

1 Inlämningsuppgift 2.1

Man vill linjärpolarisera en från början opolariserad ljusstråle genom att sända in den från luft mot en plan glasplatta med brytningsindex n . På grund av slarv vid orienteringen av glasplattan råkar infallsvinkeln bli $1,0^\circ$ mindre än vad den borde ha varit. Hur stor andel (i procent) av det totalt reflekterade ljuset är då polariserat i fel riktning?

Vi vet att på grund av slarv vid orienteringen av glasplattan råkar infallsvinkeln bli $1,0^\circ$ mindre än vad den borde ha varit. Vi söker hur stor andel (i procent) av det totalt reflekterade ljuset är då polariserat i fel riktning. Förutom att vi har fått brytningsindexet för glaset vet vi även att brytningsindexet för luft som är cirka 1.

$$\text{Brytningsindex} = 1,450 + 0,010 * 4 + 0.001 * 14 = 1.504. \quad (1)$$

Ifall man vill omvandla opolariserad ljus så att den reflekterade ljuset enbart blir till linjär polariserad ljus så krävs det att det är 90° mellan brytningsvinkeln och den reflekterade vinkeln. Om vi antar att detta var meningen från början får vi enligt Brewsters lag:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{n'}{n(\text{luft})}\right) = \arctan\left(\frac{1.504}{1}\right) = 56.38032037^\circ. \quad (2)$$

Då vi hade en infallsvinkeln enligt uppgiften blir $1,0^\circ$ mindre än vad den borde ha varit så får vi:

$$56.38032037^\circ - 1^\circ = 55.38032037^\circ = \theta_i. \quad (3)$$

För att kunna hantera opolariserat ljus måste man dela in ljuset i två fall. Ett fall som heter "S-polarisation", detta innebär att det elektriska fältet är vinkelrät mot planet (plane of incidence). Det andra fallet kallas för "P-polarisation" som motsvarar då den elektriska fältet är parallellt mot planet (plane of incidence). Genom att tillämpa Fresnels ekvationer ska vi få ut andelen som reflekteras för båda fallen. Dock måste vi först finna brytningsvinkeln, som görs med hjälp av Snells lag.

$$\arcsin\left(\frac{\sin(55.38^\circ)}{1.504}\right) = 33.17^\circ = \theta_b. \quad (4)$$

Från föreläsningarna har vi ekvationerna (θ_i motsvarar den infallande vinkeln och θ_b motsvarar brytningsvinkeln) (Beräkningarna som kommer att ske nedan kommer vara enhetslösa):

$$\left(\frac{E_{rp}}{E_{ip}}\right)^2 = \left(\frac{\tan(\theta_i - \theta_b)}{\tan(\theta_i + \theta_b)}\right)^2 = r_p^2 = R_p. \quad (5)$$

Där ekvationen (5) beskriver förhållandet av hur mycket av P-polarisation som reflekteras.

$$\left(\frac{E_{rs}}{E_{is}}\right)^2 = \left(-\frac{\sin(\theta_i - \theta_b)}{\sin(\theta_i + \theta_b)}\right)^2 = r_s^2 = R_s. \quad (6)$$

Där ekvationen (6) beskriver förhållandet av hur mycket av S-polarisation som reflekteras. Enligt ekvationerna (5) och (6) får vi:

$$R_p = \left(\frac{\tan(55.38^\circ - 33.17^\circ)}{\tan(55.38^\circ + 33.17^\circ)}\right)^2 = 0.000106814. \quad (7)$$

$$R_s = \left(-\frac{\sin(55.38^\circ - 33.17^\circ)}{\sin(55.38^\circ + 33.17^\circ)}\right)^2 = 0.142977. \quad (8)$$

Vi vet att uppgiften till en början tänkte tillämpa Brewster vinkeln för att linjär polarisera allt ljus. Då vet vi från föreläsningarna att opolariserad ljus som reflekteras med hjälp av Brewster vinkeln kommer enbart ha formen S-polarisation. Detta betyder att de polariserad ljuset som reflekteras enligt fel vinkel i vår uppgift kommer då delas upp i P-polarisation och S-polarisation där P-polarisation kommer motsvara ljuset som polariseras åt fel riktning. Så för att få ut den totala andelen reflekterade ljus tillämpar vi följande formel:

$$\frac{r_p^2}{r_s^2 + r_p^2} = 0.000746183. \quad (9)$$

Detta ger oss att vi får att andelen som polariseras i fel riktning är 0.0746183 %.

