

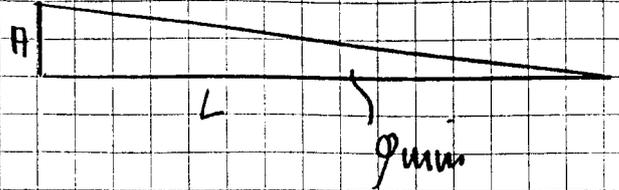
Lösungen zur Klausur am 1.3.2005 (ohne Gewähr)

Vorbemerkung: Es gibt andere, in einigen Fällen möglicherweise sogar kürzere und elegantere Lösungswege als die hier dargestellten.

Aufgabe 1: , Aufgabe 11

Ein Fernrohr hat einen Objektivdurchmesser von 8,00 cm. Welchen Abstand müssen zwei Mondkrater haben, damit sie von der Erde aus noch getrennt wahrgenommen werden können? Hinweis: Rechnen Sie mit einer Wellenlänge von 600 nm und verwenden Sie eine geeignete Näherung für kleine Winkel.

$$\varphi_{\min} \approx 1,22 \cdot \frac{\lambda}{d} \approx \frac{A}{L}$$



$$\Rightarrow A \approx 1,22 \frac{\lambda}{d} \cdot L$$

A = Abstand Mondkrater

L = Abstand Erde - Mond

$$A \approx 1,22 \cdot \frac{6,00 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot 3,84 \cdot 10^8 \text{ m}}{8,00 \cdot 10^{-2} \text{ m}}$$

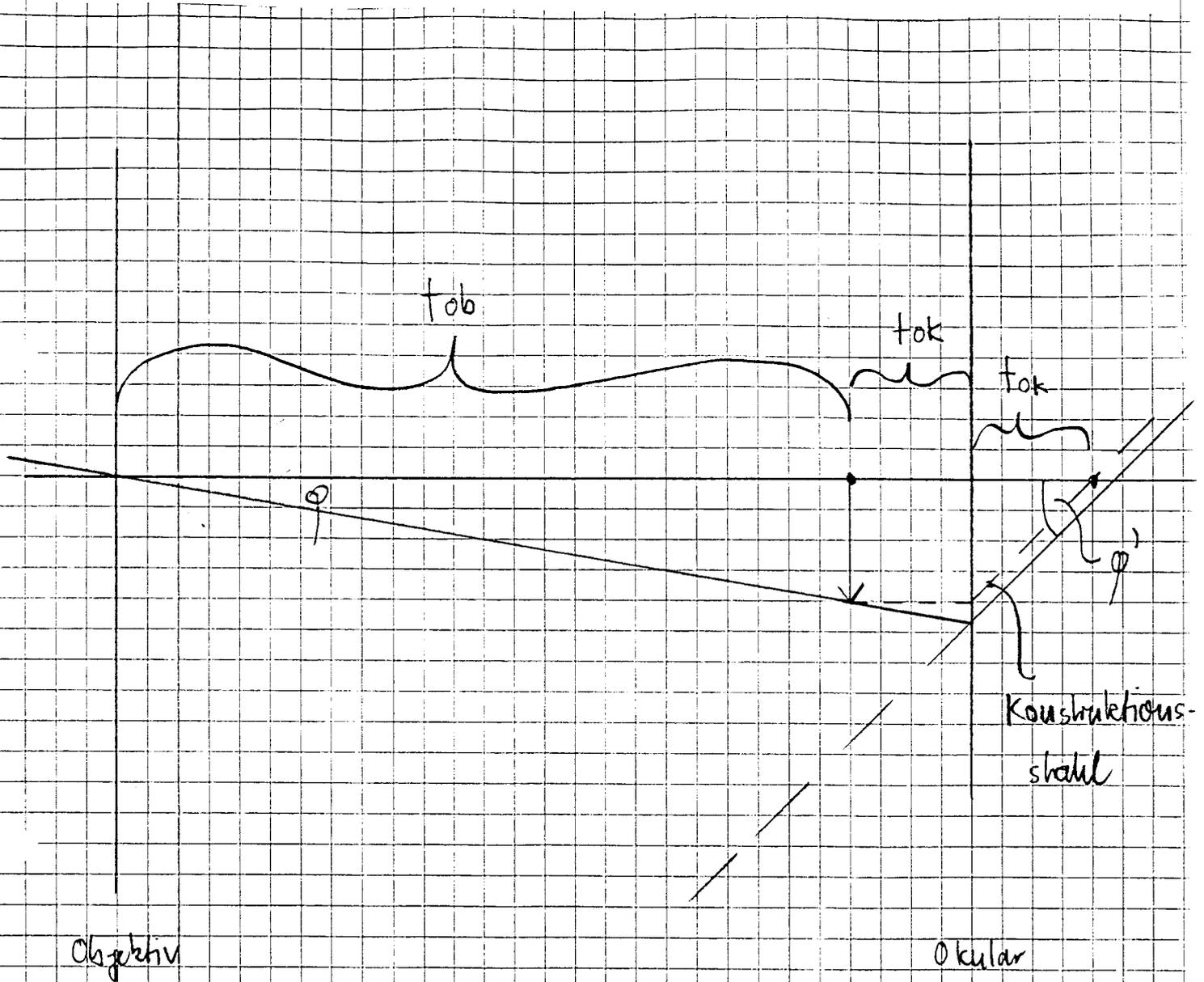
$$= \underline{\underline{3,51 \cdot 10^3 \text{ m}}}$$

