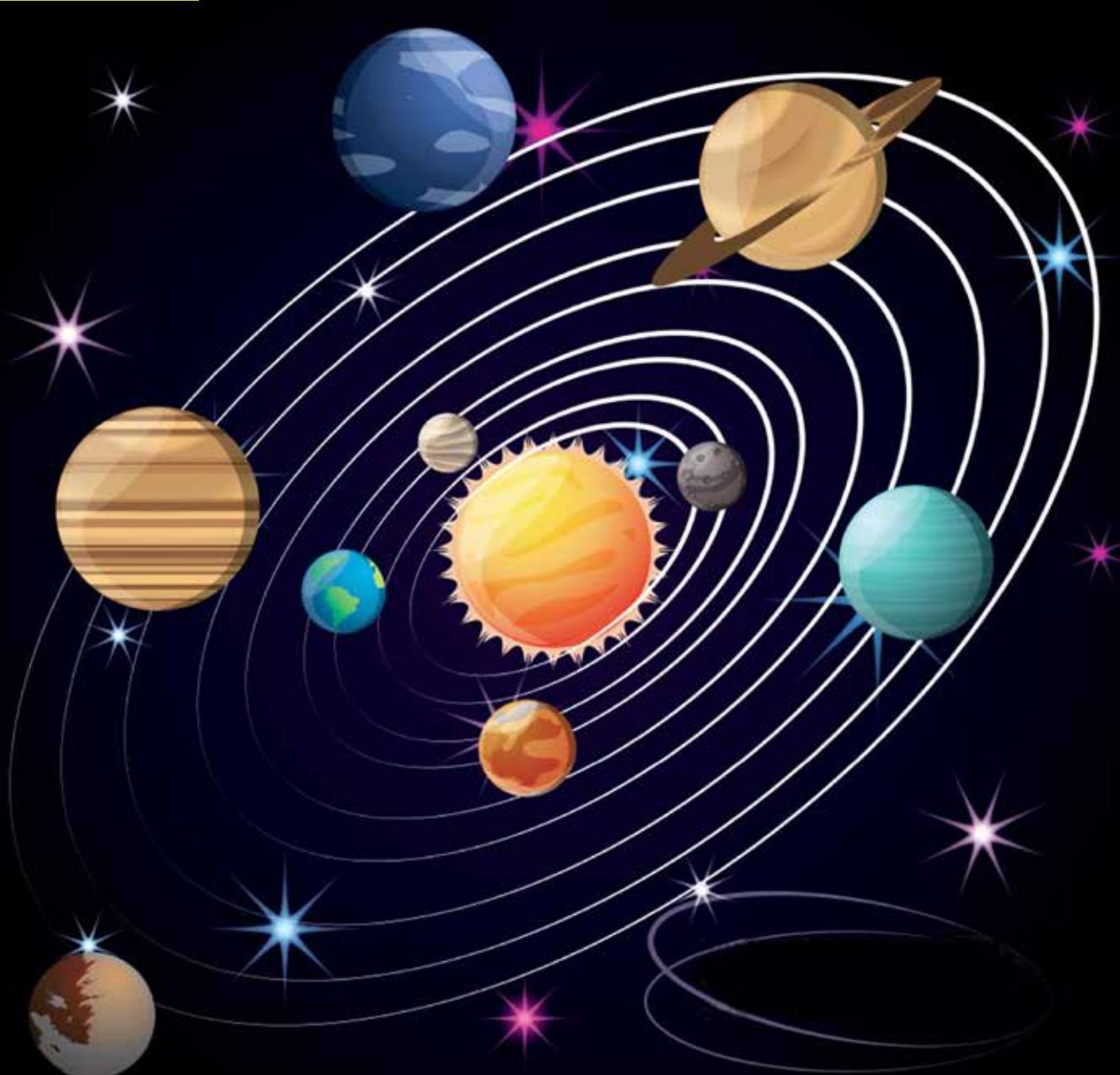




# தமிழ்நாடு அரசு மாதிரிப் ண்ணிகள்

கல்வி கிளைச் செயற்பாடுகள்



வானியலும் விண்வெளியும்

பாடத்தீட்டம்: 2025-26





## தமிழ்நாடு அரசு மாதிரிப் பள்ளிகள்

கல்வி இணைச் செயற்பாடுகள்

கலைப் பயிற்சி கூடம்

# வானியலும் விண்வெளியும்

பாடத்திட்டம்:

2025-2026



வானியலும் விண்வெளியும்  
பாடத்திட்டம் 2025-2026

மேலாண்மை குழு

திரு. இரா. சுதன், இ.ஆ.ப (ப. நி.) உறுப்பினர் செயலர்,  
தமிழ்நாடு அரசு மாதிரிப் பள்ளிகள்

திரு. தே.க. நாராயணன், மாநில ஒருங்கிணைப்பாளர்,  
தமிழ்நாடு அரசு மாதிரிப் பள்ளிகள்

செல்வி, சா. முத்தமிழ் கலைவிழி, மாநில தலைவர்,  
கல்வி இணைச் செயற்பாடுகள், தமிழ்நாடு அரசு மாதிரிப்பள்ளிகள்

பாட வல்லுநர் குழு

முனைவர். கே.இரவிக்குமார்

திரு. சக்திவேல்

முனைவர். ஜோசப்பிரபாகர்

முனைவர். பெ.சகிக்குமார்

திரு. பார்த்தசாரதி

பேராசிரியர். சக்திவேல்

ஒருங்கிணைப்பு

திரு.பா. பீ.குமார், லீட்,  
வானவியல் மற்றும் விண்வெளி அறிவியல்

## **பொருளாடக்கம்**

1.	முன்னுரை .....	06
2.	அணிந்துரை.....	07
3.	சூரிய குடும்பம் .....	12
4.	நீலவு .....	14
5.	நிழல் எனும் அற்புதக்கருவி .....	15
6.	விண்மீன் கூட்டங்கள் .....	20
7.	விண்மீன் தோற்றமும் மறைவும்.....	23
8.	கருந்துளை.....	25
9.	அண்டம்.....	32
10.	விண்வெளி தொழில்நுட்பம் .....	36
11.	தொலைநோக்கி .....	42

## முன்னுரை

மனித இனத்துக்கு என்றென்றும் வியப்பும், ஆர்வமும் தூண்டும் ஒரு புதிராக இந்த பிரபஞ்சம் இன்று வரை கிருந்து வருகிறது. நமது முன்னோர்கள் இரவு பகலில் விண்மீன்களை கண்டு கற்களிலும் சுவடிகளிலும் அதை வரைந்த நாள் முதல் இன்றைய செய்யறிவு பயன்பாடு வரை, நாம் இந்த அழகிய பிரபஞ்சத்தை புரிந்து கொள்ள முயற்சித்து வருகிறோம்.

வானியல் மற்றும் விண்வெளி அறிவியல் என்பவை இந்த பிரபஞ்சத்தை அறிய ஒரு சாளரமாக மட்டுமல்லாமல், இளம் மாணவர்களிடையே விமர்சன சிந்தனை, அறிவியல் மனப்பான்மை மற்றும் கண்டுபிடிப்பு ஆற்றலை வளர்க்கும் ஒரு சக்திவாய்ந்த கருவியாகவும் அமைகின்றன.

இந்த வானியல் மற்றும் விண்வெளி அறிவியல் பாடநால், தமிழ்நாடு அரசின் மாதிரிப் பள்ளிகளில் பயிலும் மாணவர்களுக்கு நமது பூமிக்கு அப்பாற்பட்ட உலகத்தை அறிமுகப்படுத்தும் வகையில் சிறப்பாக வழவழைக்கப்பட்டுள்ளது. இது மாநிலத்தின் கல்விக் குறிக்கோளுடன் ஒத்துப்போகிறது மற்றும் அடிப்படை அறிவையும், சமீபத்திய விண்வெளி தொழில்நுட்ப வளர்ச்சிகளையும் இணைக்கும் பாலமாக செயல்படுகிறது.

இந்தப் புத்தகம், பிரபஞ்சத்தின் அமைப்பு, விண்மீன்கள் மற்றும் கோள்களுடன் தொடர்புடைய நிகழ்வுகள், கீரகக் குடும்பங்கள், விண்வெளி திட்டங்கள், இந்தியாவின் முக்கிய பங்களிப்புகள், போன்ற முக்கியமான தலைப்புகளை உள்ளடக்கியுள்ளது. விளக்கப்படங்கள், செயல்பாடுகள், சிந்தனையைத் தூண்டும் கேள்விகள் போன்றவை மாணவர்களை கவனிக்க, கேள்விகள் எழுப்ப, ஆராய்வதற்காக ஊக்குவிக்கின்றன.

அறிவியல் கல்வி என்பது மாணவர்களை அறிவுபூர்வமாக மட்டுமல்லாமல், மகிழ்ச்சியுடனும் உருவாக்க வேண்டும் என்று நாங்கள் நம்புகிறோம். இந்தப் புத்தகம் மாணவர்களின் கற்பனையை தூண்டுவதுடன் அவர்களை பொரிதாக கனவு காண ஊக்குவித்து, விண்வெளி அறிவியல், பொறியியல் மற்றும் ஆராய்ச்சி ஆகிய துறைகளில் அவர்கள் பல சாதனைகளை உருவாக்கும் நோக்கத்துடன் உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. மாணவர்களின் அறிவுத் தீறன் மற்றும் சூழலியல் பொருத்தத்தை கருத்தில் கொண்டு, அனுபவமிக்க கல்வியாளர்களும், நிபுணர்களும் இணைந்து இந்த பாடப்புத்தகத்தை உருவாக்கியுள்ளனர்.

தமிழ்நாடு அரசு மாதிரிப் பள்ளிகளின் உறுப்பினர் செயலர், மற்றும் இத்துறையில் பணியாற்றும் அனைவருக்கும் எங்களது உள்ளார்ந்த நன்றிகளைத் தெரிவித்துக்கொள்கிறோம்.

பல இளம் மாணவர்களுக்கு இப்புத்தகம் விண்மீன்களை நோக்கிச் செல்லும் முதல் படியாக அமையும் என்று நாங்கள் நம்புகிறோம். விரிவான மனமும், ஆர்வமுள்ள உள்ளாங்களுடன் இந்த விண்வெளிப் பயணத்தை ஆரம்பிப்போம்.

— தமிழ்நாடு அஸ்ட்ரானமி அண்ட சயின்ஸ் சொலைசட்டி



# சூரியன் கிழக்கே உதிக்கவில்லை

ஒரு ஆண்டு என்றால் என்ன? 365 ½ நாட்கள் என நாம் அறிவோம். இது தான் ஒரு ஆண்டு என ஏன் கூறுகிறோம்? இதை விளங்கிக்கொள்ள சூரியன் உதிக்கும் திசை எது என நாம் அறிய வேண்டும்.

## சூரியன் உதிக்கும் திசை என்ன?

“சூரியன் உதிக்கும் திசை கிழக்கு” இதுதான் சட்டென்று நமது மனதில் தோன்றும் பதில். ஆனால் சூரிய உதயத்தை கவனமாக உற்று நோக்கினால் எல்லா நாளும் சூரியன் மிகச் சரியாககிழக்கில் உதிப்பதில்லை என்பது புலப்படும். ஆண்டில் இரண்டே இரண்டு நாள் தான் சூரியன் மிகச் சரியாக கிழக்கில் உதயம் ஆகும். வேணில் காலத்தில் மார்ச் 21/22 மற்றும் குளிர் காலத்தில் செப்டம்பர் 21/22 ஆகிய நாட்களில் தான் சூரியன் மிகச்சரியாககிழக்கில் உதிக்கும். மற்ற நாட்களில் சூரிய உதயம் வடக்கிழக்கு அல்லது தென்கிழக்கு திசையில் இருக்கும்.

இதனை நாம் நேரடியாகச் செய்துபார்த்து அறியலாம். சூரிய உதயத்துக்கு முன்பு விழித்து வீட்டின் மச்சக்கருச் செல்லவும். வீட்டின்மச்சின் மீது கிழக்கு நோக்கி நிற்கவும். கிழக்கில் எந்தவித மறைப்பும் இருக்க கூடாது; கிழக்கு அடிவானம் தடங்கவின்றி புலப்படும் பகுதியைத் தெரிவு செய்யவும். அவ்வாறு தேர்வு செய்து நிற்கும் இடத்தை சரியாகப்பெயின்டு கொண்டு குறித்துக் கொள்ளவும். அடிவானில் சூரியன் உதயமாகும்

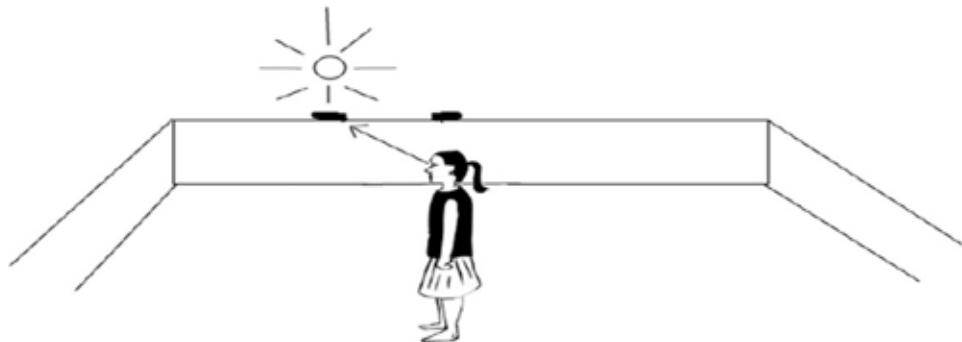
புள்ளி நீங்கள் இரண்டுக்கும் இடையே கற்பனை கோடு வரைந்து கொள்ளுங்கள், சரியாக அதே கோட்டில் இருக்கும் படி ஒரு சிறிய கல்லை மச்சின் சுவர்மீது வைக்கவும். அந்தக் கல்லை நகர்த்த வேண்டாம்.

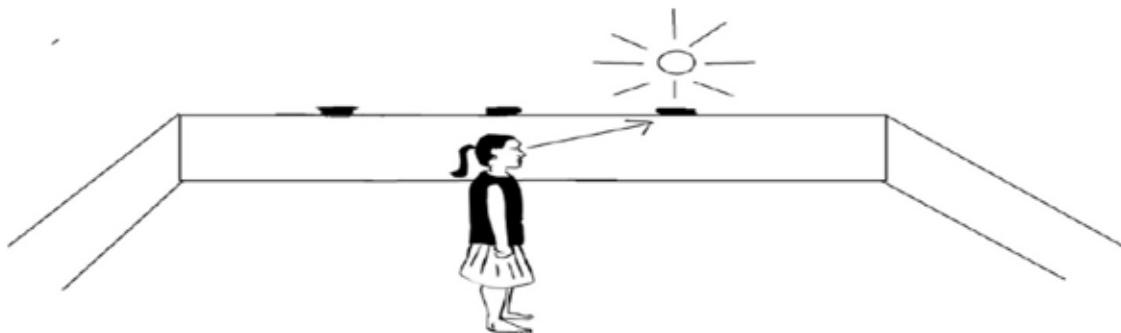
அடுத்த பத்து நாள்கழித்து அதே புள்ளியில் நின்று பார்த்தல் சூரியனின் உதயம் அடிவானத்தில் அதே இடத்தில் இருக்காது. சற்றே வடக்கு நோக்கி அல்லது தெற்கு நோக்கி அமைந்து இருக்கும்.

ஜனவரி முதல் ஜூன் வரை உள்ள காலப்பகுதி என்றால் முதல்நாளை ஒப்பிடும்போது அடுத்தநாள் உதய புள்ளி வடக்கு நோக்கி இருக்கும். அதுவே ஜூலை முதல் டிசம்பர் வரை உள்ள காலப்பகுதியில் இதே பரிசோதனையைச் செய்து பார்த்தல் முதல் நாளை ஒப்பிடும்போது அடுத்தநாள் உதய புள்ளி தெற்கு நோக்கி நகரும்.

உள்ளபடியே ஆண்டு முழுவதும் இந்தச் சோதனையைச் செய்து பார்த்தால் சூரிய உதயபுள்ளி தினம் தினமும் வடக்கிழக்கு நோக்கிச் சென்று அதிக பட்ச வடக்கிழக்கு புள்ளியில் உதித்துபின் தெற்கு நோக்கி உதயபுள்ளி நகரும். அவ்வாறு தினம் தினம் தெற்கு நோக்கி உதயபுள்ளி நகர்ந்து நகர்ந்து அதிகப்படச் செய்திசையை அடையும். பின்னர் மறுபடி வடக்குநோக்கி நகர துவங்கும்.

இவ்வாறு வடக்கு நோக்கிச் சூரிய உதயபுள்ளி நகரும் காலத்தைப் பண்டைய காலத்தில்





உத்திராயனம் (வடதிசை நகர்தல்) என்றும் அதன்பின்னர் தெற்கு நோக்கி உதயபுள்ளி நகரும் பருவத்தைத் தட்சினாயனம் (தென்திசையேகல்) என்றும் வழங்கினர். உத்திராயனம் மற்றும் தட்சினாயனம் ஆகிய இரண்டும் சேர்ந்து ஒரு ஆண்டு எனக் கொண்டனர். இவ்வாறு வடக்கு-தெற்கு எனச் சூரிய உதயபுள்ளி நகரும் காலம் தான் ஒரு ஆண்டு! இவ்வாறு ஆண்டில் இரண்டுமுறை சரியாகச் சூரியன் நேர்கிழக்கில் உதிக்கும்.

### நகரும் சூரிய உதயபுள்ளி

ஆண்டு முழுவதும் இந்த பரிசோதனையை நாம் துல்லியமாக மேற்கொண்டு வந்தால் டிசம்பர் 21/22 தேதியில் அதிகப்பட்ச வடகிழக்கில் சூரிய உதயம் நடைபெறுகிறது என அறியலாம். அதன்பின்னர் அடுத்த அடுத்த நாட்களில் சூரிய உதய புள்ளி வடக்கு நோக்கி நகர்வதையும் காணலாம். இவ்வாறு வடக்கு நோக்கி சூரிய உதயபுள்ளி நகரும் காலத்தில் மார்ச் 21 அன்று சரியாக கிழக்கில் சூரியன் உதயம் ஆவதை காணலாம்.

அதன்பின்னர் அடுத்தடுத்த நாட்கள் வடக்கு நோக்கி சூரிய உதய புள்ளி நகரும். பின்னர் ஜூன் 21/22 அன்று அதிகப்பட்ச வடகிழக்கு புள்ளியில் சூரியன் உதயமாகும். அதற்கு அடுத்த நாள் சற்றே தெற்கு நோக்கி உதய புள்ளி நகர்ந்து விடும். அடுத்த ஆறுமாதம் அடுத்தடுத்த நாட்கள் உதயபுள்ளி தெற்கு நோக்கி அமையும். இப்படி உதய புள்ளி நகரும்போது செப்டெம்பர்

21/22 அன்று மறுபடி நேர் கிழக்கில் சூரிய உதயம் நடைபெறும். இப்படியே தொடர்ந்து மறுபடி அடுத்த டிசம்பர் 21/22 அன்று அதிகப்பட்ச தென்கிழக்கில் சூரிய உதயபுள்ளி அமையும்.

தொகுப்பாக கூறினால் ஜூன் 22 முதல் டிசம்பர் 20 வரை தட்சினாயனமும் டிசம்பர் 21க்கு பிறகு ஜூன் 21 வரை உத்திராயனமும் ஏற்படும்.

### மற்குழு மக்கள் வானியல்

வேட்டையாடி உனவை சேகரித்து வாழும் நிலையிலிருந்து விவசாயம் எனும் தொழில்நுட்ப புரட்சியை மேற்கொண்ட பொது மனிதசமூகம் கண்டுபிடித்ததே காலத்தை அளவிட்டு சூரிக்கும் காலேண்டர் எனப்படும் நாட்காட்டி முதலியலை. அன்று எல்லாம் வானம் பார்த்த பூமி என்பதால் விவசாயம் செய்ய துவங்கிய போது எப்போது மாரிகாலம் ஏற்படும், கோடை வரும் என முன்கூட்டியே அறிய வேண்டும்.

சூரியன் உதயம் முதல் அடுத்த உதயம் வரை ஒரு நாள் என கணக்கு வைப்பது எனிது; இயல்பு. அதுபோல நிலவின் இயக்கத்தை கண்டு பிறைகள் தோண்றி வளர்ந்து தேய்வதை கொண்டு ‘திங்கள்’- மாதம் எனும் அளவையை ஏற்படுத்திக் கொள்வதும் எனிதான் இயல்பு. மாதத்துக்கும் மேல் பெரிய அளவையை வேண்டும் அல்லவா?

‘சூரியனை பூமி ஒருமுறை சுற்றிவர எடுக்கும் காலமே ஒரு ஆண்டு’ எனபள்ளியில் படிக்கிறோம். ஆனால் பூமி சூரியனை சுற்றிவருகிறது என்ற கருத்தே சமீபத்திய கருத்து தான் இல்லையா!



அந்தக்காலத்தில் ஒரு ஆண்டு என்பதை எப்படி கண்டு பிடித்தார்கள்?

இந்த படத்தை பாருங்கள்! நடுவே கழி போல ஒரு கல்; அதன் இரண்டு புறமும் இரண்டு சிறு பாறை வைக்கப்பட்டு உள்ளதை காணலாம். உள்ளபடியே இது ஆயிரம் ஆண்டுகள் முன்னர் அந்தக்காலத்தில் மத்திய இந்திய பகுதியில் பழங்குடி மக்கள் செய்துவைத்த வானியல் ஆய்வு கருவி. இந்த கருவி எப்படி வேலை செய்கிறது?

இப்போது நடுவே உள்ள கழி போன்ற கல் சாய்ந்து போய்விட்டது. அந்தகாலத்தில் சரியாக நேராக செங்குத்தாக அமைக்கப்பட்டு இருக்கும். நேராக உள்ள இந்த கழி எப்படி பட்ட நிழலை ஏற்படுத்தும்?

தினம் தினமும் குரியன் சரியாக கிழக்கே உதித்து மேற்கே மறைந்தால் காலையில் மேற்கு நோக்கி நேர்கோட்டில் இருக்கும் நிழல் சிறுத்து சிறுத்து, நண்பகல் உச்சியில் பூச்சியம் நிழலாக மாறி, மாலையில் கிழக்கு நோக்கி நேர்கோட்டில் அமையும். ஆனால் உள்ளபடியே இரண்டே இரண்டு நாட்களில் தான் குரியன் கிழக்கே உதிக்கிறது அல்லவா? எனவே தினமும் நண்பகலில், குரியன் தலைக்கு மேலே உள்ள உச்சிப் பொழுதில் அந்த கழி போன்ற கல் நிழலை ஏற்படுத்தும். தென் கிழக்கு புள்ளியில் குரியன் உதயமாகும்போது உள்ளூர் நண்பகல் பொழுதில் தெற்கு முகமாக கடக்கும். எனவே நண்பகல் உச்சி பொழுது நிழல் வடக்கு நோக்கி விழும். அதுவே வடகிழக்கு புள்ளியில் குரிய உதயம் ஏற்பட்டால் அன்று நண்பகல் உச்சி நிழல் தெற்கு நோக்கி விழும்.

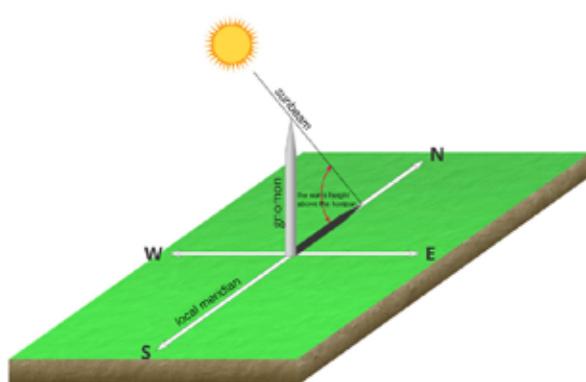
தொகுப்பாகப் பார்த்தால் குரிய உதயபுள்ளி தென்கிழக்கு திசையில் இருக்கும்போது உச்சிப் பொழுதில் குரியன் தெற்காக இருக்கும். எனவே அந்த சமயத்தில் நிழல் வடக்கு நோக்கி இருக்கும். எனவே குரிய உதயபுள்ளி வடகிழக்காக உள்ள



நாட்களில் உச்சிப் பொழுது நிழல் தெற்காகவும், உதயப் புள்ளி தென்கிழக்காக உள்ள நாட்களில் உச்சி நிழல் வடக்காகவும் இருக்கும் என்பது தெளிவு அல்லவா?

மேலும் ஒவ்வொரு நாளும் உச்சிபொழுது நிழல் அளவு வேறுபாடும் கூடுதல் தென்கிழக்காக குரியன் உதிக்கும் நாளில் உச்சிப் பொழுதில் குரியன் மேலும் தெற்காக இருக்கும்; எனவே வடக்கு நோக்கிய நண்பகல் உச்சி பொழுது நிழல் நீண்டு அமையும் தானே!

உத்திராயனம் அன்று தான் ஆகக்கூடுதலாகத் தென் கிழக்கில் குரிய உதயம் நடைபெறும். எனவே அன்று நண்பகல் உச்சி பொழுதில் வடக்கு நோக்கிய நிழலின் அளவு ஆகக்கூடுதலக இருக்கும். பழங்குடி மக்கள் நட்டு வைத்த இந்த செங்குத்து குச்சி போன்ற கல் உத்திராயனம் அன்று ஏற்படுத்தும் வடக்கு நோக்கிய நிழலின் முனையில் ஒரு பாறையை வைத்து விட வேண்டும். அதே போல ஆகக்கூடுதலாக வடகிழக்கில் தட்சிணாயனம் அன்று உதயம் ஆகும். அன்று தான் தெற்கு நோக்கிய நிழல் அதிகப்பட்சமாக நீண்டு அமையும். அன்று உருவாகும் நிழலின் முனையில் பாறை ஒன்றை வைத்து விட வேண்டும்.



இப்போது ஆண்டில் எந்த நாள் ஏற்னாலும் உச்சி பொழுது நிழல் அந்த இரண்டு பாறைகள் இடையே மட்டுமே விழும். உச்சி பொழுது ஏற்படுவதை இதிலிருந்து அறியலாம். நிழலின் திசை மற்றும் நீள்தை வைத்து ஆண்டில் எந்தப் பகுதி எனவும் அறிந்துக்கொள்ளலாம். இது தான் இந்த குச்சி போன்ற கல் மற்றும் இரு பாறை அமைப்பின் குட்சம். அதாவது சூருக்கூறினால் இது பெருங்கற்கால வானவியல் ஆய்வு மையம்; குரிய நாட்காட்டி.

வடக்கேயும் தெற்கேயும் அதிகப்தச உச்சிப் பொழுது நிழல் அமையும் நாட்களே உதய புள்ளி திருப்புநிலை. ஒன்று மழைக் காலத்தின் துவக்கத்தையும், மற்றொன்று கோடைக் காலத்தின் துவக்கத்தையும் குறிக்கிறது. அதாவது இந்த கருவி கொண்டு எப்போது மழைக்காலம் வரப்போகிறது எப்போது கோடை வரும் என முன்கூட்டிய அறிந்துக்கொள்ளலாம்.

### **அறிவியல் சடங்கான அவை**

அறிவியல் பாட நூலை எடுத்துப் பார்த்தல் உத்தராயணம் திசம்பர் 21 அன்று நன்றைப்பெறுகிறது என கூறப்பட்டிருக்கும். மேலே நாம் கூறிய முறைகளில் ஆய்வு செய்துபார்த்தால் இது தான் மேய் என அறியலாம். அதேசமயம் நாம் பஞ்சங்கங்களைப் புரட்டி பார்த்தால் அதில் தைத் திங்களை ஜனவரி 14 அன்று உத்தராயணம் என்று தவறாக கூறப்பட்டிருக்கும் உள்ளபடியே உத்தராயணம் திசம்பர் 21 அன்று ஏற்படுகிறது என்றால் பஞ்சாங்கத்தில் தைத் திங்களை ஜனவரி 14 அன்று ‘மகர சங்கராந்தி’ எனவும் உத்தராயணம் எனவும் குறிப்பிடுவது ஏன்? மார்ச் 20/21 பதிலாக ஏப்ரல் 14 அன்று விஷாங் சித்திரை ஆண்டுபிரப்பு எனக்கொண்டாடுவது ஏன்? வானியலுக்கும் பஞ்சாங்க நாள்காட்டிக்கும் இடையே ஏன் இந்த குளறுபடி?

