பௌதிகவியல்

தொப்ளரின் விளைவும்
மின்காந்த அலைகளும்



e-thaksalawa™
கல்விக்கூடம்
The National e-learning Portal for The General Education
Start Your Learning Journey with e-thaksalawa

தேர்ச்சிமட்டம்: 3.6.2

தொப்ளரின் விளைவும் மின்காந்த அலைகளும்

தொப்ளரின விளைவு மின்காந்த அலைகளுக்கும் பொருந்தும்.

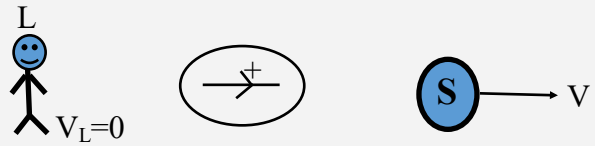
உதாரணம்

ஒளி அலை, வானொலி அலை, TV அலை போன்றவை

மின் காந்த அலைகள் வெற்றிடத்தினூடாகவும் செல்லக்கூடியவை. ஒளி அலைகளுக்கான தொப்ளரின் விளைவு ஒளியின் வேகம் (C) , முதலின் அல்லது நோக்குநரின் மாட்டேற்றுச் சட்டத்தில் இருந்து அளக்கப்படுகின்றவாறு முதலுக்கும் நோக்குநருக்கும் இடையேயுள்ள சார்புவேகம் ஆகியவற்றைச் சார்ந்தது. அதாவது இங்கு தொப்ளரின் விளைவை அவதானிக்க சார்பு இயக்கவியற் கொள்கை பயன்படுத்தப்படும்.

இங்கு ஒளியின் வேகம் C அவதானிக்கும், முதலுக்கும் இடையே ஒரே பெறுமதி C யையே கொண்டிருக்கும்.

அவதானி ஓய்வில் உள்ள போது ஒளிமுதல் அவதானியில் இருந்து விலகி வேகம் V யுடன் இயங்குமாயின்.



இந்நிலையில் அவதானி உணரும் தோற்ற அதிர்வெண் f_L எனின்,

$$f_L = \sqrt{\frac{C-V}{C+V}}.f_s$$ ஆல் தரப்படும்.

இங்கு குறிவழக்கின் படி முதல் (S) அவதானியை அணுகின்,

அதன் வேகத்தின் குறி (-) ஆக கொள்ளப்படும்.

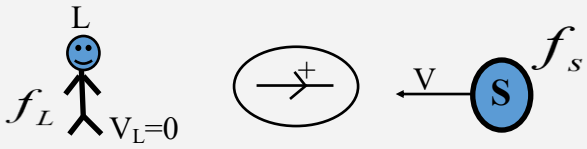
அதேபோல் முதல் அவதானியிலிருந்து விலகி இயங்கும் போது அதன் வேகத்தின் குறி (+) ஆகக் கொள்ளப்படும்.

தொகுப்பு :- திரு.T.செந்தில்குமரன் ஆசிரியர் - பௌதிகவியல் (யா/கொக்குவில் இந்துக் கல்லூரி, யாழ்ப்பாணம்)

கணினி வடிவமைப்பு :- திரு.வே.நமணன் ஆசிரியர் - தகவல் தொடர்பாடல் தொழில்நுட்பம் (கிளி/இராமநாதபுரம் மேற்கு அ.த.க.பா)

Copyright © www.e-thaksalawa.moe.gov.lk

முதல் அவதானியை நோக்கி இயங்குமாயின்.



இந்நிலையில் அவதானி உணரும் தோற்ற மீடிறன் f_L எனின்,

$$f_L = \sqrt{\frac{C+V}{C-V}}.f_s$$

Note

$f_L = \sqrt{\frac{C-V}{C+V}}.f_s$ இனைக் கருதுக.

$$f_L = \frac{(C-V)^{1/2}}{(C+V)^{1/2}}.f_s$$

$$= (C-V)^{1/2}(C+V)^{-1/2}.f_s$$

$$f_L = f_s\left\{c(1-v/c)\right\}^{1/2}\left\{c(1+v/c)\right\}^{-1/2}$$

$$= f_s\left(1-v/c\right)^{1/2}\left(1+v/c\right)^{-1/2}.c^{1/2}.c^{-1/2}$$

$$= f_s\left(1-v/c\right)^{1/2}.\left(1+v/c\right)^{-1/2}$$

V<<C ஆயின்,

$$f_L = f_s\left(1-V/2C\right)\left(1-V/2C\right)$$

$$= f_s\left(1-V/2C\right)^2$$

$$= f_s\left(1-V/C\right)$$

$f_L = f_s(1-\beta)$ (இங்கு $\beta = V/C << 1$)

