c) Mit welcher Schwingungsdauer würde die Puppe aus Aufg. 1 auf dieser Drillfeder schwingen?

$$\text{Es ist } T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{D^*}} = 2\pi \sqrt{\frac{4,8 \cdot 10^{-5} \text{kgm}^2}{0,0504 \text{Nm}}} = 0,19 \text{s}$$

- VIS 3) Eine Arterie habe einen Innendurchmesser von 2mm.

Welche Änderung der Volumenstromstärke bewirkt eine Ablagerung einer Kalkschicht der Dicke 0,2mm etwa?

*Der Radius der verkalkten Arterie beträgt  $r_2 = 0,8\text{mm}$  (!)*

$$\text{Mit Hagen-Poiseuille gilt } i = \frac{\pi \cdot r^4 \Delta p}{8 \eta l} \text{ d.h. } \frac{i_2}{i_1} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^4 = \left(\frac{0,8}{1,0}\right)^4 = 0,41$$

*Die Volumenstromstärke nimmt folglich um 59% ab (nicht um 41%!)*

- VIS 4) Um Luft aus einer mit Flüssigkeit gefüllten Spritze zu entfernen, hält man sie häufig mit der Kanüle senkrecht nach oben und drückt solange, bis Flüssigkeit aus der Spritze spritzt.

- a) Nehmen Sie an, daß Sie bei diesem Vorgang eine Spritzhöhe von 2 m erreichen. Mit welcher Geschwindigkeit muß die Flüssigkeit durch eine Kanüle mit einem Innendurchmesser von 0,2mm und einer Länge von 19mm strömen, um diese Spritzhöhe zu erreichen?

*Mit  $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$  ergibt sich  $v = 6,3\text{m/s}$ ; die Hagen-Poiseuille'sche Formel führt hier nicht zum Ziel*

- b) Herrscht in der Kanüle noch laminare Strömung, wenn es sich bei der Flüssigkeit um Wasser von Zimmertemperatur handelt?

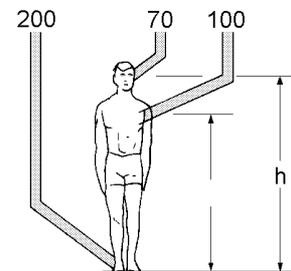
$$Re = r \cdot \mathbf{r} \cdot \mathbf{v} / \mathbf{h} = 10^{-4} \text{m} \cdot 10^3 \text{kgm}^{-3} \cdot 6,3 \text{ms}^{-1} / 10^{-3} \text{Pas} = 630 \text{ ,d.h. laminare Strömung}$$

- VIS 5) Aus einem Lehrbuch stammt folgende Abbildung, die den in den Füßen, am Herz und im Gehirn gemessenen Blutdruck einer stehenden Person angibt (in mmHg).

Wie kann man daraus auf die ungefähre Größe  $h$  der Person schließen?

*Mit der Formel für den hydrostatischen Druck  $p = \mathbf{r} \cdot \mathbf{g} \cdot \mathbf{h}$  und  $\mathbf{r} = 1,06 \text{gcm}^{-3}$  (Dichte von Blut) ergibt sich*

$$h = \frac{\Delta p}{\varrho \cdot g} \approx \frac{(200-70) \cdot 131,6 \text{Pa}}{1,06 \cdot 10^3 \text{kgm}^{-3} \cdot 10 \text{ms}^{-2}} = 1,67 \text{m}$$



WÄR 6) Welche Energie muß Ihr Körper (mit Ihrem eigenen Gewicht) etwa aufbringen, um seine Temperatur von 36°C auf 37°C zu erhöhen?

Wie lange braucht er dazu etwa, wenn die Leistung etwa 100W beträgt?