தனது அச்சில் பம்பரம் தன்னைத்தானே சுற்றுவது போல ஆய்வு தன்னைத்தானே கற்றிக்கொள்கிறது. மேலும் பம்பர ஆணித்தையில் ஒரு இடத்தில் நிற்காது பரவி வட்டம் போடும்; அதுபோல குரியனை சுற்றிவருகிறது. மேலும் கூர்ந்து கவனித்தால் குறிப்பாக பம்பரம் ஆடி ஓயும் நேரம் வருகையில் தலையாட்டம் போடும். பம்பரத்தின் அச்சு கிறுகிறவென கிறுவாட்டம் போட்டு தலைசுற்றும். இதன் விளைவே (Precession) அச்சலைவு (தனம்பல் என்றும் கூறுவார்). இதனை ஆங்கிலத்தில் precession எனவும் இந்திய வானவியல் பாரம்பரியத்தில் அயனசலனம் எனவும் கூறுவார். அதாவது பூமியின் வடக்கோள் அச்சு இன்று போலாரிஸ் எனப்படும் துருவ விண்மீன் திசையில் உள்ளது. என்றும் அப்படியே

இருக்காது. வானில் இந்த புள்ளி ஒரு வட்டம் போடும். இவ்வாறு அச்சலைவு ஏற்படுவதின் தொடர்ச்சியாக அயன் முந்துகை (precession of the equinoxes) ஏற்பட்டு பல ஆண்டுகள் முன்பு ஏற்பட்ட அதே தினத்தில் சம இரவு பகல் நாள் அமையாது மாறும். 26,000 ஆண்டுக்கு ஒருமுறை என இந்த அச்சலைவு காலங்களில் இருக்கும்.

பழங்குடி சமூகங்கள் இந்திய காலன்டரை உருவாக்கிய சமயத்தில் தை ஒன்றில் (ஜனவரி 14-15) உத்தராயணம் எனும் மாரிக்கால உதய புள்ளி திருப்புநிலை இருந்தது. அயன் முந்துகை காரணமாக மாரிக்கால உதய புள்ளி திருப்புநிலை இன்று டிசம்பர் 21/22 அன்று நடைபெறுகிறது. இந்த மாற்றத்தை ஏற்காமல் பஞ்சகத்தை அறிவியல் பார்வையில் திருத்தாமல் ‘பழமை போற்றி’ ஆயிரம் ஆண்டுகளுக்கு முன்னால் இருந்த நிலையை கடைபிடிப்பதால் ஏற்பட்ட பிழை தான் இது.

கற்கால பழங்குடி மக்கள் இரவு வானில் குரியன், சந்திரன் முதலிய வற்றின் இயக்கத்தை உற்று நோக்கி அறிவியல் பூர்வமாக வானியில் அடிப்படையில் உருவான நாட்காட்டி காலப்போக்கில் ஜோதிடர் கையில் வந்தது. ஜோதிடர்கள் ஏன் எப்படிஎன்ற அறிவு இல்லாமல் அன்று எழுதி வைத்த வாக்கியம் வேதவாக்கியம் என்று கூறிக்கொண்டு வான் இயக்கம் மாறிப் போனதைக் கண்டும் காணாமல்சென்றதன் விளைவு தான் ஜனவரி 14 அன்று தை முதல் நாள் எனவும் உத்தராயணம் எனவும் தப்பும் தவறுமாக இன்றும் விடாப்பிடியாக கூறி வருகிறோம். இதன் காரணமாக ‘ஆடிப் பட்டம் தேடி விடை’ போன்ற பழமொழிகளில் உள்ள காலம் நமது சீர்திருத்தமில்லா நாள்காட்டியில் பொருந்திவராது. உள்ளபடியே தப்பும் தவறும் நம்மிடம் இருக்க, ‘காலம் கெட்டுவிட்டது; கலி முத்திவிட்டது’ எனக் காலத்தின் மீது வீணை பழி போடுகிறோம்.

அறிவியல் கருத்துக்களை மனப்பாடம் செய்து தேர்வில் மதிப்பெண் பெறுவதால் அறிவியலைக் கற்க முடியாது என்பதை இது நமக்கு உணர்த்துகிறது. ஏன், எப்படி எதனால் என்ற கேள்வியைக் கேட்டு அறிவியலை ஆழமாகப் புரிந்து கொண்டால் தான் பிழையற்ற முறையில் அறிவை பெற முடியும். இந்த தொகுப்பு நூலில் உள்ள செய்திகள் அறிவியலை புரிந்து உள்வாங்க நமக்கு பேருத்தியாக அமையும்.

### **தனியக்கற்போம்**

வானியல் என்பது மனிதரால் அறியப்பட்ட மிக அற்புதமான அறிவியல் நிலை,

நட்சத்திரங்கள் மற்றும் பூமிக்கு அப்பால் உள்ள பரந்து, விரிந்த பிரபஞ்சத்தைப் புரிந்து கொள்ளும் இயற்கையான ஆர்வத்திலிருந்து இது உருவானது. பண்டைய நாகரிகங்க பழங்குடி மக்கள் விண்மீன் இயக்கங்களைக் கவனித்த காலத்திலிருந்து, நவீன விஞ்ஞானிகள் தொலைநோக்கிகள் மற்றும் விண்கலங்களைப் பயன்படுத்தி நெடுந்தொலைவிலுள்ள நட்சத்திரங்களை கண்டறியும் வரை, மனித இனம் விண்வெளியில் மேற்கொண்ட பயணம் என்பது ஆச்சரியம், கண்டுபிடிப்பு மற்றும் தொடர்ச்சியானகற்றின்பயணமாகவே இருந்து வருகிறது. இந்த வானியலும் விண்வெளியும் என்ற இந்தப் படத்திட்டம் மாணவர்கள், நம் பூமிக்கு அப்பால் உள்ள விசித்திரமான உலகை எளிமையாகவும், சர்ப்பாகவும், அர்த்தமுள்ள வகையிலும் அறிந்து கொள்வதற்காக மிக கவனமாகத் தயாரிக்கப்பட்டுள்ளது.

இந்தப் பாடத்திட்டம் குரிய குடும்பம் எனும் பாடத்துடன் தொடங்குகிறது. இதில், மாணவர்கள் குரியன், கோள்கள், அவற்றின் நிலவுகள் மற்றும் பூமிக்கு அருகிலுள்ள விண்வெளிப் பொருள்கள் போன்றவற்றைப் பற்றித் தெரிந்து கொள்வார்கள். குரிய குடும்பம் பற்றி அறிதல், விண்மீன் இயக்கங்களையும் பூமி அதில் எவ்வாறு தன் பங்கை செலுத்துகிறது என்பதை அறிந்து கொள்ள முடியும்.

நிலவு பற்றிய பாடத்தில், நிலவு தோன்றிய விதம், அதன் மேற்பரப்பின் அமைப்பு, அவைகளின் தாக்கம் மற்றும் பழமையான காலக் கணக்கீட்டில் அதன் பங்குபோன்ற விஷயங்களை மாணவர்கள் கற்றுக்கொள்வார்கள். நிலவு, நம் பூமிக்கு மிக அருகிலுள்ள விண்மீனாக இருப்பதால், பழங்காலவானியல் ஆராய்ச்சிக்கும், விண்வெளிப் பயணங்களுக்கும் தூண்டுகோலாக அமைந்துள்ளது.

நிழல் - ஒரு அற்புத கருவி எனும் பகுதியில், நிழல்களின் மூலமாக நாம் எப்படி குரிய/ சந்திர கிரகணங்களை, விண்மீன் இயக்கங்களை புரிந்து கொள்கிறோம் என்பதை மாணவர்கள் காணப்போகிறார்கள். நிழல்கள், பண்டைய காலத்தில் பூமியின் பருமன், நிலவின் தூரம் ஆகியவற்றை கணிக்க உதவியுள்ளன.

இந்த விண்வெளிப் பயணத்தில் விண்மீன் கூட்டங்கள் (Star Clusters) எனும் பாடம் பல நட்சத்திரங்கள் சேர்ந்து உருவாக்கும் அழகான அமைப்புகளை அறிமுகப்படுத்துகிறது. இவை, நட்சத்திரங்கள் எப்படி உருவாகின்றன, அவை எப்படி மாறுகின்றன என்பதை விஞ்ஞானிகள் ஆராயும் விதம் பற்றி தெரிவிக்கிறது. .

விண்மீன்களின் தோற்றும் மற்றும் மறைவு பற்றிய பாடம், நட்சத்திரங்கள் எவ்வாறு உருவாகின்றன, வெப்ப வாயுக்களில் இருந்து வெள்ளைக் குள்ளன், நியூட்ரான் நட்சத்திரமாக, அல்லது சுருந்துளையாக மாறுகின்றன என்பதை விரிவாக எடுத்துரைக்கிறது. இது பிரபஞ்சத்தின் சுழற்சி மற்றும் மாறும் தன்மையைப் புரிந்துகொள்வதற்கு உதவுகிறது.

இதைத் தொடர்ந்து, கருந்துளை என்ற நவீன வானியலின் ஆச்சரியமான நிகழ்வுகளில் ஒன்றை அறிமுகப்படுத்துகிறது. மாணவர்கள் கருந்துளை என்ன, அது எப்படி உருவாகிறது, அதில் உள்ள மர்மங்கள் பற்றி அறிந்து கொள்ள உதவுகிறது. இது அறிவியல் கற்பனை அல்ல; இயற்கை குழுநிலைகளை இது பிரதிபலிக்கிறது.

பிரபஞ்சம் பற்றிய பாடம், நட்சத்திரங்கள், இருண்ட பொருள், பெருவெடிப்பு கோட்பாடு மற்றும் பிரபஞ்சத்தின் அளவு போன்ற கருப்பொருள்களை கொண்டு விரிவான பார்வையைக் கொடுக்கிறது. இது மாணவர்களை பூமிக்கு அப்பால் சிந்திக்க தூண்டும்.

விண்வெளி தொழில்நுட்பம் பகுதியில், நும்பால் உருவாக்கப்பட்ட செயற்கைக்கோள்கள், ராக்கெட்டுகள், மற்றும் விண்வெளி ஆராய்ச்சி கருவிகள் ஆகியவற்றின் மூலம் நாம் பிரபஞ்சத்தை எவ்வாறு ஆராய்கிறோம் என்பதை விளக்குகிறது.

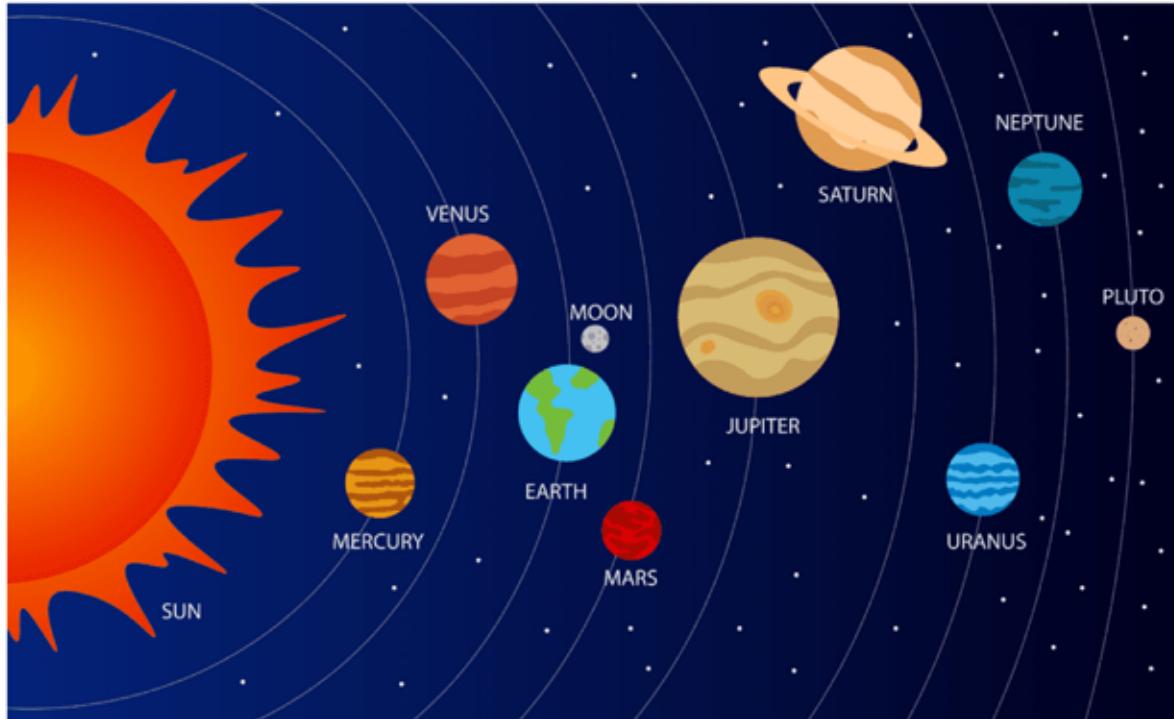
இந்துவின் இறுதிப் பகுதி தொலைநோக்கி. இது வானியலில் புரட்சியை ஏற்படுத்திய கருவி. கலிலியோவாவின் காலத்திலிருந்து இன்றுவரை, இந்த கருவி நாம் கண்களால் காண முடியாதவற்றை காணச் செய்து, பிரபஞ்சத்தின் இரகசியங்களை வெளிப்படுத்தியிருக்கிறது. இது மனித ஆர்வத்தின் வெளிப்பாட்டை பிரதிபலிக்கிறது.

இந்த பாடத்திட்டத்தில் உள்ளது, வெறும் பாடங்கள் அல்ல — இது ஒரு ஆராய்ச்சி பயணம். ஒவ்வொரு தலைப்பும் அறிவை மட்டும் வழங்கவில்லை; மாணவர்களின் கற்பனைக்கும் தீனி அளிக்கிறது. இவை மாணவர்களுக்கு வானியல் அறிவியல் குறித்த உறுதியான அடித்தளத்தை அமைத்து, வானத்தை புதிய விழிப்புடன் பார்க்கும் உணர்வை வளர்க்கும். இந்தப் புத்தகம், ஒவ்வொரு மாணவனின் உள்ளத்திலும் விஞ்ஞானம் மற்றும் விண்வெளி பற்றிய ஆர்வத்தை தூண்ட்டும். அவர்கள் கேள்விகள் எழுப்பவும், பதில்களைத் தேடுவும், நட்சத்திரங்களை மிஞ்சியும் கணவு காண இது நிச்சயம் உதவும்.

**முனைவர் த.வி.வெங்கடேஸ்வரன்,**

யோசிரியர், IISER, மொகாலி

# சூரியக் குடும்பம்



## அறிமுகம்

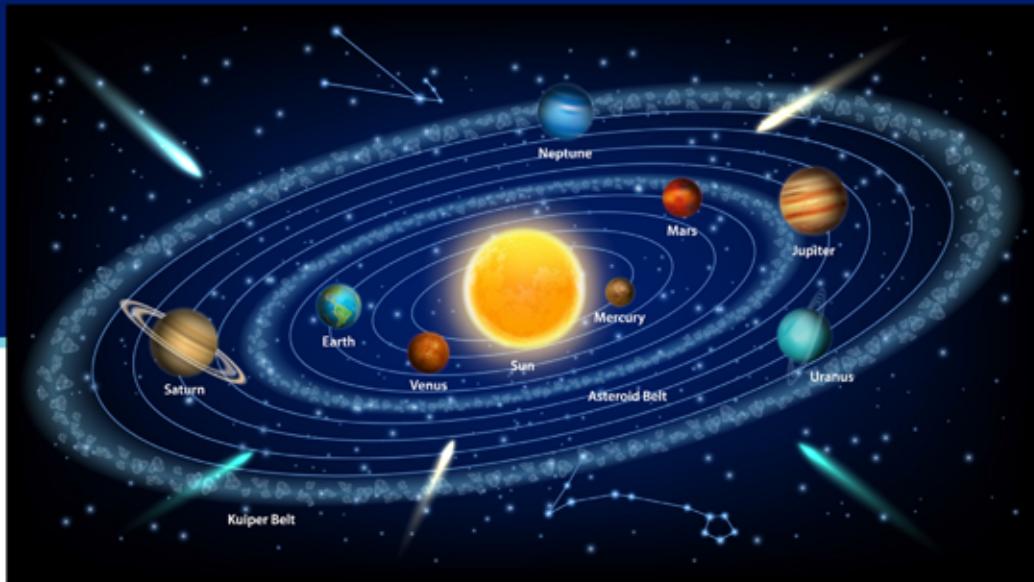
சூரியக் குடும்பம் என்பது சூரியன் மற்றும் அதனை சுற்றி வரும் அனைத்தையும் கொண்டுள்ளது. இதில் எட்டு கிரகங்கள், அவற்றின் நிலவுகள், குள்ள கிரகங்கள், எண்ணற்ற சிறுகோள்கள், வால் நட்சத்திரங்கள் மற்றும் இன்னபிற சிறிய, பனிக்கட்டி பொருட்கள் ஆகியவை அடங்கும். இவைக் அனைத்தும் இருந்தாலும், பெரும்பாலான சூரியக் குடும்பம் வெற்றிடமாக உள்ளது. சூரிய குடும்பத்தின் மொத்த நிறை  $1.989 \times 10^{30}$  கிலோகிராம்கள். தோராயமாக சமார் 1.0014 சூரிய நிறைக்கு சமாயிருக்கிறது. அதாவது மொத்த சூரியக்குடுப்பதின் நிறையில் சூரியன் மட்டுமே 99.86 சதவிகிதம் உள்ளது. மீதம் உள்ள கோள்கள் துணைக்கோள்கள் அவற்றின் நிறை 0.1 சதவிகிதத்திற்கு சற்று கூடுதலாக உள்ளது.

நமது சூரிய குடும்பம் பால்வீதியின் சமூல கரங்களில் (சூரியன் ஆர்ம் என்று அழைக்கப்படும் பகுதியில்) ஒன்றில் அமைந்துள்ளது. இது கேலக்ஸியின் மையத்திலிருந்து சமார் மூன்றில் இரண்டு பங்கு தொலைவில் உள்ளது.

## சூரிய குடும்பம் உருவாக்கம்

சூரியக் குடும்பம் சமார் 4.6 பில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு ஒரு மாபெரும் மூலக்கூறு மேகக்கூட்டடத்தின் (giant molecular cloud) ஒரு சிறிய பகுதியின் ஏற்பட்ட சர்ப்புச் விசை செல்பாடுகளால் உருவானது. குப்பர்நோவா என்று அழைக்கப்படும் வெடிக்கும்நட்சத்திரத்தின் அதிர்ச்சி அலை யின் தூண்டுதலே ஒரு சூரிய நெபுலாவை உருவாக்கியது. சூரியன் உருவான பிறகு, ஒரு வலுவான சூரியப் புயல் காற்று சூரிய குடும்பத்தில் உள்ள வாயு மற்றும் தூசி அமைப்பை அடியோடு அகற்றியது. என்கினி இருந்தவை, சற்று அதிகமான நிறை கொண்ட கோள்கள், சிறுகோள்கள் மட்டுமே.

சூரிய நெபுலாவின் பெரும்பகுதி நிறை, மையத்தில் திரண்டு சூரியனை உருவாக்குகிறது, மீதமுள்ளவை நிறை கோள்கள், நிலவுகள், சிறுகோள்கள் மற்றும் பிற சிறிய சூரிய மண்டல பகுதி பொருட்களாக உருவாகிய ஒரு சமூலும் வட்டு போன்ற அமைப்பையும் ஏற்படுத்துகிறது. 18 ஆம் நூற்றாண்டில் பியர்சைமன் லாப்லேஸ் என்ற அறிவியல் அறிஞரால்



முன்மொழியப்பட்ட இக்கோட்பாடு நெயலார் கருதுகோள் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

### **குரிய குடும்பம் உறுப்பினர்கள்**

புதன், வீணஸ், பூமி மற்றும் செவ்வாய் ஆகிய குரியனுக்கு மிக நெருக்கமாக உள் நான்கு கோள்கள் “நிலக்கோள்கள்” (terrestrial) என்று அழைக்கப்படுகின்றன. இதற்கு காரணம் அவற்றின் மேற்பரப்புகள் பாறைகளாக உள்ளது. இதற்கடுத்துள்ள கோள்களான வியாழன், சனி, யூரேனஸ் மற்றும் நெப்டியூன் - சில நேரங்களில் ஜோவியன் அல்லது “வியாழன் போன்ற” கிரகங்கள் (Jovian or “Jupiter-like”) என்று அழைக்கப்படுகின்றன, ஏனெனில் அவை நிலப்பரப்பு கோள்களுடன் ஒப்பிடும்போது அளவில் மிகப்பெரியவை மேலும் பெரும்பாலும் வைற்றறிஞ் போன்ற வாயுக்களால் ஆனவை. (விதிவிலக்காக புனுட்டோ பாறையை போன்ற ஒரு கோள்).

குரியனில் இருந்து 2 மற்றும் 4 AU இடையே உள்ள ( செவ்வாய்க்கும் வியாழனுக்கும் இடைப்பட்ட பகுதி) நிலப்பரப்பின் வெளிப்புற விளிம்பு சிறுகோள் பெல்ட் (asteroid belt) என்று அழைக்கப்படுகிறது. ஆரம்பத்தில் சுமார் 3பூமியைப்போன்றகிரகங்களை உருவாக்குவதற்கு போதுமான அளவு விண்பொருட்கள் அங்கு இருந்தன, உண்மையில், அங்கு ஏராளமான கோள்கள் உருவாகி இருக்கவேண்டும் என்று நம்பப்படுகிறது.

நமது குரிய குடும்பத்தில் கிரகங்களைச் சுற்றி வரும் நிலவுகளின் தற்போதைய எண்ணிக்கை 416: இதில் புதன் மற்றும் வீணஸ் மட்டுமே நிலவுகள் இல்லாதவை. மற்ற கோள்களில், பூமிக்கு ஒரு நிலவு; செவ்வாய்க்கு இரண்டு; வியாழனில் 95; சனியில் 274; 28 யூரேனஸில்;

16 நெப்டியூனில்; மற்றும் குள்ள கிரகமான புனுட்டோவிற்கு ஐந்து.

### **குரிய மண்டலத்தின் அளவு மற்றும் தூரம்**

நமது குரிய குடும்பம் அளவு, குரியனைச் சுற்றி வரும் கோள்களைவிட அதிகதாரம் நிலையிடுகிறது. குரிய குடும்பம் நெப்டியூனின் சுற்றுப்பாதையை கடந்த கூப்பியர் பெல்ட்டையும் (Kuiper Belt) உள்ளடக்கியது. கூப்பியர் பெல்ட் சிறிய பனிக்கட்டி பொருட்களால் ஆன வளையமாகும். குள்ள கிரகமான புனுட்டோ கூப்பியர் பெல்ட் பொருட்களுக்கான ஒரு சிறந்த எடுத்துக்காட்டு.

கூப்பியர் பெல்ட்டின் விளிம்புகளுக்கு அப்பால் ஊர்ட் மேகம் (Oort Cloud) உள்ளது. இந்த மாபெரும் கோள் வடிவ அமைப்பாகும். நமது குரிய குடும்பத்தைச் சுற்றியுள்ள இதை ஒருபோதும் நேரடியாகக் (தொலைநோக்கி போன்று) பார்க்கப்படவில்லை. மாறாக அதன் இருப்பு கணித ரீதியாக (mathematically) மற்றும் வால்மீன்களின் நோக்காய்வின் அடிப்படையில் கணிக்கப்படுகிறது.

### **குரிய குடும்பத்தை ஏன் யாக்க வேண்டும்**

நமது குரிய குடும்பத்தைப் படித்தறிவதன் மூலம் நமது குரியன் மற்றும் கோள்கள் ஆகிவற்றின் உருவாக்கம், அமைப்பு, மாற்றம் ஆகியவற்றை புரிந்துகொள்ள முடியும். பூமியில் உயிர்கள் எவ்வாறு உருவாகின் அதற்கான சாத்ய கூறுகளை மற்றும் குரிய மண்டலத்தின் பண்புகள் எவ்வாறு உயிர்களின் தோற்றுத்திற்கு வழிவகுக்கும் என்பது பற்றிய கேள்விகளுக்கு பதிலளிக்குதல்விகிறது. இறுதியாக பேரண்டத்தைப் பற்றிய மனித தேடலின் தொடக்க புள்ளியாகவும் மனித அறிவின் மீதான நம்பிக்கைக்கு ஆதார புள்ளியாகவும் இது அமையும்.



# நிலவு பிரபஞ்சத்தின் தீரவுகோல்



நிலவு பூமியின் இயற்கையான துணைக்கோளாகும் ஆகும். இது பூமியைச் சுற்றி வருகிறது. விண்மீன்கள் நிறைந்த வானத்தில் பிரகாசமான ஒளியை குரியனிடமிருந்து பிரதிபலிக்கிறது. முழு நிலவு ஒரு அழகான காட்சி மேலும் நிலவின் இருப்பு இரவு குழலில் மனிதர்களுக்கு ஒரு அமைதி உணர்வை அளிக்கிறது. ஆனால் அது ஒவ்வொரு இரவும் முழு நிலவாக இருப்பதில்லை. இதை நோக்கிய மனித தேடல் மனிதனின் கற்பனை மற்றும் ஆக்கப்பூர்வமான சிந்தனை திறன்களை மேம்படுத்துவதற்கான அடிப்படையாக அமைந்தது. இந்த தேடல் சந்திரனைப் பற்றி கற்றுக்கொள்ள நிறைய இருக்கிறது என்பதை தாண்டி மேலும் ஒரு மேலே சென்று இந்த பிரபஞ்சத்தின் தீரவுகோல் நிலவு என்ற அற்புதமான உண்மையை மனித சமூகம் கண்டிரிந்தது. வாருங்கள் நிலவின் அற்புத அறிவியலை தேடி ஒரு பயணம் போவோம்.

நமது இரவு வானத்தில் உள்ள பிரகாசமான மற்றும் மிகப்பெரிய பொருள் நிலவு. பூமியை உயிர்கள் வாழக்கூடிய கிரகமாக மாற்றியதிலும், அதன் தள்ளாட்டத்தை மிதப்படுத்தி தனது அச்சில் சரியாக சமூலவதற்கும் நிலவு முக்கிய காரணமாகும். ஒப்பிட்டளவில் இது நிலையான காலநிலைக்கு பூமியில் இருப்பதற்கு வழிவகுக்கிறது. பல பில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு, ஏற்குறைய செவ்வாய் கிரகத்தின் நிறையை ஒத்த ஒரு பொருள் பூமியுடன் மோதியதின் விளைவாக நிலவு உருவானது. சுமார் 1,740 கிலோமீட்டர் ஆரம் கொண்ட சந்திரன், பூமியின் அகலத்தில் மூன்றில் ஒரு பங்கிற்கும் குறைவாக உள்ளது. உதாரணத்திற்கு. பூமி ஒரு பெரிய நெல்லிக்கனி அளவு இருந்தால், நிலா ஒரு சிறிய நெல்லிக்கனி அளவுக்கு சிறியதாக இருக்கும். நிலவின் நிறைபோன்று பூமி 81 மடங்கு பெரியது. நிலவு சராசரியாக 3,84,400 கிலோமீட்டர் தொலைவில் உள்ளது. அதாவது பூமிக்கும் நிலவுக்கும் இடையில் 30 பூமியை பொருத்த முடியும்.

சர் ஜூசுக் நியூட்டன் அவர்கள் தனது புகழ்மிக்க ஈர்ப்பு கோட்பாட்டை பயன்படுத்தி, கடலில்

அலைகள் ஏற்படுத்துவது நிலா என்ற பேருண்மையை கண்டறிந்தார், ஆயிரக்கணக்கான ஆண்டுகளாக மனிதர்களை நம்பிவந்த பொசைடன் என்ற அரக்கன் பற்றிய கட்டு கதை உடைத்தெறியப்பட்டது.

நிலவின் முக்கியமான விஷயங்கள் இதற்கு காரணம், பூமியிலிருந்து பார்க்கும்போது, குரிய ஒளி பட்டு எதிரொளிக்கும் நிலவின் வெளிப்படையான பகுதியாகும் ஆகும். (சந்திரன் பூமியுடன் அலையுடன் பூட்டப்பட்டிருப்பதால், அதே அரைக்கோளம் எப்போதும் பூமியை எதிர்கொண்டிருக்கும்). பொதுவான நான்கு முக்கிய கட்டங்கள் நிலவின் பிறைகள் குறிப்பிடப்படுகிறது. அமாவாசை, முதல் காலாண்டு, முழு நிலவு மற்றும் கடைசி காலாண்டு. இவற்றின் ஒரு முழு சூழ்சி மாதம் என்று அழைக்கப்படுகிறது (நிலவு = மாதம்). இரண்டாவது நாம் என் எப்போதும் நிலவின் ஒரு பக்கத்தை மட்டுமே பார்க்கிறோம்? நிலா சுமார் 27 நாட்களில் பூமியைச் சுற்றி வருகிறது. மேலும் தனது அச்சில் சூழல் அதே நேரத்தை எடுத்துக்கொள்கிறது: ஆகவே, இரண்டு இயக்கங்களையும் முடிக்க, ஒரே நேரத்தை எடுத்துக்கொள்வதால் நாம் எப்போதும் அதன் ஒரு பக்கத்தை மட்டும் பார்க்கிறோம். மூன்றாவது . கிரகணம். பூமியின் நிழலில் நிலா நகரும் போது நிகழும் ஒரு வானியல் நிகழ்வு சந்திர கிரகணம். இதனால் நிலா இருள்ளடைகிறது. நிலவின் சுற்றுப்பாதை தளமும் பூமியின் சுற்றுப்பாதையின் தளமும் மிக அருகில் இருக்கும் போது சந்திர கிரகணம் ஏற்படுகிறது. தோராயமாக ஒவ்வொரு ஆறு மாதங்களுக்கு ஒரு முறை சந்திர கிரகணம் ஏற்படும்.

