De stralengang door een bank voor optisch spanningsonderzoek, beschreven met vectordiagrammen

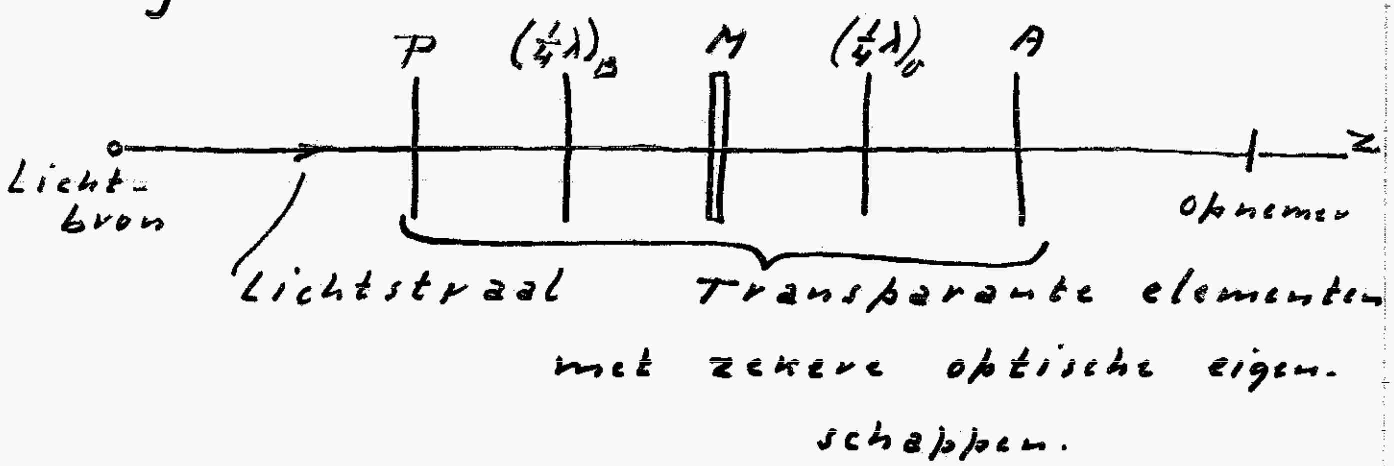
WE-65/32.

W. L. Esmeijer Oct 1965

De stralengang door een bank voor optisch spanningsonderzoek, beschreven met vectordiagrammen.

#

1) De optische bank en zijn elementen voor zover deze hier van belang zijn.



Het „model" M denken we vast in de ruimte.

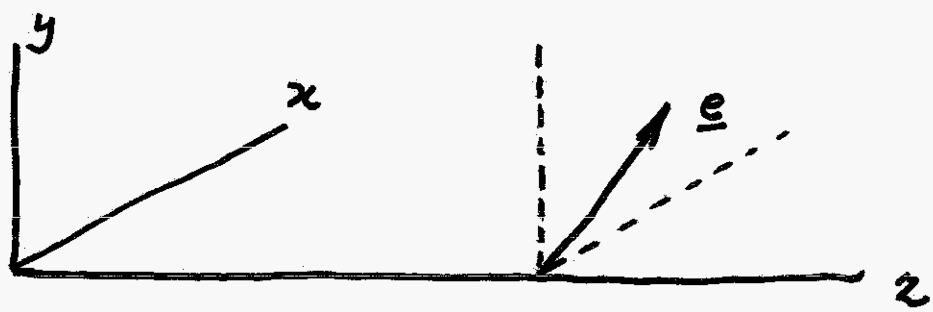
P, $(\frac{1}{4}\lambda)_B$, M, $(\frac{1}{4}\lambda)_0$ en A kunnen roteren om de z-as; hun stand is door ons in te stellen.

2) Doel van het onderzoek: nagaan hoe het samenstel van elementen reageert bij optisch spanningsonderzoek, in het bijzonder nagaan hoe de door ons gebruikte meetmethode van Sénarmont werkt.

<u>Uitgangspunt</u>: Zonder op de fysische achtergrond in te gaan worden – min of meer axiomatisch – een aantal wetten ingevoerd waarmee het gedrag van de elementen afzonderlijk kan worden beschreven.

3/ a. De <u>lichtstraal</u>

Ax.