தொகுப்பு :- திரு.T.செந்தில்குமரன் ஆசிரியர் - பௌதிகவியல் (யா/கொக்குவில் இந்துக் கல்லூரி, யாழ்ப்பாணம்)

கணினி வடிவமைப்பு :- திரு.வே.நமணன் ஆசிரியர் - தகவல் தொடர்பாடல் தொழில்நுட்பம் (கிளி/இராமநாதபுரம் மேற்கு அ.த.க.பா)

Copyright © www.e-thaksalawa.moe.gov.lk

வானவியலில் தொப்ளரின் விளைவின் பயன்பாடுகள்

பொதுவாக உடுக்கள் சுயமாக ஒளியைக் காலவல்லன. உடுக்களின் புவி சார்பான இயக்கத்தால் அவற்றில் இருந்து வரும் ஒளிக்கதிர்கள் தொப்ளரின் விளைவுக்கு உட்பட்டவையாக இருக்கும்.

அனேகமான உடுக்கள் ஐதரசன் திருசியத்தை காலுவனவாக இருக்கின்றன. இத்தகைய உடுவில் இருந்து புவியை அடையும் ஐதரசன் நிறமாலைக் கோடுகளின் அலைநீளம் புவியில் ஆய்வுகூடம் ஒன்றில் அளக்கப்படும் ஒத்த ஐதரசன் நிறமாலைக் கோடுகளின் அலைநீளத்துடன் ஒப்பிடப்படும். கட்புல ஒளித் திருசியத்தில் சிவப்பு அலையானது அலைநீளம் கூடிய அலையாகும்.

ஒரு குறித்த ஒளிமுதல் எமது அவதானிப்புத் தொடர்பாக ஓய்வில் இருக்கும் எனின், நாம் முதலின் அதே இயல்பான மீடிறன் (f_0) உடன் அதிலிருந்தான ஒளியை உணர்வோம். இது **முறைமை மீடிறன்** எனப்படும்.

முதலானது கதி V (V<<C) யுடன் இயங்கும் போது நாம் உணரும் ஒளி தொப்ளர் விளைவு காரணமாக f_0 இலிருந்து நூக்கப்பட்ட (Shifted) ஒரு மீடிறன் f ஐக் கொண்டிருக்கும். சார்பியக்கவியல் மூலம் புவியை வந்தடையும் ஒளியின் மீடிறன் f ஆனது பின்வருமாறு தரப்படும்.

$$f = f_0(1 \pm \beta) \qquad \text{இங்கு} \qquad \beta = V/C$$

இங்கு V– முதலின் அல்லது நோக்குநரின் மாட்டேற்றுச் சட்டத்தில் இருந்து அளக்கப்படுகின்றவாறு முதலிற்கும் நோக்குநருக்கும் இடையே உள்ள சார்பு வேகம் ஆகும்.

முதலானது எம்மிலிருந்து அப்பால் விலகி இயங்கும் எனின்,

$$f = f_0(1 - \beta)$$

முதலானது எம்மை நோக்கி இயங்கும் எனின்,

$$f = f_0(1 + \beta)$$

வழக்கமாக ஒளியுடன் சம்பந்தப்பட்ட அளவீடுகள் மீடிறன்களிலும் பார்க்க அலைநீளங்களில் செய்யப்படுகின்றன. எனவே மேற்குறித்த சூத்திரங்கள் அலைநீளங்களின் சார்பில் பின்வருமாறு மாற்றப்படும்.

