Übungsblatt 1
Grundkurs IIIa für Physiker

Othmar Marti, (othmar.marti@physik.uni-ulm.de)

17. 4. 2002

1 Aufgaben für die Übungsstunden

Lichtgeschwindigkeit[1], Huygenssches Prinzip[2], Reflexion[3], Brechung[4], PDF-Datei[5]

1. Zwei Geschäftsleute beschliessen, Galileos Experiment zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit zu verbessern. Einer telefoniere aus Ulm mit dem anderen in Boston. Die Telefonverbindung laufe über Satellit, der sich 37600 km über der Erdoberfläche befinde. Unter Vernachlässigung der Strecke Ulm-Boston ist die zurückgelegte Strecke der elektromagnetischen Wellen der doppelte Abstand des Satelliten zur Erde. Der erste Geschäftsmann klatscht in die Hände, und wenn die Geschäftsfrau am anderen Ende der Leitung dies hört, klatscht auch sie in die Hände. Der erste misst nun die Zeit zwischen seinem Klatschen und dem von ihm gehörten Klatschen in Boston. Berechnen Sie den Zeitunterschied unter Vernachlässigung der Reaktionszeit der Menschen und unter Vernachlässigung der Zeitverzögerungen in den elektronischen Schaltkreisen. Kann das Experiment gelingen? Kann es gelingen, wenn die Reaktionszeit der Menschen berücksichtigt wird? Was wäre die Genauigkeit, wenn der Partner nicht in Boston, sondern auf dem Mond wäre?

2. Eine Glasscheibe mit der Brechzahl 1.5 befinde sich in Wasser mit der Brechzahl 1.33. Ein Lichtstrahl treffe aus dem Wasser auf die Scheibe. Berechnen Sie für die Einfallswinkel a) 75^0, b) 60^0, c) 45^0, d) 30^0, e) 15^0 den Winkel zwischen der Oberflächennormale und dem Lichtstrahl im Glas und den Ablenkwinkel.

[1] ../../node8.html
[2] ../../node9.html
[3] ../../node10.html
[4] ../../node11.html
[5] Uebungsblatt1.pdf

 ©2002 University of Ulm, Othmar Marti

3. Berechnen Sie allgemein für eine Scheibe der Dicke d mit dem Brechungsindex n_S, die sich in einem Medium mit dem Brechungsindex n_M befindet, den Strahlversatz, wenn die Scheibe aus einer Lage parallel zum Lichtstrahl in die Lage senkrecht zum Lichtstrahl gedreht wird.

4. Berechnen Sie für die Aufgabe 2 den Versatz des Lichtstrahls, wenn die Scheibe eine Dicke von $d = 5mm$ hat.

5. Ein rechtwinklig-gleichschenkliges Prisma mit dem Brechungsindex n werde an seiner Hypothenuse mit einer Flüssigkeit mit dem Brechungsindex n_F benetzt. Wenn Licht senkrecht auf die freie Seite des Prismas auftritt, wird gerade noch Totalreflexion gemessen. Wie gross ist n_F?

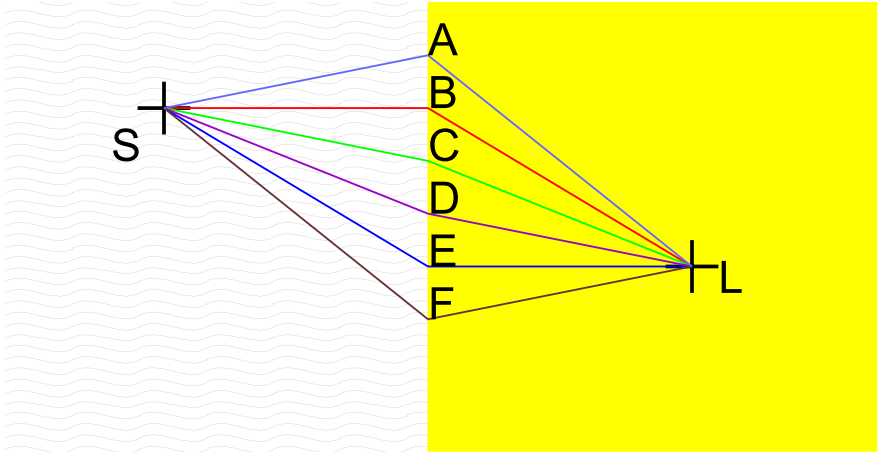
2 Hausaufgabe

6. Ein Lichtstrahl falle unter einem Winkel von 58.0^0 zur Normalen aus der Luft auf ein durchsichtiges Material. Reflektierter und gebrochener Strahl stehen senkrecht zueinander.