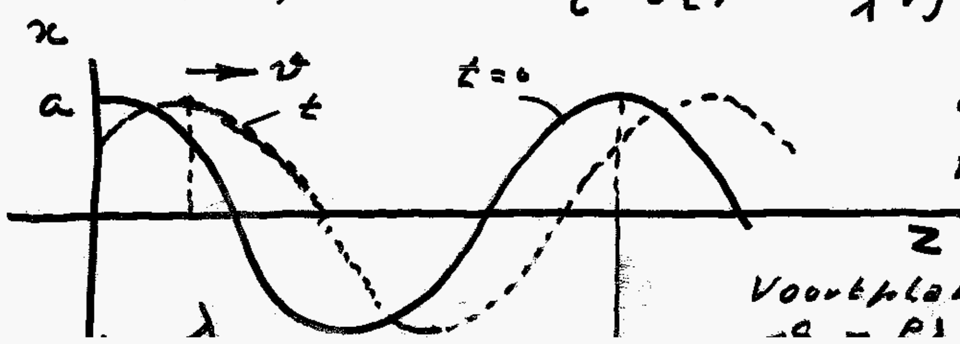
x-y-z is een vast assenkruis in de ruimte. Aan elk punt van de z-as is een vector $\underline{e}$ toegevoegd loodrecht op de z as.

$$\underline{e} = x(z,t) + i\, y(z,t)$$

i is de imaginaire eenheid.

We beschouwen de „elementaire golf"

$$x(z,t) = a \cos\left\{2\pi\left(ft - \frac{z}{\lambda}\right)\right\}$$



constanten:
a : amplitude
f : frequentie
λ : golflengte

Voortplantingssnelheid
$v = f\lambda$ (z-top)

Een witte lichtstraal gaande door lucht langs de positieve z richting kan in onze beschouwing worden beschreven door een groot aantal chaotisch verdeelde elementaire golven $x(z,t)$ en $y(z,t)$; $\underline{e}$ is de electrische veldsterkte.
$v_{\text{in lucht}}$ is voor alle golven dezelfde ($\approx 3.10^{8}$ m/sec).

$$\lambda_{\text{violet}} = 4000.10^{-10}\ \text{m}$$
$$\lambda_{\text{groen}} = 5200.10^{-10}\ \text{m} \qquad v = f\lambda$$
$$\lambda_{\text{rood}} = 6500.10^{-10}\ \text{m}$$

Een golf die gaat door verschillende media verandert niet zijn f, eventueel wel λ (dus ook v).

b. <u>Polarisator</u> P brengt orde in de chaotische toestand nl:

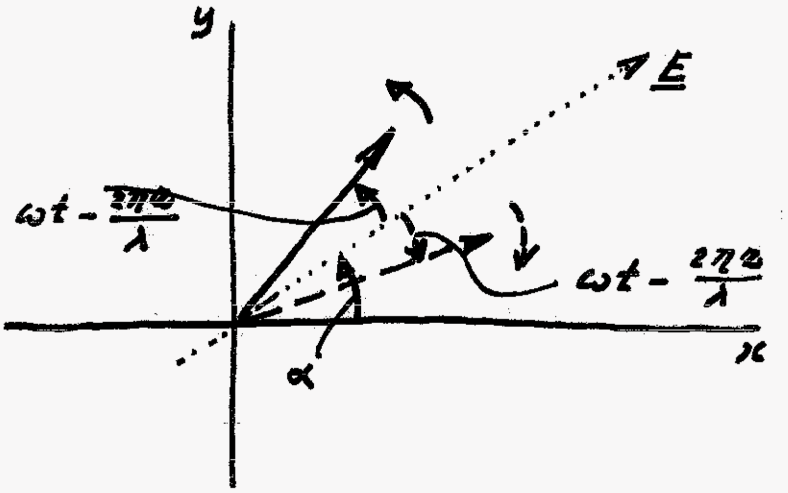
Ax. P heeft een voorkeursrichting; alleen die golven worden doorgelaten die behoren bij de component in die richting ~~van de~~ resulterende $\underline{e}$ vector.
(De richting $\perp$ deze voorkeursrichting heet polarisatie richting van P).
Het licht dat uittreedt uit P heet <u>lineair</u> <u>gepolariseerd</u> <u>licht</u> (L.P.)

<u>Analysator A</u> heeft dezelfde eigenschappen als P

c. <u>Monochromatisch</u> <u>licht</u> :
slechts één waarde van f voorhanden
Ax. bv. λ_{groen} in lucht.

We werken in het volgende alleen met monochromatisch licht.

