5- പ്രകാശത്തിന്റെ അപവർത്തനം.

പ്രകാശിക സാന്ദ്രത (Optical density)

ഓരോ മാധ്യമത്തിന്റെയും സവിശേഷതകൾ അതിലൂടെയുള്ള പ്രകാശ-വേഗത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. പ്രകാശവേഗത്തെ സ്വാധീനിക്കാനുള്ള-ഒരു മാധ്യമത്തിന്റെ കഴിവാണ് പ്രകാശികസാന്ദ്രത.

→ പ്രകാശികസാന്ദ്രത $\propto \frac{1}{\text{പ്രകാശവേഗത}}$ [വിപരീതാനുപാതത്തിലാണ്]

→ പ്രകാശികസാന്ദ്രത കൂടുമ്പോൾ അതിലൂടെയുള്ള പ്രകാശവേഗം-കുറയുന്നു.

→ മാധ്യമങ്ങളുടെ പ്രകാശികസാന്ദ്രത കൂടി വരുന്ന ക്രമത്തിൽ ക്രമീകരിച്ചാൽ - വായു < ജലം < ഗ്ലാസ് < വജ്രം.

അപവർത്തനം [Refraction]

ഒരു സുതാര്യ മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് പ്രകാശിക സാന്ദ്രതയിൽ വ്യത്യാസമുള്ള മറ്റൊരു മാധ്യമത്തിലേക്ക് പ്രകാശം ചരിഞ്ഞ് പതിക്കുമ്പോൾ മാധ്യമങ്ങളുടെ വിഭജനതലത്തിൽ വെച്ച് അതിന്റെ പാതയ്ക്ക് വ്യതിയാനം-സംഭവിക്കുന്നു. ഇതാണ് അപവർത്തനം.

→ ഈ വ്യതിയാനം 2 രീതിയിൽ നടക്കും.

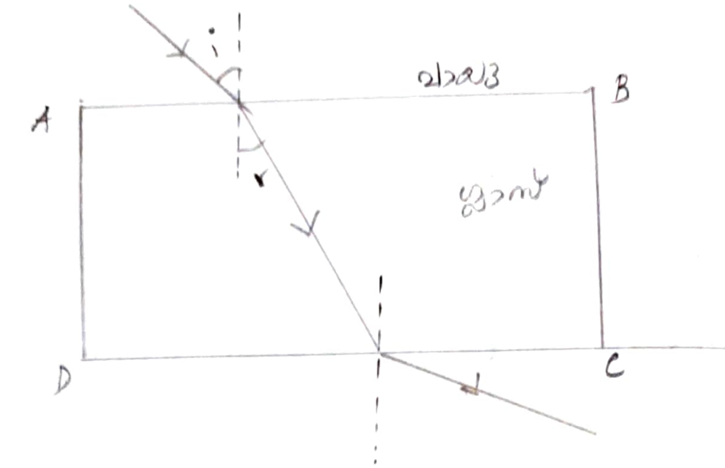
1) പ്രകാശിക സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് കൂടിയതിലേക്ക് പോകുമ്പോൾ അപവർത്തനരശ്മി ലംബത്തോട് അടുക്കുന്നു.

ഉദാ:- വായുവിൽ നിന്ന് ഗ്ലാസിലേക്ക്

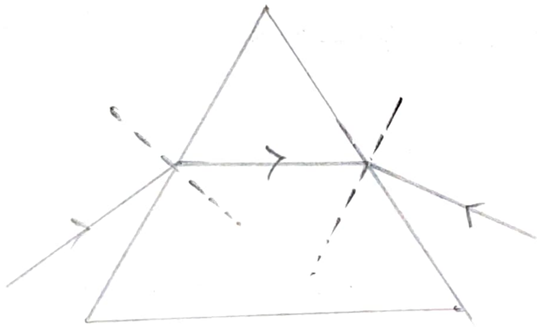
2) പ്രകാശികസാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് കുറഞ്ഞതിലേക്ക്-പോകുമ്പോൾ അപവർത്തനരശ്മി ലംബത്തിൽ നിന്ന് അകലുന്നു

ഉദാ:- ഗ്ലാസിൽ നിന്ന് വായുവിലേക്ക്

ഗ്ലാസ് സ്ലാബിലൂടെയുള്ള അപവർത്തനം.