இவ்வளவு அற்புதமான நிலா ஒவ்வொரு ஆண்டும் சுமார் 3.82 சென்டிமீட்டர் தூரம் நம்மைவிட்டு மெதுவாக பிரிந்து செல்கிறது. இதன் விளைவாக பூமியின் சூழ்சி நேரம் (ஒரு நாள்) அதிகமாகும். விஸ்கான்சின்-மாடிசன் பல்கலைக்கழக ஆராய்ச்சியாளர்கள் 200 மில்லியன் ஆண்டுகளில், பூமியில் நாட்கள் 25 மணி நேரம் நீடிக்கும் என்று

# நிறுல் எனும் அற்புதக் கருவி

## முன்னுரை

ஒளி இந்த உலகத்தில் மிகப்பெரிய ஆற்றல் மூலமாகவிளங்குகிறது. நமக்கு ஒளியைதரக்கூடிய இயற்கை மூலமான சூரியன் அபரிமிதமான ஆற்றலை தொடர்ச்சியாக வழங்கிக் கொண்டே இருக்கிறது. நாம் பயன்படுத்தக்கூடிய அனைத்து வகையான ஆற்றல்களும் அது நிலக்கரியாயினும் சரி, பெட்ரோலியம் ஆயினும் சரி அல்லது இயற்கை மூலங்களைப் பயன்படுத்தி உருவாக்கப்படுகிற மின்னோட்டமானாலும் சரி அனைத்தும் சூரிய ஒளியின் மாற்றுப் பரிமாணங்களே. இத்தகைய ஒளியானது சில பொருட்களால் அதாவது ஒளி ஊடுருவா பொருட்களால் மறைக்கப்படும் பொழுது நிழல் ஏற்படுகிறது. இந்த நிழலை அடிப்படையாகக் கொண்டு பல இயற்கை நிகழ்வுகளையும், பல ஆச்சரியமுட்டும் விவரங்களையும் அறிய முடியும். அவற்றில் சிலவற்றை இக்கட்டுரையில் காண்போம்.

## ஒளி

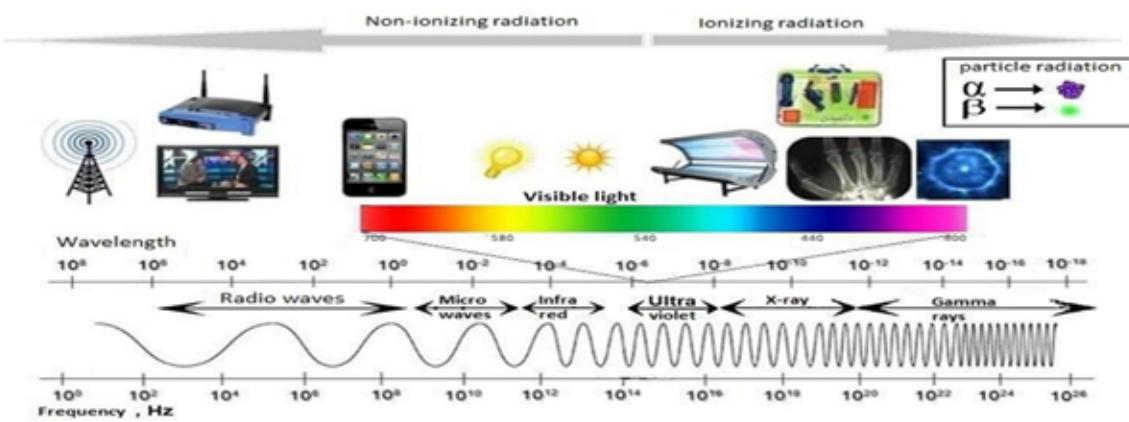
இந்த பூமி மட்டுமல்லாமல் சூரிய குடும்பத்தில் உள்ள அனைத்து வான் பொருட்களுக்கும் ஒளியையும் ஆற்றலையும் வழங்கக்கூடிய மூலமாக சூரியன் இருக்கிறது. சூரியனிலிருந்து வரக்கூடிய ஒளியானது மின்காந்த அலைகளாக உள்ளது. இந்த மின்காந்த அலைகளில் ஒரு சிறிய பகுதியே

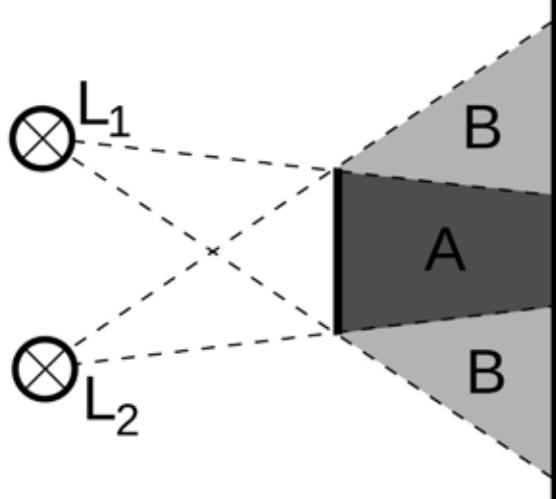
நாம் கண்களால் பார்க்கக்கூடிய கண்ணாறு ஒளி என்கிறோம். மேலும் இந்த மின்காந்த அலைகளில் காமா கதிர்கள், எக்ஸ் கதிர்கள், புறங்காதா கதிர்கள், அகச்சிவப்பு கதிர்கள், மைக்ரோ அலைகள் மற்றும் ரேடியோ அலைகள் ஆகிய அனைத்தையும் உள்ளடக்கியதாக உள்ளது. சூரியனிலிருந்து கிடைக்கக்கூடிய இந்த ஒளி அலைகளில் மிகச் சிறிய பகுதியான அதாவது 400 நானோ மீட்டரில் இருந்து 700 நானோ மீட்டர் அலைநீளம் வரையிலான கதிர்களை மட்டுமே நமது கண்களால் பார்க்க இயலும். இவற்றை நாம் கண்ணாறு ஒளி என்கிறோம்.

## நிழலும் அதன் வகைகளும்

ஒளிப் பாதையின் இடையே ஒலிப்புகாத பொருட்களை வைக்கும் பொழுது நிழல் உண்டாகிறது. இந்த நிழலினை கருநிழல், புறநிழல் இரண்டு வகையாகப் பிரிக்கலாம். நிழல் உண்டாகக் கூடிய பகுதியில் மையப் பகுதியில் கருமையாக நிழல் விழக்கூடிய பகுதியை நாம் கருநிழல் என்கிறோம். கருநிழலை சுற்றிலும் வெளிரிய வண்ணத்தில் விழக்கூடிய நிழலை புறநிழல் என்கிறோம். இந்த நிழல்கள் ஒளி மூலத்தின் தன்மையை அடிப்படையாகக் கொண்டு உருவாகிறது. ஒரு புள்ளி ஒரு மூலத்திலிருந்து வரக்கூடிய ஒளிக்கற்றைகள்

## The electromagnetic spectrum



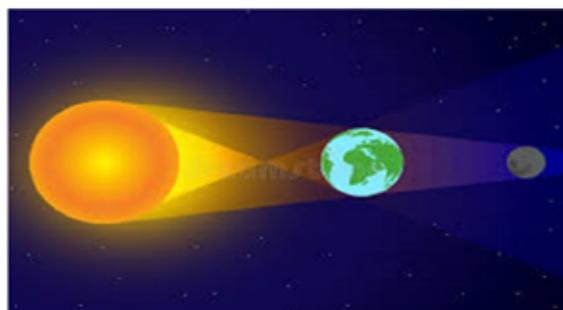


ஒளிபுகாப் பொருட்களால் தடுக்கப்படும் பொழுது கருநிழல் உண்டாகிறது. மிகப்பெரிய ஒளிமூலத்திலிருந்து வரக்கூடிய கதிர்களை ஒழிப்புகாப் பொருட்களைக் கொண்டு தடுக்கும் பொழுது கருநிழல் மற்றும் புறநிழல் ஆகிய இரண்டு பகுதிகளும் உண்டாகிறது.

#### பூமி மற்றும் நிலவின் சுற்றுவப்ப் பாதை

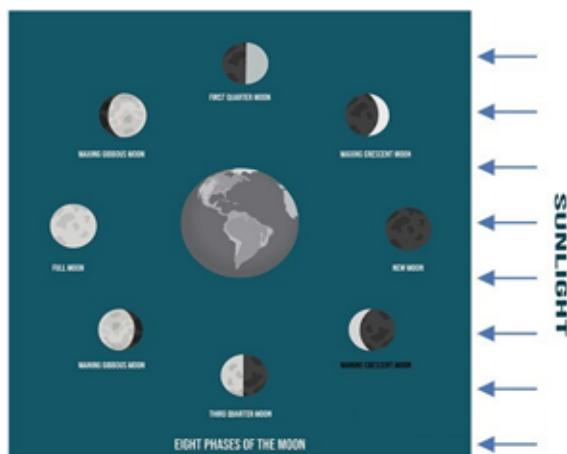
பூமியானது குரியனை ஒரு நீள் வட்ட பாதையில் சுற்றி வருகிறது. அதேபோல் சந்திரன் பூமியை ஒரு நீள் வட்ட பாதையில் சுற்றிக்கொண்டே குரியனையும் சுற்றி வருகிறது. இதனால் சந்திரனில் வளர்பிறை மற்றும் தேய்பிறை உண்டாகிறது. சந்திரனின் தேய்பிறை, வளர்பிறை என்பது குரிய கதிர்கள் சந்திரப் பகுதியின் மீது படுவதால் ஏற்படுவதாகும். எனவே இது முற்றிலும் சந்திரனின் இரவு மற்றும் பகல் ஆகியவற்றை பற்றியது. உதாரணத்துக்கு இங்கே படத்தில் காட்டி உள்ளபடி பூமிக்கும் குரியனுக்கும் இடையே சந்திரன் வரும்பொழுது சந்திரனுடைய இரவுப் பகுதி நமக்குத் தெரிகிறது.

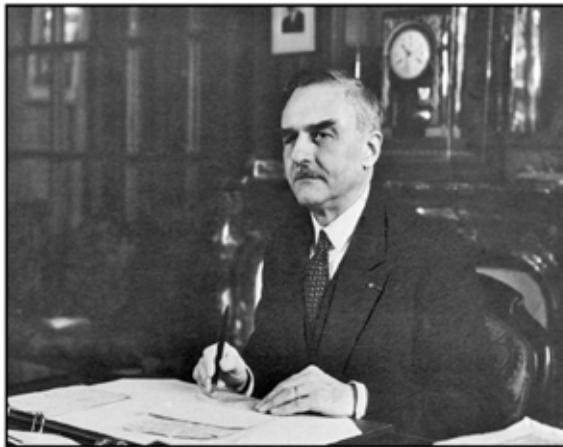
இதனை நாம் அம்மாவாசை என்கிறோம் பிறகு படிப்படியாக சந்திரன் தன்னுடைய நீள்வட்ட பாதையில் பூமியை சுற்றும் பொழுது குரிய ஒளி படக்கூடிய பகுதிகள் அதிகரிப்பதால் சந்திரனின் பகலானது அதிகரித்துக் கொண்டே வருகிறது. இதையே நாம் வளர்பிறை என்கிறோம். இங்கிலையில் குரியனுக்கும் பூமிக்கும் அடுத்தார் போல் சந்திரன் வரும்பொழுது சந்திரன் மீது குரிய ஒளியின் முழு கதிர்களும் விழக்கூடிய சந்திர பகுதியை நாம் பார்க்கிறோம். இதனை நாம் பெளர்ணமிக் என்கிறோம். எனவே வளர்பிறை, தேய்பிறையில் நாம் பார்ப்பது சந்திரனுடைய இரவு மற்றும் பகலையே என்பது குறிப்பிடத்தக்கது.. சந்திரன் தனது நீள் வட்ட பாதையில் பூமியை சுற்றிவர 27.3 நாட்கள் எடுத்துக்கொள்கிறது. எனினும் ஒரு பெளர்ணமிக்கும் மற்றொரு பெளர்ணமிக்கும் இடையிலான நாட்கள் 29.5 நாட்களாக உள்ளது. இது சந்திரன் பூமியோடு சேர்ந்து குரியனை சுற்றி வருவதால் 2.2 நாட்கள் கூடுதலாக எடுத்துக் கொள்கிறது.



#### சந்திர கிரகணம்

குரியனுக்கும் சந்திரனுக்கும் இடையே பூமி உள்ள போது, மூன்றாம் ஒரே நேர்கோட்டில் அமையும் பொழுது சந்திர கிரகணம் ஏற்படுகிறது. அதாவது குரிய ஒளியை மறைக்கின்ற ஒளிபுகாப் பொருளாக பூமி இருப்பதால், பூமியினுடைய நிழலானது சந்திரன் மீது விழுகிறது. இதனை நாம் சந்திர கிரகணம் என்கிறோம். குரியன் மிகப்பெரிய ஒளி மூலமாக இருப்பதால் நிலவின் மீது பூமியின் வளிமண்டலம் வழியாக செல்லக்கூடிய ஒளிக்கதிர்கள் விழுவதால் முழு கிரகணத்தின் பொழுது சந்திரன் சிவப்பு நிறத்தில் காட்சியளிக்கிறது. பூமியின் நிழலை பொறுத்து சந்திர கிரகணங்களை மூன்றாக வகைப்படுத்தலாம். அதாவது பூமியினுடைய கருநிழல் வாயிலே சந்திரன் செல்லும்பொழுது முழு சந்திர கிரகணம் ஏற்படுகிறது. அதேவேளையில் நிழலினுடைய ஒரு பகுதியில் மட்டுமே சந்திரன் செல்லும் போது பகுதி





இயலும். அதைச் சுற்றிலும் நீல நிறத்திலான வளையத்தோடு காணப்படலாம். எனவே சந்திர கிரகணத்தினுடைய தன்மையை நாம் புரிந்து கொள்வதற்கு இந்த டான்ஜோன் அளவு பயன்படுகிறது.

### குரிய கிரகணம்

குரியனுக்கும், பூமிக்கும் இடையே நிலவு வரும்பொழுது குரிய கிரகணம் உருவாகிறது. குரியன் மிகப்பெரிய ஒளி மூலமாக உள்ளதால் சந்திரனின் இருப்பிடத்தைப் பொறுத்து பூமியில் ஏற்படக்கூடிய கிரகணத்தை நாம் வகைப்படுத்தலாம். பூமியிலிருந்து நிலவு அருகில்



Danjon Scale for total lunar eclipses

சந்திர கிரகணம் உண்டாகிறது. புறநிழல் பகுதி வழியே சந்திரன் கடக்கும்போது புறநிழல் சந்திர கிரகணம் ஏற்படுகிறது.

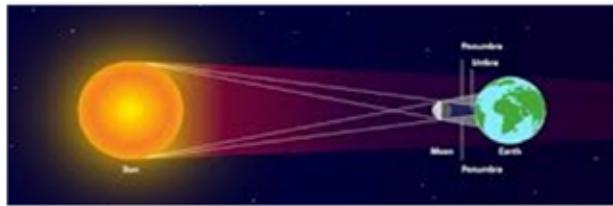
### டான்ஜோன் அளவை

பிரெஞ்சு வானியல் அறிஞர் ஆண்ட்ரே டான்ஜோன் சந்திர கிரகணத்தின் பொழுது சந்திரன் தெரியக்கூடிய இயல்பை பொறுத்து மதிப்புகளை அளித்து சந்திர கிரகணங்களை வகைப்படுத்தினார். இம்மதிப்புகளுக்கு டான்ஜோன் அளவை என்று பெயர். டான்ஜோன் அளவை மதிப்பு பூஜ்ஜியம் எனில் ஏறக்குறைய கண்ணுக்குத் தெரியாத குரிய நிறத்திலான நிலவாக தோற்றமளிக்கும். இம்மதிப்பு ஒன்று எனில் கரிய நிற கிரகணமாக இருந்தாலும் நிலவானது சாம்பல் அல்லது பழுப்பு நிறத்தில் தோற்றமளிக்கும். இதன் மதிப்பு இரண்டு எனில் இரும்பு துரு போன்ற நிறத்தில் மையப் பகுதியையும் அதை சுற்றிலும் வெளிரிய நிற வளையத்தையும் காணலாம். இதன் மதிப்பு மூன்று எனில் செங்கல் சிவப்பு நிற நிலவினையும் அதை சுற்றிலும் மஞ்சள் நிறத்திலான வளையத்தையும் காண முடியும். இதன் மதிப்பு நான்கு எனில் தாமிர ஆரஞ்ச நிறம் கொண்ட நிலவை நம்மால் பார்க்க

இருக்கும் பொழுது அதாவது அண்மை புள்ளியில் உள்ளபோது முழு குரிய கிரகணம் ஏற்படுகிறது. என்னெனில் முழு குரியனையும் சந்திரன் மறைத்துவிடுகிறது. பூமியிலிருந்து சந்திரன் வெகு தொலைவில் உள்ள பொழுது சந்திரனால் குரியனை முழுமையாக மறைக்க இயலாது எனவே வளைய குரிய கிரகணம் ஏற்படுகிறது. இதே நேரத்தில் குரியன் சந்திரன் பூமி ஆனது ஓரே நேர்கோட்டில் அமையும் பொழுது கிரகணம் ஏற்படுகிறது என்று பார்த்தோம். தற்பொழுது பூமி சந்திரனுடைய புறநிழல் பகுதியில் இருக்கும் பொழுது நமக்கு பகுதி குரிய கிரகணம் கிடைக்கிறது. சரி... ஏன் இந்த கிரகணங்கள் ஒவ்வொரு மாதமும் நிகழ்வதில்லை?

### எப்போது கிரகணங்கள் ஏற்படுகிறது

குரியனை கோள்கள் சுற்றக்கூடிய தளத்தினை நாம் கோள்கள் சுற்று தளம் என்கிறோம். பூமியை, சந்திரன் சுற்றக்கூடிய தளமானது இந்த கோள்கள் சுற்று தளத்திலிருந்து ஏறக்குறைய 5.14 டிகிரி கோணம் சாய்வாக இருப்பதால் எல்லா மாதமும் கிரகணங்கள் தோன்றுவதில்லை. ஏனெனில் தளக்கோண வேறுபாட்டினால் சுற்றுவட்ட பாதையில் ஓர் ஆண்டில் இரண்டு



முறை மட்டுமே குரியன் சந்திரன் மற்றும் பூமி ஆகியன் நேர்கோட்டில் அமைகிறது. எனவே இந்த காலங்களில் மட்டுமே கிரகணங்கள் ஏற்படுவதற்கான வாய்ப்புகள் உண்டு. எனவேதான் ஓராண்டில் இரண்டு முறை மட்டுமே குரிய கிரகணமும் சந்திர கிரகணமும் ஏற்படுகின்றன.

### வெள்ளிமறைப்

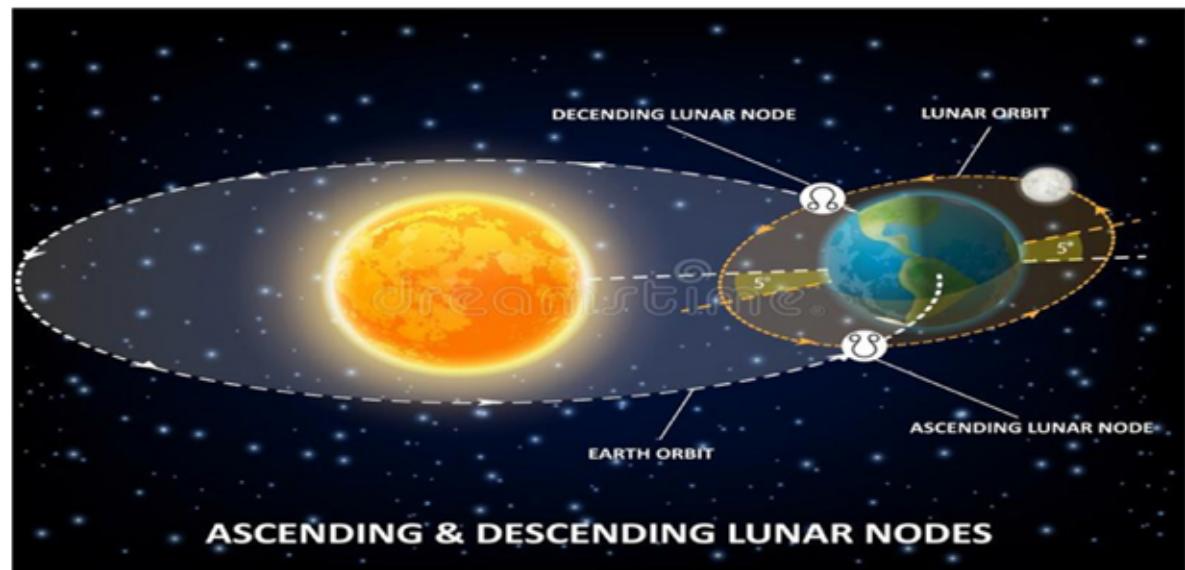
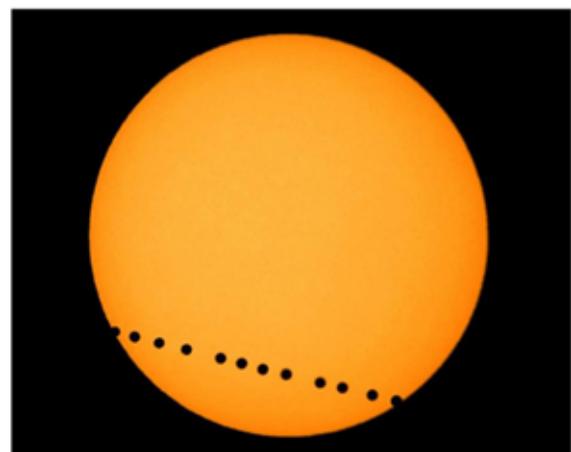
குரியனுக்கும் பூமிக்கும் இடையே உள்ள கோள்களான புதன் மற்றும் வெள்ளி ஆகியன பூமிக்கும் குரியனுக்கும் இடையே நேர்கோட்டில் அமைந்தால், குரியன் மீது நிழல் விழுவது போன்று தோன்றுகிறது. உண்மையில், இது நிழல் இல்லை. அந்த கோள்கள் குரியனை கடந்து செல்வதையே நாம் பார்க்கிறோம். இந்த நிகழ்வினை முறையே புதன் மறைப்பு, வெள்ளி மறைப்பு என்கிறோம். புதன் குரியனுக்கு மிக மிக அருகில் இருப்பதால் இந்த நிகழ்வை காண்பது அரிதலும் அரிதானது. சில நேரங்களில் வெள்ளி மறைப்பினை நம்மால் காண இயலும். .

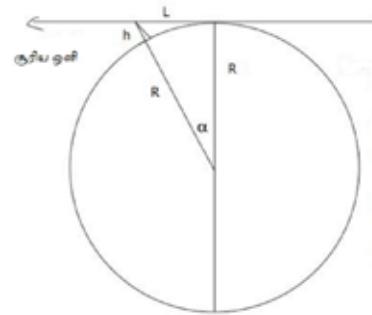
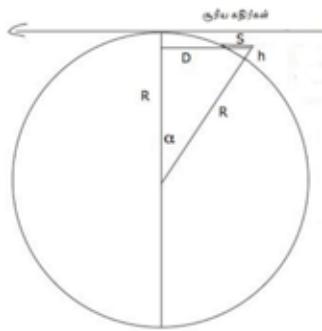
### நிழல் விகிதம்

குரிய வெளிச்சம் நன்றாக இருக்கக்கூடிய பகற்பொழுதில் உயரத்தை கண்டறியக்கூடிய ஒரு கம்பத்தின் அருகில் நின்று கொள்ளவும். ஒரே நேரத்தில் உங்களது நிழலின் நீளத்தையும்

கம்பத்தின் நிழலின் நீளத்தையும் அளந்து குறித்துக் கொள்ளவும். உங்களது உயரத்தை  $h$  எனவும் நிழலின் நீளத்தை  $s$  எனவும் குறித்துக் கொள்வோம். அதேபோல கம்பத்தின் உயரத்தை அளந்து கொள்ளுங்கள் அதை  $H$  என வைத்துக் கொள்வோம். கம்பத்தின் நிழலின் நீளத்தினை  $S$  எனக் குறித்துக் கொள்வோம். தற்போது உயரத்திற்கும் நிழலினுடைய நீளத்திற்கும் இடையே உள்ள தகவினை கண்டறிவோம்.

அதாவது  $h/s$  மற்றும்  $H/S$  கணக்கிட்டால் இரண்டும் சமமாக உள்ளதை காணலாம். அதாவது  $h/s = H/S$  என உள்ளதை காணலாம். எனவே ஒரே நேரத்தில் அளக்கப்பட்ட எந்த ஒரு பொருளினுடைய நீளம் மற்றும் அதன் நிழலின் நீளத்திற்குமான தகவு ஒரே மதிப்பை பெற்றிருப்பதை காணலாம். எனவே ஒரு பொருளின் நீளத்திற்கும் அதன் நிழலின் நீளத்திற்கும் இடையே ஒரு தொடர்பு இருப்பதை இச்செயல்பாட்டின் மூலம் அறியலாம்.

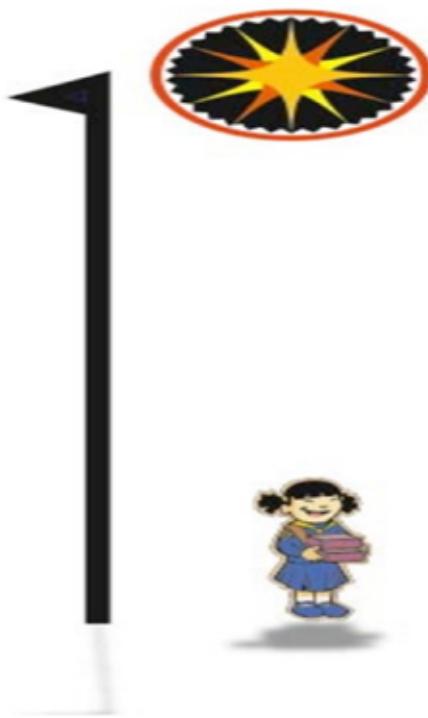




இதிலிருந்து நாம் பல்வேறு மிக முக்கியமான வான் இயற்பியல் கணக்கிடுகளை மேற்கொள்ள முடியும். செய்து பார்க்கலாமா?

#### செயல்பாடு 1. நிலவில் உள்ள மலைகளின் உயரம் காணல்

நிலவின் பகல் நேரத்தில் அதாவது ஒளி நிறைந்த பகுதியில் உள்ள முகடுகள், மலைகளின் உயரத்தினை அளவிட அதன் நிழல் பகுதியை அளவிட்டு கண்டறியலாம். படத்திலிருந்து  $R$  என்பது நிலவின் ஆரம் எனக் கொள்வோம்.  $D$  என்பது பகல் இரவு பிரிகோட்டிலிருந்து மலை அல்லது முகடின் ஒளிர் புள்ளி வரை உள்ள தொலைவு.  $H$  என்பது மலை அல்லது முகடின் உயரம் எனக் கொண்டால்  $S$  என்பது அதன் நிழலின் நீளம் எனக் கொள்வோம்.



இதிலிருந்து ஒத்த முக்கோண விதிப்படி  $H/S = D/R$  எனப்பெறலாம்.

$$\text{எனவே முகடின் உயரம் } H = S \times D / R$$

நிலவின் உண்மையான ஆரம்  $R = 1734$  கிமீ

படத்தில் உள்ள நிலவின் ஆரத்தை செமீ அளப்பதன் மூலம் அளவு கரணியை  $f$  கண்டறியலாம்.

மேலும் பகல் இரவு பிரிகோட்டிலிருந்து மலை அல்லது முகடின் ஒளிர் புள்ளி வரை உள்ள தொலைவு  $d = \dots\dots\dots$  செமீ

$$\text{உண்மையான தொலைவு } D = d \times f \text{ கிமீ}$$

நிழலின் நீளம்  $s = \dots\dots\dots$  செமீ

$$\text{உண்மையான நீளம் } S = s \times f \text{ கிமீ}$$

செயல்பாடு 2 இரவு நேர ஒளிர் புள்ளி காணல்

நிலவின் இரவு பகுதியை உற்றுநோக்கினால் இருள் பகுதியில் சில ஒளிர் புள்ளிகள் இருப்பதை காணலாம். அப்புள்ளிகள் நிலவின் பகல் மற்றும் இரவு பிரிகோட்டிலிருந்து எவ்வளவு தொலைவில் உள்ளது என்பதை  $L$  என குறித்துக்கொள்வோம். நிலவின் ஆரம்  $R$  எனக் குறித்துக்கொள்வோம். நிலவின் பரப்பிலிருந்து முகடின் உயரம்  $h$  எனக்குறித்துக்கொள்வோம்.

இதிலிருந்து ஒத்த முக்கோண விதிப்படி  $h/L = L/(h+R) = L/R$

எனவே முகடின் உயரம்  $h = L \times L/R$   
எனப் பெறலாம்.