$$= \underline{\underline{3,51 \text{ km}}}$$

|| Richtig: 3,48 - 3,54 km

B 17
Aufgabe 2: 3

Ein einfaches Kepler'sches Fernrohr besitzt 2 Linsen. Die Brennweite der Objektivlinse beträgt 12,0 cm, die des Okulars 2,0 cm. Das Objektiv entwirft von einem beobachteten, weit entfernten Gegenstand ein Zwischenbild mit einer Größe von 2,0 cm. Konstruieren Sie den Strahlengang im Maßstab 1:1. Neben dem Strahl auf der optischen Achse muss der von Ihnen konstruierte Strahlengang mindestens einen weiteren, korrekt durch die Linsen geführten Strahl enthalten, der nicht parallel zur optischen Achse ist. Weiterhin muss erkennbar sein, wie es zur Schwinkelvergrößerung kommt (Winkel eintragen).



$$v = \frac{\varphi'}{\varphi} = \frac{f_{ob}}{f_{ok}}$$

Aufgabe 3, 4

Nennen Sie zwei ihrer Natur nach grundverschiedene Arten von Wellen, die keine Oberflächenwellen sind. Charakterisieren Sie diese Wellen durch ihre Schwingungsrichtung in Bezug auf ihre Ausbreitungsrichtung (longitudinal oder transversal) und geben Sie an, wie man solche Wellen erzeugen kann (nennen Sie eine technische oder natürliche Vorrichtung zu ihrer Erzeugung).

Beispiele:

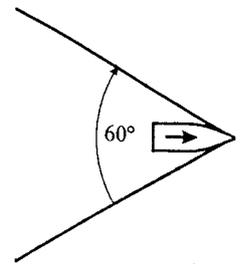
Arten von Wellen	Schwingungsrichtung	Erzeugung
elektromagn. } Licht } Röntgen }	transversal " } " }	Radio Lampe R-Röhre
Schall } Ultraschall }	longitudinal " }	Lautsprecher U-Sender
Seilwelle } elastische Querswelle }	transversal " }	Seil, gep. Saite "
elastische Längswelle } Körperschall }	longitudinal " }	Schlag auf Feggest Vibrationsmembran

gekennzeichnet Beide können wiederum eine Gruppe, die nicht grundsätzlich verschiedene Wellen charakterisieren

Aufgabe ^B 4, 6

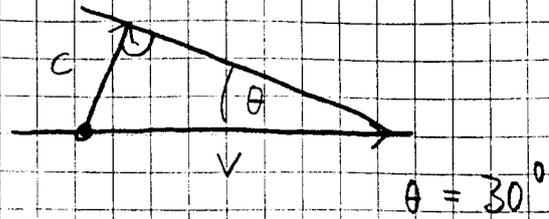
Ein Boot fährt in einer niedrigen Wassertiefe von 2,00 m. Vom Bug des Bootes geht eine Bugwelle mit einem Öffnungswinkel von 60° aus. Wie schnell ist das Boot?

Hinweis: Siehe nebenstehende Zeichnung.