Hier werde vorausgesetzt, daß keine Wärme durch Strahlung, Wärmeleitung oder Konvektion verlorengeht.

$$Q = m \cdot c_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \Delta T = 75 \text{kg} \cdot 4,2 \text{J/gK} \cdot 1 \text{K} = 315 \text{kJ} \quad ; \quad t = Q/P = 315 \text{kJ}/100 \text{W} = 3150 \text{s} = 53 \text{min}$$

Eine derartige Rechnung kann zur groben Abschätzung dienen, in welcher Zeit Fieber zu erhöhter Temperatur führen kann. Insbesondere ist bei Kindern die Masse erheblich kleiner, die Leistung aber fast gleich, woraus folgt, daß bei ihnen die Temperatur schneller steigt.

WÄR 7) Ein 1000W-Tauchsieder befinde sich in angeschaltetem Zustand in einem offenen Gefäß mit kochendem Wasser.

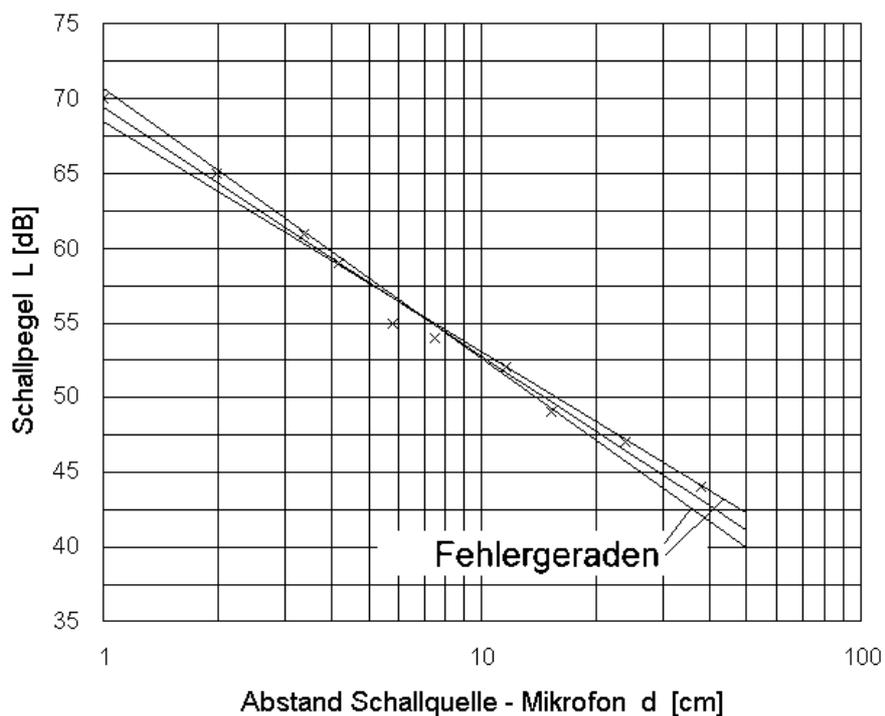
Wieviel Milliliter Wasser verdampfen pro Sekunde?

$$m \cdot 2256 \text{J/g} = 1000 \text{W} \cdot 1 \text{s} \quad \Rightarrow \quad m = 0,44 \text{g} = 0,44 \text{ml}$$

SCH 8) Beim Versuch Schall wurden mit dem 1kHz-Calibrator folgende Schallpegel in Abhängigkeit vom Abstand von der Quelle gemessen:

Abstand d	cm	1	2	3,4	4,2	5,8	7,5	11,7	15,3	24	38
Schallpegel L	dB	70	65	61	59	55	54	52	49	47	44

a) Zeichnen Sie die Werte in halblogarithmisches Papier ein und legen nach Augenmaß eine Gerade durch die Punkte (siehe Extrablatt).



b) Stimmt diese Gerade mit der Theorie gemäß S. 134 der Arbeitsunterlagen überein?

*Der mit dem Rechner ermittelte Zusammenhang lautet :  $L = 69,4 - 16,7 \cdot \log(d)$ .*

*Er stimmt mit dem theoretischem Zusammenhang  $L = a - 20 \cdot \log(d)$  **nicht** überein.*

*Um die Aufgabe genauer zu behandeln, muss man Fehlergeraden in das Diagramm einzeichnen, aus deren 'Steigungen' man einen Fehler ermitteln kann.*

*Die in die Grafik eingezeichneten Fehlergeraden haben 'Steigungen' von  $\approx -18,0$  bzw.  $-15,3$ , d.h. auch mit den Fehlergeraden ist keine Übereinstimmung mit der Theorie zu erzielen.*

SCH 9) Die Lärmschutzbestimmungen verlangen, daß zwischen Tag und Nacht in bewohnten Gebieten ein Schallpegelunterschied von mindestens 10dB bestehen muß.