(செயல்பாடு 1-ல் மேற்கொண்ட வழிமுறையை பயன்படுத்தி  $L = l \times f$  என கண்டறியலாம் )

மேலும் நிழல் இல்ல தினத்தன்று பூமியின் ஆரத்தையும் அளவிட்டு மகிழலாம் அதற்கான செயல்பாட்டுத்தாள் பின்னினைப்பில் தரப்பட்டுள்ளது.

# விண்மீன் கூட்டங்கள்



இரு வானில் அனைவரின் கணக்களையும் கவர்ந்து இழுக்கும் வண்ணம் பல விண்மீன்கள் பிரகாசமாய் மின்னி மின்னி ஜோலிக்கின்றன. அவற்றில் சில சூரியனை விட மிகப்பெரிய நட்சத்திரங்களாகும். சில சூரிய அளவிலான நடுத்தர நட்சத்திரங்களாகும். சில சூரியனை விட சிறிய நட்சத்திரங்களாகவும், சில இரட்டை நட்சத்திரங்களாகவும் காணப்படுகின்றன. மேலும் வானில் உள்ள விண்மீன்கள் அதன் வகை, இருப்பு, ஒளி அளவு ஆகியவற்றை பொறுத்து வெவ்வேறு அளவிலான வெளிச்சத்தையும் வெளியிடுவதால் சில விண்மீன்கள் தெளிவாகவும், சில விண்மீன்கள் மங்களாகவும் தெரிகின்றன.

இருவானில் வாரி தெளித்தது போல உள்ள விண்மீன்களை இணைத்து புள்ளிகளை வைத்து போடப்படும் கோலங்கள் போல உருவாக்கப்படும் கற்பனை உருவங்களே விண்மீன் கூட்டங்கள் ஆகும்.

## வன் எனும் வழிகாடு

இரு வானை நோக்குவது என்பது மனிதன் தோன்றிய காலம்தொட்டே நடந்திருந்தாலும் கூட அதை தனக்கு துணையாக பயன்படுத்தும் போக்கு மனிதன் ஓர் இடத்தில் தங்கி வாழ ஆரம்பித்த போது ஏற்பட்டிருக்க வேண்டும். சிலர் இருவானை நோக்கிவானில் உள்ள பிரகாசமான விண்மீன்களை அடையாளம் கண்டு தொகுத்து திசையறிதல், பருவகாலத்தை கணித்தல் போன்ற முயற்சிகளை மேற்கொண்டதன் விளைவாக தனது இருப்பிடத்திற்கு திரும்ப, விவசாயம் மேற்கொள்ள, பாலைவன பிரதேசங்களை கடக்க, கடற் பயணங்கள் மேற்கொள்ள என பல்வேறு தேவைகளுக்கு வானையும் வான்பொருட்களையும் மனிதர்கள் பயன்படுத்தினார்கள்.

மனிதன் தனது இயல்பான செயல்களை செய்ய பயன்படக்கூடிய விண்மீன்களை அடையாளம் காண ஏதுவாக அருகில் உள்ள விண்மீன்களை கொண்டு சில கற்பனை உருவங்களை தங்களுக்கு தெரிந்த உருவங்களாக

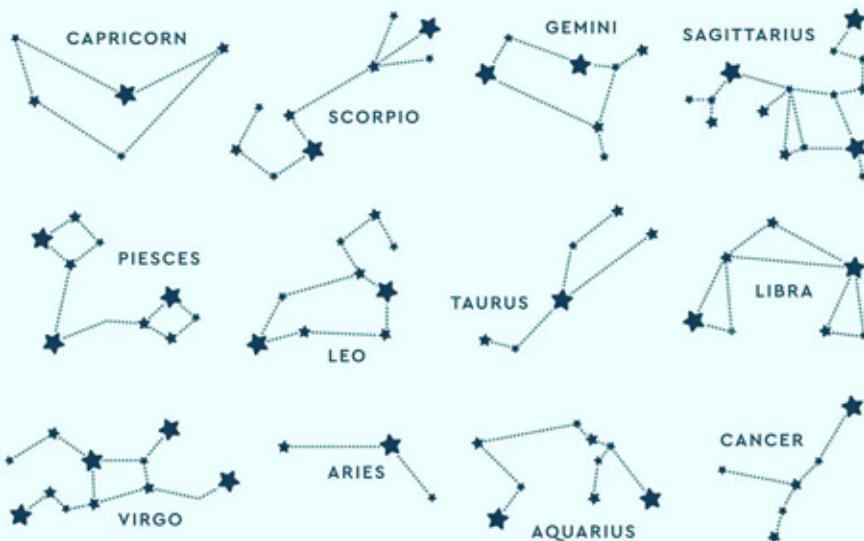
விலங்குகள் (காளை - ரிஷபம், ஆடு - மேஸம், சிங்கம் - சிம்மம்) பொருட்கள் (துலாம், தனுகு), புராண (ஹேருக்குலில்) நாயகர்களாக உருவகித்து கொண்டனர்.

பல பண்டைய நகரிகங்களிலும் விண்மீன் கூட்டங்கள் குறித்த குறிப்புகள் உள்ளன. இரண்டாம் நூற்றாண்டை சேர்ந்த கிரேக்க அறிவியலாளர் தாலமி வரைந்த 48 விண்மீன் கூட்டங்களை கொண்டு பெறப்பட்டதுதான், இன்று நாம் அறிந்திருக்கும் விண்மீன் கூட்டங்களாகும். மேலும் பல விண்மீன் கூட்டங்களையும் சேர்த்து சர்வதேச வானியல் சங்கம் (INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION) இருவானை 88 விண்மீன் கூட்டங்களாக பகுத்து பிரித்துள்ளது. இவற்றில் சூரிய வெப்பதையில் உள்ள 12 விண்மீன் கூட்டங்களை ராசிகள் என கறுகிறோம்.

## வான்நோக்குதல்

இரு வானை விண்மீன் கூட்டங்களாக பகுத்திருப்பதால் விண்மீன்களை எளிதில் அடையாளம் காணலாம். மேலும் விண்மீன்களும், விண்மீன் கூட்டங்களும் ஒரு குறிப்பிட்ட நாளில் குறிப்பிட்ட நேரத்தில் வானில் இருக்கும் இடம் கண்டறியலாம். ஒரு கூட்டத்தில் உள்ள நெபுலாக்கள், திரள்கள் போன்ற பல்வேறு வான்பொருட்களின் இருப்பிடங்களை கண்டறிந்து தொலைநோக்கி போன்ற கருவிகளின் உதவியுடன் பார்க்க, ஆய்வு மேற்கொள்ள முடிகிறது.

இப்புவியின் வான் பகுதியை வட, தென் அரைக்கோளம் என இரண்டாக பிரிக்கலாம். வானை ஒருமுறை கவனமாக பார்த்தால் சில விண்மீன் கூட்டங்களை எளிதாக அடையாளம் காணலாம்.. வேட்டைக்காரன், பெருங்கலப்பை மண்டலம், சிம்மம், விருட்சகம் என சில எளிதில் அடையாளம் காணக்கூடிய விண்மீன் கூட்டங்களை கொண்டு இரு வானை நோக்க ஆரம்பிக்கலாம்.



வின்மீன்களை பார்க்க ஆரம்பிக்கும் முன் திசைகளை தெளிவுபடுத்தி வானத்தில் தொடுவானிலிருந்தோ அல்லது உச்சி வானிலிருந்தோ இவ்வளவு பாகையில் இருக்கிறது என கணித்து பார்க்க துவங்கலாம்.

### வட அரைக்கோள் வின்மீன் கவ்ப்பங்கள்

பூமியின் வட அரைக்கோளத்தில் அதாவது பூமத்திய ரேகைக்கு வடக்கே உள்ள வான் பகுதியில் உள்ள வின்மீன்கூட்டங்களே வட அரைக்கோள் வின்மீன் கூட்டங்கள் ஆகும். இதில் எளிதாக அடையாளம் காணக்கூடிய சில வின்மீன் கூட்டங்கள் பெருங்கலப்பை அல்லது சப்த ரிஷி மண்டலம், அந்ட்ரோமிடா, வேட்டைக்காரன், கசியோப்பிய, பெர்சியஸ், ஹெர்குலிஸ், பேக்சிஸ், சிம்மம், அவரிகா

### தென் அரைக்கோள் வின்மீன் கவ்பங்கள்

பூமியின் தென் அரைக்கோளத்தில் அதாவது பூமத்திய ரேகைக்கு தெற்கே உள்ள வான் பகுதியில் உள்ள வின்மீன்கூட்டங்களே தென் அரைக்கோள் வின்மீன் கூட்டங்கள் ஆகும். இதில் எளிதாக அடையாளம் காணக்கூடிய சில வின்மீன் கூட்டங்கள் கானிஸ்மேஜர், விருட்சகம், திரிசங்கு (southern cross), கன்னி, துலாம், மகரம், குழப்பம்.

### பெருங்கலப்பை மண்டலம்

வட திசையில் தெளிவாக காணப்படும் வின்மீன் கூட்டம் பெருங்கலப்பை மண்டலம் ஆகும். இதன் அகப்பை போன்ற வடிவத்தில் உள்ள ஏழு முக்கிய வின்மீன்களில் கைபிடி போன்ற பகுதியில் உள்ள கடைசி இரண்டு



வின்மீன் களை இணைப்பது போல கோடிட்டால் ஸ்வாதி வின்மீனையும், கடைசி இரண்டு வின்மீன்களை நீட்டுவதன் மூலம் வடக்கு அடிவானிலிருந்து சற்றேறக்குறைய 8 டிகிரி கோணத்தில் உள்ள துருவ வின்மீனையும் கண்டறியலாம்.

### வெட்டைக்காரன் [ஞரியான்]

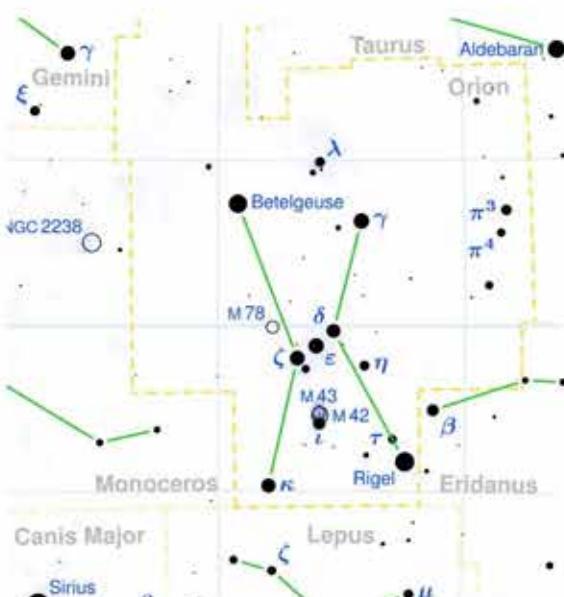
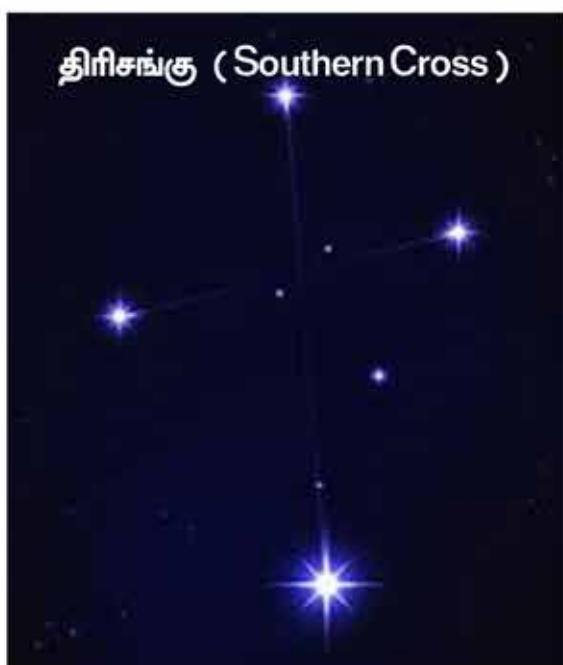
ஏழு பிரகாசமான வின்மீனும் கொஞ்சம் மங்கிய சில வின்மீன்களும் சேர்ந்தது இந்த வெட்டைக்காரன் மண்டலம். இடுப்பு பட்டை மற்றும் வானுடன் கூடிய வெட்டைக்காரனைப் போல உள்ளது இம்மண்டலம். வலது தோள் பகுதியில் உள்ள வின்மீன் திருவாதிரை, இடது தோள் பகுதியில் உள்ள வின்மீன் பெல்லாதிரக்கல், இரண்டு தோள்களுக்கு இடையேயுள்ள மங்கிய மூன்று வின்மீன்கள் மிருகசிரிஷம், இடது காலில் இருப்பது ரைகல் வின்மீன் ஆகும். மேலும் இடுப்பு பட்டிக்கு கீழ்ப்பகுதியில் வாளின் மீதுள்ள சற்று பிரகாசமான புன்னி



### வேட்டைக்காரன் (ஸ்ரியான்)



### திரிசங்கு (Southern Cross)



### விருட்சம்



ஸ்ரியான் நெபுலாவாகும். இடுப்பு பட்டியில் உள்ள மூன்று விண்மீன்களை இணைத்து வைது புறம் நீட்டினால் வானில் மிகவும் பிரகாசமாக தெரியக்கூடிய கானில் மேஜர் விண்மீன் கூட்டத்தை சேர்ந்த ருத்ரன் (ஸ்ரியஸ்) விண்மீனை காணலாம். இடது புறம் நீட்டினால் ரோகினி மற்றும் கார்த்திகை கூட்டங்களையும் காணலாம்.

இங்கு சில விண்மீன் கூட்டங்களை கொண்டு வான்நோக்குதல் குறித்து விவகூதித்திருக்கிறோம். ஆண்டின் எல்லா மாதங்களிலும் தொடர்ச்சியாக வான் நோக்குதல் மேற்கொள்வதன் மூலம் இன்னும் பல விண்மீன் கூட்டங்களையும் கண்டறிந்து பார்க்கும் திறனை பெறலாம்.

# விண்மீன்களின் தோற்றமும் மறைவும்

சூரியன்  
வருவது யாராலே  
சந்திரன் தெரிவது எவராலே  
காரிஞர் வானில் மின்மினிபோல்  
கண்ணில் படுவன அவை என்ன ?

என்ற பாடலை நாம் சிறுவயதில் பள்ளியில் பாடியது நினைவிருக்கலாம் . ஆனால் என்றாவது அதை நினைத்து பார்த்திருக்கிறோமா? சூரியன் என்பது என்ன ? இரவில் கண்சிமிட்டும் விண்மீன்கள் எதனால் ஆனவை ? . வாருங்கள் விண்மீன்களின் உலகத்தில் ஒரு உலா செல்லலாம்.

**விண்மீன்கள் என்றால் என்ன ?**

விண்மீன்கள் அல்லது நட்சத்திரங்கள் குடான வாயுவினால் ஆனா மாபெரும் பந்துகளாகும். இவைகள் பெரும்பாலும் ஹெஹ்ரஜன், ஹீலியம் மற்றும் சிறிய அளவு இதர தனிமங்களால் நிறைந்திருக்கும். மனிதர்களைப் போலவே விண்மீன்களும் நிரந்தரமாக வாழ்வதில்லை. நுழைப்போல், அவைகளும் பிறக்கின்றன, வளர்கின்றன இறுதியில் வயதாகும்போது இறக்கின்றன. அறிவியல் அறிஞர்கள் இந்த நிகழ்வை விண்மீன்களின் பரிணாமம் என்று அழைக்கின்றனர். இந்த வகுப்பில் விண்மீன்கள் எவ்வாறு பிறக்கின்றன, அவை எவ்வாறு வளர்கின்றன, அவை எவ்வாறு இறக்கின்றன என்பதைக் தெரிந்துகொள்வீர்கள் மேலும் சூரியகுடும்பத்தின் தோற்றுத்தில் விண்மீன்களின் பங்களிப்பு மற்றும் மனித உடம்பில் உள்ள தனிமங்கள் விண்மீன்களின் கொடை என்பதையும் உணர்வீர்கள்.

**விண்மீன்களின் பிறப்பு.**

விண்மீன்கள் நெபுலா எனப்படும் குளிர்ந்த நிலையிலுள்ள மெதுவாக சுமலும் வாயு மற்றும் தூசி ஆகியவற்றால் ஆனா மேகங்களில் பிறக்கின்றன. இந்த மேகங்கள் மிகப் பெரியவை, அவை சூரியனை விட 100 ஆயிரம் முதல் 2 மில்லியன் மடங்கு வரை பெரியவை அவற்றின் விட்டம் தோராயமாக 50 முதல் 300 ஓனி ஆண்டுகள் வரை இருக்கும். உதாரணம். ஓரியன் விண்மீன் தொகுப்பில் உள்ள ஓரியன் நெபுலா. இந்த மேகங்கள் மிகவும் பெரியவை, அவற்றில் ஏற்படும் இடையூறுகளால் செய்யப்பட்டால் அவை அவற்றின் சொந்த சர்ப்பு விசையின் கீழ் சரிந்துவிடும். காலப்போக்கில் இந்த மேகங்கள் சுருங்கி, அடர்த்தியாகி, மெதுவாக வெப்பமடைகின்றன.

மையத்தில் ஒரு புரோட்டோஸ்டார்-அரும்ப கட்ட விண்மீன் -உருவாகிறது. புரோட்டோஸ்டார் என்பது ஒரு அடர்த்தியான வாயு பந்து ஆகும். இது அனுங்கர வினையை தொடங்குவதற்கு தேவையான வெப்பநிலை மையத்தில் இன்னும் உருவாகவில்லை. இந்த நிலை சுமார் 50 மில்லியன் ஆண்டுகள் நீடிக்கும். சர்ப்பு சரிவு தொடரும்போது, புரோட்டோஸ்டாரின் நிறை மேலும் அதிகரிக்கிறது, அதன் தொடர்ச்சியாக அழுத்தம் மற்றும் வெப்பநிலை அதிகரிக்கிறது. புரோட்டோஸ்டார் வெப்பநிலை 10 மில்லியன் டிகிரி செல்சியஸை எட்டும் அளவுக்குப் போகியாக இருந்தால் அனுங்கர இணைவு உண்டாகும். இந்தநிலையை எட்டும்போது புரோட்டோஸ்டார் விண்மீன் எனும் நிலையை அடைகிறது. தொடக்கத்தில் விண்மீனில் உள்ள ஹெஹ்ரஜன் அனுங்கர இணைவு மூலம் ஹீலியமாக மாற்றப்படுகிறது. ஹெஹ்ரஜனை ஹீலியமாக மாற்றும் விண்மீன் முதன்மை தொடர் வரிசை விண்மீன் என்று அழைக்கப்படுகிறது. நமது சூரியன் ஒரு முதன்மை தொடர் வரிசை விண்மீன் வகையை சார்ந்ததாகும்.

## சிவப்பு அரக்கன்

விண்மீனின் மையத்தில் உள்ள ஹெட்ரஜன் குறையும் போது, அதன் மையப்பகுதி சுருங்கி வெப்பமண்டிறது.இதனால் வெளிப்புறபகுதியில் ஒரு வளிமண்டலம் உண்டாகிறது.பெரும்பாலும் இந்த வளிமண்டலம் ஹெட்ரஜனால் ஆனது, வெப்பநிலை வேறுபாட்டால் இது விரிவடையத் தொடங்குகிறது. இதனால் விண்மீன் பெரிதாகவும் பிரகாசமாகவும் மாறும் ஆனால் அதன் மேற்பரப்பு குளிர்ச்சியடைகிறது வெப்பநிலை குறைகிறது.இதன் விளைவாக அது சிவப்பு நிறத்தில் ஓளிரும். அளவில் பெரிதாகவும் சிகப்பு நிறத்தில் உள்ள இந்தவிண்மீன் சிவப்பு அரக்கன் என்று அழைக்கப்படும். நமக்கு நன்கு பரிட்சயமான திருவாதிரை விண்மீன் ஒரு சிவப்பு அரக்கன் வகையை சார்ந்ததாகும்.

சிவப்பு அரக்கன் கட்டத்தைத் தொடர்ந்து, ஒரு விண்மீன் நிலையற்றதாகி விடுகிறது அதாவது, விண்மீன் விரிவடைந்து சுருங்குகிறது.இந்திகழவு திரும்ப திரும்ப பலதடவை நடப்பதினால் அந்த விண்மீன் அதன் வாழ்க்கையின் இறுதிக் கட்டத்தில் நுழைகிறது.

## வெள்ளை குள்ளர்

ஒரு சிகப்பு அரக்கன் விண்மீனின் இறுதிக் கட்டத்தில், வெளிப்புற அடுக்குகள் அதன் மையப் பகுதியிலிருந்து பிரிந்து மெதுவாக விண்வெளியில் வீசப்படுகிறது. வெளிப்புற அடுக்குகளில் உள்ள மிச்ச மீதி வாழுக்கள் வெளியேற்றப்படும்போது, மிச்சமுன்ன வெளிப்புற அடுக்குகளை கொண்டு ஒரு விரிவடையும் கூட்டினை விண்மீன் உருவாக்குகிறது. இந்த நிலையில் விண்மீனில் உட்கருவில் உள்ள ஏரிபொருள் முழுவதுமாக தீர்ந்துவிடும். இது நிகழும்போது விண்மீன் முழுவதுமாக இறக்கத் தொடங்குகிறது. ஈப்பு விசையால் விண்மீன் உள்நோக்கி சரிந்து, நம்பமுடியாத அளவிற்கு சிறியதாகவும் (ஏற்குறைய பூமியின் அளவு) அடர்த்தி மிகுந்ததாகவும் மாறிவிடுகிறது. இது வெள்ளை குள்ளர் விண்மீன் என்று அழைக்கப்படுகிறது.

வெள்ளைக் குள்ளர்கள் சிறிய அளவில் இருப்பதாலும், அவை மிகவும் சூடாக இருப்பதால், வெள்ளை நிற ஓளியுடன் ஜோலிப்பதாலும் இந்தப் பெயரைப் பெற்றுள்ளன. வெள்ளைக் குள்ளர்கள் அனுக்கரு இணைவு மூலம் ஆற்றலை உற்பத்தி செய்வதில்லை. அப்படி இருந்தும் அவை ஏன் மிகவும் சூடாக இருக்கின்றன. விண்மீன்களின் மையப் பகுதிகள் அவற்றின் மேற்பரப்பை

விட அதிக வெப்பமானவை. மேலும் ஒரு விண்மீனின் (சிகப்பு அரக்கன்), மீதமுள்ள மையப் பகுதிகளிலிருந்து வெள்ளைக் குள்ளர் உருவானதால் ஓளி மற்றும் வெப்ப வடிவில் ஆற்றல் விண்வெளியில் வெளியிடுகின்றன. நமது குரியன் மற்றும் அதனை போன்ற நிறை கொண்ட விண்மீன்கள் இறுதியில் வெள்ளை குள்ளர்களாக மாறிவிடுகின்றன.

## சுப்ரமணிய சந்திரசேகர் எல்லை

இதுவரை நமது குரியனைப் போன்ற நிறை கொண்ட விண்மீன்களை இறுதி நிலையை பார்த்தோம். ஆனால், இன்னும் குரியனை பெரிய நடச்திரங்கள் எப்படி இருக்கும்? இது 1930 காலகட்டங்களில், வான்மீயற்பியலில் மிகப்பெரிய கேள்வியாக இருந்தது. இந்தியாவில் பிறந்த சுப்ரமணிய சந்திரசேகர் இந்த சிக்கலை தீர்த்தார்.

குரியனின்நிறையை விட எட்டு மடங்கு அதிகமான கொண்டவிண்மீன்கள் தங்கள் வாழ்க்கையை அற்புதமாக முடித்துக் கொள்கின்றன. அவற்றின் மையத்தில் உள்ள ஹெட்ரஜன் தீர்ந்துவிட்டால், அவை சிவப்பு அரக்கரை விட பெரிய சிவப்பு குப்பர்ஜெயன்ட்களாக விங்கி விடுகின்றன.

ஒரு சிவப்பு குப்பர்ஜெயன்ட் அதன் மையப்பகுதி இரும்பினால் நிரப்பப்படும் வரை அனுக்கரு இணைவு (கனமான அனுக்கள்) நடந்துகொண்டே இருக்கும். இறுதி கட்டத்தில், அனுக்கரு இணைவு நின்று விடுவதினால் விண்மீன் அதன் சொந்த ஈர்ப்பு விசையினால் வேகமாக உள்நோக்கி சரிகிறது. விண்மீனின் இடிந்து விழும் வெளிப்புற அடுக்குகள் சிறிய மையத்தை மிக அதிக விசையுடன் மீண்டும் மீண்டும் தாக்கி எழுகின்றன. இந்த நிகழ்வு குப்பர்நோவா வெடிப்பு எனப்படும்.

ஒரு சில வாரம் முதல் பல மாதம் வரை நிடிக்கும் இந்த குப்பர்நோவா நிகழ்வு, விண்மீன் மண்டலத்தில் உள்ள மற்ற அனைத்து நடச்திரங்களையும் மிஞ்சும் அளவிற்கு பிரகாசமாக இருக்கும். இருப்பினும், அவை காலப்போக்கில் விரைவாக மங்கிலிடும். அப்படி மாறும் போது ஒன்று அதுநியுட்ரான் விண்மீனாக மாறும் அல்லது கருந்துவளையாக மாறும். இது எப்படி நடக்கும் என்பதுதான் சுப்ரமணிய சந்திரசேகர் செய்த ஆய்வு. இதனை சந்திரசேகர் எல்லை என்று அறிவியல் உலகம் அழைக்கிறது. இதற்காகத்தான் இயற்பியலுக்கான நோபல் பரிசு சந்திரசேகர் அவர்களுக்கு வழங்கப்பட்டது.

# கருந்துளை



**கருந்துளை** என்றால் என்ன? எனிதாகச் சொல்வோம் எனில் ஒரு விண்மீனின் கடைசிக்கட்ட நிலைதான் கருந்துளையாகும். விண்மீன்களிலிருந்து ஒளி வெளிவருவதால்தான் அதை வெறும் கண்களாலோ அல்லது தொலைநோக்கியாலோ பார்க்க முடிகிறது. ஆனால் கருந்துளையின் ஈர்ப்புவிசை மிக மிக அதிகமாக இருப்பதால் ஒளி கூட அதில் இருந்து வெளியில் வரமுடியாது. எனவேதான் கருந்துளையை பார்க்கவோ அதன் தன்மையை விளக்கவோ முடிவதில்லை.

கருந்துளை என்ற கருத்து இன்று நேற்று உருவானதல்ல. கிட்டத்தட்ட 1790 கனிலேயேஜான் மிட்செல் (John Mitchell), ஸாப்லாஸ் (Laplace) என்ற இரு இயற்பியல் அறிஞர்களும் நியூட்டனின் கோட்பாட்டை பயன்படுத்தி ஒரு விண்மீன் மிக மிக அதிக நிறை

கொண்டதாக இருந்தால் ஒளி கூட அதில் இருந்து வெளியேவரமுடியாது என்று கணித்தனர். அதை அவர்கள் கருப்பு விண்மீன்கள் (*dark stars*) என்றழைத்தனர். ஆனால் அக்காலக்கட்டத்தில் வானவியல் துறையோ, தொழில்நுட்பத் துறையோ இன்றைக்கு வளர்ந்துள்ளது போல்

பெரிதாக வளரவில்லை மேலும் அப்போது ஒனியின் வேகமும்

கணக்கிடப்படவில்லை, எனவே அவர்களின் கருத்து பெரிதாக கண்டுகொள்ளப்படவில்லை.

## ஸ்ர்பு விசை - கால வெளி வளைவு:

கிட்டத்தட்ட ஒரு நூற்றாண்டுக்குப்பிறகு ஆல்பர்ட் ஜூன்ஸ்மன் 1905 ஆம் ஆண்டு சிறப்புச் (*Special theory of relativity*). 1915 ஆம் ஆண்டு பொதுச்சார்பியல் கோட்பாட்டையும் (*General theory of relativity*) வெளியிட்டார். இந்த இரண்டு கோட்பாடுகளும் அது வரை காலம் மற்றும் வெளி பற்றி நாம் கொண்டிருந்த புரிதல்களை அடியோடு மாற்றி அமைத்தது.

நியூட்டன் கோட்பாட்டின்படி காலமும், வெளியும் தனித்தனியானவை, ஒன்றை ஒன்று சார்ந்ததல்ல. ஆனால் சிறப்புச் சார்பியல் கோட்பாட்டின்படி காலமும் வெளியும் ஒன்றை ஒன்று சார்ந்தது. காலம் (*time*) மற்றும் வெளி (*space*) என்று தனித்தனியாக பார்க்காமல் கால-வெளி அல்லது வெளி-காலம் (*space-time*) என்றே இணைத்துப் புரிந்து கொள்ளவேண்டும் என்றும் கூறுகிறது.

