Hinweis

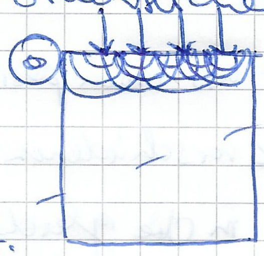
Die vorliegende Lösung wurde im Rahmen der jeweiligen Lehrveranstaltung an der Universität Bonn erstellt. Sofern im oberen Teil der ersten Seite oder auf der unten angegebenen Webseite nicht anders vermerkt, wurde diese Lösung von mir, Marvin Zanke, alleine angefertigt und eingereicht. Bei allem in einer anderen Farbe als dem üblichen Blau handelt es sich in der Regel um Korrekturen von mir oder des Tutors. Für mehr Informationen und meine gesamten Unterlagen, siehe:
https://www.physics-and-stuff.com/

Ich erhebe keinen Anspruch auf Richtigkeit und Vollständigkeit der vorliegenden Lösungen! Dies gilt ebenso für obengenannte Korrekturen.

Marvin Zanke **Physik III Blatt 12** (2 Blätter) 1

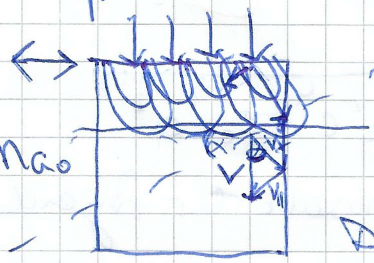
1/1/1/1/1/1 Σ: 2

ordentlicher Strahl (kommt aus Ebene heraus)



Huygens-Elementarwellen wie wir sie kennen. Hier gilt auch regulär Snellius. ✓

außerordentlicher Strahl (senkrecht auf Lichtstrahl, parallel zum Kristall)



$n_o = \frac{c}{v_\perp}$, $n_{ao} = \frac{c}{v_\parallel}$

$v_\parallel = \sin\alpha \cdot v$ $\quad v_\perp = \cos\alpha \cdot v$

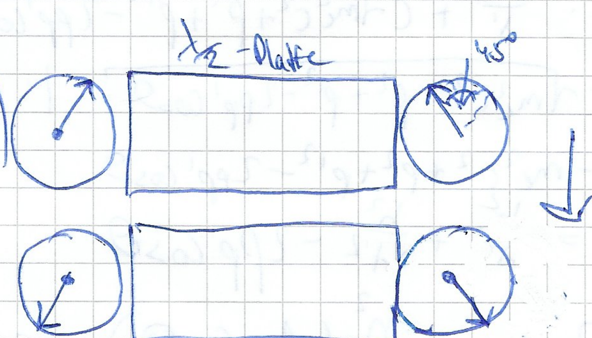
Da α wahrscheinlich kleiner als 45° ist $v_\perp$ die größere Komponente

$v_\parallel > v_\perp$

$\Rightarrow n_{ao} < n_o$ ✓

1

4.1)



Spiegel und Phasenverschiebung um π (sowohl Parallel- als auch Senkrechtkomponente

Abgesehen von der Drehung um π durch den Spiegel tritt keine Drehung der Polarisation auf. Insgesamt beträgt der Winkel also 0°. ✓ Der Grund liegt (neben der Möglichkeit den Vorgang einfach bildlich umzudrehen, indem man überlegt, welche Polarisation ein Lichtbündel gehabt haben muss, um hinter der Platte so auszusehen) darin, dass die Verzögerung um $\frac{\lambda}{2}$ der einen Komponente auf dem Rückweg wieder rückgängig gemacht wird.