தொகுப்பு :- திரு.T.செந்தில்குமரன் ஆசிரியர் - பௌதிகவியல் (யா/கொக்குவில் இந்துக் கல்லூரி, யாழ்ப்பாணம்)

கணினி வடிவமைப்பு :- திரு.வே.றமணன் ஆசிரியர் - தகவல் தொடர்பாடல் தொழில்நுட்பம் (கிளி/இராமநாதபுரம் மேற்கு அ.த.க.பா)

Copyright © www.e-thaksalawa.moe.gov.lk

முதலானது புவியிலிருந்து விலகி இயங்கும் போது

$$f = f_0(1-\beta)$$

$$\frac{c}{\lambda} = \frac{c}{\lambda_0}(1-\beta)$$

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{1-\beta} = \lambda_0(1-\beta)^{-1}$$

$$\lambda = \lambda_o(1+\beta) \qquad (\because \beta << 1)$$

$$\lambda = \lambda_o + \lambda_o\beta$$

$$\lambda_o\beta = \lambda - \lambda_o$$

$$\lambda_o.\frac{v}{c} = \Delta\lambda \qquad (\Delta\lambda = \lambda - \lambda_o)$$

$$v = \frac{\Delta\lambda C}{\lambda_o}$$

இங்கு $\Delta\lambda$ ஆனது **தொப்ளர் நூக்கு** (Doppler Shift) எனப்படும்.

ஒளிமுதல் புவியிலிருந்து விலகி இயங்கும் போது λ ஆனது λ_o இலும் **கூடவாக** இருக்கும்.

எனவே $\Delta\lambda$ நேராக இருக்கும். இதன் போது டொப்ளர் நூக்கு $\Delta\lambda$ ஆனது **செந்நூக்கு (red shift)** என அழைக்கப்படும்.

முதலானது புவியிலிருந்து விலகி இயங்கும் போது

$$f = f_o(1+\beta)$$

இதிலிருந்து $V = \frac{\Delta\lambda C}{\lambda_o}$ இங்கு $\Delta\lambda = \lambda_o - \lambda$

முதல் புவியிலிருந்து விலகி இயங்கும் போது λ ஆனது. λ_o இலும் **குறைவாக** இருக்கும். இந்நிலையில் $\lambda - \lambda_o$ மறையாக இருக்கும். இதன் போது டொப்ளர் நூக்கு **நீல நூக்கு (Blue Shift)** என அழைக்கப்படும்.

தொகுப்பு :- திரு.T.செந்தில்குமரன் ஆசிரியர் - பௌதிகவியல் (யா/கொக்குவில் இந்துக் கல்லூரி, யாழ்ப்பாணம்)

கணினி வடிவமைப்பு :- திரு.வே.நமணன் ஆசிரியர் - தகவல் தொடர்பாடல் தொழில்நுட்பம் (கிளி/இராமநாதபுரம் மேற்கு அ.த.க.பா)

Copyright © www.e-thaksalawa.moe.gov.lk

உடுக்கள், வெள்ளுடுத் தொகுதிகள், ஒளியின் ஏனைய முதல்கள் பற்றிய வானியல் நோக்கல்களைப் பயன்படுத்தி விஞ்ஞானிகள் எம்மை வந்தடையும் ஒளியின் தொப்ளர் நூக்கை அளப்பதன் மூலம் முதல்கள் எம்மிலிருந்து விலகியா அல்லது நோக்கியா, எவ்வளவு வேகத்துடன் இயங்குகின்றன. என்பதை துணிகின்றனர்.

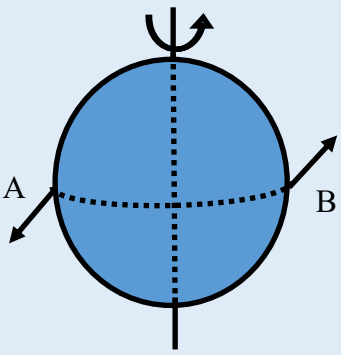
Note

வானியலாளர்கள் நட்சத்திரங்களிலிருந்தும், பால்வெளிகளில் (galaxies) இருந்தும் வரும் ஒளிகளை அவதானித்து அவற்றில் இருந்து டொப்ளர் நூக்கு. $\Delta\lambda$ இ ை ன மதிப்பிட்டுள்ளனர். அவர்கள் எல்லாத் தூரத்திலும் உள்ள galaxies களும் சிவப்பு நூக்கிற்கு உட்படுவதை காட்டியுள்ளனர். இதிலிருந்து எல்லா galaxies களும் எம்மை விட்டு விலகி இயங்குகின்றன என்பது புலனாகின்றது. எனவே அகிலம் விரிவடைகின்றது எனலாம்.

