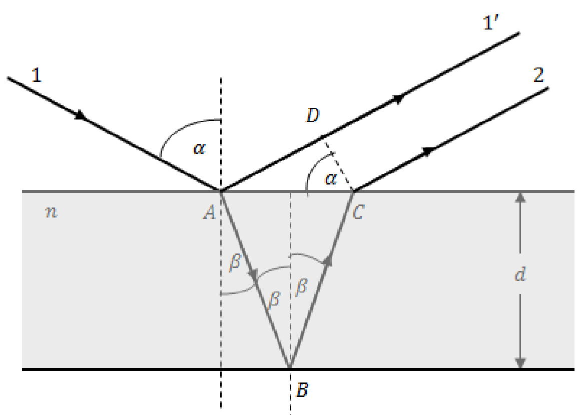
Интерференција на танким филмовима

- *Интерференција на танким филмовима*

Када рачунамо путну разлику два зрака који се крећу кроз различите средине морамо узети у обзир да свјетлост нема исту таласну дужину у различитим срединама. Због тога се користи оптичка дужина пута која је једнака производу апсолутног индекса преламања средине и пређеног пута.

Танак филм је танка провидна плоча. На слици је представљен танак филм дебљине d и индекса преламања n, ограничен паралелним површинама.



Посматраћемо зрак 1 који пада на горњу површину плоче, дијелом се одбија ($1'$) а дијелом се прелама. Преломљени зрак пролази кроз плочу и на доњој површини се такође дијелом одбије, а дијелом преломи. Ми ћемо пратити само зрак који се одбио од доње површине, а затим се преломио на горњој површини (2). Зрак $1'$ и 2 интерферују. При рачунању њихове путне разлике, требамо водити рачуна о томе да је зрак $1'$ промијенио фазу за π при одбијању од гушће средине, као и да се зрак 2 кретао кроз средину индекса преламања n:

$$\Delta s = (AB + BC) \cdot n - (AD + \frac{\lambda}{2})$$

док величине AB, BC и AD можемо са слике да изразимо:

$$\boxed{AB = BC = \frac{d}{cos\beta}}$$

$$\left.\begin{aligned} AD &= AC \cdot sin\alpha \\ AC &= 2d \cdot tg\beta \\ sin\alpha &= n \cdot sin\beta \end{aligned}\right\} \qquad \begin{aligned} &AD = 2d \cdot tg\beta \cdot nsin\beta \\ &\boxed{AD = \frac{2dnsin^2\beta}{cos\beta}} \end{aligned}$$

па када уврстимо ово у формулу за путну разлику, добићемо:

$$\Delta s = \frac{2dn}{cos\beta} - \frac{2dnsin^2\beta}{cos\beta} - \frac{\lambda}{2} = \frac{2dn(1 - sin^2\beta)}{cos\beta} - \frac{\lambda}{2} = \frac{2dncos^2\beta}{cos\beta} - \frac{\lambda}{2}$$

$$\left.\begin{aligned} \Delta s &= 2dncos\beta - \tfrac{\lambda}{2} \\ cos\beta &= \sqrt{1 - \tfrac{sin^2\alpha}{n^2}} \end{aligned}\right\} \qquad \begin{aligned} &\Delta s = 2dn\sqrt{1 - \tfrac{sin^2\alpha}{n^2}} - \tfrac{\lambda}{2} \\ &\Delta s = 2d\sqrt{n^2 - sin^2\alpha} - \tfrac{\lambda}{2} \end{aligned}$$

Ако примјенимо дату формулу за добијање интерференционих максимума $\Delta s = z\lambda$, добићемо:

$$2d\sqrt{n^2 - sin^2\alpha} - \frac{\lambda}{2} = z\lambda \quad \Rightarrow \quad \boxed{2d\sqrt{n^2 - sin^2\alpha} = (2z + 1)\frac{\lambda}{2}}$$

а за минимуме $\Delta s = (2z + 1)\frac{\lambda}{2}$:

$$2d\sqrt{n^2 - sin^2\alpha} - \frac{\lambda}{2} = (2z + 1)\frac{\lambda}{2} \quad \Rightarrow \quad \boxed{2d\sqrt{n^2 - sin^2\alpha} = z\lambda}$$

У случају када зраци падају под малим углом на плочицу добијају се једноставнији услови интерференције:

Интерференциони максимум: $\boxed{2dn = (2z + 1)\frac{\lambda}{2}}$

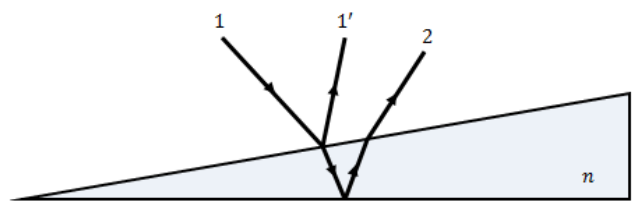
Интерференциони минимум: $\boxed{2dn = z\lambda}$

Из формула је јасно да ефекти интерференције зависе од таласне дужине свјетлости. Дакле ако се танак филм обасја бијелом свјетлошћу, само ће једна боја бити поништена (боја која задовољава услов минимума) док ће се остале боје појавити на плочици. Неке боје ће имати већи интензитет, неке мањи, док највећи интензитет има она боја која задовољава услов максимума. На овај начин се објашњава боја танких филмова.