Um welchen Faktor unterscheiden sich die Schalldrücke?

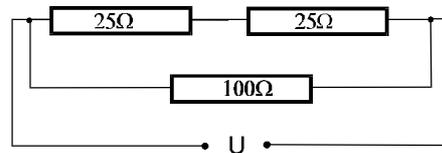
$$L = 10 \cdot \log \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0}$$

$$L_2 - L_1 = 20 \cdot \log \frac{p_2}{p_0} - 20 \cdot \log \frac{p_1}{p_0} = 20 \cdot \log \frac{p_2}{p_1}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = 10^{\frac{L_2 - L_1}{20}} = 10^{\frac{10}{20}} = \sqrt{10} = 3,2$$

ELE 10) Die im  $100\Omega$ -Widerstand der nebenstehenden Schaltung verbrauchte Leistung betrage 10W.

Wie groß ist die in jedem  $25\Omega$ -Widerstand verbrauchte Leistung?



*Für die in einem Widerstand verbrauchte Leistung gilt:  $P = U \cdot I = U^2/R$ , d.h. die Leistung ist umgekehrt proportional zum Widerstand. Wenn der  $100\text{W}$ -Widerstand 10W verbraucht, entfallen auf die beiden in Reihe geschalteten Widerstände von zusammen  $50\text{W}$  20W, d.h. auf jeden der  $25\text{W}$ -Widerstände 10W.*

*Man kann auch die Spannung und den Strom ausrechnen, um damit die verbrauchte Leistung zu bestimmen.*

*Die Aufgabe ist der Ärztl. Vorprüfung vom Frühjahr 1999 entnommen und wurde bundesweit zu 13% (TUM 20%) richtig beantwortet. Bei dieser Klausur 60%!*

ELE 11) Mit dem analogen Meßinstrument beim Versuch Elektrik ermitteln Sie mit dem 30V-Meßbereich bei einer 4,5V-Batterie eine Spannung von 4,30V. Die Unsicherheit des Meßinstrumentes beim 30V-Meßbereich beträgt 1,5% vom Endwert der Skala.

Mit dem digitalen Meßinstrument ermitteln Sie 4,34 V. Die Unsicherheit beträgt  $\pm(0,8\%$  vom Meßwert + 5digits).

Welches Instrument mißt genauer?

$$DU_{\text{analog}} = \pm 0,45\text{V} \quad ; \quad DU_{\text{digital}} = \pm(4,30 \cdot 0,008 + 0,05)\text{V} = \pm 0,0844\text{V} = \pm 0,09\text{V}$$

*Das digitale Instrument mißt also genauer.*

AUG 12) Eine Person besitzt eine Fehlsichtigkeit von +5dpt.

Etwa um wieviel Millimeter vor oder hinter der Netzhaut befindet sich der Brennpunkt dieses fehlsichtigen Auges?

*Eine Fehlsichtigkeit von +5dpt bedeutet eine Übersichtigkeit (!). Der Brennpunkt liegt also hinter der Netzhaut.*

*Sei der Brechwert eines normalen Auges 60dpt, dann ergibt sich für dessen Brennweite:*

$$f = n/D = 1,333/60\text{dpt} = 0,02222\text{m} = 22,22\text{mm}$$

*Für das übersichtige Auge ergibt sich  $f = 1,333/55\text{dpt} = 0,02418\text{m} = 24,18\text{mm}$*

*d.h. der Brennpunkt liegt etwa 2mm hinter der Netzhaut.*

AUG 13) Eine Person besitze eine Fehlsichtigkeit von -3dpt.