Note

புவியை நோக்கி வரும் நட்சத்திரங்களில் இருந்து வரும் ஒளி **நீல நிறமாக** இருக்கும், புவியிலிருந்து விலகிச் செல்லும் நட்சத்திரங்களிலிருந்து வரும் ஒளி **சிவப்பாகவும்** இருக்கும். ஆனால் அனேக நட்சத்திரங்களில் இருந்து வரும் ஒளி **சிவப்பாகும்** என கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது.

Note





தனது அச்சுப் பற்றி சுழலும் நட்சத்திரம் ஒன்றை புவியில் இருந்து அவதானிக்கும் போது புவியை விட்டு விலகி இயங்கும் பகுதி B யில் இருந்து வரும் ஒளி **சிவப்பாகவும்**, புவியை நோக்கி இயங்கும் பகுதி A யில் இருந்து வரும் ஒளி **நீலமாகவும்** இருக்கும். இதன் மூலம் ஏற்படும் அலைநீளமாற்றத்தை அளப்பதன் மூலம் வானியலாளர்கள் அவற்றின் சுழற்சி வீதத்தை அறிகின்றனர்.



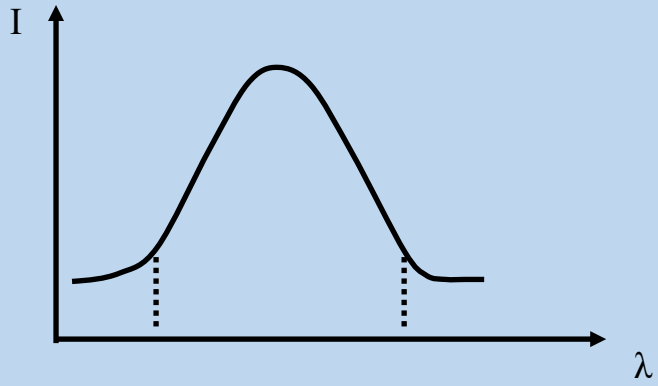


தொகுப்பு :- திரு.T.செந்தில்குமரன் ஆசிரியர் - பௌதிகவியல் (யா/கொக்குவில் இந்துக் கல்லூரி, யாழ்ப்பாணம்)

கணினி வடிவமைப்பு :- திரு.வே.நமணன் ஆசிரியர் - தகவல் தொடர்பாடல் தொழில்நுட்பம் (கிளி/இராமநாதபுரம் மேற்கு அ.த.க.பா)

Copyright © www.e-thaksalawa.moe.gov.lk

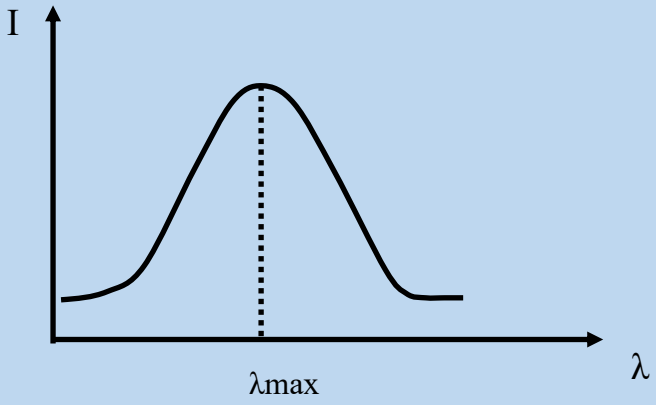
குறித்த நட்சத்திரத்திலுள்ள குறித்த வாயு ஒன்றினால் காலப்படும் திருசியக் கோடு ஒன்றின் நோக்கிய செறிவுப் பரம்பல் I இனை அலைநீளம் λ உடன் ஒப்பிட்டால் பின்வருமாறு அமையும்.



இது அந் நட்சத்திரத்திலுள்ள (அல்லது உடு) வாயு ஒன்றினால் காலப்படும் காலல் நிறமாலையின் ஒரு கோடு ஆகும்.

வெப்பநிலை காரணமாக அணு ஒன்றிலுள்ள இலத்திரன்கள் உறுதியற்ற நிலையை அடைந்து மீண்டும் உறுதி நிலையை அடையும் பொருட்டு சிறிய சக்திமட்டங்களுக்குச் செல்லும் போது காலல் செய்யப்படும் போட்டோன் சக்தி மூலமே இந்நிறமாலைக் கோடுகள் உருவாகின்றன.

