வானியல்

(மூன்றாம் புத்தகம்)

(பட்டப்படிப்பிற்குரியது)

(வானியல் I, II மடலங்களின் தொடர்ச்சி)

ஆசிரியர்

தி. கோவிந்தராசன், எம்.ஏ.,

கணிதப் பேராசிரியர்,

அரசினர் கலைக் கல்லூரி,

சேலம்.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

த. பா. நி. (க. வெ.) வரிசை எண்—578

வானியல்

(மூன்றாம் புத்தகம்)

(பட்டப்படிப்பிற்குரியது)

(வானியல் I, II மடலங்களின் தொடர்ச்சி)

ஆசிரியர்
தி. கோவிந்தராசன், எம்.ஏ.,
கணிதப் பேராசிரியர்,
அரசினர் கலைக் கல்லூரி,
சேலம்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First edition—June, 1974

T. N. T. B. S. (C.P.) No. 578

© TAMILNADU TEXTBOOK SOCIETY

ASTRONOMY—Major (Book III)
(Supplement to Astronomy I and II)

T. GOVINDARAJAN

Price Rs. 4.45

"Published by the Tamil Nadu Text Book Society under the Centrally Sponsored Scheme of Production of books and literature in regional languages at the University level of the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare" (Department of Culture) New Delhi.

Printed by
Lalita Publication & Press,
Madras-34.

அணிந்துரை

திரு. இரா. நெடுஞ்செழியன்
(தமிழகக் கல்வித்துறை அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பதினான்கு ஆண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.ஏ., வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்றுவந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் புகுமுக வகுப்பிலும் (P.U.C.), 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப் படிப்பு வகுப்புகளிலும் அறிவியல் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மன நிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது. இவ்வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்க்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக் கழகம் ஆண்டுதோறும் எடுத்து வரும் பெருமுயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லவேண்டும்.

பல துறைகளில் பணிபுரியும் பேராசிரியர்கள் எத்தனையோ நெருக்கடிகளுக்கிடையே குறுகிய காலத்தில் அரிய முறையில் நூல்கள் எழுதித் தந்துள்ளனர்.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், புவியமைப்பியல், மனையியல், கணிதம், இயற்பியல், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல், விலங்கியல், தாவரவியல், பொறியியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் தனி நூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இரு வகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான 'வானியல்-III' என்ற இந்நூல் தமிழ் நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் **578** ஆவது வெளியீடாகும். கல்லூரித் தமிழ்க் குழுவின் சார்பில் வெளியான **35** நூல்களையும் சேர்த்து இதுவரை **613** நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன. இந் நூல் மைய அரசு கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின் மாநில மொழியில் பல்கலைக் கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப்படுகிறது.

உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை. ஆதலின், உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும்; அதுவே தமிழன்னையின் குறிக்கோளுமாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பலவகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம் கலந்த நன்றி உரித்தாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

பொருளடக்கம்

பக்கம்

22. இராசிச் சக்கரமும் விண்மீன் மண்டலங்களும் (The Zodiac and the Constellations) 1

23. பால் மண்டலம் - அண்டங்கள் நிறைந்த பேரண்டம் (Milky Way - Extra Galactic Systems - the Universe) 23

24 விண்மீன்களுக்கிடைப்பட்ட தூசுகள், வாயுக்கள் (Interstellar dust and gas) 41

25. நிறமாலையியல் (Spectroscopy) 47

26. ரேடியோ வானியல் வரலாறு (The Story of Radio Astronomy) 83

27. ரேடியோ தொலைநோக்கிகள் (Radio Telescopes) 97

27A. உலகில் உள்ள சில ரேடியோ தொலைநோக்கிகள் (Some Radio Telescopes in the World) 127

27B. திட்டமாகத் தெரிந்த ரேடியோ அலைத் தோற்றுவாய்கள் — பட்டியல் (Reliably known discrete sources of radio waves — List). 144

28. இப்பேரண்டம் - அதைப்பற்றி நமது அறிவு வளர்ச்சி - சில வியத்தகு செய்திகள் (This Universe - The growth of our knowledge about it - Some spectacular results). 146