Es gilt die Formel für den Stoßwellenkegel

$$\sin \theta = \frac{c}{v}$$



Phasengeschwindigkeit $c = \sqrt{g \cdot h}$

(halber Öffnungswinkel)

Also
$$v = \frac{c}{\sin \theta} = \frac{\sqrt{g \cdot h}}{\sin \theta}$$

$$v = \frac{\sqrt{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 2,00 \text{ m}}}{\sin 30^\circ}$$

$$= 8,86 \text{ m/s}$$

$$= 31,9 \text{ km/h}$$

Richtig: $8,83 - 8,89 \text{ m/s}$

$31,6 - 32,2 \text{ km/h}$

Aufgabe 5: 7

Ein Körper der Masse $m = 250 \text{ g}$ hängt an einer Feder mit der Federkonstanten $D = 9,00 \text{ N m}^{-1}$. Der Körper hat seine Ruhelage bei $s = 0,00 \text{ m}$. Der Körper führt um diese Ruhelage eine ungedämpfte harmonische Schwingung aus. Zum Zeitpunkt $t = 0,00 \text{ s}$ bewegt er sich mit der Geschwindigkeit von $2,00 \text{ m s}^{-1}$ durch die Ruhelage. Wo befindet sich der Körper zum Zeitpunkt $t = 4,00 \text{ s}$?

$$s(t) = s_0 \sin(\omega t - \varphi)$$

Bestimmung von ω , φ und s_0 um $s(4,00 \text{ s})$ zu berechnen

$$\omega: \omega = \sqrt{\frac{D}{m}} = \sqrt{\frac{9,00 \text{ N m}^{-1}}{0,250 \text{ kg}}} = 6,00 \text{ s}^{-1}$$

$$\varphi: s(0,00 \text{ s}) = s_0 \sin(\omega \cdot 0,00 \text{ s} - \varphi) = 0,00 \text{ m} \Rightarrow \varphi = 0$$

$$s_0: \dot{s}(t) = s_0 \omega \cos \omega t$$

$$\dot{s}(0,00 \text{ s}) = s_0 \cdot \omega \cos 0 = s_0 \cdot \omega = 2,00 \text{ m s}^{-1}$$

$$\Rightarrow s_0 = \frac{2,00 \text{ m s}^{-1}}{6,00 \text{ s}^{-1}} = 0,333 \text{ m}$$

Einsetzen:

$$s(4,00 \text{ s}) = 0,333 \text{ m} \cdot \sin(6,00 \text{ s}^{-1} \cdot 4,00 \text{ s})$$

$$= 0,333 \text{ m} \cdot \sin 24$$

$$= 0,302 \text{ m}$$



Fehlerung Radiant!

Richtig: $0,299 \text{ m} - 0,305 \text{ m}$

B 7
Aufgabe 6: 5

Ein Auto mit defekten Stoßdämpfern wird durch Wippen zu Schwingungen angeregt. Man misst eine Eigenfrequenz von 1,10 Hz. Anschließend fährt das Auto über eine Straße mit Querrillen im regelmäßigen Abstand von 20,0 m. Bei welcher Geschwindigkeit tritt Resonanz auf?

Hinweis: Nehmen Sie schwache Dämpfung an.

Ansatz: Schwache Dämpfung

Dann ist $\omega_R \approx \omega_0$ bei Fahrt über Querrillen und

$\omega_0 \approx \omega$ für das Schaukeln des Autos bei schwacher Dämpfung

Mit $\omega = 2\pi f$

$$f_R \approx f_0 \approx f$$

Frequenz der Anregung in der Resonanz

$$f_R = \frac{v_R}{\Delta s} \quad \text{wo } \Delta s = \text{Abstand der Querrillen}$$

Also $v_R = f_R \cdot \Delta s = 1,10 \text{ Hz} \cdot 20,0 \text{ m} = \underline{\underline{22,0 \text{ m/s}}}$

$$= \underline{\underline{79,2 \text{ km/h}}}$$

Richtig: $21,7 - 22,3 \text{ m/s}$

$$78,9 - 79,5 \text{ km/h}$$

Aufgabe 7: 12

Die Amplitude eines gedämpften Federoszillators ist nach 60 s auf die Hälfte des Anfangswertes s_0 zurückgegangen. Wie groß ist die Amplitude nach genau 3 Minuten?

