

TYÖ 26. HILAVAKION MÄÄRITYS

Tehtävä Tehtävänä on määrittää kolmen eri hilan hilavakio laserin avulla.

Välineet Laser: He-Ne –laser (42015; $\lambda = 632,8$ nm) tai puolijohdelaser (He-Ne) (42015D; $\lambda = 670$ nm), laserin lisävälineet (42012), kolme hilaa (coarse grating 1, 2,3), mitta(nauha), varjostin (esim. taulu tai seinä), mahd. tukitelineitä (56012, 57001).

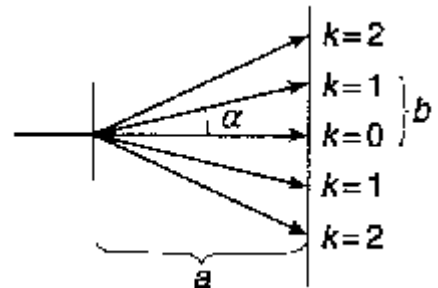
Taustatietoja Valon diffraktio eli taipuminen tapahtuu valon kohdatessa aallonpituutensa suuruusluokkaa olevan raon. Valo taipuu useaksi säteeksi hilayhtälön

$$d \sin \alpha = k \lambda, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots$$

mukaisesti (ks. F2 s. 168-172 (149-154)).

Hila on levy, jossa on paljon yhdensuuntaisia ja toisistaan yhtä etäällä olevia rakoja. Edellä olevassa hilayhtälössä d on hilavakio eli vierekkäisten rakojen välimatka. α on ns. suuntakulma eli taipumiskulma (kuva 1) ja λ käytettävän valon aallonpituus. k on kertaluku ($k = 0, 1, 2, 3, \dots$). Hilayhtälön antamia valoisa viivoja kutsutaan k :n arvon mukaan $0., 1., 2., \dots$ kertaluvun viivoiksi. Keskellä on nollannen kertaluvun ($k = 0$) viiva ja tämän molemmilla puolilla muiden kertalukujen spektriviivat. Viivojen kirkkaus heikkenee kertaluvun kasvaessa.

Kuva 1.
Valon diffraktio hilassa.
 a = varjostimen etäisyys hilasta,
 b = valoisan pisteen (k) etäisyys keskikohdasta,
 α = taipumiskulma (suuntakulma).



Taipumiskulma α voidaan laskea mittaamalla varjostimen etäisyys (a) hilasta ja valoisan kohdan etäisyys (b) diffraktiokuvion keskipisteestä.

Silloin $\tan \alpha = \frac{b}{a}$ (ks. kuva 1). Jos hilassa on esimerkiksi 570

rakoa/mm, on hilavakio $d = \frac{1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{570}$.

Hilayhtälöstä saadaan hilavakiolle lauseke: $d = \frac{k \lambda}{\sin \alpha}$.

HUOM! ÄLÄ SUUNTA LASERIN VALOA ÄLÄKÄ
TAIPUMISKUVION VALOMAKSIMEITA
KOSKAAN KOHTI SILMÄÄ !!

Suoritusohjeita

Aseta hila lasersäteen eteen ja suuntaa laservalo kohtisuorasti hilaa vastaan, niin että taipumiskuvio varjostimella tulee vaakasuoraksi. Varjostimena voi olla esimerkiksi seinä tai taulu. Merkitse liidulla varjostimelle eri kertalukuja vastaavien maksimien paikat. Mittaa samaa kertalukua olevien maksimien välinen etäisyys (2b) ja merkitse tulokset taulukkoon 1. Mittaa hilan etäisyys taulusta (a). Hilan etäisyytenä taulusta kannattaa käyttää usean metrin pituutta, esim. laboratorioluokan koko pituutta. Laske hilavakion arvo käyttäen useita kertaluvun (k) arvoja.

MITTAUSPÖYTÄKIRJA: Hilavakion määrittäminen laserilla

HILA 1 (COARSE GRATING 1)

$a =$ _____ m.

$\lambda =$ _____ nm.

k	2b / m	b / m	b / a	$\alpha / ^\circ$	$\sin\alpha$	d / μm
1						
2						
3						
4						
5						

HILAN 1 Hilavakion keskiarvo $\bar{x} =$ _____ μm .

Keskiarvon keskivirhe saadaan jakamalla otoskeskihajonta mittausten lukumäärän

neliöjuurella: $s(\bar{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{n}}$. Otoskeskihajonta $s(x) = s_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$, joka

saadaan laskimista (σ_{n-1} tms.). Mittausten lukumäärä on n.

Tulos voidaan esittää nyt muodossa: $x = \bar{x} \pm s(x)$.

Otoskeskihajonta $s(x) =$ _____ μm .

Keskiarvon keskivirhe $s(\bar{x}) =$ _____ μm .

TULOS: HILAN 1 Hilavakio d virherajoiheen on:

(_____ \pm _____) μm .

HILA 2 (COARSE GRATING 2)

$$a = \text{_____ m.}$$

$$\lambda = \text{_____ nm.}$$

k	2b / m	b / m	b / a	$\alpha / ^\circ$	$\sin\alpha$	d / μm
1						
2						
3						
4						
5						

HILAN 2 Hilavakion keskiarvo $\bar{x} = \text{_____ } \mu\text{m.}$

Keskiarvon keskivirhe saadaan jakamalla otoskeskihajonta mittausten lukumäärän

neliöjuurella: $s(\bar{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{n}}$. Otoskeskihajonta $s(x) = s_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$, joka

saadaan laskimista (σ_{n-1} tms.). Mittausten lukumäärä on n.

Tulos voidaan esittää nyt muodossa: $x = \bar{x} \pm s(x)$.

Otoskeskihajonta $s(x) = \text{_____ } \mu\text{m.}$

Keskiarvon keskivirhe $s(\bar{x}) = \text{_____ } \mu\text{m.}$

TULOS: HILAN 2 Hilavakio d virherajoinen on:

(_____ \pm _____) $\mu\text{m.}$

HILA 3 (COARSE GRATING 3)

$$a = \text{_____ m.}$$

$$\lambda = \text{_____ nm.}$$

k	2b / m	b / m	b / a	$\alpha / ^\circ$	sinα	d / μm
1						
2						
3						
4						
5						

$$\text{HILAN 3 Hilavakion keskiarvo } \bar{x} = \text{_____ } \mu\text{m.}$$

Keskiarvon keskivirhe saadaan jakamalla otoskeskihajonta mittausten lukumäärän

neliöjuurella: $s(\bar{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{n}}$. Otoskeskihajonta $s(x) = s_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - s(\bar{x}))^2}{n-1}}$, joka

saadaan laskimista (σ_{n-1} tms.). Mittausten lukumäärä on n.

Tulos voidaan esittää nyt muodossa: $x = \bar{x} \pm s(x)$.

$$\text{Otoskeskihajonta } s(x) = \text{_____ } \mu\text{m.}$$

$$\text{Keskiarvon keskivirhe } s(\bar{x}) = \text{_____ } \mu\text{m.}$$

TULOS: HILAN 3 Hilavakio d virherajoineen on:

$$(\text{_____} \pm \text{_____}) \mu\text{m.}$$

TEHTÄVIÄ:

(ks. oppikirja Fysiikka 2, s. 168-173 (149-154)).

1. Selvitä laserin käyttökohteita
2. Mitä ymmärretään koherenteilla ja monokromaattisilla aalloilla?
3. Mikä on Youngin koe ja mitä sillä osoitettiin?
4. Miksi valon taipuu hilassa?