பிற்குறிப்புகள்

			பக்கம்
I(a).	இன்றைய வானியல் மேதைகள்	....	151
V.	கி.பி. 1972 முதல் கி.பி. 2000 வரை நிகழக் கூடிய கதிரவன் மறைப்புகளும், அவை தெரியக் கூடிய நிலப்பகுதிகளும்	....	153
VI.	குவாசர்கள், பல்சார்கள்	....	156
VII.	ரேடியோ வரைவுப் படம்	....	159
VIII.	மெல்லிழை நுண் திருகுமானி	....	160
IX.	டாப்ளர் விளைவும் நிறமாலை இயலும்	....	162
	நூல்கள் பட்டியல்	....	164
	கலைச்சொல் அகராதி	....	166

நிழற்படங்கள்

நிழற்படம்	I.	M·51 சுருள் அண்டம்	....	38
நிழற்படம்	II.	M·31 Sb வகைப்பட்ட ஒரு சுருள் அண்டம்	....	39
நிழற்படம்	III.	கோடிட்ட சுருள்வகை அண்டம் NGC 1300	....	39
நிழற்படம்	IV.	நிறமாலைகள்	....	79
நிழற்படம்	IV(a).	விண்மீன் நிறமாலைகள்	....	80
நிழற்படம்	IV(b).	இரும்பின் நிறமாலை – ஒப்பீட்டுப் படம்	....	81
நிழற்படம்	V.	கார்ல் ஜான்ஸ்கி - அவர் பயன் படுத்திய ஆன்டென்னு	....	93
நிழற்படம்	VI.	சாகிட்டாரஸ் மண்டலம்	....	94

பக்கம்

நிழற்படம் VII. கிரோட் ரேபர் பயன்படுத்திய ரேடியோ தொலைநோக்கி 95

நிழற்படம் VIII. ஒரு நவீன ரேடியோ தொலைநோக்கி 98

நிழற்படம் IX. பெரிய ரேடியோ தொலைநோக்கி - திசை உயரமானி ஏற்றம் 99

நிழற்படம் X. ரேடியோ தொலைநோக்கி - நடுவரை ஏற்றம் 100

நிழற்படம் XI. ஜாட்ரெல் பாங்க் ரேடியோ தொலைநோக்கி - தொலைநோக்கியின் குழித் தட்டத்தை நகர்த்திச் செல்லக்கூடிய கொள்கலச் சட்டம் 104

நிழற்படம் XII. ஜாட்ரெல் பாங்க் ரேடியோ தொலைநோக்கி - குழித் தட்டம் கட்டப்படும் துவக்க நிலை 105

நிழற்படம் XIII. ஜாட்ரெல் பாங்க் தொலைநோக்கி - 1956-ல் அமைப்பு - முடிவுறுத நிலை 106

நிழற்படம் XIV. ஜாட்ரெல் பாங்க் 250 அடி ரேடியோ தொலைநோக்கியின் பின்னழகுக் காட்சி 107

நிழற்படம் XV. ஜாட்ரெல் பாங்க் தொலைநோக்கியின் இரவுக் காட்சி 108

நிழற்படம் XVI. பார்க்கெஸ் (ஆஸ்திரேலியா) 210 அடி தொலைநோக்கி 110

நிழற்படம் XVII. பச்சைக்கரை (மேற்கு விர்ஜீனியா) 300 அடி தொலைநோக்கி (அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகள்) 111

நிழற்படம் XVIII. உதக மண்டலம் 530-மீ. ரேடியோ தொலைநோக்கி 115

பக்கம்

நிழற்படம் XIX. உதக மண்டலம் ரேடியோ தொலை நோக்கி - அண்மைக் காட்சி 116

நிழற்படம் XX. உதக மண்டலம் ரேடியோ தொலை நோக்கி - எதிரொளிக்கும் பரப்பு 117

நிழற்படம் XXI. ஒரு பதிவு (உதகமண்டலம்) 118

நிழற்படம் XXII. நான்சே (பிரான்ஸ்) 1000 அடி ரேடியோ தொலைநோக்கி 139

நிழற்படம் XXIII. கேம்பிரிட்ஜ் (இங்கிலாந்து) 3200 அடி ரேடியோ தொலைநோக்கி யின் ஏரியல் 140