   (a) Wie gross ist die Brechzahl des Materials?

   (b) Wie gross ist sein kritischer Winkel der Totalreflexion?

7. Ein Schwimmer erleide in $50m$ Abstand zum Ufer am Punkt S in der unten stehenden Abbildung einen Krampf, während er im ruhigen Sendener Baggersee schwimmt. Ein Rettungsschwimmer, der auch $50m$ vom Ufer entfernt ist, aber $30m$ seitlich versetzt, höre am Punkt L die Hilfeschreie. Nehmen Sie an, dass er mit einer Geschwindigkeit von $9m/s$ rennen und mit $3m/s$ schwimmen kann. Welches ist der schnellste Weg zum Schwimmer? Drücken Sie das Resultat mit den Winkeln zur x-Achse aus!



 ©2002 University of Ulm, Othmar Marti

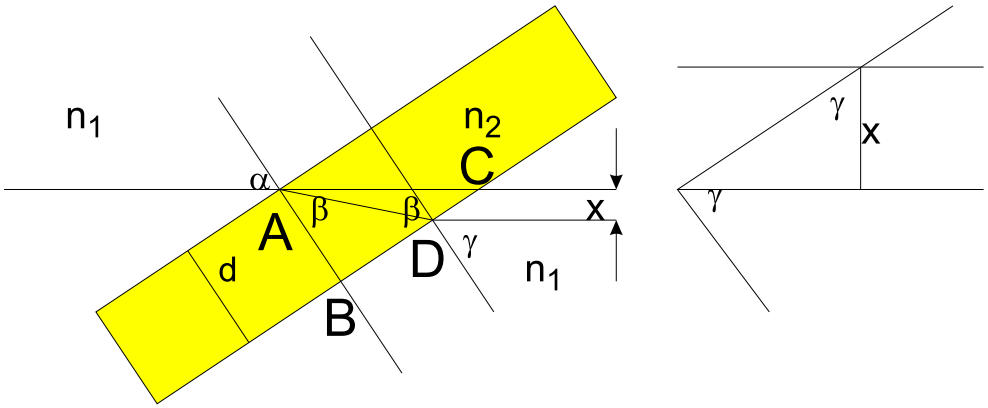
3 Lösungen Aufgaben für die Übungsstunde

1.
   - d sei die Distanz zum Satelliten
   - eine Laufzeit: $t = d/c$
   - Gesamtlaufzeit: $t_{ges} = 4t = 4d/c$
   - Zahlen einsetzen: $t_{ges} = 4 \times 0.125333s = 0.50133s$
   - Mit elektronischen Mitteln ist diese Zeitverzögerung zu messen.
   - Wenn wir die Reaktionszeit mit $t_{reakt} = 0.1 \ldots 0.2s$ ansetzen, wird die Laufzeit $t'_{ges} = 2 * t + 2 \ldots 3 * t_{reakt} = 0.7 \ldots 0.9s$ und damit $c = 167 \times 10^6 \ldots 214 \times 10^6 m/s$.
   - Die Distanz zum Mond ist etwa $376000km$. Damit wird $t_{ges} = 2.50666s$ und $t'_{ges} = 2.7 \ldots 3.1s$. Wir würden also $c = 242 \times 10^6 \ldots 280 \times 10^6 m/s$ berechnen.