ഗ്ലാസ് പ്രിസത്തിലൂടെയുള്ള അപവർത്തനം.



അപവർത്തന നിയമങ്ങൾ

→ പതനകോൺ, അപവർത്തനകോൺ, വിഭജന തലത്തിന് പതനബിന്ദുവിലൂടെ വരച്ച ലംബം എന്നിവ ഒരേ തലത്തിലായിരിക്കും.

→ പതനകോണിന്റെയും അപവർത്തനകോണിന്റെയും Sine വിലകൾ തമ്മിലുള്ള അനുപാതവില $\left(\frac{\sin i}{\sin r}\right)$ ഒരു സ്ഥിരസംഖ്യയായിരിക്കും. ഇത് സ്നെൽ നിയമം (~~Snell's~~ (Snell's law) എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

⇒ ഈ സ്ഥിരസംഖ്യയെ അപവർത്തനാങ്കം (Refractive index) എന്ന് പറയുന്നു. ഇത് 'n' എന്ന അക്ഷരം ഉപയോഗിച്ച് സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

ആപേക്ഷിക അപവർത്തനാങ്കം (Relative Refractive index)

ഒരു മാധ്യമത്തിന് മറ്റൊരു മാധ്യമത്തെ അപേക്ഷിച്ചുള്ള അപവർത്തനാങ്കത്തെ ആപേക്ഷിക അപവർത്തനാങ്കം എന്ന് പറയുന്നു.

→ മാധ്യമം രണ്ടിനെ അപേക്ഷിച്ച് മാധ്യമം ഒന്നിന്റെ ആപേക്ഷിക അപവർത്തനാങ്കം n_{21} ആയാൽ -

$$n_{21} = \frac{\text{മാധ്യമം-1ലെ പ്രകാശവേഗം } v_1}{\text{മാധ്യമം-2ലെ പ്രകാശവേഗം } v_2}$$

→ മാധ്യമം ഒന്നിനെ അപേക്ഷിച്ച് മാധ്യമം രണ്ടിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം n_{12} ആയാൽ -

$$n_{12} = \frac{\text{മാധ്യമം-2ലെ പ്രകാശവേഗം } v_2}{\text{മാധ്യമം-1ലെ പ്രകാശവേഗം } v_1}$$

കേവല അപവർത്തനാങ്കം (Absolute refractive index)

ശൂന്യതയെ അപേക്ഷിച്ച് ഒരു മാധ്യമത്തിന്റെ അപവർത്തനാങ്കത്തെ കേവല അപവർത്തനാങ്കം എന്ന് പറയുന്നു.

→ വായുവിലെ (ശൂന്യതയിലെ) പ്രകാശവേഗം c എന്നും ഒരു മാധ്യമത്തിലെ പ്രകാശവേഗം v എന്നും സങ്കൽപ്പിച്ചാൽ മാധ്യമത്തിന്റെ കേവല-

$$\text{അപവർത്തനാങ്കം} = \frac{\text{പ്രകാശത്തിന്റെ വായുവിലെ വേഗം}}{\text{പ്രകാശത്തിന്റെ മാധ്യമത്തിലെ വേഗം}}.$$

$$\therefore \boxed{n = \frac{c}{v}} \qquad c = 3 \times 10^8 \, m/s.$$

→

മാധ്യമം	അപവർത്തനാങ്കം (n)
ഗ്ലാസ്സ്	$\frac{3}{2}$ or 1.5
ജലം	$\frac{4}{3}$ or 1.33
വജ്രം	2.4

→ അപവർത്തനാങ്കത്തിന് യൂണിറ്റില്ല.

ക്രിട്ടിക്കൽ കോൺ

പ്രകാശികസാന്ദ്രതകൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിലേക്ക് പ്രകാശരശ്മി കടക്കുമ്പോൾ അപവർത്തനകോൺ 90° ആവുന്ന സന്ദർഭത്തിലെ പതനകോണാണ് ക്രിട്ടിക്കൽകോൺ.