4) Eigenschap van lineair gepolariseerd licht (monochromatisch).



$$\underline{E} = x_0 + i y_0 = a e^{i\alpha}$$
constant

$\omega = 2\pi f$

$$\underline{e} = \tfrac{1}{2}\underline{E}\left\{ e^{i(\omega t - \frac{2\pi z}{\lambda})} + e^{-i(\omega t - \frac{2\pi z}{\lambda})} \right\}$$

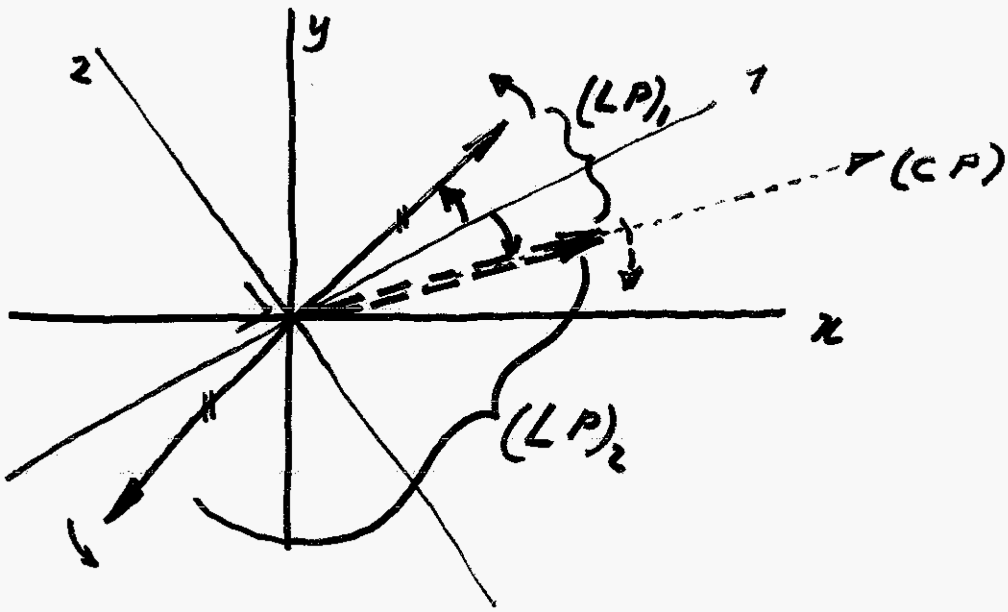
Elk van de termen $\tfrac{1}{2}\underline{E}\, e^{i(\omega t - \frac{2\pi z}{\lambda})}$ en $\tfrac{1}{2}\underline{E}\, e^{-i(\omega t - \frac{2\pi z}{\lambda})}$ is de representatie van wat wordt genoemd:

„<u>circulair</u> <u>gepolariseerd</u> <u>licht</u>" (CP)

Er geldt dus :

(LP) kan worden opgevat als samenstel van 2 (CP)'s met tegengestelde draairichting en gelijke $|\underline{E}|$

Een <u>oefening</u> als intermezzo :
(C.P.) kan worden opgevat als twee speciale (LP)'s .



5) <u>Dubbele breking</u> en <u>retardatie</u> .

De in vlakspanningstoestand gebrachte modelplaat M en de $\frac{1}{4}\lambda$ platen hebben de volgende eigenschappen gemeenschappelijk.

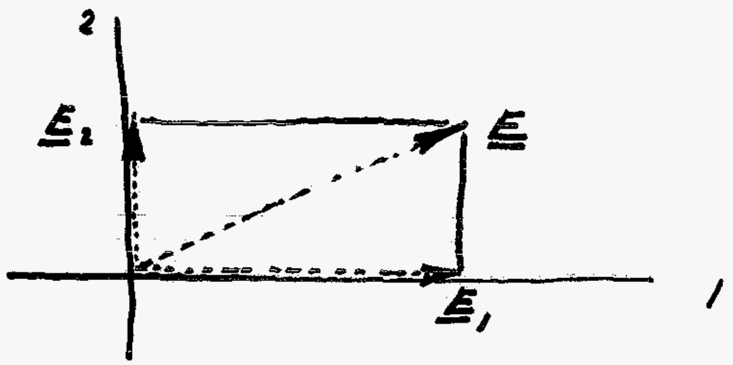
Ax.

Op de plaats waar de lichtstraal loodrecht door de plaat heengaat zijn twee optische hoofdrichtingen 1 en 2 door de plaat vastgelegd ; 1 en 2 zijn loodrecht op elkaar.

Op de plaats van intrede van de lichtstraal moet de $\underline{e}$ vector worden ontbonden in de richtingen 1 en 2.

Deze componenten leggen twee (LP)'s vast – in de vlakken z-1 en z-2 – die zich onafhankelijk van elkaar voortplanten. De voortplantingssnelheden v_1 en v_2 (dus ook λ_1 en λ_2) zijn i.h.a. verschillend (dubbele breking).