$$s(t) = s_0 e^{-\frac{t}{2\tau}} \sin(\omega t - \varphi)$$

zeitabhängige Amplitude $A(t)$; $A(0) = s_0$

1. Berechnung von τ

$$A(60s) = s_0 e^{-\frac{60s}{2\tau}} = s_0 \cdot \frac{1}{2} \Leftrightarrow$$

$$-\frac{60s}{2\tau} = \ln \frac{1}{2} \Leftrightarrow$$

$$\tau = \frac{-30s}{\ln 1 - \ln 2} = \frac{30s}{\ln 2} = 43,3s$$

2. Berechnung von $A(180s)$

$$A(180s) = s_0 \cdot e^{-\frac{180s}{2 \cdot 43,3s}} = \underline{\underline{0,125 s_0}}$$

Richtig: $0,122 - 0,128 s_0$

Aufgabe 8: 8

Das Licht der gelben Linien einer Natriumdampflampe ($\lambda = 589 \text{ nm}$) durchläuft einen $20,0 \text{ m}$ langen mit Glycerin (Brechungsindex $n_G = 1,47$) gefüllten Tank in der Zeit t_1 . Wenn der Tank mit flüssigem Kohlendioxid (Brechungsindex $n_{\text{CO}_2} = 1,20$) gefüllt ist benötigt das Licht die Zeit t_2 . Berechnen Sie die Zeitdifferenz $\Delta t = t_1 - t_2$.

Lichtgeschwindigkeit im Tank: $c_i = \frac{c_0}{n_i}$

Lichtwegzeit im Tank: $c_i = \frac{s}{t_i}$

$$\text{Also } \Delta t = t_1 - t_2 = \frac{s}{c_1} - \frac{s}{c_2} = \frac{s}{c_0} \cdot n_G - \frac{s}{c_0} \cdot n_{\text{CO}_2}$$

$$= \frac{s}{c_0} (n_G - n_{\text{CO}_2})$$

$$\Delta t = \frac{20,0 \text{ m}}{3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}} (1,47 - 1,20)$$

$$= \underline{\underline{1,80 \cdot 10^{-8} \text{ s}}}$$

Richtig: $(1,77 - 1,83) \cdot 10^{-8} \text{ s}$

Aufgabe 9: $\frac{B}{Z}$

Sankt Nikolaus fliegt an Weihnachten (es ist -2°C kalt) mit seinem Rentierschlitten und verteilt Geschenke. Er lenkt seine Rentiere mit einer "Hundepfeife", die Schallwellen der Frequenz $f = 30,0 \text{ kHz}$ produziert. Aus Rücksicht auf schlafende Kinder will Nikolaus sicherstellen, dass die Pfeife selbst bei voller Fahrt unter Berücksichtigung des Doppler-Effekts nicht gehört werden kann. Nimmt man die Hörgrenze bei $17,0 \text{ kHz}$ an, wie schnell darf Nikolaus mit seinem Schlitten höchstens fahren, damit seine Rentierpfeife nicht gehört werden kann?

Tieferer Ton bei Entfernung des Senders vom Empfänger

$$\text{Also } f = f_0 \frac{c}{c+v} \Leftrightarrow$$

$$f(c+v) = f_0 \cdot c \Leftrightarrow$$

$$fv = (f_0 - f)c$$

$$v = \frac{f_0 - f}{f} \cdot c$$

Grenzbedingung: Max Geschwindigkeit für min Frequenz $f_{\min} = 17,0 \text{ kHz}$

$$v_{\max} = \frac{f_0 - f_{\min}}{f_{\min}} \cdot c$$

$$= \frac{3,00 \cdot 10^4 \text{ Hz} - 1,70 \cdot 10^4 \text{ Hz}}{1,70 \cdot 10^4 \text{ Hz}} \cdot 330 \text{ m s}^{-1}$$

$$= 252 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow 908 \text{ km/h}$$

Richtig: $249 - 255 \text{ m/s}$

$905 - 911 \text{ km/h}$

Aufgabe 10: , 9

Eine ungestimmte Geige (der Abstand Steg-Sattel beträgt 33,0 cm) liegt in der Nähe eines Lautsprechers. Mittels eines an den Lautsprecher angeschlossen Tongenerators verändern Sie die Frequenz der ausgesendeten Schallwellen im Bereich von 700 bis 1400 Hz. Sie beobachteten bei einer der Saiten Resonanzen bei 800 Hz und 1200 Hz. Die Saite besitzt einen Durchmesser von 0,500 mm und ist aus Stahl gefertigt. Mit welcher Kraft ist diese Saite gespannt?