→ ജലത്തിലെ ക്രിട്ടിക്കൽ കോൺ = 48.6°

പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിപതനം

പ്രകാശികസാന്ദ്രത കൂടിയ മാധ്യമത്തിൽ നിന്ന് കുറഞ്ഞ മാധ്യമത്തിലേക്ക് ക്രിട്ടിക്കൽകോണിനേക്കാൾ കൂടിയ പതനകോണിൽ പ്രകാശരശ്മി പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ ആ രശ്മി അപവർത്തനത്തിന് വിധേയമാകാതെ അതേ മാധ്യമത്തിലേക്ക് പ്രതിപതിക്കുന്നതാണ് പൂർണ്ണാന്തരപ്രതിപതനം

നിത്യജീവിതത്തിൽ പൂർണ്ണാന്തര പ്രതിപതനത്തിന്റെ പ്രായോഗിക ഉപയോഗങ്ങൾ.

1) ചികിത്സാരംഗത്ത് - എൻഡോസ്കോപ്പ്
2) വാർത്താവിനിമയരംഗത്ത് - ഒപ്റ്റിക്കൽ ഫൈബർ കേബിളുകൾ
3) ഡയമണ്ടിലെ തിളക്കം.
4) അക്വേറിയത്തിന്റെ അടിത്തട്ട് ജലോപരിതലത്തിൽ പ്രതിപതിക്കുന്നത്

ലെൻസ്

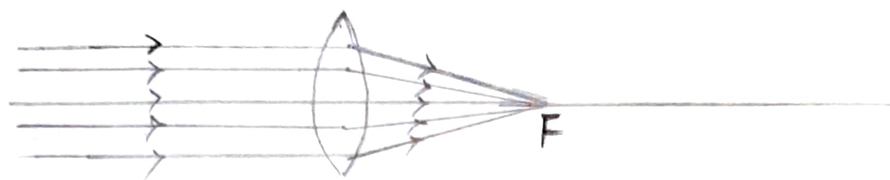
ഗോളോപരിതലങ്ങളുള്ള ഒരു സുതാര്യ മാധ്യമമാണ് ലെൻസ്.

ലെൻസുമായിബന്ധപ്പെട്ട പദങ്ങൾ

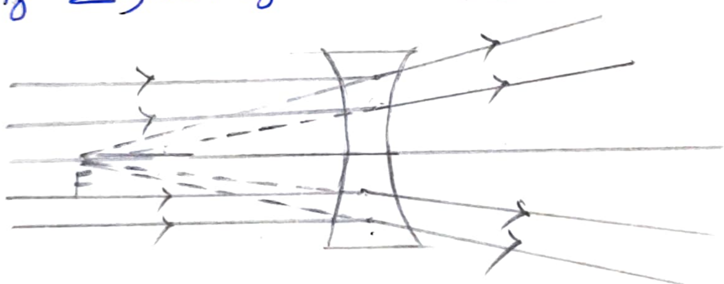
1) പ്രകാശികകേന്ദ്രം (P)
2) വക്രതാകേന്ദ്രം (C) (2F)
3) മുഖ്യാക്ഷം
4) മുഖ്യഫോക്കസ് (F)

മുഖ്യഫോക്കസ് :

→ കോൺവെക്സ് ലെൻസിന്റെ മുഖ്യഅക്ഷത്തിന് സമീപവും, സമാന്തരവുമായി ലെൻസിൽ പതിക്കുന്ന പ്രകാശ രശ്മികൾ അപവർത്തനത്തിനു ശേഷം മുഖ്യഅക്ഷത്തിലുള്ള ഒരു ബിന്ദുവിൽ കേന്ദ്രീകരിക്കുന്നു. ഈ ബിന്ദുവിനെ - കോൺവെക്സ് ലെൻസിന്റെ മുഖ്യഫോക്കസ് എന്ന് പറയുന്നു.