Wanneer een (LP) op de plaats z = 0 intreedt dan is op tijdstip t = 0 daar ter plaatse de $\underline{e}$ vector met zijn componenten als volgt:



Wanneer de dikte van de plaat d is dan is op de plaats van uittrede de $\underline{e}$ vector te beschrijven met de volgende componenten.

$$\underline{e}_1 = \tfrac{1}{2}\, \underline{E}_1 \left[e^{i(\omega t - \frac{2\pi d}{\lambda_1})} + e^{-i(\omega t - \frac{2\pi d}{\lambda_1})} \right]$$

$$\underline{e}_2 = \tfrac{1}{2}\, \underline{E}_2 \left[e^{i(\omega t - \frac{2\pi d}{\lambda_2})} + e^{-i(\omega t - \frac{2\pi d}{\lambda_2})} \right]$$

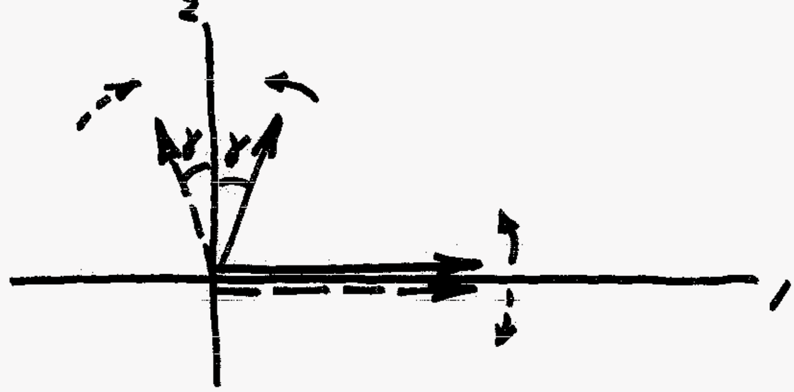
Er geldt:

$$\omega t - \frac{2\pi d}{\lambda_2} = \omega t - \frac{2\pi d}{\lambda_1} - 2\pi d\left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1}\right)$$

$$= \omega t - \frac{2\pi d}{\lambda_1} - \gamma \qquad \text{met}$$

$\gamma = 2\pi d\left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1}\right)$ heet <u>retardatie</u> van 2 t.o.v. 1.

De uittredende lichtstraal is dus op een gepast gekozen tijdstip op de hierna volgende manier te beschrijven met vier (CP)'s.