2.
   - $'1'$ sei das Wasser, $'2'$ sei das Glas
   - Brechungsgesetz: $n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$
   - $\alpha_2 = \arcsin\left(\frac{n_1}{n_2} \sin \alpha_1\right)$
   - Ablenkwinkel $\Delta\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$

α_1	α_2	$\Delta\alpha$
75	58.9207654	−16.0792346
60	50.1635241	−9.83647593
45	38.8267806	−6.17321942
30	26.3167551	−3.68324487
15	13.2668252	−1.73317473

3.

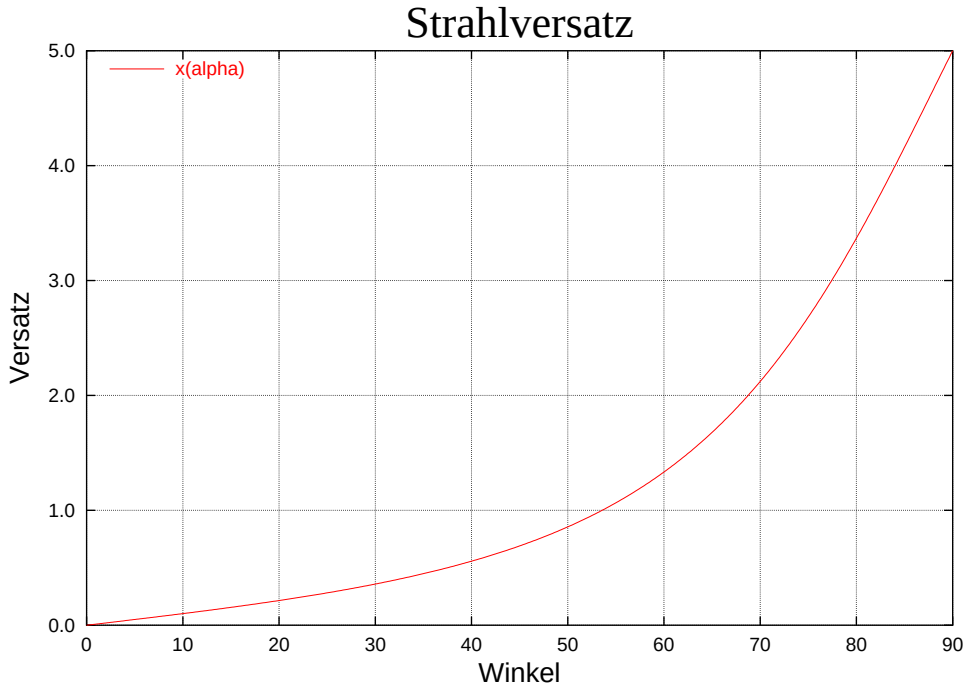


   - $n_s \sin \beta = n_m \sin \alpha$ und damit $\sin \beta = \frac{n_m}{n_s} \sin \alpha$
   - $\alpha = \gamma$
   - $\frac{\overline{BC}}{d} = \tan \alpha$ und damit $\overline{BC} = d \tan \alpha$

 ©2002 University of Ulm, Othmar Marti

- $\frac{\overline{BD}}{d} = \tan\beta$ und damit $\overline{BD} = d\tan\beta$
- $\overline{CD} = \overline{BC} - \overline{BD}$
- $x = \overline{CD}\cos\gamma = \overline{CD}\cos\alpha$
- $x(\alpha) = \left(\overline{BC} - \overline{BD}\right)\cos\alpha$
- $x(\alpha) = (d\tan\alpha - d\tan\beta)\cos\alpha = d\,(\tan\alpha - \tan\beta)\cos\alpha$
- $x(\alpha) = d\left(\tan\alpha - \tan\frac{n_m}{n_s}\sin\alpha\right)\cos\alpha$
- $x(\alpha) = d\left[\sin\alpha - \tan\left(\frac{n_m}{n_s}\sin\alpha\right)\cos\alpha\right]$

4. Grafik:



Diese Graphik ist mit

nm = 1.33
ns = 1.5
d= 5
beta(alpha) = asin(nm/ns*sin(alpha))
x(alpha) = d*(tan(alpha)-tan(beta(alpha)))*cos(alpha)
set angles degree
set title "Strahlversatz"
set xrange[0:75] set yrange[0:5]
set xlabel "Winkel"
set ylabel "Versatz"
set nologscale xy
set key left top Left reverse

 ©2002 University of Ulm, Othmar Marti

```
set grid set samples 501
plot [alpha=0:90] x(alpha) with lines
```

mit **WGNUPLOT** berechnet worden.