நிழற்படம் XXIV. கேம்பிரிட்ஜ் பரவளைய எதிரொளிப் பான் ஆன்டென்ன 141

நிழற்படம் XXV. மால்வெர்ன் (இங்கிலாந்து) ரேடியோ தொலைநோக்கி 142

நிழற்படம் XXVI. கார்ன்வால் (இங்கிலாந்து) நடை முறையில் பயன்படுத்தும் ரேடியோ தொலைநோக்கி 143

22. இராசிச் சக்கரமும் விண்மீன் மண்டலங்களும்

(The Zodiac and the Constellations)

22–1 'வானியல்' இரண்டாம் புத்தகத்தில் 14–1·1-ல் கதிரவன் வீதி - இராசிச் சக்கரம் பற்றி ஒரு குறிப்பு கொடுக்கப் பட்டிருப்பதைக் காண்க. எப்போதுமே அந்த இராசிச் சக்கரத்தி னுள்ளேயே, நம் காட்சிக்குரிய வானத்தில் நிலவும் கதிரவனும் அதைச் சுற்றிவரும் கோள்களும் (சுக்கிரன், புளூட்டோ, பல சிறு கோள்கள் தவிர) சஞ்சரிக்கின்றன. நமது முன்னோர்கள் அதை யறிந்து, அப்பகுதியைப் பன்னிரண்டு விண்மீன் மண்டலங் களாகப் பிரித்தனர். அவற்றுள் ஒன்று தவிர மற்றவை ஓரொரு விலங்குருவம் பெற்றிருக்கிறதென வகுக்கப்பட்டது.

முதன் முதலில் இந்தக் காட்சி மனிதனைக் கவர்ந்து, அவன், வானியலை ஒருவாறு தனக்குத் தெரிந்த வரையில் வகுத்தபோது, கதிரவன் மேடத்தில் (Aries) இருந்தது. அது இளவேனிற்கால ஆரம்பத்தில் நிகழ்ந்தது. அன்று முதற் கொண்டு, இராசிச் சக்கரத்தின் முதல் இராசி, மேடம் எனவே கொள்ளப்பட்டது. ஆனால், மண்ணுலக உருவம் காரணமாக, ஈர்ப்புச் சக்திகள் இயங்கும்போது, மேடமுதற்புள்ளியான γ என்பது ஆண்டுதோறும் கதிரவன் பாதைமேல் 50·26″ பின் னகர்ச்சி பெறுவதால் இன்று விண்மீன்கள் பின்னணியில் இளவேனிற்கால ஆரம்ப நாளான மார்ச்சு மாதம் 21ஆம் நாள் கதிரவன் மீன இராசியில் வான நடுவரையைக் கடக்கிறது. (வானியல் இரண்டாம் புத்தகம் அதிகாரம் 18-ல் விளக்கம் காண்க.)

குறிப்பு :— இந்திய வானியலறிஞர்கள் மேலும் இராசிச் சக்கரத்தை 27 பகுதிகளாகப் பிரித்து, ஒவ்வொன்றையும் ஒரு 'நட்சத்திரம்' எனக் கூறினர். ஒவ்வொரு நட்சத்திரமும் நான்கு சம பாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டு, ஒவ்வொரு பிரிவையும் 'பாதம்' எனக் கூறினர். இருபத்தேழு நட்சத்திரங்கள் பட்டியல் காண்க.

22-2 விண்மீன் மண்டலங்கள் (Constellations)

இந்த இராசிச் சக்கரத்தில் இடம் பெறாத பலப்பல விண்மீன் மண்டலங்களும் உள்ளன. அவைபற்றியும் நெடுங்காலந் தொட்டு மக்கள் ஆராய்ந்து வந்திருக்கின்றனர்.