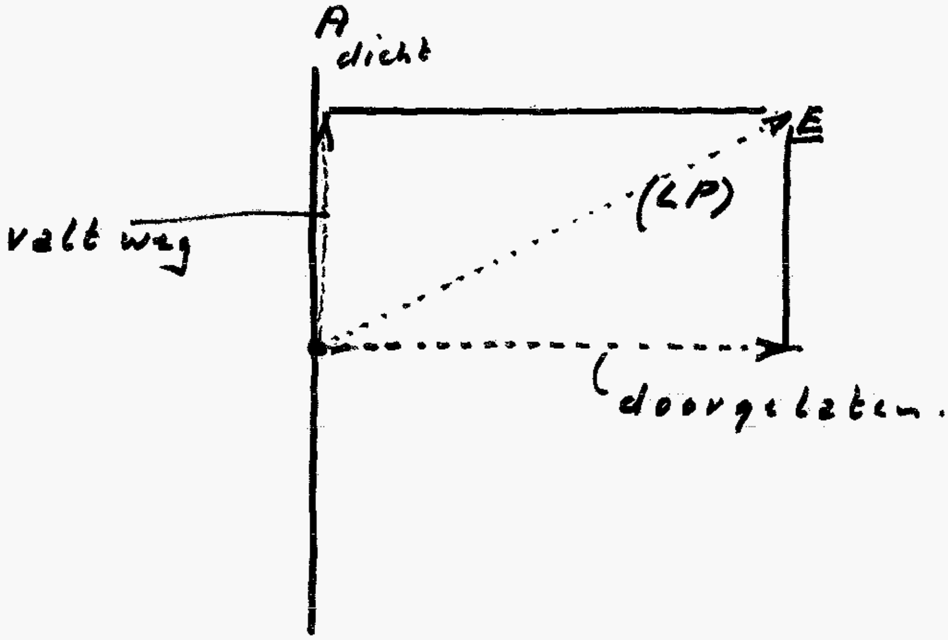


Een $\frac{1}{4}\lambda$ plaat heeft de eigenschap: $\gamma = \frac{\pi}{2}$

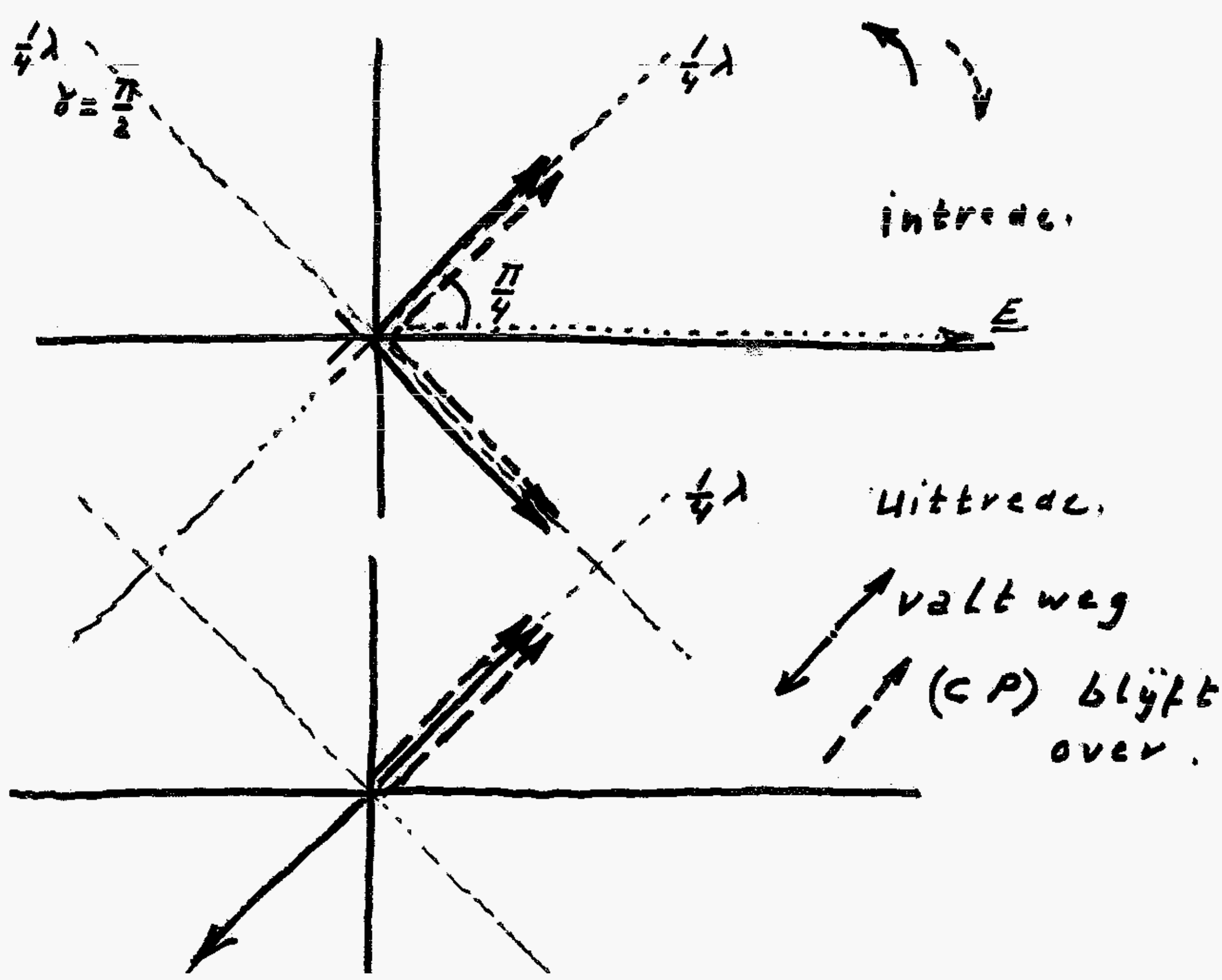
M heeft de eigenschap dat de optische hoofdrichtingen met de hoofdspanningsrichtingen op de plaats van M waar de lichtstraal doorheen gaat; γ is evenredig met het verschil van de hoofdspanningen (wet van Wertheim)