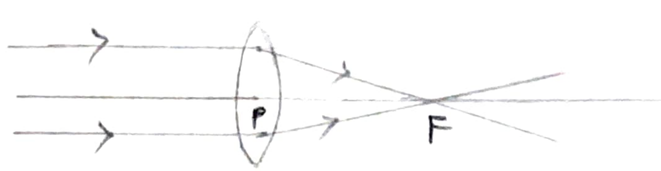
→ കോൺകേവ് ലെൻസിന്റെ മുഖ്യഅക്ഷത്തിന് സമീപവും സമാന്തരവുമായി ലെൻസിൽ പതിക്കുന്ന പ്രകാശ രശ്മികൾ അപവർത്തനത്തിനു ശേഷം - പരസ്പരം അകലുന്നു. ഈ രശ്മികൾ പതനരശ്മികളുടെ അതേ വശത്ത് മുഖ്യഅക്ഷത്തിലുള്ള ഒരു ബിന്ദുവിൽ നിന്ന് പുറപ്പെടുന്നതായി- തോന്നുന്നു. ഈ ബിന്ദുവാണ് കോൺകേവ് ലെൻസിന്റെ മുഖ്യഫോക്കസ്.



* കോൺകേവ് ലെൻസ് ഉപയോഗിച്ച് പ്രകാശത്തെ ഒരു ബിന്ദുവിൽ കേന്ദ്രീകരിക്കാൻ കഴിയില്ല. അതുകൊണ്ട് കോൺകേവ് ലെൻസിന്റെ മുഖ്യഫോക്കസ് മിഥ്യയാണ്.

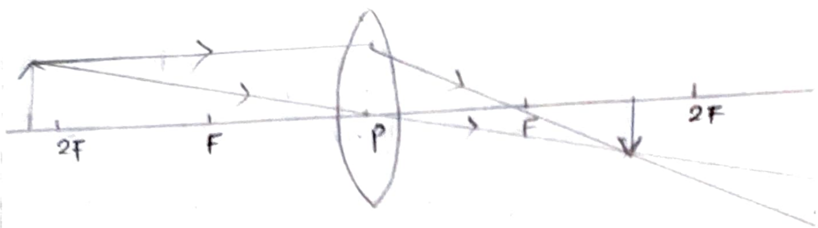
കോൺവെക്സ് ലെൻസിന്റെ പ്രതിബിംബരൂപീകരണത്തിന്റെ - രേഖാചിത്രങ്ങൾ

1) വസ്തു അനന്തതയിൽ



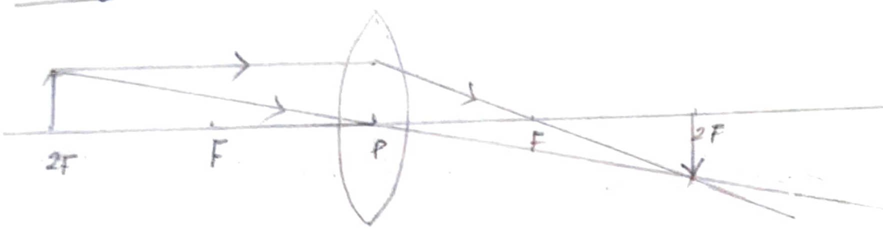
പ്രതിബിംബം - F-ൽ
യഥാർത്ഥം, തലകീഴായത്, ചെറുത്.

2) വസ്തു 2F ന് അപ്പുറം.



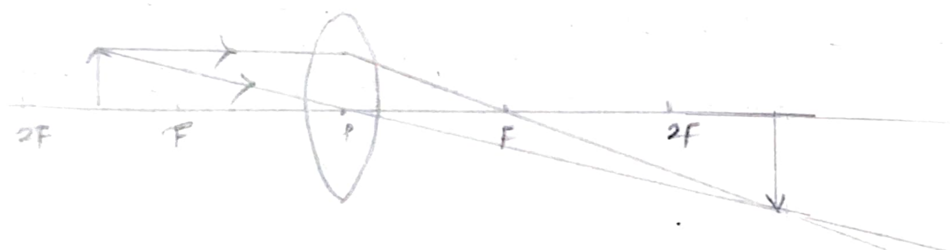
പ്രതിബിംബം F നും 2F നും ഇടയിൽ.
തലകീഴായത്, യഥാർത്ഥം, ചെറുത്.