உடு சுழலவில்லை எனினும் அந்நிறமாலைக் கோடுகள் ஒரு தனிக் கோடாக (ஒரே அலைநீளமுடைய கோடாக) தோன்றுவதில்லை. அணு ஒரு குறித்த அலைநீளத்தைக் கொண்ட போட்டோன்களை காலல் செய்தாலும் செறிவு I எதிர் λ வளையி பின்வருவது போன்றே இருக்கும்.

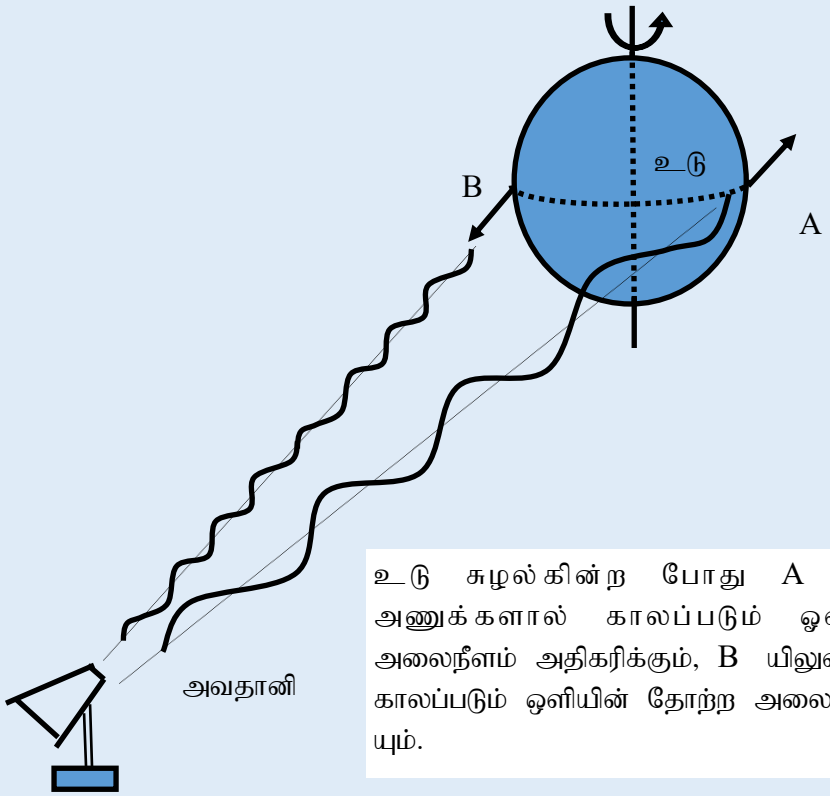


இங்கு நாம் பொதுவாக λmax இனையே ஒத்த அலை நீளங்களாகக் கருதுகின்றோம்.

தொகுப்பு :- திரு.T.செந்தில்குமரன் ஆசிரியர் - பௌதிகவியல் (யா/கொக்குவில் இந்துக் கல்லூரி, யாழ்ப்பாணம்)

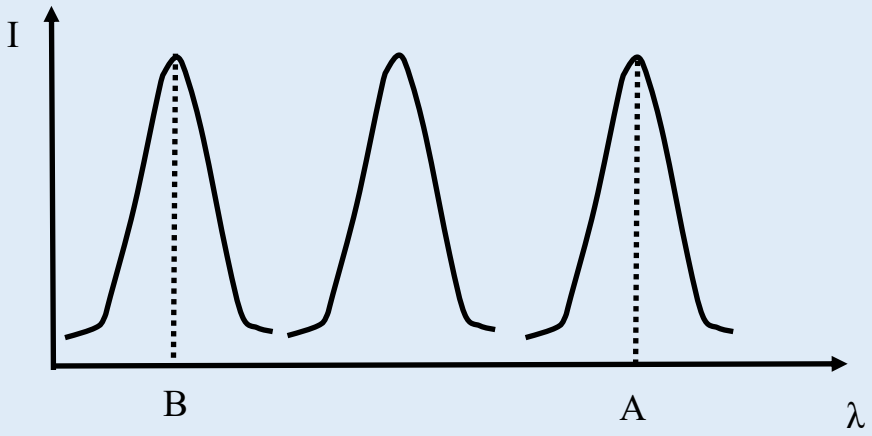
கணினி வடிவமைப்பு :- திரு.வே.நமணன் ஆசிரியர் - தகவல் தொடர்பாடல் தொழில்நுட்பம் (கிளி/இராமநாதபுரம் மேற்கு அ.த.க.பா)