6) Oefeningen

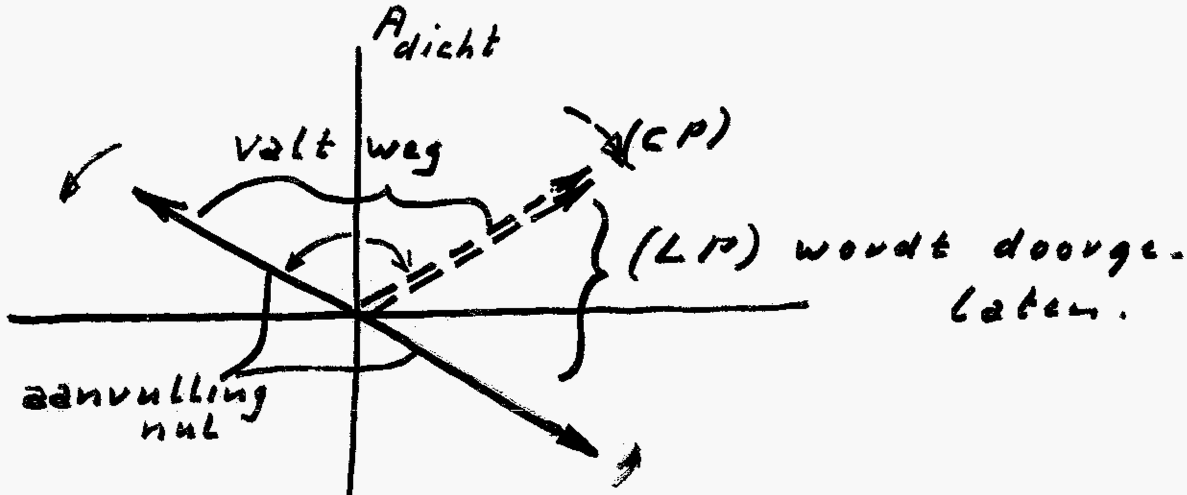
6.1. (LP) valt op A.



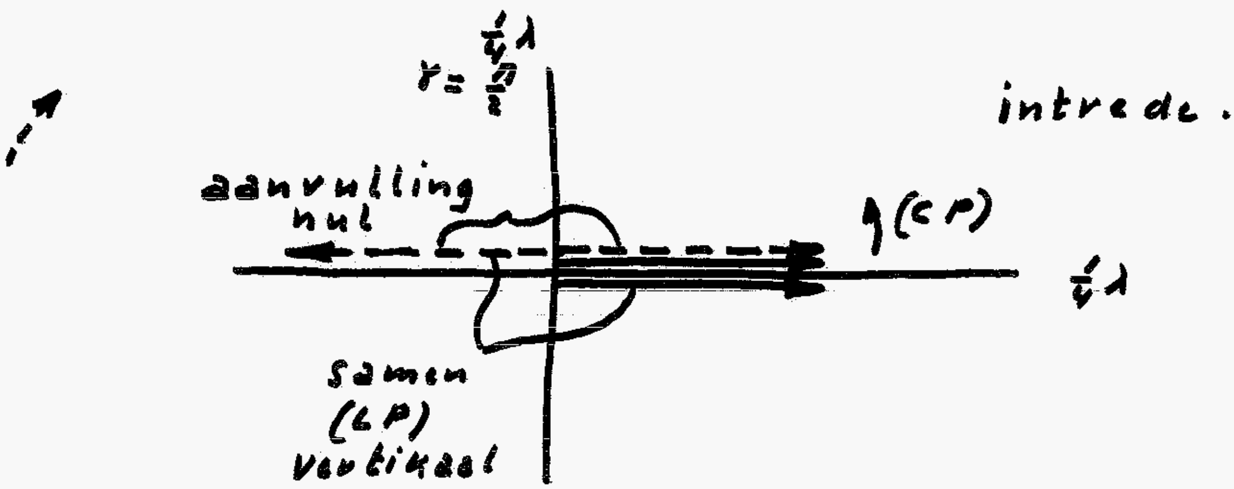
6.2. (LP) valt op $\frac{1}{4}\lambda$ plaat waarvan assen hoek $\frac{\pi}{4}$ maken met P.