(a) $x(75^0) = 2.68mm$

(b) $x(60^0) = 1.33mm$

(c) $x(45^0) = 0.69mm$

(d) $x(30^0) = 0.36mm$

(e) $x(15^0) = 0.16mm$

5. (a) Totalreflexion: $n_F = n \sin(\alpha)$

(b) hier: $\alpha = 45^0$

(c) also: $n_f = n * \frac{\sqrt{2}}{2}$

 ©2002 University of Ulm, Othmar Marti

4 Lösungen Hausaufgabe

6.
- gegeben: $\alpha = 58^0$
- Brechung: $\beta = \arcsin\left(\frac{\sin\alpha}{n}\right)$
- Reflexion: $\alpha' = \alpha$
- Aufgabe: $180^0 = \alpha' + 90^0 + \beta$ oder $90^0 = \alpha + \beta$
- $90^0 - \alpha = \beta = \arcsin\left(\frac{\sin\alpha}{n}\right)$
- $\sin(90^0 - \alpha) = \cos\alpha = \frac{\sin\alpha}{n}$
- $n = \tan\alpha = \tan 58^0 = 1.6$

7.
- Sei der Nullpunkt des Koordinatensystems in L und die x-Achse senkrecht zum Strand und die y-Achse parallel dazu.
- Sei $a = 50m$ der Abstand von L vom Strand
- Sei $b = 50m$ der Abstand von S vom Strand
- Sei $h = 30m$ der seitliche Versatz.
- Weg zum Strand: $s_1 = \sqrt{y^2 + a^2}$
- Zeit zum Strand: $t_1 = \frac{s_1}{v_1} = \frac{\sqrt{y^2+a^2}}{v_1}$
- Weg zum Schwimmer: $s_2 = \sqrt{(h-y)^2 + b^2}$
- Zeit zum Schwimmer: $t_2 = \frac{s_2}{v_2} = \frac{\sqrt{(h-y)^2+b^2}}{v_1}$
- Gesamtzeit: $t = t_1 + s_2 = \frac{\sqrt{y^2+a^2}}{v_1} + \frac{\sqrt{(h-y)^2+b^2}}{v_2}$
- Gesamtzeit minimal: $\frac{dt}{dy} = 0 = \frac{y}{v_1\sqrt{y^2+a^2}} + \frac{-(h-y)}{v_2\sqrt{(h-y)^2+b^2}}$
- $\frac{y^2}{v_1^2(y^2+a^2)} = \frac{(h-y)^2}{v_2^2((h-y)^2+b^2)}$
- Wir ersetzen nun $y = a\tan\alpha$ und $(h-y) = b\tan\beta$
- $\frac{a^2\tan^2\alpha}{v_1^2(a^2\tan^2\alpha+a^2)} = \frac{b^2\tan^2\beta}{v_2^2(b^2\tan^2\beta^2+b^2)}$
- $\frac{\tan^2\alpha}{v_1^2(\tan^2\alpha+1)} = \frac{\tan^2\beta}{v_2^2(\tan^2\beta^2+1)}$
- Wir erweitern links mit $\cos^2\alpha$ und rechts mit $\cos^2\beta$
- $\frac{\sin^2\alpha}{v_1^2\left(\sin^2\alpha+\cos^2\alpha\right)} = \frac{\sin^2\beta}{v_2^2\left(\sin^2\beta^2+\cos^2\beta\right)}$
- $\frac{\sin^2\alpha}{v_1^2} = \frac{\sin^2\beta}{v_2^2}$
- und damit $\frac{\sin\alpha}{v_1} = \frac{\sin\beta}{v_2}$ das Brechungsgesetz

 ©2002 University of Ulm, Othmar Marti