Copyright © www.e-thaksalawa.moe.gov.lk



உடு சுழல்கின்ற போது A யிலுள்ள வாயு அணுக்களால் காலப்படும் ஒளியின் தோற்ற அலைநீளம் அதிகரிக்கும், B யிலுள்ள அணுக்களால் காலப்படும் ஒளியின் தோற்ற அலைநீளம் குறைவடை-யும்.

A யிற்கும் B யிற்கும் இடையிலும் வாயு அணுக்கள் மிகக்கூடுதலாக இருக்கும் எனினும் அவற்றின் வேகம்/கதி A யிலுள்ள அணுக்களின் கதியை விடக் குறைவாகும். எனவே இவற்றினால் காலப்படும் தோற்ற அலைநீளங்கள் A யினால் காலப்பட்டதற்கும் B யினால் காலப்பட்டதற்கும் இடையில் அமையும்.



ஆனால் இத்தோற்றப்பாடு அவதானிக்கப்படுவதில்லை. நாம் முழு உடுவினாலும் காலப்படும் செறிவுகளின் விளைவுகளையே அவதானிக்கின்றோம். உண்மையில் இவ் உச்ச அலைநீளங்களுக்கிடையிலான தூர இடைவெளி மிகச் சிறியதாகும்.

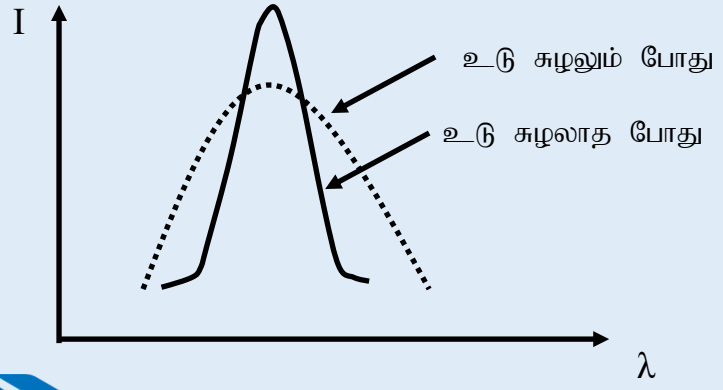
உடு சுழலவில்லை எனின் புள்ளி A யிலுள்ளது போன்றே B யிலுள்ள எல்லா வாயு அணுக்களாலும் காலப்படும் I எதிர் λ வளையிகள் ஒன்றின் மீது ஒன்று பொருந்தி அமையும். எனவே விளையுள் அலையின் உச்சம் கூடுதலாக இருக்கும்.

தொகுப்பு :- திரு.T.செந்தில்குமரன் ஆசிரியர் - பௌதிகவியல் (யா/கொக்குவில் இந்துக் கல்லூரி, யாழ்ப்பாணம்)

கணினி வடிவமைப்பு :- திரு.வே.நமணன் ஆசிரியர் - தகவல் தொடர்பாடல் தொழில்நுட்பம் (கிளி/இராமநாதபுரம் மேற்கு அ.த.க.பா)