பொதுச்சார்பியல் கோட்பாடோ இன்னும் ஒரு படி மேலே சென்று ஈர்ப்பு விசை என்ற ஒன்றே இல்லை. நிறையானது தன்னைச் சுற்றி உள்ள வெளியை வளைக்கிறது. காலத்தை மெதுவாக ஓட வைக்கிறது எனக் கூறுகிறது. இதைத்தான் நாம் காலவெளி வளைவு (*space-time curvature*) என்றழைக்கிறோம். விசை என்பது வெளியிலிருந்து கொடுக்கப்படுவதல்ல. மாறாக அது காலவெளி வளைவு என்ற இருத்தலியல் பண்பே (*existential property*) என ஐன்ஸ்மன் கூறினார். உண்மையில் மனித மூளையில் தோன்றிய ஆகச்சிறந்த அறிவியல் கருத்து இது என்று கூறலாம். இந்தக் கால வெளி வளைவுதான் நமக்கு ஈர்ப்பு விசை போல் தோன்றுகிறது.

எனிதாக சொல்ல வேண்டுமானால் குரியன் தன்னை சுற்றியுள்ள வெளியை வளைக்கிறது. காலத்தை கொஞ்சம் மெதுவாக ஓட வைக்கிறது. குரியனைச் சுற்றி உள்ள வெளியானது வளைந்துள்ளதால் கோள்கள் நீள்வட்டப்பாதையில் செல்கிறது. நாம் பார்க்கும்போது குரியன் கோள்களின் மீது விசை செலுத்துவது போல் தெரிகிறது. இப்படித்தான் ஒவ்வொரு பொருளும் தனது நிறைக்கேற்ப தன்னைச் சுற்றி உள்ள காலவெளியை வளைக்கிறது. இந்த பொதுச்சார்பியல் கோட்பாடு கோள்களின் இயக்கத்தை, விண்மீன்களின் இயக்கத்தை நியூட்டனின் ஈர்ப்பு விசைக் கோட்பாட்டை விடத் துல்லியமாக விளக்குகிறது. பொதுச்சார்பியல் கோட்பாடு வெளியிடப்பட்டதும் மிக அதிகநிறை கொண்ட விண்மீன்களைச் சுற்றி காலவெளி வளைவு எப்படி இருக்கும் என்று இயற்பியல் அறிஞர்கள் கோட்பாட்டு ரீதியாக ஆராய்த்தொடங்கினர். ஜேர்மன் நாட்டைச் சேர்ந்த வானவியல் அறிஞர் கார்ல் ஸ்வார்சைல்ட் (*Karl Schwarzschild*) முதன்முதலில் (பொதுச்சார்பியல் கோட்பாடு வெளியிடப்பட்ட சிலமாதங்களிலேயே) பொதுச்சார்பியல் கோட்பாட்டில் கொடுக்கப்பட்ட ஐன்ஸ்மன் சமன்பாடுகளை பயன்படுத்தி தற்கழற்சி இல்லாத (*No spinning*), கோளச் சீர்மையுள்ள (*Spherically symmetric*) விண்மீன்களைச் சுற்றி கால வெளி வளைவு எப்படி இருக்கும் என்று கணக்கிட்டார். (கோளச் சீர்மை என்பது ஒரு கோளத்தின் மையத்தில் நின்று பார்த்தால் அதன் எல்லா பகுதியும் ஒரே மாதிரி இருக்கவேண்டும் அல்லது ஒரே மாதிரி நிறை பரவல் (*mass distribution*) இருக்க வேண்டும்) அவரது கணக்கியல் தீர்வு “ஸ்வார்சைல்ட் சமன்பாடு அல்லது மெட்ரிக் என அழைக்கப்படுகிறது. இச் சமன்பாடு

குறிப்பாக ஒளியின் வளைவு (*Bending of light*), புதன் கோளின் சுற்றுப்பாதை என பல நிகழ்வுகளை விளக்கினாலும் ஒரு சிக்கல் இருந்தது ஓர்மைநிலை (*Singularity*):

ஒரு விண்மீனின் மையப்புள்ளி ( $r = 0$ ) மற்றும் மையத்தில் இருந்து குறிப்பிட்ட தொலைவில் உள்ள புள்ளினை இருபுள்ளிகளில் ஸ்வார்சைல்ட் சமன்பாட்டின் மதிப்பு முடிவிலியாக (*infinity*) மாறுகிறது. (இங்கு  $r$  தொலைவு (விண்மீன் மையத்திலிருந்து).  $G = \text{ஈர்ப்பியல் மாறிலி}$ ,  $M = \text{விண்மீனின் நிறை}$ .  $c = \text{ஒளியின் வேகம்}$ ) இப்படி முடிவிலி வரும் புள்ளிகளை கணிதத்தில் ஓர்மைநிலைப்புள்ளி (*Singular point*) அல்லது ஓர்மைநிலை (*Singularity*) என்பர். அதன்படி இங்கு விண்மீனின் மையப்புள்ளி மற்றும் =என்ற தொலைவும் ஓர்மைநிலைப்புள்ளிகள் ஆகும். ஏன் இந்த இரு தொலைவுகளும் ஓர்மைநிலையை அடைகின்றன?

## 2GM/C

விண்மீனின் மையப்புள்ளியில் ( $r = 0$ ) முடிவிலி வருவது என்பது எதிர்பார்த்ததுதான். ஏனென்றால் நியூட்டன் ஈர்ப்பு விசைச் சமன்பாட்டிலேயே விண்மீனின் மையப்புள்ளி முடிவிலி மதிப்பை கொண்டிருக்கிறது. எனவே மையப்புள்ளி ( $r = 0$ ) என்பது உண்மையான ஓர்மைநிலைப்புள்ளிதான். அதாவது அப்புள்ளியில் பொதுச்சார்பியல் கோட்பாடும் செல்லாததாகி விடும் ஆனால் என்ற தொலைவுக்கும் முடிவிலி மதிப்பு ஏன் வருகிறது? இதன் இயற்பியல் விளக்கம் என்ன? என்று பலரும் குழம்பினர். இதில் இன்னொரு கொடுமை என்னவென்றால் ஸ்வார்சைல்ட் அவரின் சமன்பாடுகளை வெளியிட்ட சிலமாதங்களிலேயே இறந்துபோய் விட்டார்.

பிறகு வந்த ஆராய்ச்சியாளர்கள் விண்மீனின் 60 என்ற தொலைவை பிரதியிட்டால், வரும் முடிவிலி கணிதவியல் ரீதியில் மட்டுமே சாத்தியமான ஒன்று. நடைமுறையில் அதற்கு பெரிதாக முக்கியத்துவம் இல்லை என்றும் கருதி வந்தார்கள்

இந்நேரத்தில் குவாண்டம் இயற்பியலும் அனுக்கரு இயற்பியலும் வளர்ந்ததால், இந்தக் கோட்பாடுகளைப் பயன்படுத்தி இயற்பியல் அறிஞர்கள் விண்மீன்களின் தோற்றும், அதன் வாழ்க்கைச் சூழ்சி, அதன் கடைசிக்காலம் பற்றி ஆராய்த்தொடங்கினர்.

### விண்மீனின் வாழ்க்கை:

அனுக்கரு இயற்பியல் விண்மீன் எப்படி

இவ்வளவு காலம் பிரகாசித்துக்கொண்டே இருக்கிறது என்ற ரொம்பநாள் குழப்பத்துக்கான விடையை அளித்தது. அதன்படி ஒரு

விண்மீனுக்குன் நடக்கும் வெப்ப அணுக்கரு இணைவு விணைதான் (*Nuclear fusion reaction*) இந்த பிரகாசிப்புக்கான காரணம். இந்த விணையால் லேசாள் தனிமங்கள்

ஒன்றிணைந்து கனமான தனிமங்களாக மாறுகிறது. அதே நேரத்தில் கணக்கிலவும் கா

வெப்பத்தையும் கதிர்வீச்சையும் வெளியிடுகிறது. இந்த அணுக்கரு இணைவு விணையால் உருவாகும் வெளிநோக்கிய அழுத்தம் விண்மீன்களின் நிறையால் ஏற்படும் உள்நோக்கிய ஸர்ப்பு விசையை

### **நமது குரியன் இந்தக் கட்டத்தில் தான் இருக்கிறது.**

தற்போது குரியனுக்குள் இருக்கும் வைட்ரஜன் அணுக்கள் இணைந்து ஹெலியம் அணுக்களாக மாறிக்கொண்டே இருக்கிறது. இதனால் உருவாகும் வெப்பத்தாலும் கதிர்வீச்சாலும் உருவாகும் வெளி நோக்கிய விசை, குரியனின் நிறையால் உருவாகும் உள் நோக்கிய ஸர்ப்பு விசையை சமன் செய்கிறது. ஒரு விண்மீனில் உள்ள நிறை முதலில் வைட்ரஜனிலிருந்து ஹெலியமாக, பிறகு ஹெலியத்திலிருந்து பெரிலியமாக, பிறகு கார்பன் என அடுத்தடுத்து கனமான தனிமங்களாக மாறிக்கொண்டேயிருக்கும். இது பல பில்லியன் வருடங்கள் தொடர்ந்து நடக்கும்.

விண்மீனில் உள்ள நிறை அனைத்தும் இரும்பு தனிமாக மாறியவுடன் விண்மீனுக்கு கடைசிக்கட்டம் நெருங்கி விட்டது என்றாம். ஏனென்றால் இரும்புவரை நடக்கும் அணுக்கரு இணைவு விணையானது வெப்ப உழிழ்வு விணையாதலால் அதில் வெளிப்பட்ட வெப்பமும் கதிர்வீச்சும் விண்மீனின் உள்நோக்கிய ஸர்ப்பு விசையை சமன்

செய்தது. ஆனால் இரும்பிற்கு பிறகு நடக்கும் அணுக்கரு இணைவு விணை வெப்ப உழிழ்வு விணை அல்ல. அதனால் வெப்பமும் கதிர்வீச்சும் வெளிவருவதில்லை.

இதனால் உள்நோக்கிய ஸர்ப்பு விசையை சமன் செய்வதற்கான வாய்ப்பு இல்லாமல் போவதால் விண்மீன் உள்நோக்கி சுருங்கத்தொடங்குகிறது. இது விண்மீன்களின் ஸர்ப்புச்சரிவு (*Gravitational collapse of stars*) என்றழைக்கப்படுகிறது. இதுதான்

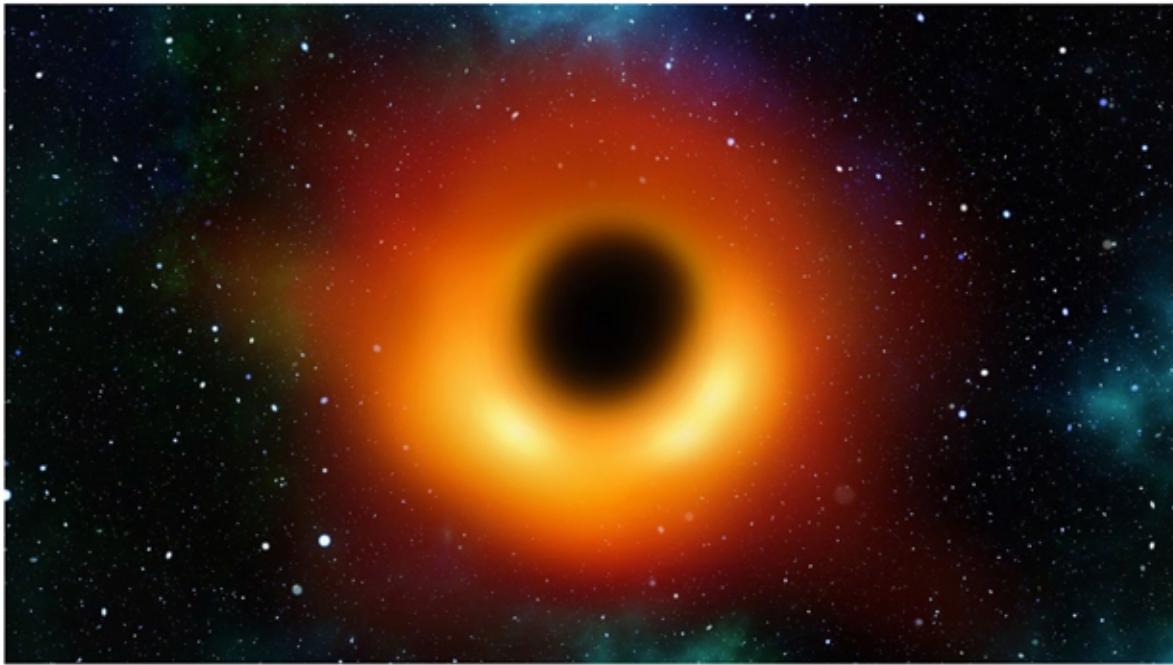
விண்மீனின் கடைசிக்கால கட்டம்

அப்படியென்றால் ஸர்ப்புச் சரிவடைந்த விண்மீனின் நிலை என்ன? எங்கே இது முடியும்? என்பது போன்ற கேள்விகள் எழுந்தன.

### **சுப்பிரமணியம் சந்திரசேகர்:**

1926 ஆம் ஆண்டு ரால்ப் பாவலர் (*Ralph Fowler*) என்பவர் குவாண்டம் இயற்பியலைப் பயன்படுத்தி ஒரு புதிய கருத்தை வெளியிட்டார். அவரது கருத்துப்படி விண்மீன்கள் ஸர்ப்புச் சரிவால் உள்நோக்கி சுருங்கும்போது ஒரு கட்டத்தில் அங்குள்ள எலக்ட்ரான்கள் வெளிநோக்கிய ஒரு அழுத்தத்தைக் (*electron degeneracy pressure*) கொடுத்து இந்த ஸர்ப்பு விசையை சமன்செய்து ஸர்ப்புச் சரிவை தடுத்து நிறுத்துகிறது. விண்மீனின் இந்த நிலைக்கு வெள்ளைக்குள்ளர் (*White dwarf*) என்று பெயர். இதுதான் அனைத்து விண்மீன்களின் கடைசி நிலை என்று சொன்னார். ஆனால் நான்கே வருடங்களில் இந்தகருத்து தவறு என்று நிருபிக்கப்பட்டது. ஆம். தமிழகத்தின் சென்னை மாநிலக் கல்லூரியில் தனது இளங்கலைபாடிப்பை முடித்த வெறும் இருபதே வயதான சுப்பிரமணியம் சந்திரசேகர் 1930 ஆம் ஆண்டு ரால்ப் பாவலரின் கணக்கீட்டில் தவறு இருப்பதைக் கண்டறிந்து அதை சரிசெய்தார். அதாவது விண்மீன்களின் உள்ளே இருக்கும் எலக்ட்ரான்கள் கிட்டத்தட்ட ஒளியின் வேகத்துக்கு சற்று குறைவாக செல்வதால் குவாண்டம் இயற்பியலோடு, சிறப்பு சார்பியல் கோட்பாட்டையும் பயன்படுத்தி எல்லா விண்மீன்களும் தனது கடைசிக்காலகட்டத்தில் வெள்ளைக்குள்ளராக மாறுவதில்லை. குரியனின் நிறையைப்போல 1.4 மடங்குக்கு குறைவாக இருக்கும் விண்மீன்கள் மட்டுமே வெள்ளைக்குள்ளராக மாறும் என்று நிருபித்தார். இந்த 1.4 மடங்கு குரிய நிறை (*1.4Ms*) அளவு சந்திரசேகர் எல்லை (*Chandrasekhar limit*) என்று அழைக்கப்படுகிறது. பின்னாளில் இந்தக் கண்டுபிடிப்புக்காகத்தான் அவருக்கு நோபல் பரிசு (1983 ஆம் ஆண்டு) வழங்கப்பட்டது. இன்னுமொரு கூடுதல் தகவல் சர்சிவிராமனின் அண்ணன் மகன்தான் இந்த சுப்பிரமணியம் சந்திர சேகர்.

இப்போது அடுத்த சிக்கல் இந்த 1.4 Mg மேல் அதிகம் நிறை கொண்ட விண்மீன்களின் கடைசிக்கால கட்டம் எப்படி இருக்கும் என்று கேள்வி எழுந்தது. சந்திர சேகரின் கருத்துப்படி அவ்விண்மீன்கள் மையத்தை நோக்கி சுருங்கத் தொடங்கும். ஆனால் ஆர்த்தர் எடிங்கட்டன் போன்ற புகழ்பெற்ற வானியல் அறிஞர்கள் இந்தக் கருத்தை ஏற்றுக்கொள்ளவில்லை. அவர்களின் கருத்துப்படி எல்லா விண்மீனின்



கடைசிக்காலமும் வெள்ளைக்குள்ளர்தான். ஸர்ப்புச் சரிவு என்ற கருத்தாக்கத்தையே அவர் கடுமையாக எதிர்த்தார். ஆனால் ஆர்த்தர் எடிங்க்டனின் கருத்து தவறு என்று பிற்காலத்தில் நிருபிக்கப்பட்டது.

சில ஆண்டுகள் கழித்து சந்திரசேகரின் கருத்தை மேலும் செழுமைப்படுத்தி ஸர்ப்புச் சரிவு அடையும் விண்மீன்களின் நிறை  $1.4M_{\odot}$  க்கு அதிகமாக ஆனால்  $3M_{\odot}$  க்கும் குறைவாக இருந்தால் அது குப்பர் நோவா பெருவெட்டிப்பின் (Supernova explosion) மூலம் நியூட்ரான் விண்மீனாக (Neutron star) மாறிவிடும் என்று கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இந்த விண்மீன்களில் நியூட்ரான்கள் கொடுக்கும் வெளிப்புற அழுத்தம் ஸர்ப்பு விசையை சமன்செய்கிறது. ஒருவேளை விண்மீன்களின் நிறை குரியனின் நிறையைப்போல மூன்று மடங்குக்கு ( $3M_{\odot}$ ) அதிகமாக இருந்தால் அந்த விண்மீன்கள்தான் கருந்துள்ளயாக மாறும் என்று கணிக்கப்பட்டது. இதிலிருந்து நாம் தெரிந்து கொள்வது என்னவென்றால் விண்மீன்களின் கடைசிக்கட்டம் மூன்று விதம். ஒன்று வெள்ளைக்குள்ளராக மாறலாம். அல்லது நியூட்ரான் விண்மீனாக மாறலாம். இது இரண்டையும் விட்டால் கருந்துள்ளயாகத்தான் மாறமுடியும். ஆனால் வெள்ளைக்குள்ளர், நியூட்ரான் விண்மீன்கள் பற்றி கோட்பாட்டு ரீதியிலும் சரி, பரிசோதனை ரீதியாகவும் சரி

1930 கள் 1940 களிலேயே நாம் ஓரளவுக்கு முன்னேறிவிட்டோம். ஆனால் கருந்துள்ளயை பொறுத்தவரை அப்படி ஏதும் நிகழவில்லை.

### **இன்னும் கொஞ்சம் வரலாறு:**

இதற்கிடையில் 1939 ஆம் ஆண்டு ஒபன்ஹேய்மர் (Oppenheimer) மற்றும் அவரின் மாணவர்ஸ்னெடர் (Snyder) இருவரும் இணைந்து ஸ்வார்சைல்ட் சமன்பாட்டில் 2000 என்ற தொலைவில் வரும் முடிவிலிக்கான காரணத்தை ஆராய்ந்தனர். அவர்கள் கருத்துப்படி 6 என்ற தொலைவு கருந்துள்ள உருவாக்கத்தில் முக்கிய பங்கு வகிக்கிறது. ஸர்ப்புச் சரிவால் விண்மீன் உள்நோக்கிக் கொண்டே வரும்போது  $r = 26$  தொலைவைத்தான்டி கருங்கியவுடன் அது வெளியுலகத் தொடர்பை இழக்கிறது. இதற்குப்பிறகு நடக்கும் எதுவும் வெளியுலகத்துக்கு தெரிவிதில்லை. ஒளி கூட வெளியில் வருவதில்லை இந்தத் தொலைவு கருந்துள்ளயின் நிகழ்வு எல்லை (Event horizon) என்று அழைக்கப்படுகிறது. இந்த தொலைவுக்கு உள்ளே நடக்கும் எந்த நிகழ்வையும் நம்மால் கண்டறிய முடியாது. இந்தத் தொலைவை ஸ்வார்சைல்ட் ஆரம் (Schwarzschild radius) என்றும் அழைக்கலாம். இந்த ஸ்வார்சைல்ட் ஆரமானது விண்மீனின் நிறையைப் பொறுத்து இருக்கும்.

ஒரு வாதத்துக்கு குரியனை கருந்துள்ளயாக

மாற்ற என்ன செய்ய வேண்டும்?

குரியனின் மொத்த நிறை  $M = 20000000000$  (முப்படு பூஜ்யம்) கிலோ கிராம்.

குரியனின் தற்போதைய விட்டம் பதினான்கு லட்சம் கி.மீ. அதன் ஸ்வார்சைல்ட் ஆரம்

கிட்டத்தட்ட 3 கி.மீ. அதாவது குரியனின் மொத்த நிறையையும் மூன்று கி.மீ க்குள் அடக்கினால் அது ஒரு கருந்துளையாக மாறி விடும். நமது பூமியை கருந்துளையாக

மாற்றவேண்டுமானால் பூமியின் மொத்த நிறையையும் ( $M = 500000000000$  (24பூஜ்யம்) கிலோ கிராம்) 9 மில்லிமீட்டருக்குள் அடக்க வேண்டும் பூமியின் தற்போதைய

விட்டம் பன்னிரண்டாயிரம் கி.மீ. எந்தாவுக்கு நிறை அடர்த்தி இருக்கும் என்று யோசித்துப்பாருங்கள். இது ஒரு கற்பனைதான். உண்மையில் குரியன் கருந்துளையாக மாறாது. தனது கடைசிக்கால கட்டத்தில் அது வெள்ளைக்குள்ளராக மாறிவிடும். அதற்கு இன்னும் 5 பில்லியன் (500 கோடி) வருடங்கள் இருக்கிறது.

இப்பன்றூய்மரின் விளக்கம் சரியாக இருந்தாலும் அவரது கணக்கீட்டில் இன்னொரு குறைபாடு இருந்தது. அதாவது கோளச்சீர்மை கொண்ட விண்மீன்கள் மட்டுமே ஈர்ப்புச்சரிவால் ஓர்மைப்புள்ளியை நெருங்கும் என்று கணக்கிட்டார். இந்த கோளச்சீர்மை என்ற கருதுகோள்தான் தீவிரமான விவாதத்தைக் கிளப்பியது. ஏனென்றால் எதார்த்தத்தில் விண்மீன்கள் கோளச்சீர்மையாக இருக்க வேண்டும் என்ற எந்த அவசியமும் கிடையாது. ஒரு வேளை கோளச்சீர்மை இல்லாத விண்மீனாக இருந்தால் அது ஈர்ப்புச்சரிவின் மூலம் உள்நோக்கிச் சுருங்கும்போது என்ன நடக்கும்? அவை ஓர்மை நிலையை அடையாதா? என்ற பல கேள்விகள் எழுந்தன. அச்சமயத்தில் ஆஸ்பர்ட் ஜன்ஸ்மஹுக்கே கூட ஓர்மை நிலை, நிகழ்வெல்லை போன்ற கருத்துக்கள் மீது அப்போது சந்தேகம் எழுந்தது.

இதே நேரத்தில் ரஷ்யாவைச் சேர்ந்த லிப்ஷிட் (Lifshitz) மற்றும் காலட்நிக்கோவ் (khalatnikov) என்ற இருவரும் ஒப்பன்றூய்மரின் கணக்கிடுகளை ஆராய்ந்து பார்த்து

ஓர்மைநிலை என்பது பொதுச் சார்பியல் தத்துவத்தின் படி நடைமுறையில் நிகழ்

சாத்தியமில்லை என்ற முடிவுக்கு வந்தனர். ஜான் வீலர் (John Wheeler) என்ற அறிஞரோ ஒரு விண்மீன் உள்நோக்கிச் சுருங்கும்போது

அதன் மொத்த நிறையும் ஈர்ப்பு அலைகளாக மாறிவிடும். அதற்குப்பிறகு ஒன்றுமே இருக்காது என்றார். கிட்டத்தட்ட

1960 வரை விண்மீன்களின் ஈர்ப்புச் சரிவு பற்றியும், கருந்துளை பற்றியும், அதன் மையத்தில் உருவாகும் ஓர்மை நிலை பற்றியும் பல்வேறு விதமான கருத்துக்கள் நிலவி வந்தன. காரணம் இந்தக்கோட்பாடுகளுக்கு எந்த பரிசோதனை ரிதியான நிருபணமும் செய்ய முடியவில்லை. இந்தச் சூழலில் ஒரு புதிய கண்டுபிடிப்பு மறுபடியும் நம்பிக்கையை அளித்தது.

### குவேசார் கண்டுபிடிப்பு:

1960 வாக்கில் வானியல் அறிஞர்கள் விர்கோ விண்மீன் கூட்டம் (Virgo Constellation-தமிழில் கன்னி நட்சத்திரக்கூட்டம்) இருக்கும் திசையிலிருந்து பூமியை நோக்கி

ரேடியோ அலைகள் வருவதைக் கண்டறிந்தனர். இவை எப்படி வருகிறது? இதன் மூலம் (Source) என்ன? என்று பல பேர் ஆராய்ச்சி செய்துகொண்டிருந்தார்கள்.

1963 ஆம் ஆண்டு மார்ட்டேன் ஷ்மிட் (Maarten Schmidt) என்ற வானியல் அறிஞர் குவேசார் (QUASAR) எனப்படும் புதுவகை வான்பொருள்கள்தான் இந்த ரேடியோ அலைகளை வெளியிடுகின்றன என்றும் அது பால்வழி மண்டத்திலிருந்து வெசூ தொலைவில் இருக்கும் வேறு ஒரு கேலக்சியில் இருக்கிறது என்றும் கண்டறிந்தார். இந்த குவேசாரின் பெயர் QSO 3C 273. அதென்ன குவேசார்கள்?

குவேசார்கள்தான் இந்த பிரபஞ்சத்தின் மிக மிக அதிக ஒளி வெளியிடுபவை. காமா கதிர்கள் முதல் ரேடியோ அலைகள் வரை இவை வெளியிடுகின்றன. தற்போதைய புரிதலினபடி குவேசார் எனப்படுபவை இந்த பிரபஞ்சத்தில் விண்மீன் மண்டலங்கள் உருவாகும்போது அதன் மையத்திற்கு அருகில் ஒளிப்பிழைம்பு ஏற்படுகிறது என்று பின்னால் பார்ப்போம். கணக்கீட்டினபடி ஒரு குவேசாரிடமிருந்து வரும் ஒளியானது நமது பால்வழி மண்டலம் வெளியிடும் மொத்த ஒளியின் அளவை விட 1000 மடங்கு அதிகம். ஆரம்பத்தில் அறிவியல் அறிஞர்கள் குவேசார் என்பது குரியனின் நிறையைப்போல பல மில்லியன் மடங்கு நிறையுள்ள ஒரு விண்மீன் என்றுதான் நினைத்தனர். ஆனால் ஹாயில் (Hoyle) மற்றும் பாவலர் (Fowler) என்ற இரு அறிஞர்கள் ஒரு வேளை இந்த குவேசார் பல

மில்லியன் நிறை கொண்டதாக இருந்தால் அது நிலையான விண்மீனாக இருக்கமுடியாது. கூடிய சிக்கிரமே தனது மொத்த ஆற்றலையும் இழந்து விடும் என்று நிருபித்தனர். அப்படியென்றால் இவ்வளவு பிரகாசமான ஒளி எதிலிருந்து வந்திருக்கும் என்று தீவிரமான விவாதம் கிளம்பியது.

வானியல் அறிஞர் ஜான் வீலர் இந்தகுவேசார் சிக்கலை அறிந்திருந்தார். கருந்துளைக்கும் இந்த குவேசார்களுக்கும் ஏதோ தொடர்பு இருக்க வேண்டுமென அவருக்கு உள்ளுணர்வு ஏற்பட்டது. மறுபடியும் விண்மீன்களின் “ஸர்ப்புச்சரிவு” என்ற கருத்தாகக்குத்தை தூசு தட்டி எடுக்கத்தொடங்கினார். இப்போதுதான் நமது ரோஜூர் பென்ரோஸ் நுழைகிறார். 1964 ஆம் ஆண்டு ஜான் வீலர் ஸர்ப்புச் சரிவு மற்றும் குவேசார்கள் குறித்து ரோஜூர் பென்ரோகடன் விவாதிக்க ஆரம்பித்தார் அப்போது ரோஜூர் பென்ரோக்கு வயது 33 தான். ஜான் வீலரோ அவரை விட 20 வயது முத்தவர். இயற்பியல் உலகில் மிகவும் புகழ் பெற்ற மனிதர் அவர். இன்னும் சொல்லப்போனால் இவர்தான் “Black hole” என்ற ஆங்கில பத்தை அறிவியல் அறிஞர்கள் மத்தியில் பிரபலப்படுத்தினார். வீலர் தந்த உத்வேகத்தால் ரோஜூர் பென்ரோஸ் “ஸர்ப்புச்சரிவு” கருத்தாக்கம் குறித்து தீவிரமாக யோசிக்கத்தொடங்கினார்.