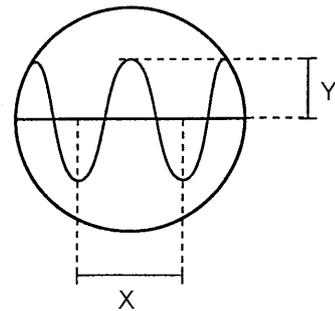
Etwa welchen Brechwert muß eine ins Auge implantierte Kunstlinse ( $n_L = 1,49$ ) außerhalb des Auges aufweisen (also bevor sie eingesetzt wird), damit sie im Auge die Fehlsichtigkeit gerade ausgleicht?

*Mit der Formel auf Seite 187 der Arbeitsunterlagen ergibt sich direkt*

$$D_L = \frac{n_L - 1}{n_L - n_W} \cdot D_W = \frac{1,49 - 1,00}{1,49 - 1,333} \cdot (-3\text{dpt}) = 3,12 \cdot (-3\text{dpt}) = -9,36\text{dpt}$$

OSZ 14) Der Ausgang eines elektrischen Generators, der sinusförmige Wechselspannungen erzeugen kann, wird mit einem Lautsprecher und einem Oszilloskop verbunden, so daß man gleichzeitig einen Ton hört und die Ausgangsspannung sieht.

Was ändert sich in dem abgebildeten Oszillogramm, wenn man ohne sonstige Änderungen zu einem höheren Ton übergeht?



*Wenn die Frequenz eines Tones höher steigt, wird die Schwingungsdauer kleiner, d.h. X wird kleiner. Die Amplitude Y ändert sich nicht.*

*Die Aufgabe ist der Ärtzl. Vorprüfung vom Herbst 1998 entnommen und wurde bundesweit zu 79% (TUM 86%) richtig beantwortet. Bei dieser Klausur 82%.*

OSZ 15a) Aus einer Ärztlichen Vorprüfung stammt folgende Aufgabe (bitte mit Begründung beantworten):

Welche Aussage trifft **nicht** zu?

Für die an unseren Haushaltssteckdosen liegende Wechselspannung gilt:

- (A) Die Frequenz der Wechselspannung beträgt 50Hz.
- (B) Die Kreisfrequenz der Wechselspannung beträgt ca.  $31\text{s}^{-1}$ .
- (C) Die Periodendauer der Wechselspannung beträgt 20ms.
- (D) Die Amplitude der Wechselspannung beträgt ca. 325V.
- (E) Der Effektivwert der Wechselspannung beträgt ca. 230V (früher ca. 220V).

*(B) ist falsch; die Kreisfrequenz ist  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 314\text{s}^{-1}$ .*

*Die Aufgabe ist der Ärtzl. Vorprüfung vom Herbst 1998 entnommen und wurde bundesweit zu 37% (TUM 66%) richtig beantwortet. Bei dieser Klausur 83%.*

BEU 15b) Heutige, frei käufliche Laserpointer haben manchmal eine Leistung von 5mW.

Etwa in welchem Abstand ergibt sich eine für das Auge ungefährliche Bestrahlungsstärke, wenn der Laser eine Divergenz von 0,1rad aufweist?

*Die maximal zulässige Dauerbestrahlungsstärke (=MZB) für das Auge beträgt  $0,1 \text{ Wcm}^{-2}$ .*

*Die Leistung des Laserpointers von 5mW muß sich also in dem zu errechnenden Sicherheitsabstand  $a$  auf eine Mindestfläche  $A$  ( $=\pi \cdot r^2$  bei kreisförmiger Fläche) verteilen, d.h. es muß sein:*

$$\frac{5 \cdot 10^{-3} \text{ W}}{\pi \cdot r^2} \leq 0,1 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \quad \Rightarrow \quad r \geq \sqrt{\frac{5 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,1}} \text{ m} = 0,126 \text{ m}$$

*Da die Divergenz des Lasers  $\alpha = 0,1 \text{ rad}$  ( $= 5,73^\circ$ ) beträgt, gilt für den Abstand*

$$a = r / \tan(\alpha/2) = 0,126 \text{ m} / \tan 2,865^\circ = 2,52 \text{ m}.$$

*Hier wurde vorausgesetzt, daß die Leistung des Laserpointers sich gleichmäßig über die bestrahlte Fläche verteilt. Das ist im allgemeinen nicht der Fall, wodurch sich der Mindestsicherabstand noch vergrößern würde.*

BEU 16) Bei einer Messung von 200 Erythrozyten ergab sich ein Mittelwert von  $8 \mu\text{m}$  und eine Standardabweichung des Einzelwerts von  $2,0 \mu\text{m}$ .