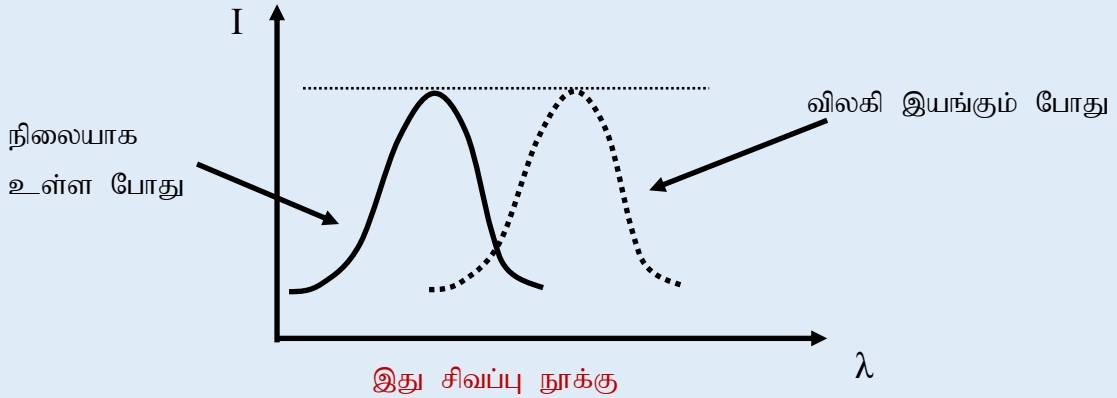
Copyright © www.e-thaksalawa.moe.gov.lk

ஆனால் உடு சுழலும் போது செறிவுப் பரம்பல் இடமாகவும் , வலமாகவும் சற்றுப் பெயர்க்கப்படுவதால் விளையுள் அலையின் உச்சம் சற்றுக் குறைவடையும் இதனை பின்வரும் வரைபின் மூலம் காட்டலாம்.

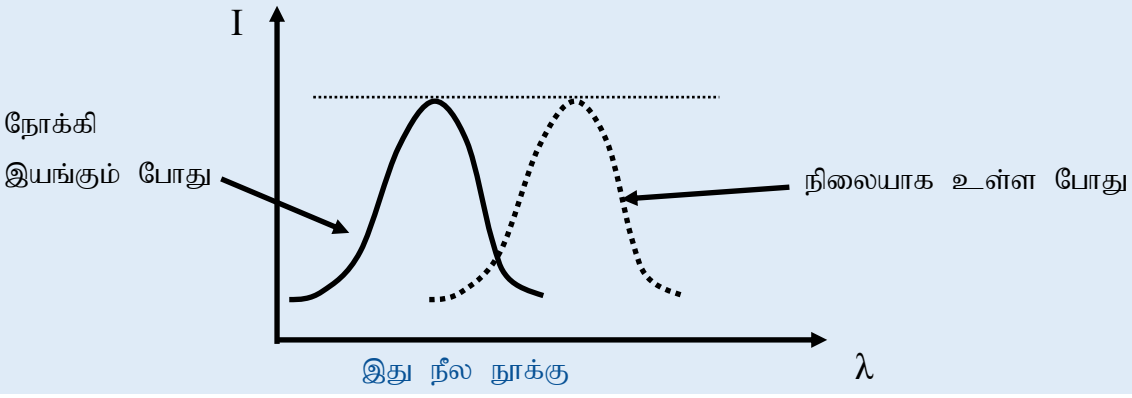


Note

உடு சுழலாது எம்மை விட்டு தொலைவில் செல்கிறது எனின் வரைபை பின்வருமாறு காட்டலாம்



உடு சுழலானது எம்மை நோக்கி வருமாயின் வரைபு பின்வருமாறு.



தொகுப்பு :- திரு.T.செந்தில்குமரன் ஆசிரியர் - பௌதிகவியல் (யா/கொக்குவில் இந்துக் கல்லூரி, யாழ்ப்பாணம்)

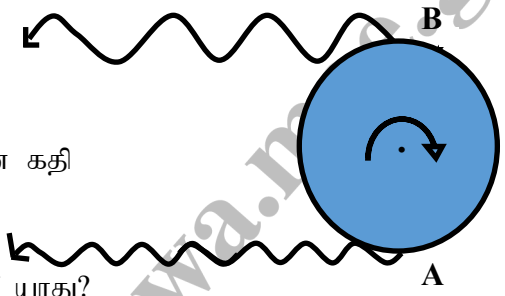
கணினி வடிவமைப்பு :- திரு.வே.நமணன் ஆசிரியர் - தகவல் தொடர்பாடல் தொழில்நுட்பம் (கிளி/இராமநாதபுரம் மேற்கு அ.த.க.பா)

Copyright © www.e-thaksalawa.moe.gov.lk

பயிற்சி

தொப்ளரின் விலகலைப் பயன்படுத்தி நட்சத்திரம் ஒன்றின் சுழற்சிக் கதியை பூமியில் இன்று மதிப்பிடலாம். நட்சத்திரத்தினால் காலப்படும் ஒளியானது அதன் இரு அந்தங்களினாலும் பெறப்படும் ஒளியின் அதிர்வெண்கள் உண்மை ஒளியின் அதிர்வெண்ணிலிருந்து வேறுபடுகின்றது. தோற்ற அதிர்வெண்

$f = \frac{c}{c \pm v} f_o$ ஆல் தரப்படுகின்றது.