3) വസ്തു 2F-ൽ



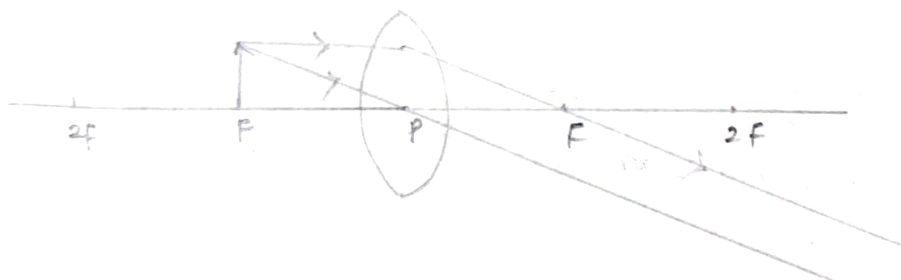
പ്രതിബിംബം 2F-ൽ
തലകീഴായത്, യഥാർത്ഥം, അതേ വലുപ്പം.

4) വസ്തു F നും 2F നും ഇടയിൽ



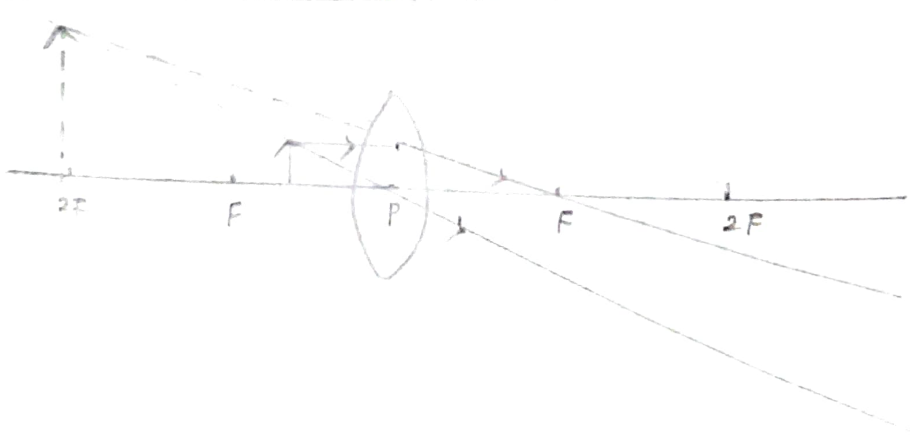
പ്രതിബിംബം 2F ന് അപ്പുറം.
തലകീഴായത് യഥാർത്ഥം, വലുത്.

5) വസ്തു F-ൽ



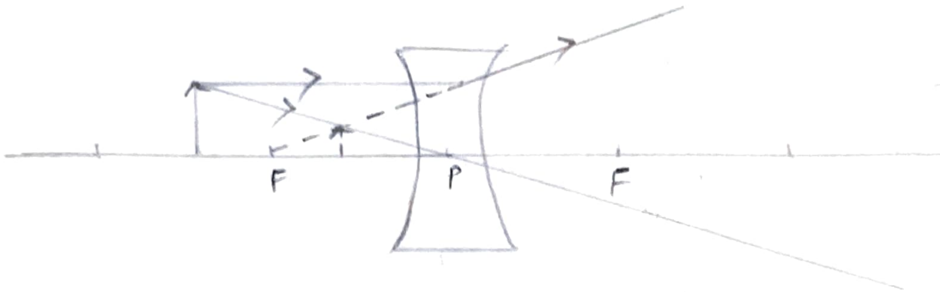
പ്രതിബിംബം - അനന്തതയിൽ
തലകീഴായത്, യഥാർത്ഥം.
വലുത്.