Berechnen Sie die Verteilung der Erythrozyten gemäß der Gaußschen Kurve in einem Histogramm mit der Klassenbreite  $1 \mu\text{m}$  und zeichnen Sie das Histogramm (auf Karopapier).

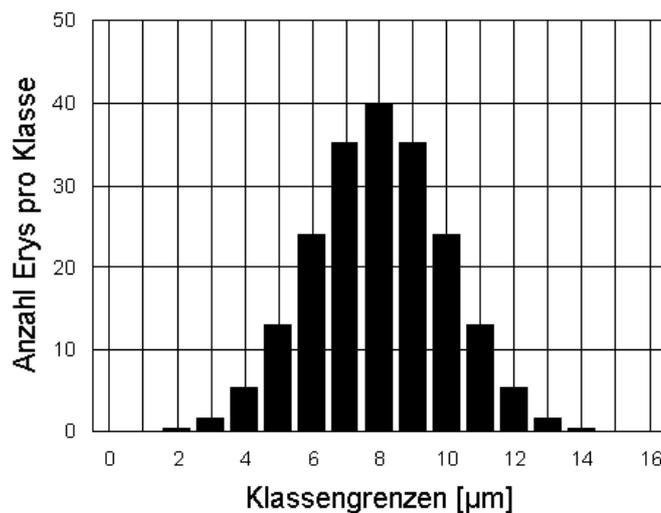
*Gemäß der Gaußschen Formel ergibt sich für die Häufigkeit bzw. Anzahl der Ery's*

$$h(8) = \frac{1}{2 \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(8-8)^2}{2 \cdot 2^2}} = 0,199 \quad \text{d.h.} \quad 0,199 \cdot 200 = 40 \text{ Ery's}$$

$$h(7) = \frac{1}{2 \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(7-8)^2}{2 \cdot 2^2}} = 0,176 \quad \text{d.h.} \quad 0,176 \cdot 200 = 35 \text{ Ery's}$$

$$h(6) = \frac{1}{2 \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(6-8)^2}{2 \cdot 2^2}} = 0,121 \quad \text{d.h.} \quad 0,121 \cdot 200 = 24 \text{ Ery's} \quad \text{usw.}$$

*Für  $h(6)$  gilt gerade  $h(6) = 0,61 \cdot h(8)$ , da die Standardabweichung  $2 \mu\text{m}$  beträgt.*



SPE 17) Ein Extinktionskoeffizient sei angegeben mit  $\epsilon = 17000 \text{ l/mol}\cdot\text{cm}$  (liter/mol·cm)  
Wie groß ist  $\epsilon$  in den Einheiten  $\text{m}^2/\text{mol}$  und  $\text{cm}^2/\mu\text{mol}$ ?

$$e = 17000 \text{ l/mol}\cdot\text{cm} = 17 \text{ cm}^2/\mu\text{mol} = 1700 \text{ m}^2/\text{mol}$$

SPE 18) Die Reintransmission eines gefärbten Glasfilters ( $n = 1,523$ ) sehe wie in der nebenstehenden Grafik aus.

a) Welche Farbe hat der Filter?

*Der Filter hat eine grünliche Farbe.*

b) Zeichnen Sie in die Grafik die Transmission dieses Filters ein.