### பென்ரோஸின் பங்களிப்பு:

ரோஜூர் பென்ரோஸ் தனது முதல் ஆராய்ச்சிக்கட்டுரையை 1965 ஆம் ஆண்டு வெளியிட்டார். அதில் ஏற்கெனவே பூபன்ஹெம்மர் மற்றும் ஸ்லைடர் வெளியிட்ட கோள்சீர்மை விண்மீன்களின் ஸர்ப்புச் சரிவு கோட்பாட்டை தீவிரமாக ஆராய்ந்து

உண்மையிலேயே “ஸர்ப்புச் சரிவு” அடைவதற்கு விண்மீன்கள் கோள்சீர்மை இருக்க வேண்டிய அவசியமில்லை என்றும், அதுமட்டுமில்லாமல் ஸர்ப்புச் சரிவின் முடிவில்

விண்மீன் ஓர்மை நிலைப்புள்ளியை கண்டிப்பாக அடைந்தே தீரும் என்றும் பல புதிய கணித உத்திகளை வைத்து நிருபித்துக் காட்டினார். கருந்துளை ஆராய்ச்சியில் இது ஒரு புதியங்பிக்கையை ஏற்படுத்தியது. ஜன்ஸ்லெனின் பொதுச்சார்பியல் கோட்பாட்டுக்குப்பிறகு அதே துறையில் ஆராய்ச்சிக்கட்டுரையாக இது பார்க்கப்படுகிறது. வந்த மிக முக்கியமான இந்தக் கட்டுரையில் ரோஜூர் பென்ரோஸ் டோப்பாலாஜி(Topology) என்ற கணிதக் கோட்பாட்டைப்பயன்படுத்தி “சிக்கிய மேற்பரப்பு

(trapped surface)” என்ற புதிய கருத்தாகக்குத்தை அறிமுகப்படுத்தினார். சிக்கிய மேற்பரப்பு என்றால் என்ன? கருந்துகமாக பார்ப்போம்.

### சிக்கிய மேற்பரப்பு:

ஏற்கெனவே நாம் பார்த்த மாதிரி ஒரு குரியனின் நிறையை விட மூன்று மடங்கு நிறைக்கு மேல் உள்ள விண்மீன் தனது கடைசிக்கால கட்டத்தில் ஸர்ப்புச் சரிவின் மூலம் உள்நோக்கிச் சுருங்கி ஒரு கட்டத்தில் அதன் ஸ்வார்ட்சைல்ட் ஆரத்தைத் தாண்டும்போது அது வெளி உலகத் தொடர்பை இழந்து கருந்துளையாகமாறுகிறது. இதன் பிறகு ஒளி கூட வெளியில் வர முடியாது. ரோஜூர் பென்ரோஸ் கருத்துப்படி விண்மீன் ஸ்வார்சைல்ட் ஆரத்தைத் தாண்டியவுடன் “சிக்கிய மேற்பரப்பு” என்ற ஒன்று கருந்துளையைச் சுற்றி உருவாகி விடுகிறது. அதாவது கருந்துளையைச் சுற்றி இருக்கும் நிகழ்வெல்லையை (Event horizon) ஒரு போர்வை கொண்டு மூடினால் அந்த போர்வையின் பரப்புதான் சிக்கிய மேற்பரப்பு. கிட்டத்தட்ட கொகவலை மாதிரி ஒரு முடிய பரப்பு. உள்ளே சிக்கிக்கொண்டால் கொக எப்படி வெளியே வரமுடியாதோ அதுபோல ஒளி கூட இந்த சிக்கிய மேற்பரப்பைத்தான்டி வெளியே வரமுடியாது. அதாவது இந்த சிக்கிய மேற்பரப்பிலிருந்து ஒளியை வெளி நோக்கி அடித்தாலும் உள் நோக்கி அடித்தாலும் கருந்துளையின் மையத்தை நோக்கித்தான் அதாவது அதன் ஓர்மை நிலைப்புள்ளியை நோக்கித்தான் செல்லும். இது எப்படி சாத்தியம்?

### வெளி காலமாக மாறும் விந்தை:

கருந்துளையின் நிறைஅடர்த்தியானது (mass density) ஸர்ப்புச் சரிவின் மூலம்

உள்நோக்கிச் சுருங்கி ஒர் புள்ளியில் ( $r=0$ ) கிட்டத்தட்ட முடிவிலியாக மாறுவதால் இதைச் சுற்றியுள்ள கால வெளி மிகக்கடுமையாக வளைக்கப்படுகிறது. எந்த அளவுக்கு

என்றால் அந்த கருந்துளையின் ஸ்வார்சைல்ட் ஆரத்திற்கு உள்ளே உள்ள வெளி (space) என்பதே முழுக்க காலமாக (time) மாறிவிடுகிறது. ஒரு குச்சியை நீங்கள் வளைத்துக்கொண்டே சென்றால் என்ன நடக்கும்? படாரென்று உடைந்து விடுமல்லவா? அதுதான் இங்கும் நடக்கிறது, விண்மீன் ஸர்ப்புச்சரிவின் மூலம் உள் நோக்கி சுருங்கி

கருங்கிகால வெளியை வளைத்துக்கொண்டே செல்கிறது. ஸ்வார்சைல்ட் ஆரத்தைத் தாண்டி கருங்கியவுடன் அது கால வெளியை உடைத்து

வெறும் காலமாக மாற்றி விடுகிறது. இப்போது ஸ்வார்சைஸ்ட் ஆரத்திற்கு வெளியே இருப்பது வெளி (space). ஆனால் உள்ளே இருப்பது காலம் (time). கீழே உள்ள படத்தைப் பாருங்கள்.

### நிகழ்வு எல்லை அல்லது ஸ்வார்சைஸ்ட் ஆரம் ஓரமைநிலைய் பள்ளி

ஒவ்வொப்படி மாறுவதால் என்ன விளைவு ஏற்படுகிறது? புரிந்து கொள்வோம் வாருங்கள். வெளிக்கு (space) முப்பரிமாணம் (3 dimension) இருக்கிறது. ஆனால் காலத்திற்கு (time) ஒரு பரிமானம்தான் இருக்கிறது. எளிமையாகச் சொல்வதென்றால் ஒரு திசைதான் இருக்கிறது. அதாவது இறந்தகாலத்திலிருந்து நிகழ்காலம், நிகழ்காலத்திலிருந்து எதிர்காலம் என்ற ஒருவழிப்பாதைத்தான். வெளியில் (Space) நிங்கள் முன்னே நடக்கலாம். பின்னே நடக்கலாம். ஆனால் காலத்தில் நீங்கள் முன்னே நடக்க முடியும். பின்னே நடக்க முடியுமா? முடியாது. ஏனென்றால்காலத்தில்பின்னேநுப்பதென்றால் நீங்கள் நிகழ்காலத்திலிருந்து இறந்த காலத்திற்கு செல்வது என்றாகி விடும். அது சாத்தியமில்லை. கருந்துளையின் நிகழ்வெல்லைக்கு உள்ளே உள்ள வெளி காலமாக இருக்கிறது. அதுவும் எதிர்காலமாக இருக்கிறது.

அதாவது ஒரு பொருள் ஸ்வார்சைஸ்ட் ஆரத்திலிருந்து கருந்துளையின் மையத்தை நோக்கி செல்கிறதென்றால் அது எதிர்காலத்தை நோக்கி செல்கிறதென்று பொருள். கொஞ்ச தூரம் உள்ளே சென்ற பொருள் இப்போது திரும்ப பின்னோக்கி வர விரும்புகிறதென்று வைத்துக்கொள்வோம். ஒரு வேளை ஸ்வார்சைஸ்ட் ஆரத்திற்கு உள்ளே வெளி (space) இருந்தால் அந்த பொருள் பின்னோக்கியும் வரலாம். ஆனால் அங்கிருக்கும் வெளியானது (Space) முழுவதும் காலப்பண்பை (behaving like time)

கொண்டிருப்பதால் பின்னே கொக்கி வரமுடியாது. ஏனென்றால் அது எதிர்காலத்தில் இருந்து மீண்டும் இறந்த காலத்திற்கு வருவது போல ஆகிவிடும். இதுதான் நாம் மேற்சொன்ன சிக்கிய மேற்பரப்பின் தன்மை. அதாவது உள்நுழைந்த அனைத்தும் சிக்கிவிடுதல்.

உதாரணத்திற்குகிரிக்கெட்டிலையாடும்ப்பர் பந்தை கருந்துளையாக எடுத்துகொள்வோம் அப்பந்தின் மேற்பரப்பை சிக்கிய மேற்பரப்பு அல்லது நிகழ்வெல்லை என்று வைத்துக் கொள்வோம். இப்போது ஒரு குண்டுசீயை எடுத்து உள்ளே குத்துகிற்கள். இப்போது குண்டுசீ பாதி வெளியில் இருக்கிறது. பாதி பந்துக்குள்

இருக்கிறது என்று நினைத்துக்கொள்வோம். இப்போது நிங்கள் அந்த குண்டுசீயை வெளியே எடுக்க நினைத்து வெளிநோக்கி இழுக்கிறீர்கள். சாதாரண பந்தாக இருந்தால் குண்டுசீ எளிதாக வெளியில் வந்து விடும். ஆனால் இந்த பந்து கருந்துளையாக இருப்பதால் உள்ளே இருக்கும் குண்டுசீ எதிர்காலத்திற்கு சென்றுவிட்டதால் நாம் அதை வெளி நோக்கி இழுக்க முடியாது. அவ்வளவுதான். உள்ளே போனது போனதுதான். வேண்டுமென்றால் இன்னும் உள்நோக்கி தள்ளிவிடலாம். இதுதான் ஒரு வழிப்பாதை என்பது. இதனால்தான் சிக்கிய மேற்பரப்பிலிருந்து ஒளியை வெளி நோக்கி அடித்தாலும் உள்ள நோக்கி அடித்தாலும் அதன் எதிர்காலம் கருந்துளையின் மையத்தை நோக்கி இருப்பதால் ஒளி கருந்துளையின் மையத்தை நோக்கி அதாவது அதன் ஒர்மை நிலைப்புள்ளியை நோக்கிச் செல்கிறது.

**விடுபடு திசைவேகமும் சிக்கிய மேற்பரப்பும்:**

ரோஜர் பென்ரோசுக்கு முன்பு வரை நாம் கருந்துளையிலிருந்து ஒளி வெளியே வரமுடியாததற்கு வேறு வகையான விளக்கம் கொடுத்துக்கொண்டிருந்தோம். அதாவது ஒவ்வொரு கோளுக்கும், விண்மீனுக்கும் விடுபடு திசைவேகம் என்ற ஒன்று உண்டு. அதாவது எவ்வளவு வேகத்தில் நாம் ஒரு பொருளை தூக்கி ஏறிந்தால் அது அந்தக் கோளிலிருந்தோ அல்லது விண்மீனிலிருந்தோ அதன் ஈரப்பு விசையைத்தான்டி வெளியில் போகுமோ அந்த வேகம்தான் விடுபடு திசைவேகம் என்றழைக்கப்படுகிறது. பூமியின் விடுபடு திசைவேகம் ஒரு விநாடிக்கு 11 கி.மீ. அதாவது பூமியிலிருந்து ஒரு பொருளை ஒரு விநாடிக்கு 11 கி.மீ தொலைவு செல்வது போல் தூக்கி ஏறிந்தால் அப்பொருள் பூமியை விட்டு வெளியில் சென்றுவிடும். பூமிக்குதிரும்பிவராது. அதே போல் சூரியனின் விடுபடு திசைவேகம் வினாடிக்கு 40 கி.மீ. ஆனால் ஒளியின் வேகம் வினாடிக்கு மூன்று லட்சம் கி.மீ. அதனால்தான் ஒளியானது சூரியனிலிருந்து வெளியே வருகிறது. கிட்டத்தட்ட பிரபஞ்சத்தில் இருக்கும் அனைத்து விதமான வான் பொருட்களின் விடுபடு திசைவேகம் ஒளியின் திசைவேகத்தை விடக் குறைவுதான். அதனால்தான் நாம் வெவ்வேறு விதமான வான் பொருட்களிலிருந்து ஒளியைப் பெறுகிறோம். ஆனால் கருந்துளையின் விடுபடுதிசைவேகம் ஒளியை விட அதிகமாக இருக்கும்.



# அண்டம்



**அண்டம் என்பது** எல்லையற்று, பரந்த மற்றும் மாபெரும் ஒருமையைக் குறிக்கின்றது. நமது அண்டம் மிகப் பெரியது மற்றும் மனித அறிவின் எல்லைகளை தாண்டிய மர்மங்களையும் புதிர்களையும் தன்னகத்தே கொண்டுள்ளது. சமார் 13.8 பில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன் “பிக் பேங்” என்று அழைக்கப்படும் ஒரு மாபெரும் வெடிப்பின் மூலம் அண்டம் தோன்றியது. இந்த வெடிப்பு சுருங்கிய ஒரு நிலையிலிருந்து பரந்த பரப்பாக விரிந்து கொண்டது.

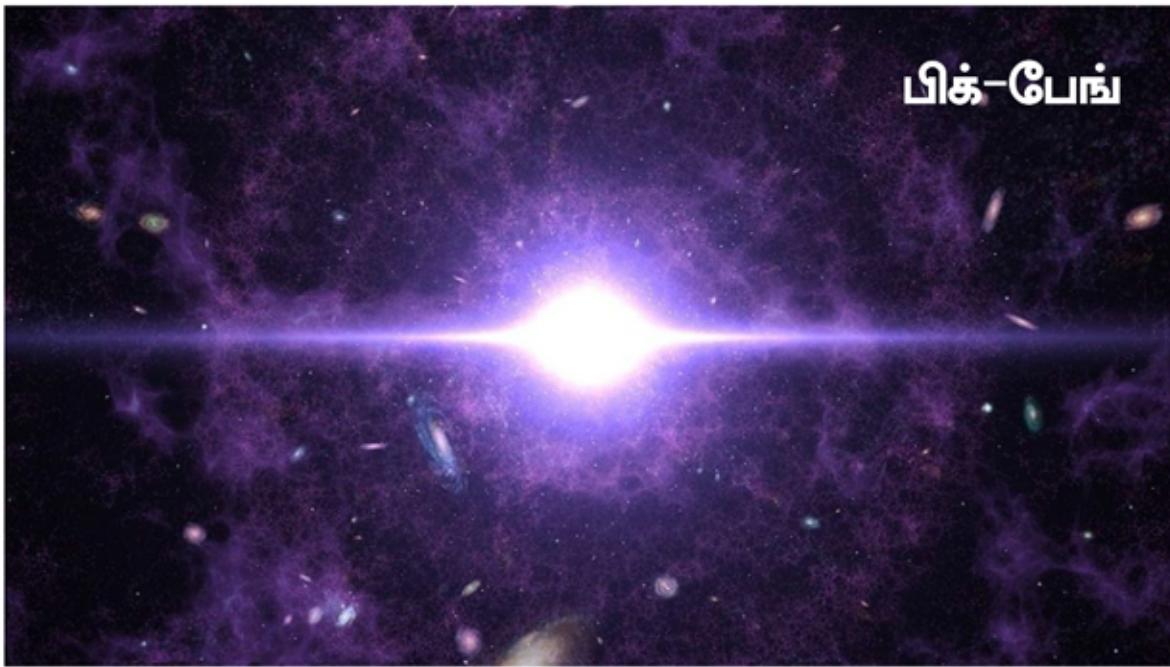
அண்டத்தின் தோற்றம், வளர்ச்சி மற்றும் அதன் இயல்புகளைப் புரிந்துகொள்வதன் மூலம், நாம் நமது இடத்தை, விலாசத்தை மற்றும் எதிர்காலத்தைப்பற்றியபுதிர்களைவெளிப்படுத்த முடியும். அண்டத்தில் நட்சத்திரங்கள், கிரகங்கள், கேலக்ஸிகள், கருந்துள்ளகள் போன்ற பல வானியல் பொருள்கள் உள்ளன. இவற்றின் பணி மற்றும் தாக்கத்தைப் புரிந்து கொள்வதன் மூலம், நாம் அண்டத்தின் இயல்புகளை மேலும் விளக்க முடியும்நமது பூமி, சூரிய சூடும்பத்தில் உள்ள ஒரு சிறிய கிரகம் மட்டுமே. இந்த சூரியக் குடும்பம் நமது பால்வெளி என்ற கேலக்ஸியில் அமைந்துள்ளது. பால்வெளி என்பது சமார் 100 பில்லியன் நட்சத்திரங்களை கொண்ட ஒரு பெரும் கேலக்ஸி. இத்தகைய கேலக்ஸிகள் பல கோடி அண்டத்தில் உள்ளன.

அண்டத்தின் மாபெரும் பரிமாணங்களை ஆராய்ந்து, நாம் புதிய விஞ்ஞானமான புரிதல்களை மற்றும் தொழில்நுட்ப முன்னேற்றங்களைப்படிக்கமுடியும். அண்ட ஆராய்ச்சி நமது அறிவியல் முன்னேற்றத்தின் முக்கியமான பகுதியாக உள்ளது. துல்லியமான கணிதம், தொழில்நுட்ப சாதனங்கள் மற்றும் மிகச்சிறந்த அறிவியல் கோட்பாடுகள் மூலம், நமது முன்னேற்றம் தொடர்கின்றது. சூரிய மண்டலத்தின் ஆராய்ச்சியில் சந்தித்த பல சாதனங்கள் மற்றும் எதிர்காலத்தில் நம்பத்தகுந்த புதிய வாய்ப்புகள் நமக்கு கிடைக்கும்.

## பிக் வங் கோட்பாடு-யெருவெட்டு கோட்பாடு

அண்டத்தின் தோற்றம் என்பது விஞ்ஞானிகளின் ஆராய்ச்சியில் மிக முக்கியமானது. இது பல மர்மங்களை கொண்ட ஒரு விஷயம். “பிக் பேங்” (Big Bang) என்ற கோட்பாடு நமது அண்டத்தின் தோற்றத்தை விளக்கும் முக்கிய கோட்பாடாகும். பிக் பேங் என்பது சமார் 13.8 பில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு நிகழ்ந்த ஒரு மாபெரும் வெடிப்பை குறிக்கின்றது. அந்த நேரத்தில், அண்டம் ஒரு மிகச்சிறிய, மிகவும் அடர்த்தியான மற்றும் அதிக சூடான நிலையிலிருந்தது. அந்த நிலையிலிருந்து வெடித்தது, அதனால் அண்டம் விரிவடைந்தது. இந்த வெடிப்பின் காரணமாக துகள்கள்,

# பிக்-பேங்



கதிரவீச்சு மற்றும் பிற மூலக்கூருகள் வெளியேறி, பல ஆண்டுகளுக்கு பின்னர் அண்டத்தின் அமைப்பு உருவானது. பிக் பேங்கின் பின்னர், அண்டம் விரிவடையத் தொடங்கியது. மிகச்சிறிய மூலக்கூருகள் மற்றும் அலகுகள் மிகுந்த வேகத்தில் ஒன்றுக்கொன்று மோதின. இந்த மோதல்களால், அணுக்கள் உருவாகின. இது அண்டத்தில் இருந்து பல நூற்றாண்டுகளுக்குப் பிறகு நடந்தது.

## ஆரம்பநிலை

பிக் பேங்கிற்குப் பிறகு, அண்டம் மிக வேகமாக விரிவடைந்தது. சில நொடிகளில், அண்டம் மிகப்பெரிய அளவில் விரிவடைந்தது. இந்த நிகழ்வு “பெரும் விரிவு” (*Cosmic Inflation*) என அழைக்கப்படுகிறது. இந்த விரிவால் அண்டம் வெப்பம் குறைந்தது. அதனால், துகள்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று சேர்ந்து அணுக்கள் உருவாகின.

## அணுவின்கூறு உருவாக்கம் (Nucleosynthesis)

அண்டவியல் மற்றும் வானியலின் முக்கிய கருத்துக்களில் ஒன்றான “அணுவின்கூறு உருவாக்கம்” (*Nucleosynthesis*) என்பது மூலக்கூருகள் மற்றும் அணுக்களின் உருவாக்கம் மற்றும் பரிணாம வளர்ச்சியைப் பற்றியது. இது பிக் பேங்கின் ஆரம்ப நிலை முதலான நிகழ்வுகள், நட்சத்திரங்களின் வாழ்க்கைச் சமூர்சி மற்றும் நட்சத்திர வெடிப்புகள் (*Supernovae*) போன்ற முக்கியமான நிகழ்வுகளில் முக்கியப் பங்காற்றுகிறது.

## பிக் பேங்க் அணுவின்கூறு உருவாக்கம் (Big Bang Nucleosynthesis)

பிக் பேங்கிற்கு சமார் 3 நிமிடங்களுக்குப் பிறகு, அண்டம் மிகுந்த சூடாகவும் அடர்த்தியாகவும் இருந்தது.

இதனால், முதல் மூலக்கூருகள் உருவாகத் தொடங்கின. இந்த காலத்தில் முக்கியமாக வைப்பிரஜன், ஹெலியம் மற்றும் லித்தியம் போன்ற இலகு மூலக்கூருகள் உருவாகின.

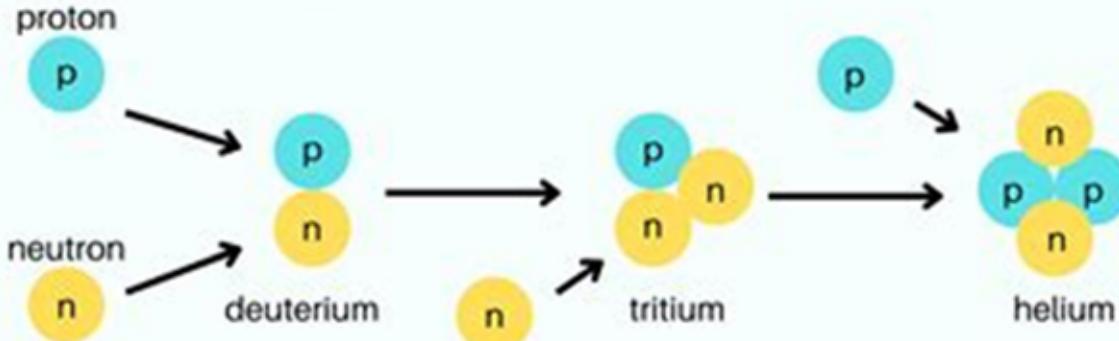
## நட்சத்திரங்களில் அணுவின்கூறு உருவாக்கம் (Stellar Nucleosynthesis)

நட்சத்திரங்கள் தங்கள் வாழ்க்கைச் சமூர்சியின் போது பல்வேறு மூலக்கூருகளை உருவாக்குகின்றன. நட்சத்திரங்களின் மையத்தில் உள்ள உயர்ந்த அழுத்தம் மற்றும் வெப்பநிலை காரணமாக அணுக்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று சேர்ந்து கனமான மூலக்கூருகளை உருவாக்குகின்றன. இந்த செயல்முறையை “நட்சத்திர அணுவின்கூறு உருவாக்கம்” (*Stellar Nucleosynthesis*) என்று அழைக்கப்படுகிறது.

### 1. வைப்பிரஜனின் ஹெலியமாக மாற்றம்:

நட்சத்திரத்தின் வாழ்க்கையின் ஆரம்ப நிலையில், வைப்பிரஜன் அணுக்கள் சேர்ந்து ஹெலியமாக மாறுகின்றன. இதை “துழைவுஅணுவின்கூறு” (*Proton-Proton Chain Reaction*) அல்லது “கார்பன்-நைட்ரஜன்-ஆக்சிஜன் சமூர்சி” (*Carbon-Nitrogen-Oxygen Cycle*) என்று அழைக்கின்றனர்.

## அனுவின்கூறு உருவாக்கம்



### 2. ஹீலியத்தின் கணமான மூலக்கூறுகளாக மாற்றம்:

நட்சத்திரம் தனது வைட்டிரஜன் சேமிப்புகளை நீக்கி, ஹீலியத்தை கணமான மூலக்கூறுகளாக மாற்ற ஆரம்பிக்கின்றது. இந்த செயல்முறையை “ஆல்பா சமூர்சி” (Alpha Process) என அழைக்கின்றனர். இதில் கார்பன், ஆக்சிஜன், நியோன், மெக்ஸீயம் போன்ற மூலக்கூறுகள் உருவாகின்றன.

### குப்பர்நோவா அனுவின்கூறு உருவாக்கம் (Supernova Nucleosynthesis)

நட்சத்திரம் தனது வாழ்நாளின் முடிவில் குப்பர்நோவா என்ற மாபெரும் வெடிப்பில் வெடிகின்றது. இந்த வெடிப்பின்போது மிக அதிக அளவில் ஆற்றல் வெளியேறுகிறது. இதனால், மிக கணமான மூலக்கூறுகள் உருவாகின்றன. இது “குப்பர்நோவா அனுவின்கூறு உருவாக்கம்” (Supernova Nucleosynthesis) என அழைக்கப்படுகிறது. இந்த செயல்முறையில், வைட்டிரஜன் அனுக்கள் ஒன்று சேர்ந்து ஹீலியம் ஆக மாற்றம் அடைகின்றன. இந்த இரண்டாம் கட்ட அனுவின்கூறு மாற்றம் வெப்பம் மற்றும் ஒளி உமிழ்வதால், புதிய நட்சத்திரங்கள் பிரகாசமாகின்றன.

### ஷரம் கட்டம்: மிதமான அபர்த்தியடைய பகுதிகள்

பிக் பேங்கிற்கு பெரு வெடிப்பிற்கும் பிறகு, அண்டம் பெரும்பாலும் வைட்டிரஜன் மற்றும் ஹீலியம் வாயுக்களால் நிரம்பியது. இந்த வாயுக்கள் சில பகுதிகளில் கூடுதல் அடர்த்தியுடன் காணப்பட்டன. அண்டம் விரிவடையும் போது, இந்த மிதமான அடர்த்தியடைய பகுதிகள் படிப்படியாக ஒருங்கி ணைந்து, அடர்த்தியான பகுதிகளாக மாறினன.

### குளிர்வும் சுருக்கமும்

அதிக அடர்த்தியுள்ள இந்த பகுதிகள் குளிர்வின் காரணமாக வெப்பம் குறைந்து சுருங்கத் தொடங்கின. சுருங்கும் போது, இந்த வாயுக்களால் உருவான மேகம் அதிக அடர்த்தியாக மாறின.

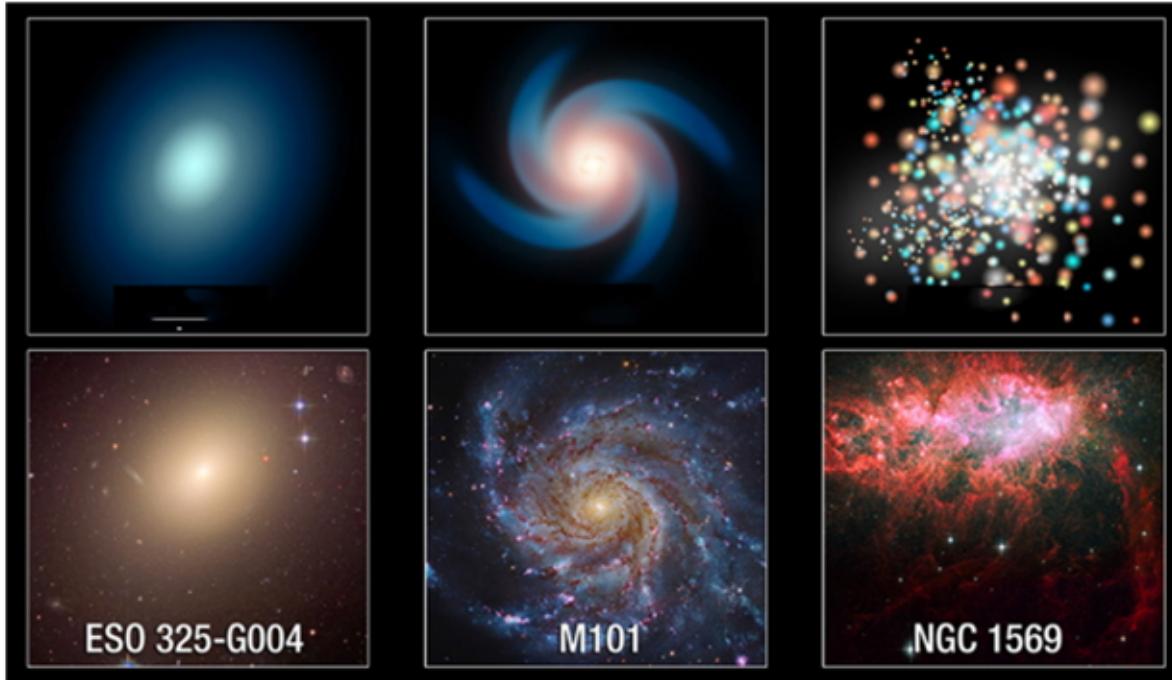
### நட்சத்திரங்களின் தோற்றம்

கேலக்ஸியின் உருவாக்கத்தின் முக்கியமான கட்டமாக நட்சத்திரங்கள் தோன்றுதல் அமைந்துள்ளது. அடர்த்தியான வாயு மற்றும் தூசி மேகங்கள் சுருங்கி, நட்சத்திரங்களை உருவாக்கின. இது “நட்சத்திர உருவாக்கம்” (Star Formation) என அழைக்கப்படுகிறது. இந்த செயல்முறையில், வைட்டிரஜன் அனுக்கள் ஒன்று சேர்ந்து ஹீலியம் ஆக மாற்றம் அடைகின்றன. இந்த இரண்டாம் கட்ட அனுவின்கூறு மாற்றம் வெப்பம் மற்றும் ஒளி உமிழ்வதால், புதிய நட்சத்திரங்கள் பிரகாசமாகின்றன.