22-2·1 நம் முன்னோர் அறிந்த விண்மீன் மண்டலங்கள்

வானத்தில் தோன்றும் விண்மீன் கூட்டங்கள் தொன்று தொட்டு மனிதனின் கவனத்தை ஈர்த்தன; அவற்றினைப் பற்றிய உண்மைகளை, இரகசியங்களை அறிய வேண்டுமென்ற பேராவலை அவனது உள்ளத்தில் தூண்டி அவனை ஊக்குவித்தன. உலகில் எல்லாப் பகுதிகளிலும், மனித சமூகம் வாழ்ந்த இடமெல்லாம், இப் பேராவலால் உந்தப்பட்ட மனிதன் தனது கட்புலன்கொண்டு என்னென்ன தெரிந்துகொள்ள முடியுமோ, அவற்றை யெல்லாம் தெரிந்துகொள்ள விரும்பினான்; அதற்கெனத் தன்னாலான முயற்சி யெல்லாம் செய்தான்.

இந்தியப் பெயர்	லத்தின் அல்லது ஆங்கிலப் பெயர்	இந்தியப் பெயர்	லத்தின் அல்லது ஆங்கிலப் பெயர்
அசுவனி	β Arietis	சுவாதி	Arcturus
பரணி	41 Arietis	விசாகம்	Librae
கிருத்திகை	Pleaides	அனுஷம்	δ Scorpii
உரோகிணி	Aldebaran	கேட்டை	Antares
மிருகசீரிடம்	Sirius	மூலம்	λ Scorpii
திருவாதிரை	Betelgeux	பூராடம்	δ Sagittari
புனர்பூசம்	Pollux	உத்திராடம்	ρ Sagittari
பூசம்	Castor	திருவோணம்	Altair
ஆயில்யம்	α Cancer	அவிட்டம்	α Delphini
மகம்	Regulus	சதயம்	λ Aquarius
பூரம்	δ Leonis	பூரட்டாதி	α Pegasus
உத்திரம்	Denebola	உத்திரட்டாதி	Andromeda
அஸ்தம்	Delta Corvi	ரேவதி	η Piscium
சித்திரை	Spica		

ஒவ்வொரு இராசியிலும் $2\frac{1}{4}\left(=\frac{27}{12}\right)$ நட்சத்திரங்கள் உள்ளன வென்பது தெரிகிறது. எடுத்துக்காட்டாக, மேட ராசியில், அசுவனி, பரணி, கிருத்திகை முதல் பாதம்; இடப ராசியில், கிருத்திகை 2, 3, 4, பாதங்கள், உரோகிணி, மிருகசீரிடம் 1, 2 பாதங்கள்; இவ்வாறாக,

மிதுன இராசியில், மிருகசீரிடம் 3, 4 பாதங்கள், திருவாதிரை, புனர்பூசம் 1, 2, 3 பாதங்கள்;

அழிந்துபோன இங்க்கா (Incas) நாகரீகத்திலும் (தென் அமெரிக்கா), சிதைந்துபோன சீன நாகரீகத்திலும், வேதாகம காலத்து இந்திய நாகரீகத்திலும், பண்டைய அரபு நாகரீகத்திலும், முன்னுள் கிரேக்க ரோம நாகரீகத்திலும் வானியல் அறிவு இடம் பெற்றிருந்த தென்பதற்கு வரலாற்றுச் சான்றுகள் மலிந்துகிடக்கின்றன.

பொழுது சாய்ந்து, மெல்லொளி மறைந்து இருள் கவியும் கால், வானத்தில் முகிற்படலங்களில்லாத நேரமாயின் ஆயிரம் ஆயிரம் விண்மீன்கள் வானத்தில் பல் வண்ணங்களில் காட்சி யளிக்கின்றன. அவற்றினை அண்ணாந்து பார்ப்பதற்குப் பெரும் பாலோர் (குழந்தைகள் முதல் முதியோர் வரையில்) தவறிய தில்லை. அவை பலரையும் ஈர்க்குமொரு கட்புலன் விருந்தாகும். பளபளப்பான விண்மீன்கள், ஒளி குன்றிய விண்மீன்கள், பற்பல எங்கு பார்த்தாலும் நீலக் கம்பளத்தின்மேல் வீசியெறியப்பட்ட பற்பல வைரக் கற்கள் போல பரந்து கிடக்கின்றன. சில விண் மீன் கூட்டங்கள் பல்வேறு கற்பனை உருவந்தாங்கி நிற்பது போல மக்கள் காட்சியில் மலர்ந்தன.