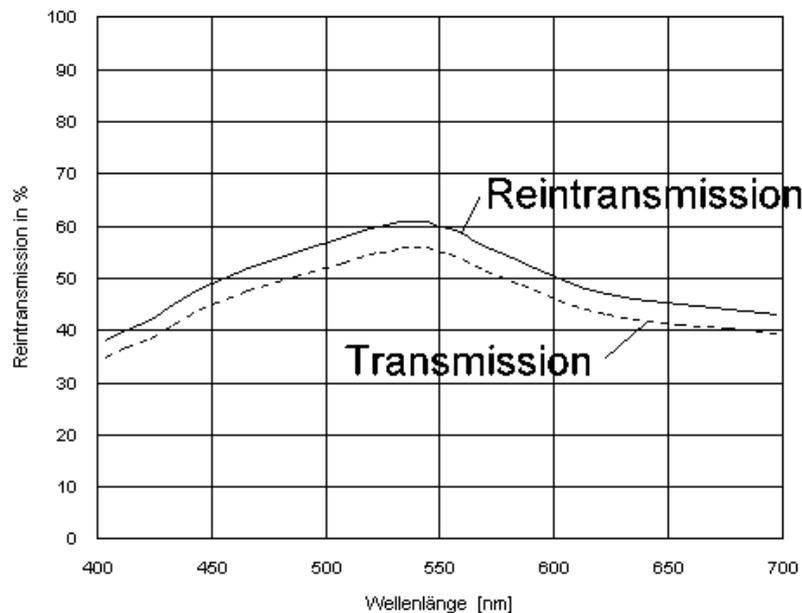
*Die Transmission bei einem Filter setzt sich zusammen aus der Reintransmission und den Reflexionsverlusten an den (Glas-)Oberflächen des Filters.*

*Ein Lichtstrahl, der das Filter trifft, wird an der ersten Oberfläche um*

$$\rho = \left( \frac{1,523-1,000}{1,523+1,000} \right)^2 = 0,043 = 4,3\% \text{ geschwächt.}$$

*Sodann wird er im Glas um den in der Grafik zu entnehmenden Wert der Reintransmission weiter geschwächt. Vor dem Austritt aus dem Filter wird er an der - rückwärtigen - Oberfläche wieder um den gleichen Prozentsatz von 4,3% geschwächt.*

*Für einen Reintransmissionswert von 40% ergibt sich dann eine Transmission von  $(1-\rho)^2 \cdot 40\% = 36,6\%$  usw.*



RAD 19) Eine monoenergetische  $\gamma$ -Strahlung werde in einer Bleischicht von 8mm Dicke zur Hälfte durchgelassen.

Welcher Anteil der Strahlung wird dann von einer Bleischicht von 12mm Dicke durchgelassen?

$$\text{Aus } \frac{D(8\text{mm})}{D(0\text{mm})} = e^{-\mu \cdot 8\text{mm}} = 0,5 \text{ ergibt sich } \mu = 0,087\text{mm}^{-1} \text{ (bzw. } \mu = \frac{\ln 0,5}{8} \text{)}$$

$$\text{Damit folgt } \frac{D(12\text{mm})}{D(0\text{mm})} = e^{-0,087 \cdot 12} = 0,35 \cong 35\% \quad (= 0,5^{\frac{12}{8}})$$

RAD 20) Mit dem im Praktikum verwendeten Zählrohr wurde mit der Co-60-Quelle in 5cm Abstand 6282 Impulse in 2 Minuten gemessen.

Der Nulleffekt betrug 22 Impulse pro Minute.

In welchem Abstand beträgt die Impulsrate 23 Impulse pro Sekunde?

*6282 Imp./2min = 3141 Imp./min, d.h. 3119 Imp./min = 52,0 Imp./s (mit Berücksichtigung des Nulleffektes).*

*23 Imp./s bedeuten 22,6 Imp./s mit Berücksichtigung des Nulleffektes.*

$$\frac{D(5\text{cm})}{D(x)} = \frac{52,0}{22,6} = \frac{x^2}{5^2} \quad \Rightarrow \quad x = 7,6\text{cm}$$

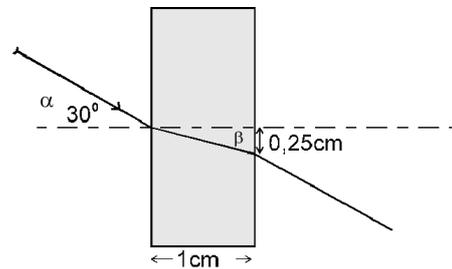
*Berücksichtigt man den Nulleffekt nicht, kommt faktisch dasselbe heraus.*

21) Ein Lichtstrahl fällt wie gezeichnet unter einem Winkel von  $30^\circ$  auf eine 1cm dicke Glasscheibe auf und verläuft wie skizziert weiter. Die Zeichnung ist maßstabsgerecht!