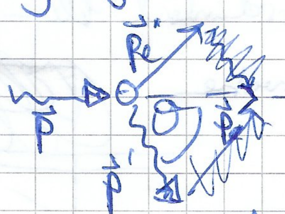
Bei der Faraday-Zelle hat man eine Drehung der Polarisation um 90°, da nach der Formel gilt: $\beta = V \cdot B \cdot d$ und B in einem Fall negativ ist. Man hat also einen positiven und einen negativen Winkel. Da man allerdings aus 2 verschiedenen Perspektiven schaut, drehen diese beide jeweils in die gleiche Richtung. ✓

Matrizenrechnung wäre auch sinnvoll gewesen. 1

4.3) Energieerhaltung: $\hbar\omega + m_e c^2 = \hbar\omega' + \sqrt{m_e^2 c^4 + p_e'^2 c^2}$

Für die Impulserhaltung gilt mit dem Kosinussatz der folgende Zusammenhang:

$p_{Ph} = \frac{h}{\lambda}$



$p_e'^2 = p^2 + p'^2 - 2pp'\cos\vartheta$ wobei dies jeweils die Beträge der Vektoren sind.

$$(*) \Rightarrow \hbar\omega + m_e c^2 = \hbar\omega' + c\sqrt{m_e^2 c^2 + p^2 + p'^2 - 2pp'\cos\vartheta}$$

Außerdem gilt: $2\pi\nu = \omega \Leftrightarrow \nu = \frac{\omega}{2\pi} \Rightarrow \lambda = \frac{2\pi c}{\omega} \Leftrightarrow \omega = \frac{2\pi c}{\lambda}$

$$(*) \Leftrightarrow \frac{h}{2\pi} \cdot \frac{2\pi c}{\lambda} + m_e c^2 = \frac{h}{2\pi} \cdot \frac{2\pi c}{\lambda'} + c\sqrt{m_e^2 c^2 + p^2 + p'^2 - 2pp'\cos\vartheta}$$

$$\Leftrightarrow \frac{h \cdot c}{\lambda} + m_e c^2 = \frac{h \cdot c}{\lambda'} + c\sqrt{m_e^2 c^2 + p^2 + p'^2 - 2pp'\cos\vartheta} \quad | :c$$

$$\Rightarrow 2h\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'}\right)m_e c + h^2\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'}\right)^2 + m_e^2 c^2 = m_e^2 c^2 + p^2 + p'^2 - 2pp'\cos\vartheta$$

$$2h\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'}\right)m_e c + h^2\left(\frac{1}{\lambda^2} + \frac{1}{\lambda'^2} - \frac{2}{\lambda\lambda'}\right) = \frac{h^2}{\lambda^2} + \frac{h^2}{\lambda'^2} - 2pp'\cos\vartheta$$

$$2h\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'}\right)m_e c - \frac{2h^2}{\lambda\lambda'} = -2\frac{h^2}{\lambda\lambda'}\cos\vartheta \Leftrightarrow \frac{h^2}{\lambda\lambda'}(1 - \cos\vartheta) = h\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'}\right)m_e c$$

$$\Leftrightarrow \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'}\right)\lambda\lambda' = \frac{h}{m_e c}(1 - \cos\vartheta) \Leftrightarrow \lambda' - \lambda = \lambda_c(1 - \cos\vartheta)$$

$$\Leftrightarrow \Delta\lambda = \lambda_c(1 - \cos\vartheta)$$

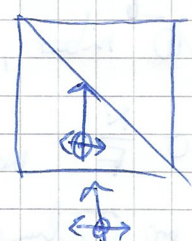
✓

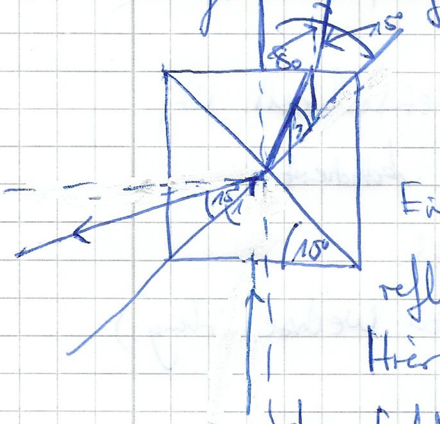
1

4.2)

2

Es existiert ein ordentlicher und ein außerordentlicher Teilstrahl.
Der ordentliche ist senkrecht auf die optische Achse polarisiert und der ao. ist genau senkrecht dazu polarisiert.
Der ordentliche wird sowieso ohne Ablenkung durch den ersten Kristall geschickt, aber auch der ao. Strahl wird in diesem Fall nicht gebrochen, da er bloß parallel zur optischen Achse schwingt. Allerdings bewegt er sich mit schnellerer oder langsamerer Geschwindigkeit, weswegen es zu einer Phasenverschiebung kommen kann.
Unbeachtet dessen treffen sowohl o. als auch ao. Strahl ungebrochen auf das zweite Prisma.