### கேலக்ஸியின் மையம் மற்றும் மிடுக்குகள்

கேலக்ஸிகள் பல வகைகளாகும்: மிடுக்கு கேலக்ஸிகள் (Spiral Galaxies), எலிப்டிக்கல் கேலக்ஸிகள் (Elliptical Galaxies), மற்றும் திரண்டு நிறைந்த (Irregular Galaxies) கேலக்ஸிகள் என ப் பிரிக்கப்படுகின்றன. மிடுக்கு கேலக்ஸிகள் மையத்தில் ஒரு மாபெரும் கருந்துள்ளது மிடுக்குகளை உடையவையாக காணப்படுகின்றன. எலிப்டிக்கல் கேலக்ஸிகள் மிதமான மற்றும் ஓரளவு தரைப்படியாக கொண்டவையாக இருக்கும். திரண்டு நிறைந்த

## കേംഗ്ലിയിൻ് വകുകൾ



கேவக்ஸிகள் முற்றிலும் ஒழுங்கற்ற வடிவத்தை உடையவையாக இருக்கும்.

## பரஸ்பர வினைகள் மற்றும் மோதல்கள்

கேலக்ஸிகள் இடையேயான சர்ப்பு விசை காரணமாக, அவை ஒன்றுடன் ஒன்று சேர்ந்து புதிய கேலக்ஸிகளை உருவாக்குகின்றன. இந்த செயல்முறை “கேலக்ஸி மோதல்கள்” (*Galaxy Collisions*) என அழைக்கப்படுகிறது. இது ஒரு மாபெரும் காலப்பெரிய அளவில் நிகழும். கேலக்ஸி மோதல்கள் நமது அண்டத்தில் பல புதிய சுத்திரங்களை உருவாக்குகின்றன மற்றும் கேலக்ஸிகளின் வடிவத்தை மாற்றுகின்றன.

## കേബ്സിയിൻ വകുകൾ

கேலக்ஸிகள் வானியலின் முக்கிய கறுகளில் ஒன்றாகும். கேலக்ஸிகள் பலவிதமாகும், அவற்றின் வடிவம், அளவு, மற்றும் உருவாக்க முறை போன்றவற்றின் அடிப்படையில் வேறுபடுகின்றன. கேலக்ஸிகளின் வகைகள் மற்றும் அவற்றின் உருவாக்கம் பற்றி தெளிவாகப் புரிந்து கொள்வது, அண்டத்தின் பரிணாம வளர்ச்சியைப் புரிந்து கொள்ள உதவும். வானியலாளர் எட்டின் ஹபிள், கேலக்ஸிகளை அவற்றின் வடிவத்தின் அடிப்படையில் நான்கு முக்கிய வகைகளாக வகைப்படுத்தினார்: மிகுங்கு கேலக்ஸிகள், எலிப்டிக்கல் கேலக்ஸிகள்,

திரண்டு நிறைந்த கேவக்லிகள், மற்றும் எடிசன் கேவக்லிகள். இவை ஒவ்வொன்றும் தனித்துவமான தன்மைகள் மற்றும் உருவாக்க முறைகளை கொண்டுள்ளன.

### 1. மிடுக்கு விண்மீன் திரள் (Spiral Galaxies)

மிடுக்கு விண்மீன் திரள்கள் மிகவும் பரவலாக காணப்படுகின்றன. இவை மையத்தில் ஒரு கொதிகளன் போன்ற பகுதியைக் கொண்டிருக்கும், அதிலிருந்து சுழலும் மிடுக்குகள் வெளிப்படுகின்றன. இந்த மிடுக்குகள் புதிய நட்சத்திரங்களால் பிரகாசமாக இருக்கும்.

**காரணம்:** மிடுக்குவிள்ளமீன் திரள்கள் கதிரவீச்சு மற்றும் துகள்களால் கழல்கின்றன. இது கழலின் மையப்பகுதியை அடர்த்தியாக்குகிறது. கழலின் காரணமாக, மிடுக்குகள் உருவாகின்றன.

## 2. நீள்வட்ட விண்மீன் திரள் Elliptical Galaxies)

நீல்வட்ட விண்மீன் திரள்கள் ஓரளவு பந்துப் போல, ஆனால் நீட்டலான வடிவம் கொண்டிருக்கும். இவை பரந்த மற்றும் மிதமான அளவிலான நட்சத்திரங்களை கொண்டிருக்கும்.

**காரணம்:** இவை பொதுவாக இரண்டு அல்லது அதிகமான விண்மீன் திரள்களின் மோதலினால் உருவாகின்றன. இந்த மோதலின் போது, நட்சத்திரங்கள் மறுகட்டமைப்பு

# விண்வெளி தொழில்நுட்பம்

## ஒரு அறங்கம்:

நிலவு புவிக்கு ஒரு துணைக்கோள். அது புவியை நீள் வட்டப்பானதையில் வலம் வந்து கொண்டிருக்கிறது. இதைப் போன்றே செயற்கையாக மனிதனால் உருவாக்கப்பட்டுப் புவியை வலம் வரும் பொருட்களைச் செயற்கைக்கோள் என்கிறோம். செயற்கைக்கோள்கள் புவியை வலம் வரலாம் அல்லது வேறு எந்த ஒரு கோள்களையோ அல்லது குரியண்ணோ கூட வலம் வரலாம்.

ஆனால் இவை இயற்கையாக உருவாக்கப்பட்ட கோள்கள் போல் ஒரு கோளையோ அல்லது நட்சத்திரத்தையோ வலம் வரும். புவியிலிருந்து சுற்று உயரத்தில் இப்படிச் செயற்கைக்கோள்களை நிலை நிறுத்துவதால் என்னைற்ற செயல்களை எனிதில் செய்ய முடிகிறது. புவியிலிருந்து உயரே செல்லச் செல்ல காற்றின் அடர்த்திக் குறைந்து கொண்டே செல்கிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட உயரத்திற்கு மேல் காற்று இல்லாத ஒரு இடத்தை நம்மால் அடைய முடியும்.

30 கிலோமீட்டர் உயரத்திற்குள் 98 விழுக்காடு காற்றும் 70 கிலோமீட்டர் உயரத்திற்குள் 99.9 விழுக்காடு காற்றும் இந்தப் புவியின் வளர்மண்டலத்தில் வியாபித்து இருக்கின்றன. புவியிலிருந்து 100 கிலோ மீட்டர் உயரத்திற்கு மேலே சென்றால் முற்றிலும் காற்று இல்லாத ஒரு இடத்தை அடைகிறோம்.

### பருந்து யார்வையில் ஒரு நகரம்

இதைத்தான் விண்வெளி தொடங்கும் எல்லை என்று வரையறை செய்கிறோம். 100 கிலோ மீட்டர்க்கு மேலே நிலைநிறுத்தப்படும் செயற்கைக்கோள்கள் விண்வெளியில் நிலை நிறுத்தப்படுவதாக அறியலாம். ஆனால் புவிக்கு அருகில் இருப்பதால் புவியின் ஈர்ப்பு விசை அதிகமாக இருக்கும். எனவே பொதுவாகச் செயற்கைக்கோள்கள் 350 கிலோமீட்டர் உயரத்திலிருந்து 36,000 கிலோமீட்டர் உயரம் வரை நிலைநிறுத்தப்படுகின்றன.

இப்படி நமக்குத் தேவையான பணியைச் செவ்வனே செய்வதற்காகச் செயற்கைக்கோள்களை

வடிவமைப்பதையும், அப்படி வடிவமைக்கப்பட்ட செயற்கைக்கோள்களைக் குறிப்பிட்ட ஒரு சுற்று வட்ட பாதையில் நிலை நிறுத்துவதையும், நிலை நிலைநிறுத்தப்பட்ட செயற்கைக்கோள்களைக் கட்டுப்பாட்டில் வைப்பது, புலியில் இருந்து தரவுகளை அனுப்புவது, செயற்கைக்கோளிலிருந்து தரவுகளைப் பெற்று அதைப் பயனுள்ள பயன்பாடுகளாக மாற்றுவது. இதற்குத் தேவையான கட்டுமானங்களைப் புலியில் உருவாக்குவது இவை அனைத்தையும் நாம் விண்வெளி தொழில்நுட்பத்தின் கூறுகளாகக் கூறுகிறோம்.

### ஏவ வாகன நோழில்நுப்பம்

புலியில் கட்டமைக்கப்படும் செயற்கைக்கோள்களைக் குறிப்பிட்ட ஒரு உயரத்தில் நிலை நிறுத்துவதற்குத் தேவைப்படும் வாகனம் ஏவு வாகனம். இவை பல அடுக்குகளாக உருவாக்கப்பட்டிருக்கும். விண்ணனை நோக்கி செல்ல செல்ல தேவையில்லாத எடையைக் கொண்டு செல்வது ஆற்றல் செலவினத்தை உருவாக்கும் என்பதால், ஏவு வாகனத்தின் ஒவ்வொரு அடுக்கும் தனது பணியைச் செவ்வனே செய்துவடன் ஏவு வாகனத்திலிருந்து பிரிக்கப்படும் எந்த விதமான செயற்கைக்கோளை கொண்டு செல்ல வேண்டும் என்பதற்கு ஏற்ப ஏவு வாகனத்தின் திறன் மாறுபடும். எடை

அதிகமான செயற்கைக்கோள்களைக் கொண்டு செல்ல வேண்டும் என்றால் அதற்கு அதிக எண்களைண்ட ஏவு வாகனங்கள் தேவைப்படும்.

### ஏலூர்தி பொறிகள்

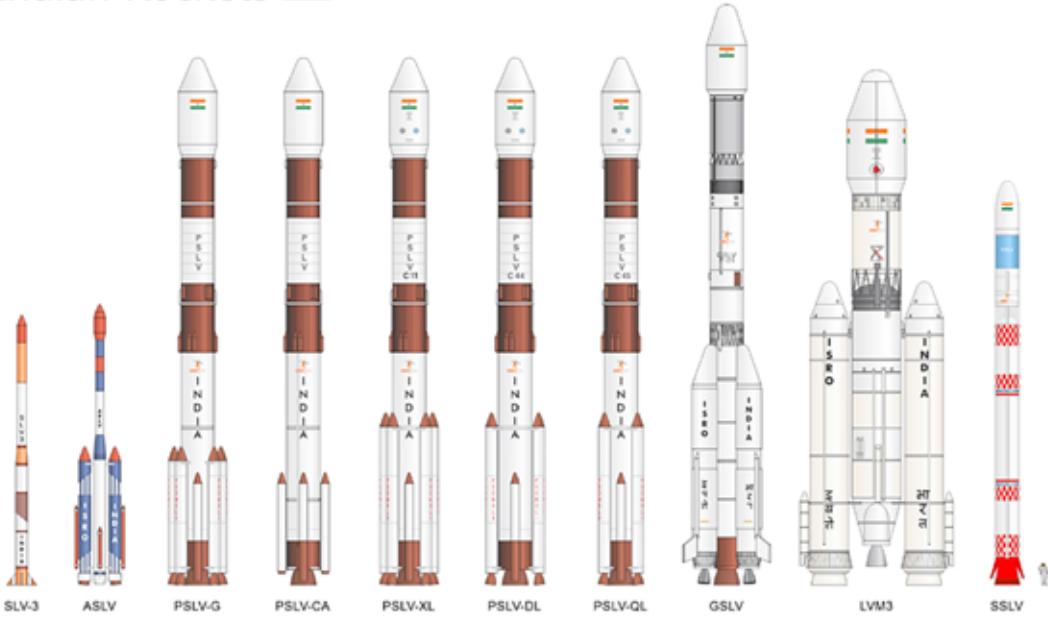
இரு பலூனிலிருந்து காற்று அதன் துவாரத்தின் வழியே வெளியேறும் பொழுது அதனால் ஒரு உந்துவிசை உருவாகிறது. அந்த உந்துவிசை பலூனை காற்று வெளியேறும் திசைக்கு எதிர் திசையில் தள்ளுகிறது. இதைப் போன்று ஏவு வாகனத்தின் பொறிகளில் எரிபொருளை எரிக்கும் பொழுது, எரிந்த வாயுக்கள் உருவாகின்றன. அந்த வாயுக்களைச் சிறிய துவாரத்தின் வழியாக வெளியேற்றும் பொழுது அது ஒரு உந்துவிசையை உருவாக்குகிறது. இந்த உந்துவிசை ஏவு வாகனத்தை மேல் நோக்கி செலுத்தப் பயன்படுகிறது. ஏவு வாகனத்தின் தன்மைக்கு ஏற்ப ஏலூர்தி பொறிகள் உருவாக்கப்படுகின்றன.

### இந்திய ஏவ வாகனங்கள்

இஸ்ரோ எனப்படும் இந்திய விண்வெளி ஆராய்ச்சி கழகம் (ISRO: Indian space research organization) இந்திய விண்வெளி ஆராய்ச்சிகளை மேற்கொள்கிறது. இந்தியாவில் தயாரிக்கப்படும் செயற்கைக்கோள்கள் மட்டுமல்லாமல், வெளிநாடுகளின் செயற்கைக்கோள்களை அனுப்புவதற்கும் தனக்கெனப் பிரத்தியோகமான ஏவு வாகனங்களை இந்த நிறுவனம் வடிவமைத்துள்ளது.



## Indian Rockets



இந்திய ஏவு வாகனங்கள்

இன்றைய தேதிக்கு எஸ் எஸ் எல் வி (SSLV), பி எஸ் எல் வி (PSLV), ஜி எஸ் எல் வி (GSLV), LVM3 எனப்படும் நான்கு விதமான ஏவு வாகனங்கள் இஸ்ரோவினால் வடிவமைக்கப்படுகின்றன. எந்த வகையான செயற்கைக்கோளை விண்வெளி யில் நிலை நிறுத்த வேண்டும் எவ்வளவு உயரத்தில் நிலை நிறுத்த வேண்டும் என்பதைப் பொறுத்து இந்த ஏவு வாகனங்கள் தேர்ந்தெடுக்கப்படுகின்றன.

சந்திராயன் மூன்று விண்கலத்தை வெற்றி கரமாக நிலவுக்குக் கொண்டு செல்ல LVM3 ஏவு வாகனம் பயன்பட்டது.

இது மட்டுமில்லாமல் வரிமண்டலத்தில் ஆராய்ச்சிகளை மேற்கொள்வதற்காகச் சமுண்டிக் ராக்கெட் (Sounding rockets) எனப்படும் சிறிய ஏவு வாகனங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அவை ஆராய்ச்சிக்காகத் தேவைப்படும் கருவிகளைப் புவியிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட உயரத்தில் விட்டு விடும். அங்கிருந்து பொறுமையாக இறங்கி வரும் அவை புவியின் தரையை வந்தடைய தேவைப்படும் சில மணி நேரங்களில் ஆராய்ச்சிகளை மேற்கொள்கின்றன.

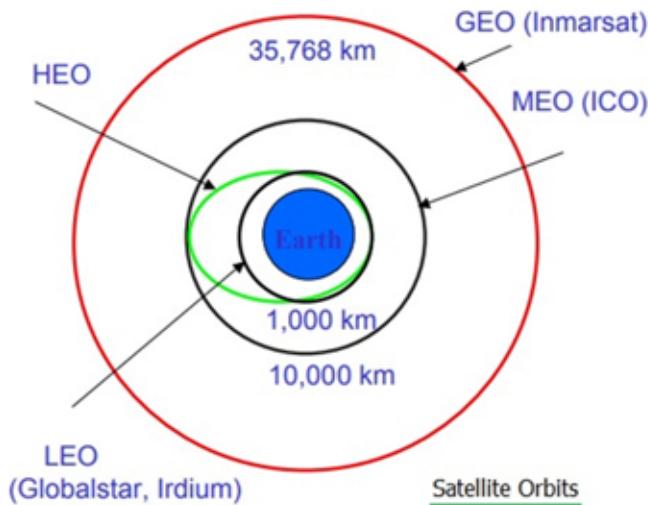
### எரியோருள்கள்

ஏவு வாகனத்திற்குத் தேவையான உந்து விசையை உருவாக்குவதற்கு எரிபொருட்களை எரித்து, வாயுக்களை உருவாக்குவது மிகவும்

அவசியம். இந்த வாயுக்கள் நுனிக்குழல் எனப்படும் இயந்திரப் பொறிகளின் நுழையில் இணைக்கப்பட்டிருள்ள நாசில் (Nozzle) வழியாக வாயுக்களை வெளியேற்றுகின்றன. போதுமான வாயுக்களை உருவாக்குவதற்காகத் திட்டநிலையில் உள்ள எரிபொருட்களும் திரவ நிலையில் உள்ள எரிபொருட்களும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

தரையில் பயணப்படும் பேருந்து மற்றும் காற்றினுடைய பயணிக்கும் விமானம் போன்ற போக்குவரத்து முறைகளில் பயன்படுத்தப்படும் எரிபொருட்களை எரிப்பதற்குத் தேவையான ஆக்சிஜன் காற்றிலிருந்து பெறப்படுகிறது. ஆனால் ஏவு வாகனம் காற்று மண்டலம் இல்லாத விண்வெளிக்கும் பயணம் செய்வதால் அதில் எரிபொருளை எரிப்பதற்குத் தேவையான ஆக்ஸிஜனையும் தன்னகத்தே கொண்டு செல்ல வேண்டும்.

இப்படியாக, திட்ட நிலையில் எரிபொருளும் ஆக்சிஜனை உருவாக்கக்கூடிய ஆக்ஸிடேசர் (oxidizer) ஆகிய இரண்டையும் கொண்டு இயந்திரங்கள் உருவாக்கப்படும். அதைப் போன்று எரிபொருளும், ஆக்ஸிடேசரும் திரவ நிலையில் உள்ள இயந்திரங்களும் இருக்கின்றன. அதைக் குளிரில் சேமித்து வைக்கப்படும் கிரையோஜனிக் எரிபொருட்களும் ஏவு வாகனத்தில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.



### செயற்கைக்கோள் நிலைநிறுத்தப்படும் சுற்றுவட்ட பாதைகளின் உயரங்கள்

#### செயற்கைக் கோள்கள்

ஏதாவது ஒரு பணிக்காக மனிதனால் கட்டமைக்கப்பட்டுப் புவியை ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவில் வலம் வரும்படி செய்யப்படும் பொருட்களை நாம் செயற்கைக்கோள் என்கிறோம். செயற்கைக்கோள்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவில் நிலை நிறுத்தப்பட்டவுடன், புவி, சூரியன் மற்றும் மற்ற கோள்கள், நட்சத்துரங்களின் ஈர்ப்பு விசையால் ஸர்க்கப்பட்டுச் சுற்றிக்கொண்டிருக்கும் இடத்திலிருந்து சுற்றுவிலக ஆரம்பிக்கும்.

அந்த மாற்றத்தை கட்டுப்படுத்தவும், மீண்டும் நமக்குத் தேவையான இடத்தில் நிலை நிறுத்துவதற்கும் சிறிய பொறிகள் செயற்கைக்கோளில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும்.

அந்த இயந்திரங்களை இயக்கி உந்துவிசையை உருவாக்கி மீண்டும் தேவையான இடத்தில் செயற்கைக்கோள்கள் நிலை நிறுத்தப்படு சின்றன. பல்வேறு பணிகளுக்காகச் செயற்கைக் கோள்கள் விண்ணுக்குச் செலுத்தப்படுகின்றன. எந்தப் பணிக்காகச் செயற்கைக்கோள்கள் செலுத்தப்படுகின்றனவோ அதற்குத் தேவையான உபகரணங்கள் செயற்கைக்கோளில் பொருத்தப்பட்டு இருக்கும். எல்லாச் செயற்கைக் கோள்களும் புவியில் உள்ள தடைக்கட்டுப்பாட்டு நிலையத்துடன் தொடர்பில் இருக்கும் வண்ணம் தடை கட்டுப்பாட்டு நிலையங்கள் அமைக்கப்பட்டு இருக்கும்.

#### தொலைத் தொடர்பு செயற்கை கோள்கள்:

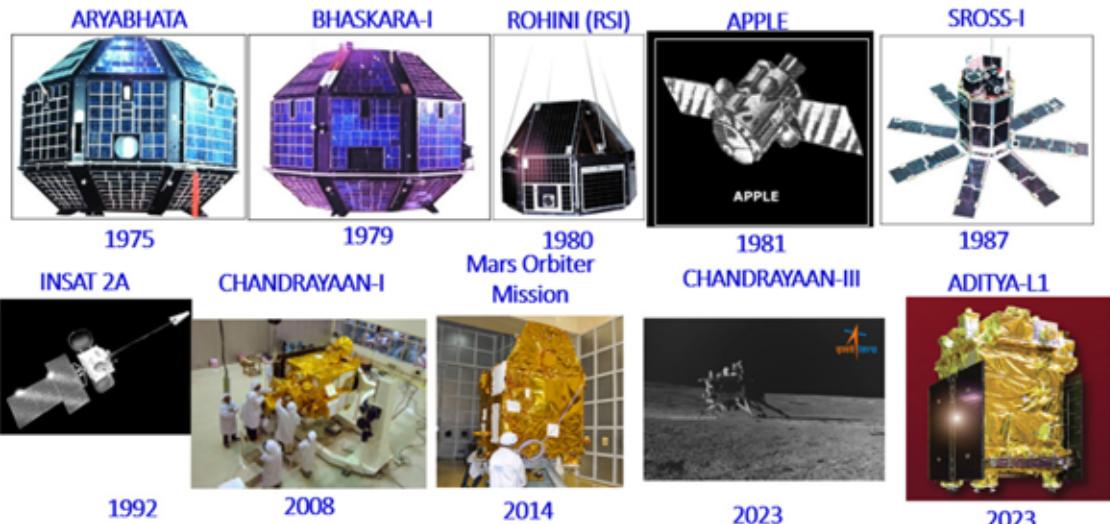
புவியின் ஒரு பகுதியில் ஒரு நிகழ்ச்சி

நடைபெறுவதாகக் கருதுவோம் அந்தநிகழ்ச்சியை உலகத்தில் உள்ள எல்லா நாடுகளுக்கும் ஒளிபரப்பப்பட வேண்டும் என்றால், நிகழ்ச்சி நடைபெற்றுக் கொண்டிருக்கும் இடத்தை எப்பொழுதும் செயற்கைக்கோள் பார்த்துக் கொண்டே இருக்க வேண்டும், அந்த நிகழ்ச்சிகளை உள்வாங்கி உலகின் எல்லாப்பகுதி களுக்கும் ஒளிபரப்ப வேண்டும். பூமி 24 மணி நேரத்தில் ஒருமுறை தன்னைத்தானே சுற்றி வருகிறது. அதே போல் பூமியின் வேகத்திலேயே சுற்றிக்கொண்டு இருந்தால்தான் எப்பொழுதும் புவியின் ஒரு இடத்தைப் பார்த்துக் கொண்டே இருக்க முடியும்.

அப்படி இருக்க வேண்டும் என்றால் செயற்கைக்கோள் 35,786 கிலோ மீட்டர் தொலைவில் நிலைநிறுத்தப்பட வேண்டும். இப்படி நிலை நிறுத்தப்படும் செயற்கைக்கோள்களைத் தொலைத்தொடர்பு செயற்கைக்கோள்கள் என்கிறோம். இவை தொலைக்காட்சி ஒளிபரப்புகள் போன்ற பலவற்றிற்கும் பயன்படுகின்றன.

#### தொலை உணர்வு செயற்கை கோள்கள்

பறவையின் பார்வை என்பது குறுகிய கண்ணோட்டத்தில் ஒரு செயலை பார்க்காமல் பறந்த கண்ணோட்டத்தில் ஒரு செயலை பார்ப்பதால் திட்டமிடல் எளிதாகும் என்பதை நமக்கு விளக்குகிறது. அதுபோல் புவியின் மீது நடக்கும் பலவற்றை உயர இருந்து பார்க்கும் பொழுது அதை வடிவமைப்பது எளிதாகிறது. ஒரு நகரத்தில் எத்தனை கட்டடங்கள் இருக்கிறது



### இந்திய செயற்கை கோள்கள்

என்பதை ஒவ்வொரு வீடாகச் சென்று எண்ணிப் பார்ப்பதற்குப் பதிலாகச் சற்று உயரத்தில் ஒரு செயற்கைக்கோளை நிலை நிறுத்தி அதில் இருந்து எடுக்கப்படும் புகைப்படங்கள் மூலம் எவிதாகக் கண்டறிய முடியும்.

இப்படிநகரத்தின் வடிவமைப்புகிடைப்பதால் எங்கே பன்னிகள் அமைக்கலாம், வங்கிகள் அமைக்கலாம் என்று முடிவு செய்வதும் எவிதாக இருக்கும். அதைப்போன்று புலியின் மீது உள்ள கட்டுந்கள், தாவரங்கள், தண்ணீர் தேக்கங்கள் போன்றவை தனக்கு என ஒரு நிறமாலையில் ஒளிக்கற்றைகளை வெளியிடுகின்றன. வேறுபட்ட நிறமாலையில் தகவல்களைச் சேகரிப்பதன் மூலம் எந்த விதமான பயிர்? எவ்வளவு ஏக்கர் பயிரிடப்பட்டுள்ளது? போன்ற தகவல்களை அறிய முடிகிறது மேலும் அணையில் இருந்து வெளியேறும் நீர் ஆறுகளின் வழியே பாயும் பொழுது எங்கே ஆய்வு இருக்கிறது போன்ற தகவல்களை எளிதில் அறிந்து கொள்ள உதவுகிறது.

பொதுவாகத் தொலை உணர்வு செயற்கை கோள்கள் புலிக்கு அருகில் 400 கிலோ மீட்டரில் இருந்து ஆயிரம் கிலோமீட்டர் உயரத்தில் நிலைநிறுத்தப்படுகின்றன.

மலைப்பகுதிகளைத் துல்லியமாக அறிந்து கொள்வதற்கும், வானிலையைக் கணிப்பதற்கும், புயல் குறாவளி போன்ற பேரிடர் கள் எவ்வாறு கடந்து செல்கின்றன என்பதை அறிந்து மக்களைப் பாதுகாப்பான இடத்திற்குக் கொண்டு செல்வதற்கும், ஆழ்கடலில் எங்கே மீன்

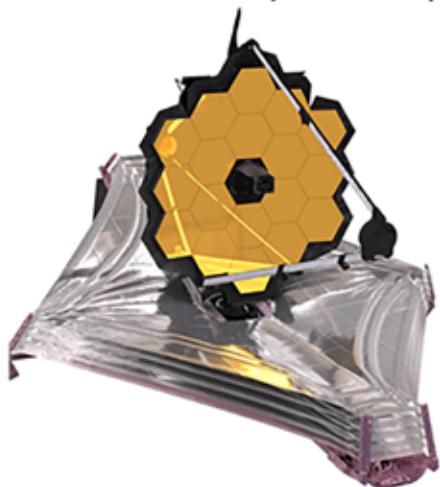
பிடிக்கலாம் என்ற செய்தியை மீனவர்களுக்குத் தெரிவிப்பதற்கும், வங்கிகளின் செயல்பாடு, தொலைதூரத்தில் உள்ள கிராமங்களுக்கு மருத்துவ வசதி மற்றும் கல்வி வசதி போன்ற பல பயனுள்ள செயல்கள் செயற்கைக்கோளின் மூலம் உருவாக்கப்படுகின்றன. கைபேசிகள் செயற்கைக்கோளின் மூலம் இணைக்கப்படும் பொழுது பேரிடர் காலத்திலும் அவற்றைத் தொடர்பு கொள்ள இயலும்.

**விண்வெளி ஆய்வுகங்கள்**  
**- நிலையங்கள் - குழியிருப்புகள்.**

நமது தேவைக்கு ஏற்ப செயற்கைக்கோளின் வடிவமைப்பு வேறுபடுகிறது. பிரபஞ்சத்தைப் பற்றி அறிந்து கொள்ளத் தொலைநோக்கிகள் நமக்கு உதவுகின்றன. புலியின் தரைப்பகுதியில் வடிவமைக்கப்படும் தொலைநோக்கிகளுக்கு விண்வெளியின் இருந்து வரும் அலைகள், புலியின் வளிமண்டலத்தைத்தாண்டி வருவதால் சில தகவல்கள் திறுத்திக்கப்படுகின்றன. அதற்குப் பதிலாகத் தொலைநோக்கியை புலியின் வளிமண்டலத்திற்கு மேலே விண்வெளியில் நிலைநிறுத்துவதால் கசிவு இல்லாத தகவல்களைப் பெற முடிகிறது. இவற்றை நாம் விண்வெளி தொலைநோக்கி என்கிறோம்.