Svar: Andelen som polariseras i fel riktning blir då 0.075%

2 Inlämningsuppgift 2.2

Mellan ett objekt och en sfärisk spegel med krökningsradien R , finns en lins med fokallängden f . Bestäm var bilden av objektet hamnar efter att det har passerat linsen, reflekterats i spegeln och sedan återigen har passerat linsen?

Följande värden är givna i uppgiften:

$$a = 60\text{cm} + D_{\text{cm}} = 0.74\text{m} \quad (10)$$

$$d = 8\text{cm} + 0.5 * M_{\text{cm}} = 0.1\text{m} \quad (11)$$

$$f = 15\text{cm} + M_{\text{cm}} = 0.19\text{m} \quad (12)$$

$$R = 10\text{cm} + 0.5 * M_{\text{cm}} = 0.12\text{m} \quad (13)$$

Vi vet att linsen är en konvergerande lins då fokallängden som är given har ett positivt värde.

Från föreläsningarna har vi ekvationen där i vårt fall a motsvarar s :

$$s' = \frac{sf}{s - f} \quad (14)$$

Från figur 1 får vi att första s'_1 blir till:

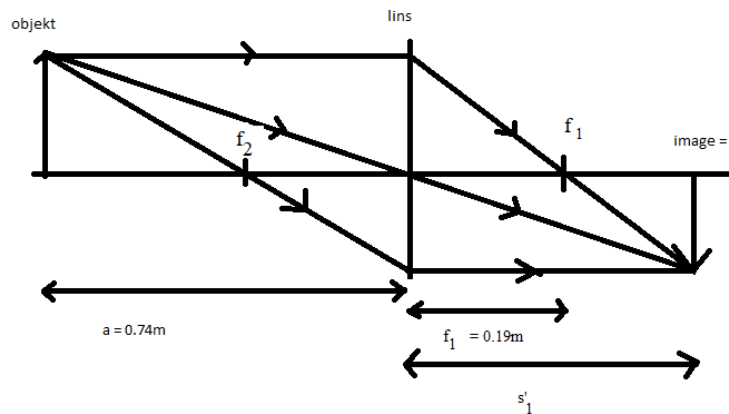


Figure 1 – Bilden beskriver hur objekts bild färdas genom linsen.

$$s'_1 = \frac{s_1 f_1}{s_1 - f_1} = \frac{0.74\text{m} * 0.19\text{m}}{0.74\text{m} - 0.19\text{m}} = 0.25563\text{m} \quad (15)$$

Ekvationen leder oss till:

$$s_2 = 0.1\text{m} - s'_1 = -0.15563\text{m} \quad (16)$$

För att kunna beräkna s'_2 behöver vi fokallängden till den sfäriska spegeln. Då vi vet att det är en sfärisk spegel får vi ut fokallängden genom att dela radien i två.

$$\frac{R}{2} = \frac{0.12\text{m}}{2} = 0.06\text{m} \quad (17)$$

Från figur 2 får vi att s'_2 blir till (f_s är fokallängden till den sfäriska spegeln):

$$s'_2 = \frac{s_2 f_s}{s_2 - f_s} = \frac{-0.15563\text{m} * 0.06\text{m}}{-0.15563\text{m} - 0.06\text{m}} = 0.043\text{m} \quad (18)$$

Slutligen enligt figur 3 kommer vi få s'_3 men först söker vi s_3 som fås enligt:

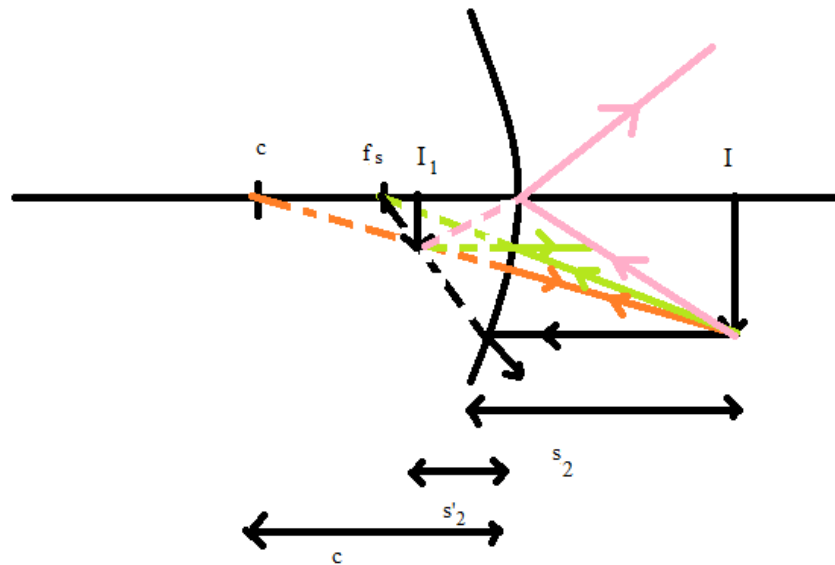


Figure 2 – Bilden beskriver hur objekts bild transporteras enligt spegeln.

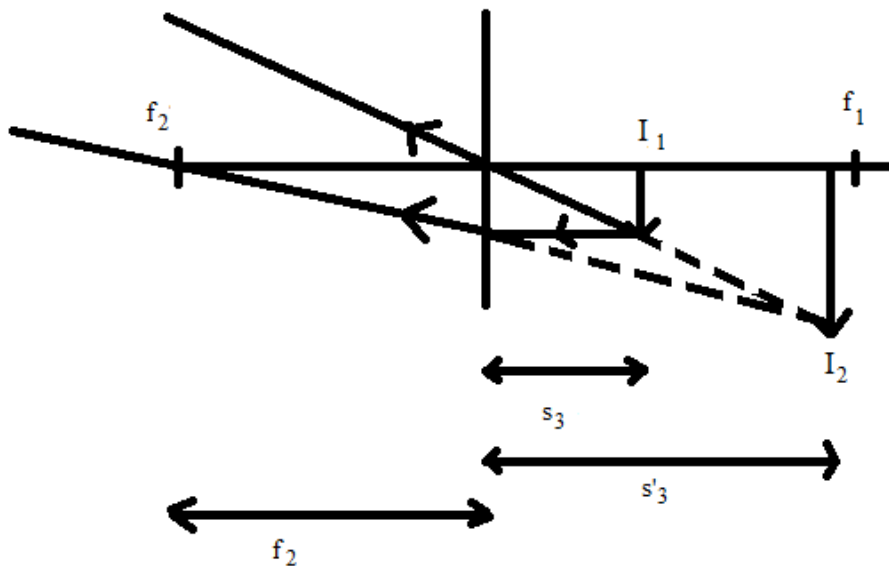


Figure 3 – Bilden beskriver hur objekts bild färdas genom linsen.

$$s_3 = 0.1\text{m} - s'_2 = 0.1\text{m} - 0.043\text{m} = 0.033\text{m} \quad (19)$$

$$s'_3 = \frac{s_3 f}{s_3 - f} = \frac{0.033\text{m} * 0.19\text{m}}{0.033\text{m} - 0.19\text{m}} = -3.99\text{cm} \quad (20)$$

Vi får då den totala längden ifrån objektet till den bilden som skapas till

$$0.74\text{m} + (-s'_3) = 0.7799\text{m} = 77.99\text{cm} \quad (21)$$

Svar: Då objektet har passerat linsen, reflekterats i spegeln och sedan återigen har passerat linsen hamnar den 4 cm framför linsen, alltså 78 cm ifrån objektet och 6 cm ifrån spegeln.