இங்கு C - ஒளியின் கதி $C=3\times10^8\ ms^{-1}$, V-நட்சத்திரத்தின் கதி

f_o-நட்சத்திர ஒளியின் உண்மை அதிர்வெண்

(1) A யில் இருந்து காலப்படும் ஒளியின் தோற்ற அதிர்வெண் f யாது?

.....

.....

.....

(2) B யில் இருந்து காலப்படும் ஒளியின் தோற்ற அதிர்வெண் f^1 யாது?

.....

.....

.....

(3) $\Delta f = f - f^1$ ஆயின். Δf இனைக் கண்டு $\frac{\Delta f}{f_o} = \frac{2v}{c}$ எனக் காட்டுக. (இங்கு C>>V)

.....

.....

.....

(4) $\frac{\Delta f}{f_o} = 4\times10^{-8}$ ஆயின் v யைக் காண்க.

.....

.....

.....

(5) நட்சத்திரத்தின் ஆரை 2×10^6 m ஆயின் நட்சத்திரத்தின் சுழற்சிக் காலம் யாது?

.....

.....

.....

.....

.....

.....



Copyright © www.e-thaksalawa.moe.gov.lk

தொகுப்பு :- திரு.T.செந்தில்குமரன் ஆசிரியர் - பௌதிகவியல் (யா/கொக்குவில் இந்துக் கல்லூரி, யாழ்ப்பாணம்)

கணினி வடிவமைப்பு :- திரு.வே.றமணன் ஆசிரியர் - தகவல் தொடர்பாடல் தொழில்நுட்பம் (கிளி/இராமநாதபுரம் மேற்கு அ.த.க.பா)

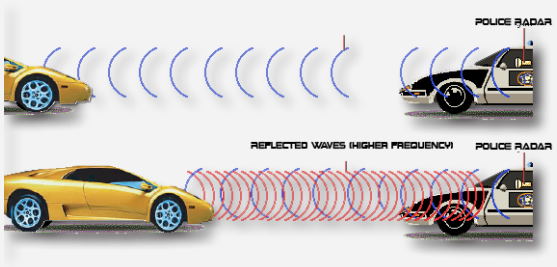
Copyright © www.e-thaksalawa.moe.gov.lk

போக்குவரத்து காவலர்களின் ராடர் கருவி

வேகமாகச் செல்லும் வாகனங்களை அடையாளம் காண்பதற்கும் தொப்ளரின் விளைவு பயன்படுகின்றது.

பொலிஸ் அதிகாரியிடமுள்ள ரேடர் (Radio detection and ranging) கருவி மூலம் அவரை நோக்கி வேகமாக இயங்கும் வாகனத்தை நோக்கி மைக்ரோ அலைகள் செலுத்தப்படும். இவ் அலைகள் வாகனத்தில் தெறித்து மீண்டும் ராடர் கருவியை அடையும் போது அவ் அலையின் தோற்ற அதிர்வெண் கருவியால் துணியப்படும். அதிகரிக்கும் தோற்ற அதிர்வெண்ணிற்கு ஏற்ப வாகனத்தின் கதி சார்பாக வேகத்தை நிர்ணயிக்கும் கருவி (Speed detector) அளவு கோடிடப்பட்டிருப்பின் கதியை கருவியில் நேரடியாக அளவிடலாம்.





Note

இத் தோற்றப்பாட்டின் மூலம் விமானம் கப்பல் போன்றவற்றின் வேகத்தையும் கண்டறியலாம்.



தொகுப்பு :- திரு.T.செந்தில்குமரன் ஆசிரியர் - பௌதிகவியல் (யா/கொக்குவில் இந்துக் கல்லூரி, யாழ்ப்பாணம்)

கணினி வடிவமைப்பு :- திரு.வே.நமணன் ஆசிரியர் - தகவல் தொடர்பாடல் தொழில்நுட்பம் (கிளி/இராமநாதபுரம் மேற்கு அ.த.க.பா)

Copyright © www.e-thaksalawa.moe.gov.lk