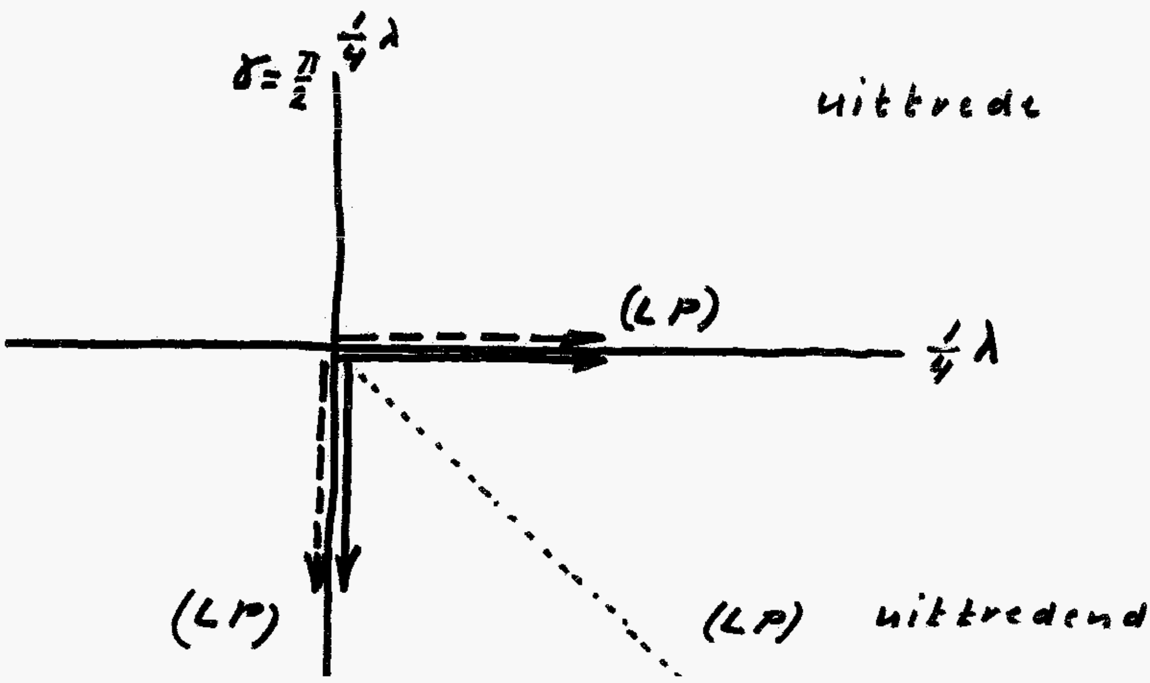


6.3 (CP) valt op A.



6.4 (CP) valt op $\frac{1}{4}\lambda$.





7. Meting van retardatie δ in M met behulp van <u>methode Sénarmont</u>.

Beginsituatie.
Systeem: P — M (σ_1, σ_2 combinatie) — $\frac{1}{4}\lambda$ // resp. $\perp$ P — A_{dicht} // P_{open}.

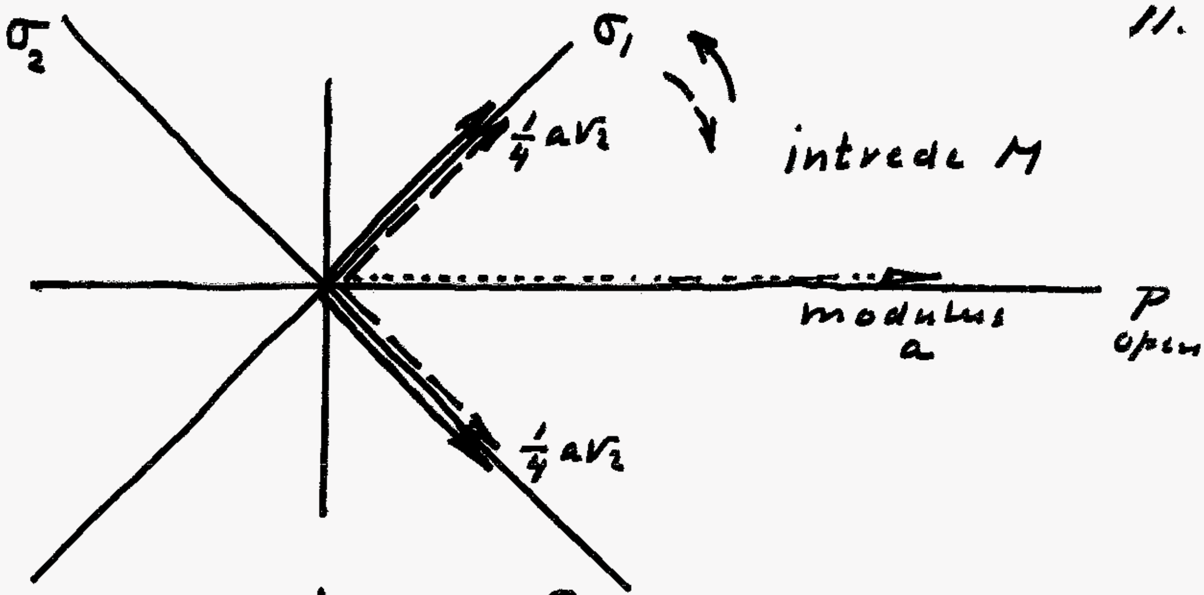
Handeling 1:
P, $\frac{1}{4}\lambda$ en A blijven //; zij worden gedraaid tot hoofdrichtingen samenvallen met hoofdrichtingen van M.
Hint (niet compleet): wanneer de richtingen samenvallen is er na A geen licht.