1990ல் புலியை வலம் வரும் வகையில் நிலை நிறுத்தப்பட்ட ஹப்பிள் தொலைநோக்கி மற்றும் 2021ல் குரியனை வலம் வரும் வகையில் புலியிலிருந்து 1,50,000 கிலோமீட்டர் தொலைவில் நிலைநிறுத்தப்பட்டுள்ள ஜேம்ஸ் வெப் ஆகிய இரண்டும் விண்வெளி தொலைநோக்கி பிரிவை

**James Webb Space Telescope**



**Hubble Space Telescope**



### விண்வெளி தொலைநோக்கிகள்

சாரும். இவை நேரடியாக விண்வெளியில் இருந்து வரும் தகவல்களைச் சேகரிப்பதன் மூலம் விண்வெளியில் உள்ள எண்ணற்ற நட்சத்திரங்கள் மற்றும் பல வகையான வான் பொருட்கள் பற்றிப் பல அறிய தகவல்களை அறிய முடிகிறது.

நிலவிற்கு மனிதர்கள் பயணப்பட்டுள்ளார்கள். அதேபோல் செவ்வாய் கிரகத்திற்குப் பயணப்படவும் ஆராய்ச்சிகள் நடைபெற்றுக் கொண்டிருக்கின்றன. 26 கோடி கிலோமீட்டர் தொலைவில் இருக்கும் செவ்வாய்க்குச் செல்வதற்கு ஆறு மாத காலத்திற்கு மேலாகும். இப்படி நீண்ட காலம் விண்வெளியில் பயணம் செய்வதால் மனித உடலில் என்னென்ன மாற்றங்கள் ஏற்படும்? விண்வெளியில் இருப்பதால் என்னென்ன சவால்கள் இருக்கிறது, என்பதை ஆராய்ச்சி செய்ய வேண்டியது மிகவும் முக்கியம்.

விண்வெளியில் பொருட்கள் நிலை நிறுத்தப்படும் பொழுது எடை இல்லாத (Zero gravity) நிலையில் அவை வலம் வந்து கொண்டிருக்கும். எடையில்லாத நிலையில் ஆராய்ச்சிகள் செய்வது பல புதிய கண்டுபிடிப்புகளை உருவாக்குவதற்கும் வழி வகுக்கும்.

இப்படியாக எடையில்லா நிலையில் ஒரு ஆராய்ச்சி கூடத்தை அமைத்து அதில் தேவையான கண்டுபிடிப்புகளைச் செய்யும் ஏற்ற

இடமாகவிண்வெளி நிலையங்கள் இருக்கின்றன. 1971 ஆம் ஆண்டு முதல் விண்வெளி நிலையம் ரஷ்யாவால் கட்டமைக்கப்பட்டது. இன்றைய தேதிக்கு சர்வதேச விண்வெளி நிலையமும் (ISS: international space station) சீனாவின் விண்வெளி நிலையமும் (Tiangong) புவியை வலம் வந்து கொண்டிருக்கின்றன.

விண்வெளியில் காற்று இல்லை என்பதால் விண்வெளி நிலையத்தில் மனிதர்கள் வாழ்வதற்குத் தேவையான ஆக்சிஜன், நீர் ஆகியவை செயற்கையான முறையில் உருவாக்கப்படுகின்றன. உணவுப் பொருட்கள் புவியிலிருந்து கொண்டு செல்லப்படுகின்றன. தாவரங்களை வளர்க்க முடியுமா? என்று ஆராய்ச்சிகளும் எடையில்லா நிலையில் விலங்குகளுக்கு எந்த விதமான பாதிப்புகள் ஏற்படுகின்றன என்ற ஆராய்ச்சிகளும் நடைபெறுகின்றன. அதுமட்டுமில்லாமல் எடையில்லா நிலையில் ஆராய்ச்சி செய்வதன் மூலம் புதிய கண்டுபிடிப்புகளும் மேற்கொள்ளப்படுகின்றன. இந்த விண்வெளி நிலையங்கள் புவியிலிருந்து தோராயமாக 400 கிலோமீட்டர் தொலைவில் வலம் வந்து கொண்டிருக்கின்றன.

விண்வெளி தொழில்நுட்பம் மனித குலத்திற்கு ஒரு வர பிரசாதம் ஆகும். பிரபஞ்சம் உருவாகிய வரலாறு முதல் மனிதர்களின் வாழ்க்கைத் தரத்தை உயர்த்துவதற்கு விண்வெளி தொழில்நுட்பம் உதவுகிறது.

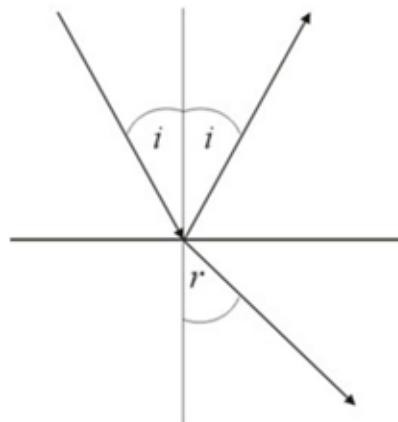
# TELESCOPES

**I**ntroduction: Telescope is a device used to form magnified images of distant objects. The first telescopes were created in the Netherlands in 1608. Spectacle makers Hans Lippershey & Zacharias Janssen and Jacob Metius independently created telescopes. Galileo heard about it and, in 1609, built his own version, and made his telescopic observations of celestial objects. The telescope is undoubtedly the most important investigative tool in astronomy. It provides a means of collecting and analyzing radiation from celestial objects, even those in the far reaches of the universe.

The first telescope made by Galileo had one convex lens and one concave lens (left picture). The first telescope with convex mirror (reflector) was made by Isaac Newton in 1668 (right picture).



**Basic Principles:** The basic principles used in the telescope and other optical instruments are reflection and refraction of light. When light enters from one medium to another reflection and refraction occur. In reflection the angle of incidence and angle of reflection are equal. In refraction the ratio  $\sin(i)/\sin(r)$  is constant. This constant known as refractive index depends on colour(wave length) and material.



$$n = \frac{\sin i}{\sin r}$$

n = refractive Index

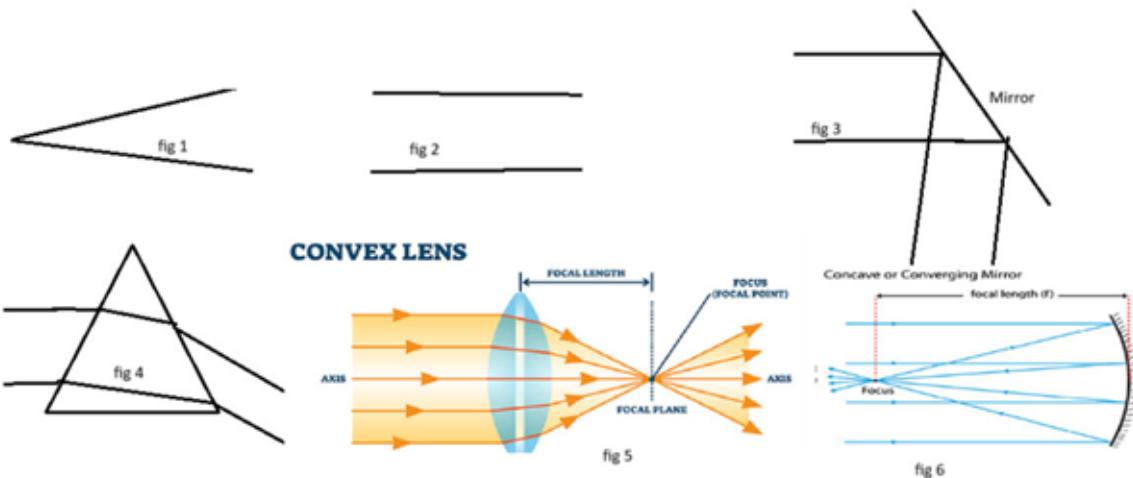
i = angle of incident

r = angle of refraction

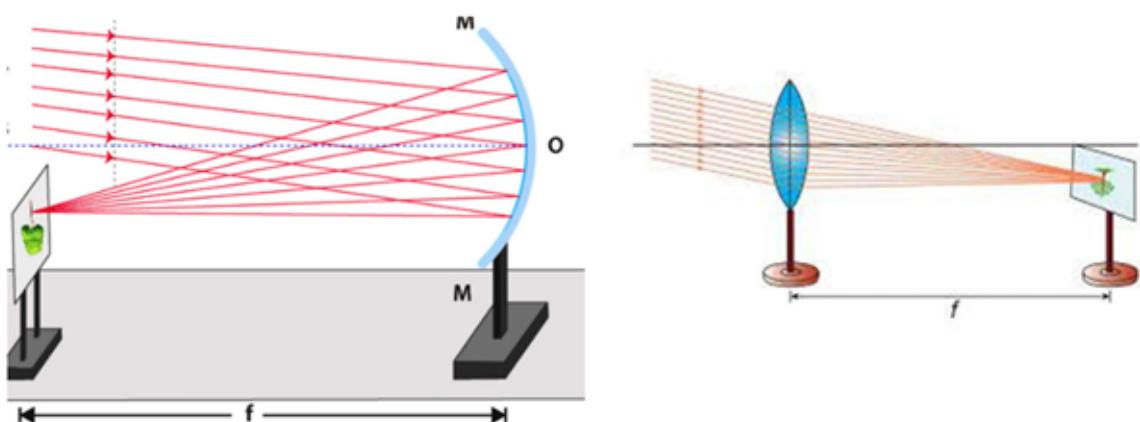
### Convex lens and Concave mirror focus light:

Figure 1 shows divergent light rays from a close by point. Light rays are parallel if the point source of light as stars is far away as in figure 2. If parallel rays are incident on a plane mirror the reflected rays are also parallel and no focusing effect as in figure 3. For a prism also if parallel rays are incident refracted rays are parallel (fig 4).

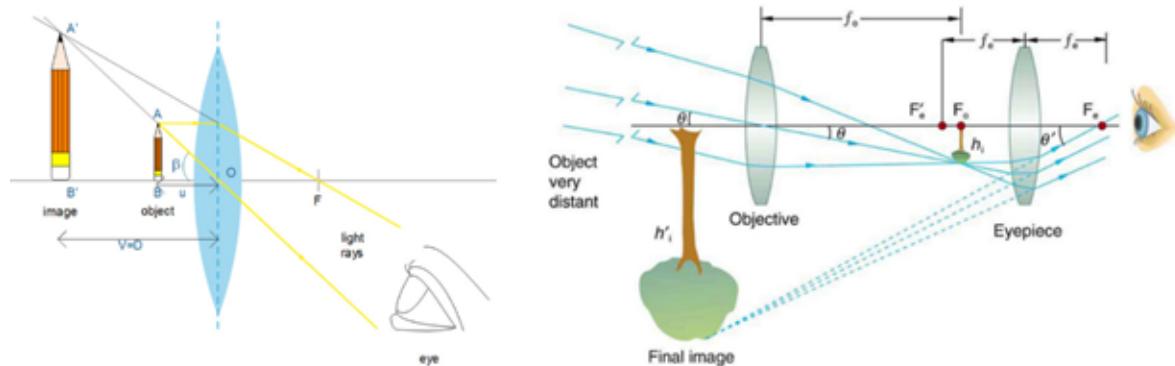
When parallel rays are incident on curved surfaces there is focusing of light rays. Figure 5 shows the focusing action in a lens. Parallel rays parallel to the axis of lens get focused at a point called focus. The distance between the lens and the focus is called focal length. Similar focusing occurs for a mirror as shown in fig 6.



The above figures show how a concave mirror and convex lens can form images of distant objects at the focus. The underlying principles are only the principles of reflection and refraction.



**Simple Microscope:** A simple microscope is a magnifying glass that uses a single convex lens to magnify objects placed close to it. The lens bends light rays, producing an upright, virtual image of the object that's larger than the original. Simple microscopes are often used for tasks like reading small text, examining specimens, or inspecting details in artwork. The magnification of a simple microscope is  $D/f$  for small focal lengths.  $D$  is the least distance of distinct vision for the eye (25cm for normal eye).



### The Telescope:

In a telescope a lens or mirror called the objective forms the image of a distant object at its Focus (Fo) and the second lens called the eyepiece acting like a simple microscope produces a magnified final image as shown in the above figure.

The angular magnification is the ratio of focal length of the objective to the focal length of the eyepiece ( $F_o/F_e$ ).

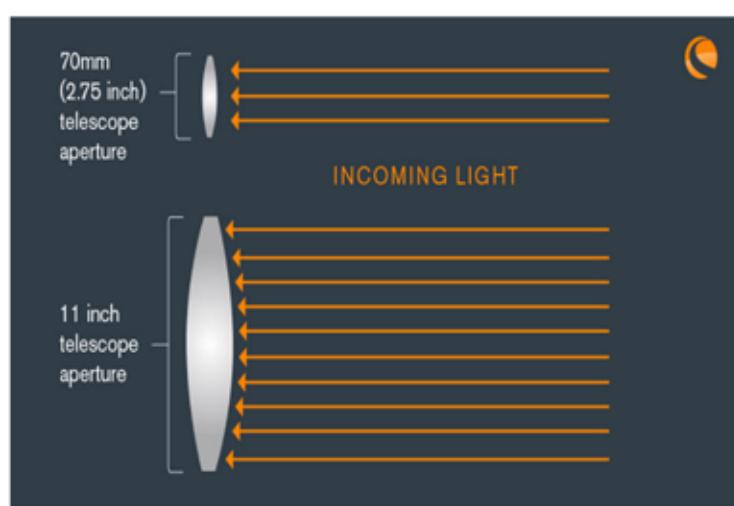
Example: In a telescope the objective lens has a focal length of 100cm and eyepiece has a focal length of 25mm. What will be the apparent size of moon through this telescope?

$$\begin{aligned} \text{Magnification of the telescope} &= F_o/F_e \\ &= 100\text{cm}/25\text{mm} \\ &= 40 \text{ times} \end{aligned}$$

Angular size of moon is approximately 0.5 degrees. Angular size of moon as seen through this telescope is its actual size times the magnification. Hence the size of the moon through the telescope should be 20degree ( $40 \times 0.5$ ).

### Aperture of a Telescope:

A telescope's aperture refers to the diameter of the lens or mirror the telescope uses to collect light. A bigger lens or mirror has a higher aperture, meaning it is able to collect more light. When more light is collected one will be able to see faint objects. Amount of light gathered is proportional to square of the aperture of telescope. For example, a telescope with a 200 mm aperture will be able to collect four times as much light as a 100 mm aperture.



Faint objects like nebulae and galaxies demand large aperture scopes. Planets need larger focal lengths for higher magnification views and large apertures for high resolution.



M27 Dumbbell Galaxy through  
small aperture telescope

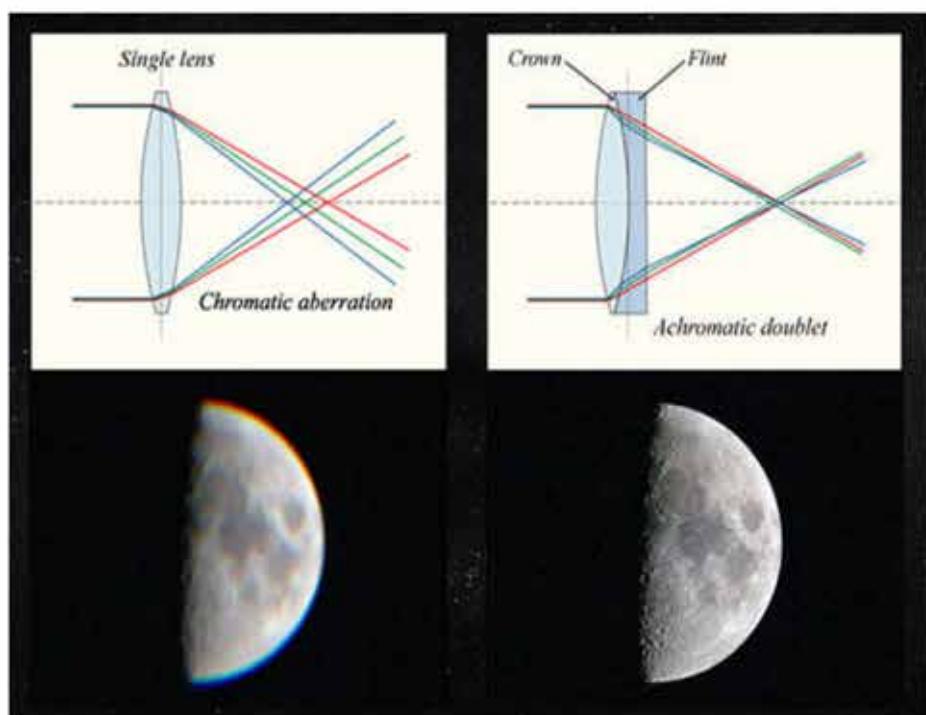
M27 Dumbbell Galaxy through  
large aperture telescope

**Maximum usable magnification is 2 times the aperture in millimeters.** If one uses magnification more than this there will be magnification without clarity.

Example: What is the maximum useful magnification possible with a telescope of aperture 50mm?

$$\begin{aligned}\text{Maximum magnification} &= \text{aperture in mm} \times 2 \\ &= 50 \times 2 \\ &= 100 \text{ times}\end{aligned}$$

Acromatic Doublet: Material of any lens has different refractive indices for different colours. Because of this rays of light of different colours get focused at different points. This produces an image which is coloured. Achromatic doublet reduces this chromatic aberration as shown in the figure below.



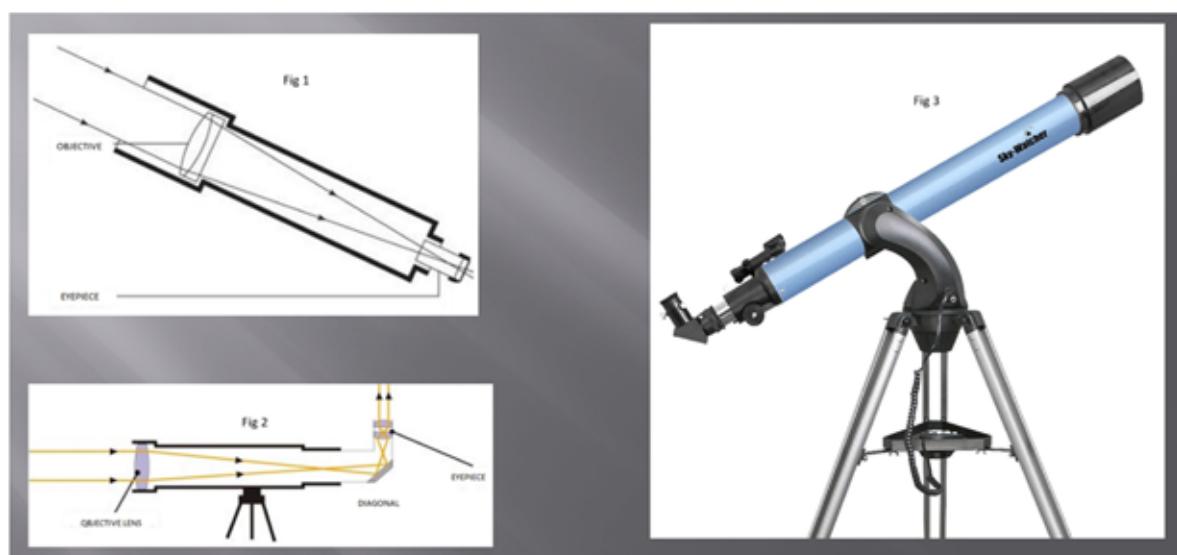
**Types of Telescopes:** Most telescopes will fall into one of three categories: refractors (which use lenses to bend light into focus), reflectors (which use mirrors that reflect light into focus), and catadioptric or compound scopes, (which use a combination of both lenses and mirrors).

### Refractor:

In an achromatic refractor an objective (achromatic lens) and an eyepiece are mounted coaxially in a tube as shown in figure 1. To help viewing comfortably a mirror known as a diagonal is kept at the back of the tube to bend the rays by an angle of 90 degrees (fig2). A commercially available refractor is shown in fig 3.

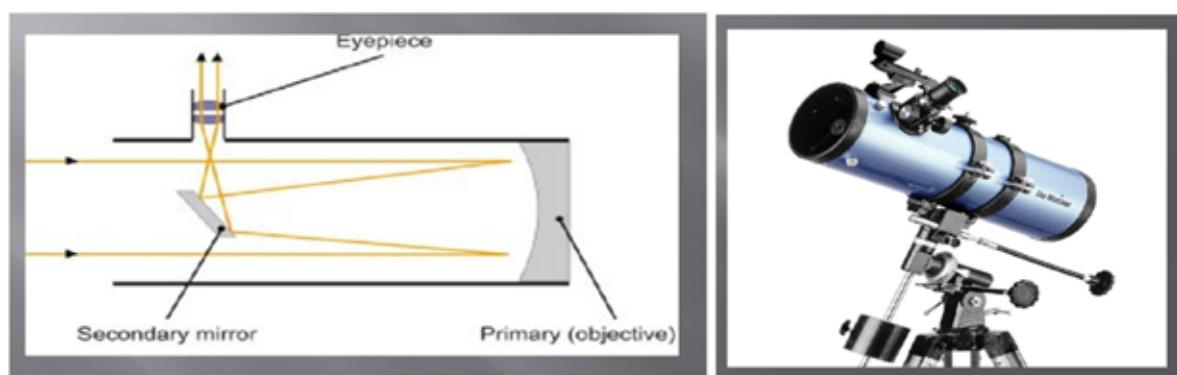
An apochromatic refractor uses a combination of three lenses for better colour correction. Such telescopes are generally used in wide field astrophotography.

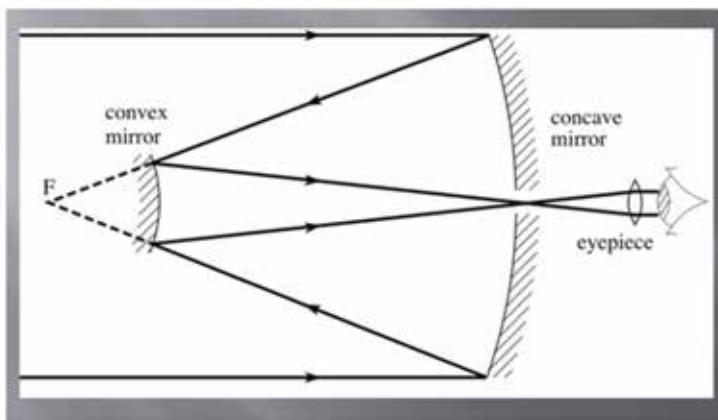
**Reflector:** In a reflector telescope called Newtonian telescope a concave mirror (Paraboloid shape) is used as the objective. The light from distant object gets reflected from this primary mirror and is again reflected to the side of the tube by a plain mirror called the secondary mirror. The eyepiece is mounted in the side tube as shown in the bottom left figure. As the primary image is formed by reflection the Newtonian telescope is free from chromatic aberration.



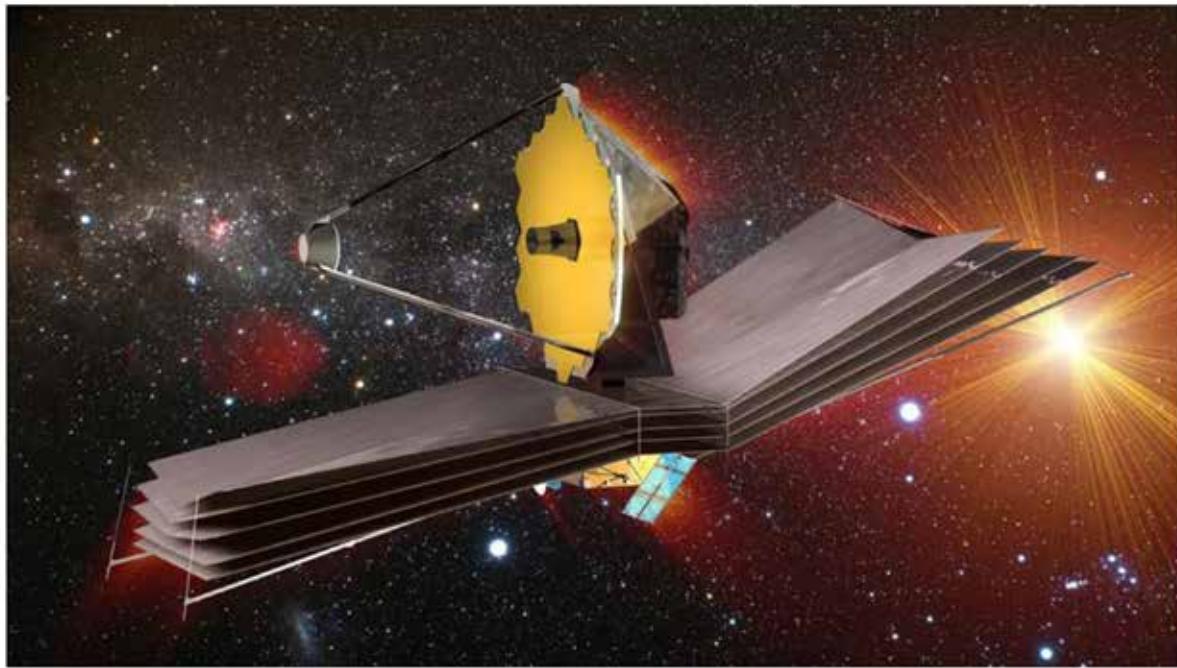
### The figure in the right shows a commercially available reflector (Newtonian)

**Cassegrain Telescope:** In a Cassegrain telescope the light from the primary mirror has a hole at its centre. The light from the primary mirror is reflected back to the convex secondary mirror. The reflected light from the secondary mirror passes through the hole in the primary mirror and forms an image which is magnified by the eyepiece.



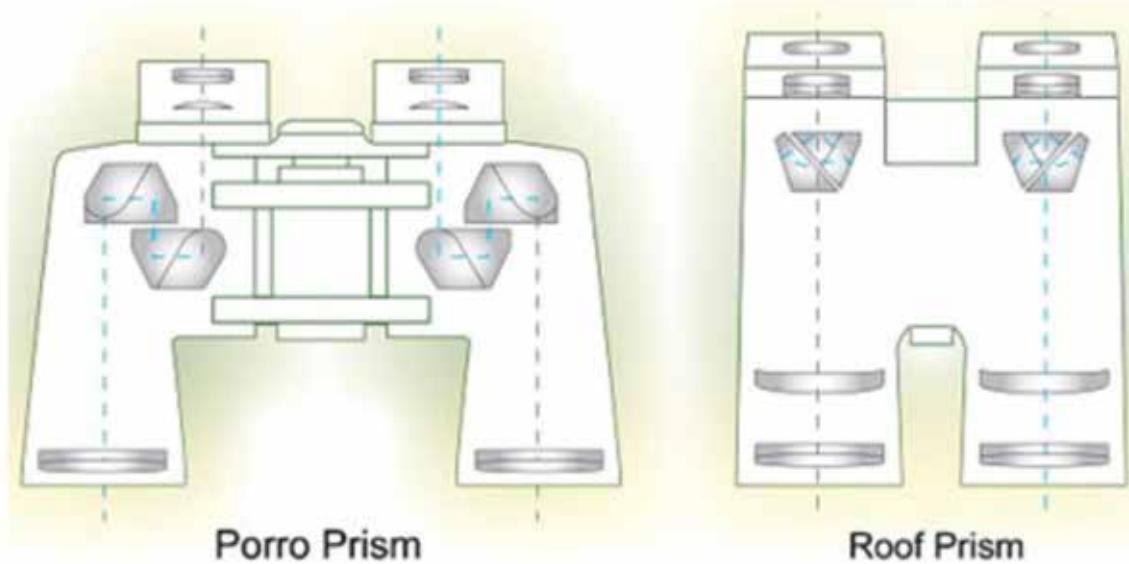


**Cassegrain Telescope:** In a Cassegrain telescope the light from the primary mirror has a hole at its centre. The light from the primary mirror is reflected back to the convex secondary mirror. The reflected light from the secondary mirror passes through the hole in the primary mirror and forms an image which is magnified by the eyepiece.



### What type of telescope is James Webb Space Telescope?

**Binoculars:** Binoculars are made of two refractor telescopes mounted on a single frame that allow the use of both eyes. Prisms are used to increase the light path (for compact size) and for getting an erect image. There are basically two types of binoculars. In one type porro prism is used and in the other roof prism is used as shown in the figure.



### **Mounts: The two types of mount used are the Altaz mount and the Equitorial mount.**

In Altaz mount the head of an altaz mount has two axes of motion: one that moves up and down from horizontal ( $0^\circ$ ) to vertical ( $90^\circ$ ), referred to as the altitude, and another that runs in a full  $360^\circ$  circle parallel to the horizon, known as the azimuth. In equatorial mount one of the axis is kept parallel to earths axis which helps to compensate for earths rotation easily. This enables one to track the stars with rotation about just one axis.



Altaz Mount



Equitorial mount



Different types of telescopes and mounts.



நமது மரபணுவில் நெட்ரஜன்,  
நமது பற்களில் கால்சியம்,  
நமது இரத்தத்தில் இரும்பு.  
நம் உண்ணும் ஆப்பிளில் உள்ள கார்பன் என்று  
அனைத்தும் சரிந்து விழும் நட்சத்திரங்களில்  
காணப்படுகிறது.  
நாம் அனைவரும் நட்சத்திரத் துகள்களால் ஆனவர்கள்.

**– கார்ல் சாகன்**

# குறிப்புகள்