6) വസ്തു F നും ലെൻസിനുമിടയിൽ



പ്രതിബിംബം - വസ്തുവിന്റെ അതേ വശത്ത്.
മിഥ്യ, നിവർന്നത്,
വലുത്

കോൺകേവ് ലെൻസ് രൂപീകരിക്കുന്ന പ്രതിബിംബങ്ങൾ



→ പ്രതിബിംബം F നും ലെൻസിനുമിടയിൽ, വസ്തുവിന്റെ അതേ വശത്ത് ചെറുത്, നിവർന്നത്, മിഥ്യ.

ന്യൂ കാർട്ടീഷ്യൻ ചിഹ്നരീതി

→ ലെൻസിന്റെ പ്രകാശികകേന്ദ്രം ഒറിജിൻ ആയി കണക്കാക്കിക്കൊണ്ടാണ് നീളം അളക്കുന്നത്.

→ പ്രകാശരശ്മിയുടെ അതേ ദിശയിൽ അളക്കുന്നവ പോസിറ്റീവും, എതിർ-ദിശയിൽ അളക്കുന്നവ നെഗറ്റീവും ആയിരിക്കും.

→ [പ്രകാശികകേന്ദ്രത്തിന്റെ ഇടത്തോട്ട് എടുക്കുന്ന അളവുകൾ നെഗറ്റീവും - വലത്തോട്ട് എടുക്കുന്ന അളവുകൾ നെഗറ്റീവും ആയിരിക്കും]

→ X അക്ഷത്തിന് മുകളിലേക്കുള്ള ദൂരം പോസിറ്റീവും, താഴേക്കുള്ളത് - നെഗറ്റീവും ആയിരിക്കും.

⇒ കോൺവെക്സ് ലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ്ദൂരം പോസിറ്റീവും, കോൺകേവ് ലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ്ദൂരം നെഗറ്റീവുമായിരിക്കും.

→ ലെൻസിൽ നിന്നും വസ്തുവിലേക്കുള്ള ദൂരം എപ്പോഴും നെഗറ്റീവ്-ആയിരിക്കും. $u = -ve$

→ വസ്തുവിന്റെ ഉയരം എപ്പോഴും പോസിറ്റീവ് ആയിരിക്കും. $h_0 = +ve$

ന്യൂകാർട്ടീഷൻ ചിഹ്നരീതി

→ ലെൻസിന്റെ പ്രകാശികകേന്ദ്രം ഒറിജിൻ ആയി കണക്കാക്കിക്കൊണ്ടാ[illegible]
നീളം അളക്കുന്നത്.

→ പ്രകാശരശ്മിയുടെ അതേ ദിശയിൽ അളക്കുന്നവ പോസിറ്റീവും, എതി[illegible]
ദിശയിൽ അളക്കുന്നവ നെഗറ്റീവും ആയിരിക്കും.

→ [പ്രകാശികകേന്ദ്രത്തിന്റെ ഇടത്തോട്ട് എടുക്കുന്ന അളവുകൾ നെഗറ്റീവും
വലത്തോട്ട് എടുക്കുന്ന അളവുകൾ ~~നെഗറ്റീവും~~ പോസിറ്റീവും ആയിരിക്കും.]

→ X അക്ഷത്തിന് മുകളിലേക്കുള്ള [illegible] ദൂരം പോസിറ്റീവും, താഴേക്കുള്ളത്
നെഗറ്റീവും ആയിരിക്കും.

⇒ കോൺവെക്സ് ലെൻസിന്റെ ഫോക്ക[illegible]ം പോസിറ്റീവും, കോൺകേ[illegible]
ലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരം നെഗറ്റീവുമായിരിക്കും.

→ [illegible] വസ്തുവിലേക്കുള്ള ദൂരം എപ്പോഴും നെഗറ്റീവ്-

ലെൻസ് സമവാക്യം

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u}$$

$$f = \frac{uv}{u-v}$$

~~$\frac{1}{u} = \frac{1}{f}$~~

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{f} + \frac{1}{u}$$

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{v} - \frac{1}{f}$$

f = ഫോക്കസ് ദൂരം
u = ലെൻസിൽ നിന്നും വസ്തുവിലേക്കുള്ള അകലം
v = ലെൻസിൽ നിന്നും പ്രതിബിംബത്തിലേക്കുള്ള അകലം

ആവർധനം (Magnification) (m)

→ വസ്തുവിന്റെ ഉയരത്തെ അപേക്ഷിച്ച് പ്രതിബിംബത്തിന്റെ ഉയരം എത്ര മടങ്ങാണ് എന്ന് സൂചിപ്പിക്കുന്നതാണ് ആവർധനം.