Welche Brechzahl hat das Glas?

$$\tan\beta = 0,25 \quad \mathbf{P} \quad \beta = 14,04^\circ$$

$$n = \sin\alpha / \sin\beta = \sin 30^\circ / \sin 14,04^\circ = 2,06$$



23) In wieviel Jahren entwickelt sich unter der Annahme exponentiellen Wachstums und einer Verdopplungsdauer von 0,3 Jahren die Masse einer Geschwulst von 1g auf 10g?

$$\text{Falls } G = 10\text{g folgt: } 10 = 2^{\frac{t}{0,3}} \quad \text{bzw.} \quad \log 10 = \frac{t}{0,3} \cdot \log 2 \quad \text{bzw.} \quad t = \frac{0,3}{\log 2} = 0,997a \approx 1a$$

*Hier war auch eine zeichnerische Lösung möglich.*

- 22) Ein Pingpongball der Masse  $m = 2,5\text{g}$  wurde aus einer Höhe von  $0,37\text{m}$  auf eine harte Unterlage fallengelassen. Die aktuelle Position in Abhängigkeit von der Zeit wurde gemessen (s. Grafik). Zeichnen Sie möglichst quantitativ die Abhängigkeit der kinetischen Energie von der Zeit.

*Die Geschwindigkeit des aus der Höhe  $h$  fallengelassenen Balles beträgt*

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot (h_1 - h)} \quad \text{mit } h_1 = 0,37\text{m} \text{ für den ersten Teil}$$

*Die kinetische Energie also  $E_{kin} = \frac{1}{2}mv^2 = mg(h_1 - h)$*

$$E_{kin}(t=0) = mgh_0 = 0,0025\text{kg} \cdot 10\text{ms}^{-2} \cdot 0,37\text{m} = 0,0093\text{J} = 9,3\text{mJ}$$

*Der Ball hat zu Beginn ( $t = 0\text{s}$ ) diese kinetische Energie; zur Zeit  $t = 0,24\text{s}$  befindet er sich im höchsten Punkt und hat dann keine kinetische Energie ( $E_{kin} = 0$ ).*

*Er fällt dann wieder herunter und erreicht unter Vernachlässigung von Reibungsverlusten zur Zeit  $t = 0,46\text{s}$  seine maximale kinetische Energie ( $E_{kin} = 9,3\text{mJ}$ ).*

*Dann bekommt der Ball Bodenkontakt und seine Geschwindigkeit geht auf Null ( $t = 0,47\text{s}$ ) zurück, d.h. er hat für diesen Zeitpunkt keine kinetische Energie ( $E_{kin} = 0$ ). Seine gesamte Energie ist in der elastischen Verformung des Balles gespeichert.*

*Wenn der Ball wieder hochspringt, hat er etwas Energie dissipiert (in Wärme umgewandelt) und kommt deswegen nicht mehr so hoch. Seine kinetische Energie zum Zeitpunkt  $t = 0,48\text{s}$  berechnet sich aus der nun erreichten Höhe  $h_2 = 0,29\text{m}$  zu  $E_{kin} = 7,3\text{mJ}$  usw. usw.*

*Die kinetische Energie des Balles ist gemäß obiger Formel direkt proportional zur Höhe  $h$ . Das bedeutet, daß auch die Form der Kurve der kinetischen Energie den parabelförmigen, allerdings gespiegelten Verlauf aufweist, wie die Position des Balles in Abhängigkeit von der Zeit.*