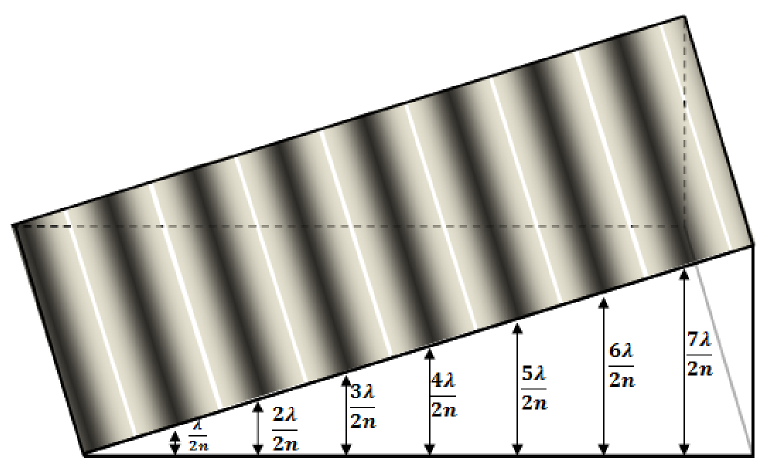
Ако употријебимо монохроматску свјетлост, подешавањем дебљине филма можемо подешавати интензитет рефлектоване свјетлости.

- *<u>Интерференција на оптичким клиновима</u>*

На слици је приказан оптички клин- провидна плочица промјенљиве дебљине, индекса преламања n. На плочу пада зрак 1 и дјелимично се одбија од горње површине ($1'$). Зрак који се преломио прошао је кроз клин и одбио се од доње површине. Дио тог зрака се преломи на горњој површини и изађе из клина (2). Зраци $1'$ и 2 интерферирају.

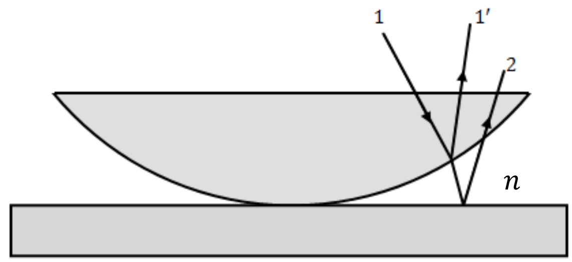


Ако је угао клина мали, тада можемо користити формуле које смо добили код танког филма. Како се мијења површина плоче тако се мијењају и услови интерференције. Ако клин обасјамо монохроматском свјетлошћу таласне дужине λ тамне пруге ће се појавити на мјестима гдје је дебљина клина $0, \frac{\lambda}{2n}, \frac{2\lambda}{2n}, \frac{3\lambda}{2n}, \ldots$ Свијетле пруге ће се појавити на мјесту гдје је дебљина клина $\frac{\lambda}{4n}, \frac{3\lambda}{4n}, \frac{5\lambda}{4n}, \ldots$



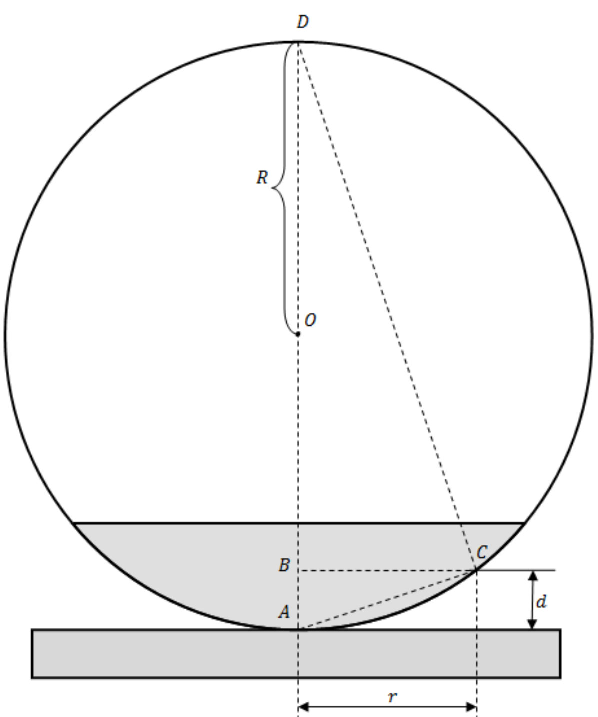
- <u>*Њутнови прстенови*</u>

Њутн је први извео ову интерференцију, али није успио да је објасни. За добијање Њутнових прстенова користе се планконвексно сочиво постављено на стаклену плочу. Између сочива и плоче се образује ваздушни простор.



Зрак 1 пада на сферну површину сочива и одбија и дјелимично се одбија ($1'$). Зрак који се преломио прошао је кроз ваздух и одбио се од стаклене плоче (2). Центар прстена ће бити таман јер су зраци $1'$ и 2 у противфази због промјене фазе зрака 2 при одбијању од стаклене плоче.

При овој интерференцији формирају се свијетли и тамни прстенови јер ваздушни простор има једнаке дебљине по концентричним круговима. Важе исти услови као за танке филмове:



Интерференциони максимум: $2dn = (2z+1)\frac{\lambda}{2}$

Интерференциони минимум: $2dn = z\lambda$

Одредимо полупречник Њутнових прстенова:

На основу сличности троуглова ΔDBC и ΔCBA:

$$\frac{r}{d} = \frac{2R-d}{r}$$

$$d = \frac{r^2}{2R-d}$$

а пошто је $d \ll R$:

$$d = \frac{r^2}{2R}.$$

Ако примјенимо ово на услов за интерференционе максимуме добићемо **полупречник свијетлих Њутнових прстенова**:

$$2\frac{{r_z}^2}{2R}n = (2z+1)\frac{\lambda}{2}$$

$$\boxed{r_z = \sqrt{\frac{(2z+1)\lambda R}{2n}}}$$

Ако примјенимо на услов за интерференционе минимуме добићемо **полупречник тамних Њутнових прстенова**:

$$2\frac{{r_z}^2}{2R}n = z\lambda$$

$$\boxed{r_z = \sqrt{\frac{z\lambda R}{n}}}$$