→ ആവർധനം = $\frac{\text{പ്രതിബിംബത്തിന്റെ ഉയരം}}{\text{വസ്തുവിന്റെ ഉയരം}} = \frac{h_i}{h_o}$

→ ആവർധനം $m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{v}{u}$.

→ ആവർധനം ഒരു അനുപാതസംഖ്യയാണ്. അതുകൊണ്ട് ആവർധനത്തിന് യൂണിറ്റില്ല.

→ ആവർധനം നെഗറ്റീവ് ആണെങ്കിൽ പ്രതിബിംബം യഥാർത്ഥവും തലകീഴായതുമായിരിക്കും.

→ ആവർധനം പോസിറ്റീവ് ആണെങ്കിൽ പ്രതിബിംബം മിഥ്യയും, നിവർന്നതുമായിരിക്കും.

→ ആവർധനം $m > 1$ ആയാൽ $h_i > h_o$
→ $m = 1$ ആയാൽ $h_i = h_o$
→ $m < 1$ ആയാൽ $h_i < h_o$

⇒ h_i = പ്രതിബിംബത്തിന്റെ ഉയരം, ⇒ h_o = വസ്തുവിന്റെ ഉയരം

ലെൻസിന്റെ പവർ (Power of a lens)

→ ലെൻസിന്റെ ഫോക്കസ് ദൂരവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പദമാണ് പവർ. മീറ്ററിലുള്ള ഫോക്കസ്ദൂരത്തിന്റെ വ്യുൽക്രമത്തെയാണ് ലെൻസിന്റെ പവർ എന്ന് പറയുന്നത് പവർ $P = \frac{1}{f}$

→ പവറിന്റെ യൂണിറ്റ് ഡയോപ്റ്റർ (D) ആണ്)

→ കോൺവെക്സ് ലെൻസിന്റെ പവർ = +ve

→ കോൺകേവ് ലെൻസിന്റെ പവർ = −ve

അന്തരീക്ഷ അപവർത്തനം. (Atmospheric refraction)

→ പ്രകാശ സാന്ദ്രതാവ്യത്യാസമുള്ള മാധ്യമങ്ങളിലൂടെ പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുന്നുകൊണ്ടിരിക്കുമ്പോൾ പ്രകാശത്തിന് തുടർച്ചയായി അപവർത്തനം സംഭവിക്കുന്നു.

? നക്ഷത്രങ്ങൾ മിന്നിത്തിളങ്ങാനുള്ള കാരണമെന്ത്?

– അകലെയുള്ള ഒരു നക്ഷത്രത്തിൽ നിന്നു വരുന്ന പ്രകാശം അന്തരീക്ഷത്തിലെ വിവിധ പാളികളിലൂടെ കടന്നുവരുമ്പോൾ, ഓരോ അന്തരീക്ഷപാളിക്കും വ്യത്യസ്ത അപവർത്തനാങ്കമായത് കൊണ്ട് അതിന് തുടർച്ചയായി അപവർത്തനം സംഭവിക്കുന്നു. നക്ഷത്രങ്ങൾ വളരെ അകലെയായതിനാൽ അത് ഒരു ബിന്ദു സ്രോതസ്സുപോലെ അനുഭവപ്പെടുന്നു. അതിൽ നിന്നു വരുന്ന പ്രകാശരശ്മി അപവർത്തനം കഴിഞ്ഞ് കണ്ണിലെത്തുമ്പോൾ മറ്റു പല ബിന്ദുക്കളിൽ നിന്നാം വരുന്നത്പോലെതോന്നും. ഇതാണ് നക്ഷത്രത്തിന്റെ മിന്നിത്തിളക്കത്തിന് കാരണം.