Ein Teil des ordentlichen Strahls wird im 15° zum Lot reflektiert. Ebenso ein Teil des a.o. Strahls.
Hier findet allerdings eine Ablenkung statt, da die Richtung des Lichts weder exakt parallel noch senkrecht zur optischen Achse ist.

In Transmission findet Brechung statt.
Da ao. Strahl nacher o. Strahl ist und o. Strahl nacher a.o. Strahl ist gilt mit Snellius: $n_o \sin\alpha = n_{ao} \sin\beta_o$ für den Strahl der zuerst ordentlich ist und $n_{ao} \sin\alpha = n_o \sin\beta_{ao}$ für den zuerst a.o. Strahl.

$\Rightarrow \beta_o = 0{,}2602469\,\text{rad}$ und $\beta_{ao} = 0{,}26336\,\text{rad}$

mit $n_o = 1{,}544$ und $n_{ao} = 1{,}553$ nach Wikipedia

Für das Verlassen des Prismas gilt für die Winkel zur Normale:

$\gamma_o = \alpha - \beta_o = \frac{\pi}{12} - 0{,}2602469$ und $\gamma_{ao} = \frac{\pi}{12} - 0{,}26336$

und $n_o \sin(\gamma_{ao}) = 1 \cdot \sin(\delta_{ao})$ und $n_{ao} \sin(\gamma_o) = \sin(\delta_o)$

$\Rightarrow \delta_{ao} = -7{,}78 \cdot 10^{-3}\,\text{rad}$ $\quad \delta_o = 2{,}411 \cdot 10^{-3}\,\text{rad}$

$\Rightarrow |\Delta\delta| = \pm 5{,}19 \cdot 10^{-3}\ \text{rad} \approx 0{,}3°$

Das Glan-Foucault Prisma basiert auf den reflektierten Teilstrahlen und hat das zweite identische Prisma bloß, um Strahlablenkung zu vermeiden. $\Rightarrow$ Luftspalt

1

44) Nach der idealen Gasgleichung gilt $p \cdot V = nRT = Nk_BT$

$\Leftrightarrow p \cdot F \cdot l = nRT = Nk_BT$

Da keine Fläche und keine Teilchenanzahl gegeben ist, können wir N/n nicht ausrechnen, aber $\frac{N}{F}$ und $\frac{n}{F}$.

$$\frac{N}{F} = \frac{p \cdot l}{k \cdot T} \quad \text{und} \quad \frac{n}{F} = \frac{p \cdot l}{R \cdot T}$$

$\lambda = 780\,\text{nm}$, $p = 10^{-6}\,\text{mbar}$, $T = 300\,\text{K}$, $\sigma = \frac{\lambda^2}{2\pi}$, 1% der Atome wechselwirken

Es gilt $W = \sigma \frac{N}{F}$ wobei W die Wahrscheinlichkeit ist, dass ein Photon pro Flächeneinheit mit einem Atom kollidiert.

Da nur 1% wechselwirken, ergibt sich insgesamt:

$A = 0{,}01\,\sigma \frac{N}{F} \cdot l$, wobei A die Absorption (bzw. Wechselwirkung) ist. $\Rightarrow A = 0{,}01\,l \cdot \frac{p \cdot l}{k \cdot T} \cdot \sigma$

$1\,\text{bar} = 1 \cdot 10^5\,\text{Pa} \Rightarrow 10^{-9}\,\text{bar} = 1 \cdot 10^{-4}\,\text{Pa}$

$\Rightarrow A = 0{,}0584 \approx 5{,}84\%$

Mit $\sigma' = \pi (5\,\text{Å})^2$ ✓ folgt $A' = 4{,}74 \cdot 10^{-7} \approx 4{,}74 \cdot 10^{-5}\%$

wobei $1\,\text{Å} = 1 \cdot 10^{-10}\,\text{m}$

?

stimmt das so?

ja! ☺

1