Phasengeschwindigkeit der Welle $c = \sqrt{\frac{F_0}{\rho \cdot A}}$ (1)

Resonanzbedingung für beidseits eingespannte Saite

$$\lambda_n = \frac{2L}{n} \quad n = 1, 2, 3$$

oder mit $f = \frac{c}{\lambda}$

$$f_n = \frac{c \cdot n}{2L}$$

Welche n treten in den Resonanzen der Aufgabe auf?

$$\text{Es ist } \frac{f_n}{f_{n+1}} = \frac{n}{n+1} = \frac{800 \text{ Hz}}{1200 \text{ Hz}} = \frac{2}{3}$$

$$\Rightarrow 800 \text{ Hz} : n = 2$$

$$1200 \text{ Hz} : n = 3$$

Bestimmung der Kraft aus (1)

$$F_0 = c^2 \cdot \rho \cdot A = c^2 \cdot \rho \cdot \frac{\pi}{4} d^2$$

$$= (f \cdot L)^2 \cdot \rho \cdot \frac{\pi}{4} d^2$$

$$= (800 \text{ Hz} \cdot 0,330 \text{ m})^2 \cdot 7,83 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (5,00 \cdot 10^{-4})^2 \text{ m}^2$$

$$= \underline{\underline{107 \text{ N}}}$$

Richtig: 104 - 110 N

Aufgabe 11: 10

Eine Glasmembran (Brechungsindex $n = 1,50$) der Dicke 450 nm wird mit einem Bündel weißen Lichtes senkrecht beleuchtet. Welche im sichtbaren Teil des Spektrums liegenden Wellenlängen werden im durchgelassenen Licht am stärksten zu beobachten sein (Wellenlängen maximaler Transmission)?

Maximaler der Transmission bei $m \lambda = 2d$ $m = 1, 2, 3 \dots$

Mit $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$ also $\lambda_0 = n \frac{2d}{m}$ $m = 1, 2, 3 \dots$

$$m = 1 \quad \lambda_{0,1} = 1,50 \cdot \frac{2 \cdot 450 \cdot 10^{-7} \text{ m}}{1} = 13500 \text{ nm}$$

$$m = 2 \quad \lambda_{0,2} = \underline{\underline{675 \text{ nm}}}$$

$$m = 3 \quad \lambda_{0,3} = \underline{\underline{450 \text{ nm}}}$$

$$m = 4 \quad \lambda_{0,4} = 338 \text{ nm}$$

Sichtbarer Bereich $400 - 700 \text{ nm}$

Also Wellenlängen 675 nm und 450 nm bzw.
 $6,75$ und $4,50 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ werden max. verstärkt

Richtig: $672 - 678$ und $447 - 453 \text{ nm}$

B A

Aufgabe 12: 1

Aus Gründen der Sicherheit darf für die Bestrahlung des Auges mit sichtbarem Licht die Intensität $I = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ W m}^{-2}$ nicht überschritten werden. Wie groß darf die elektrische Leistung einer Glühbirne höchstens sein, damit im Abstand von 5,00 m beim direkten Blick in die Lampe das Auge nicht gefährdet ist?

Hinweis: Nähern Sie die Lampe als Punktstrahler. Eine Glühbirne setzt 3,0 % der elektrischen Leistung in Lichtleistung um.

$$I_L = \frac{\langle P_L \rangle}{4\pi r^2}$$

$$P_L = \frac{3}{100} P_{el}$$

$$\Rightarrow I_L = \frac{3}{100} \frac{\langle P_{el} \rangle}{4\pi r^2}$$

$$\Leftrightarrow \langle P_{el} \rangle = I_L \cdot 4\pi r^2 \cdot \frac{100}{3}$$

$$\text{Mit } I_{L, \max} = 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ W m}^{-2}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \langle P_{el} \rangle_{\max} &= 1,00 \cdot 10^{-2} \text{ W m}^{-2} \cdot 4\pi (5,00 \text{ m})^2 \cdot \frac{100}{3} \\ &= \underline{\underline{105 \text{ W}}} \end{aligned}$$

Richtig: 102 - 108 W