Handeling 2:
P, $\frac{1}{4}\lambda$ en A blijven //; zij worden gedraaid over $\frac{\pi}{4}$.

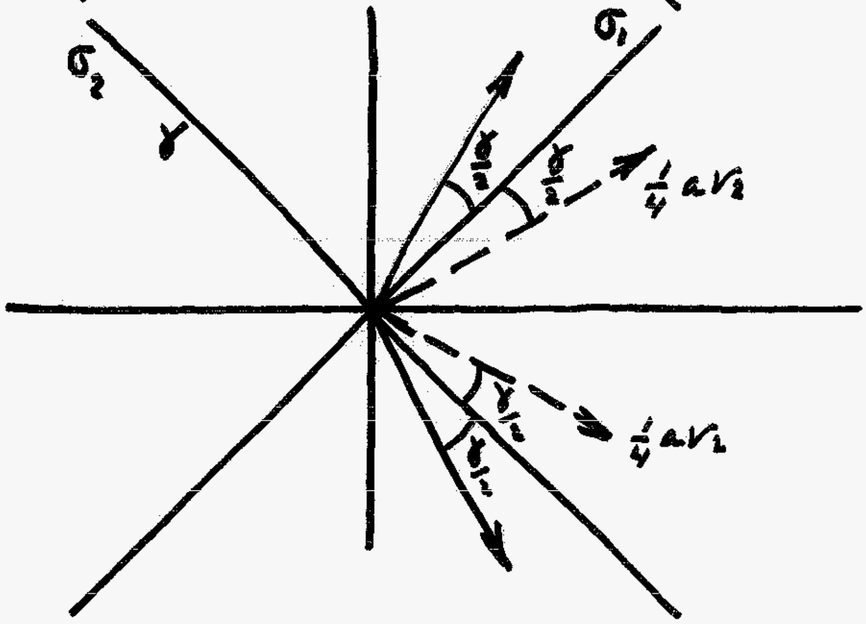
Handeling 3:
Alleen A wordt gedraaid (hoek Θ) tot uit A geen licht uittreedt.

Dan geldt
$$|\Theta| = \left|\frac{\delta}{2}\right| \pmod{\pi}$$

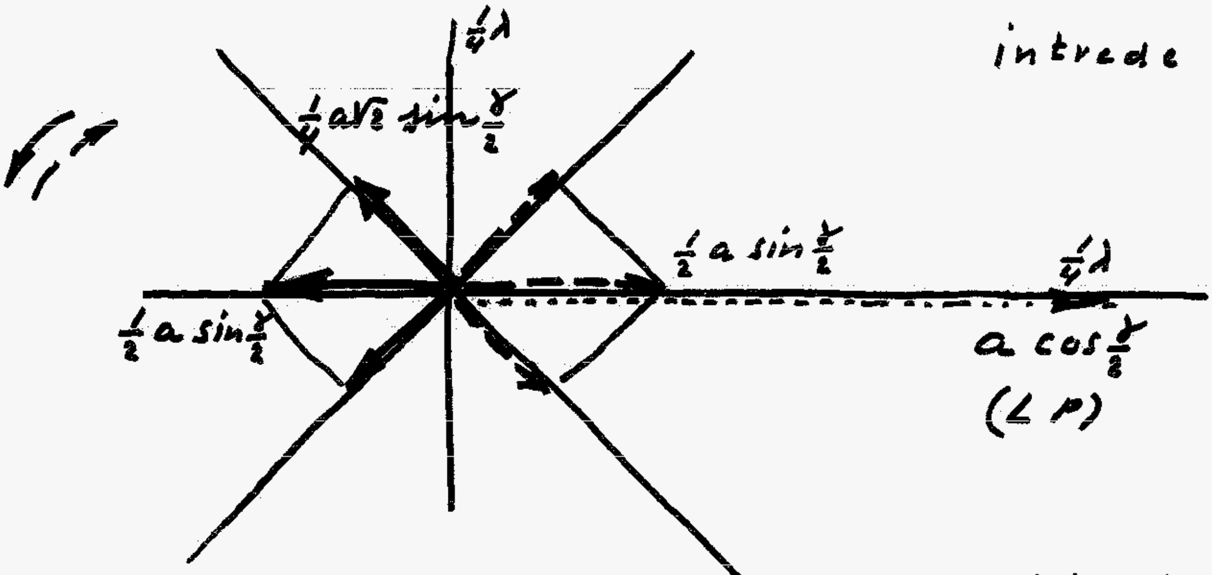
intrede M



uittrede M
intrede $\frac{1}{4}\lambda$



intrede $\frac{1}{4}\lambda$



uittrede $\frac{1}{4}\lambda$
intrede A