பல நாட்டவர் தங்கள் கற்பனைக்கு ஏற்ப, விண்மீன் கூட்டங் களைப் படங்களாக வரைந்தனர். பாபிலோனியா நாட்டவர் இக் கற்பனை உருவங்களைக் கற்களில் செதுக்கி வைத்தனர். எகிப்திய நாட்டில் 'பேப்பிரஸ்' என்று வழங்கப்படும் ஒருவித காகிதம் போன்ற அட்டைகளில் மீன் மண்டல உருவங்கள் வரையப் பட்டன. கிரேக்க நாட்டில் பளிங்குக் கற்கள் மேல் அம் மீனுரு வங்கள் பதிக்கப்பட்டன. இந்தியாவில் சில விண்மீன் மண்ட

சிம்ம இராசியில்,	மகம், பூரம், உத்திரம் முதல் பாதம்;
கடக இராசியில்,	புனர்பூசம் 4ஆம் பாதம், பூசம், ஆயில்யம்;
கன்னி இராசியில்,	உத்தரம் 2, 3, 4 பாதங்கள், அஸ்தம், சித்திரை 1, 2 பாதங்கள்;
துலா இராசியில்,	சித்திரை 3, 4 பாதங்கள், சுவாதி, விசாகம் 1, 2, 3 பாதங்கள்;
விருச்சிக இராசியில்,	விசாகம் 4ஆம் பாதம், அனுஷம், கேட்டை;
தனுசு இராசியில்,	மூலம், பூராடம், உத்திராடம் முதல் பாதம்;
மகர இராசியில்,	உத்திராடம் 2, 3, 4 பாதங்கள், திருவோணம், அவிட்டம் 1, 2 பாதங்கள்;
கும்ப இராசியில்,	அவிட்டம் 3, 4 பாதங்கள், சதயம், பூரட்டாதி 1, 2, 3 பாதங்கள்;
மீன இராசியில்,	பூரட்டாதி நான்காம் பாதம், உத்திரட்டாதி, ரேவதி.

லங்கள் தேவர்கள், ரிஷிகளோடு தொடர்பு படுத்தப்பட்டன (எடுத்துக்காட்டுகள் : திருவாதிரை, கிருத்திகை.)

22–3 இரண்டாயிரம் ஆண்டுகளுக்கு முன்பு, கிரேக்கர்கள் 48 விண்மீன் மண்டலங்களை வரிசைப்படுத்தியிருந்தனர். தாலமி **(Ptolemy)** தனது ஆல்மஜெஸ்ட் **(Almagest)** என்ற பட்டியலில் இம் மண்டலங்களைக் குறிப்பிட்டுள்ளார். (விண்மீன் மண்டலப் பட்டியல் 22–9இல் காண்க.) இந்த 48 மண்டலங்களின் பெயர்கள் கிரேக்க புராணக் கதைகளில் உள்ள வீரர்கள், விலங்குகளின் பெயர்களாக அமைக்கப்பட்டன. ஏறக்குறைய கி. மு. எட்டாம் நூற்றுண்டில் வாழ்ந்த ஹெசாயிட் **(Hesoid)** என்பவரும், கி. மு. மூன்றும் நூற்றுண்டில் வாழ்ந்த கவிஞர் அராட்டஸ் **(Aratus)** என்பவரும் எழுதியுள்ள நூல்களிலும், மகா கவி ஹோமர் **(Homer)** எழுதிய ஆடிஸ்ஸி **(Odyssey)**, இலியட் **(Iliad)** என்ற நூல்களிலும் விண்மீன் மண்டலங்களின் பெயர்களான ஓரியன் **(Orion)**, பிளியாடிஸ் **(Pleiades)**, பெருங்கரடி **(The Great Bear)** முதலியவை தோன்றுகின்றன. யூப்ரடீஸ் **(Eupharates)** பள்ளத்தாக்கில் வாழ்ந்த மக்கள் வழங்கி வந்த விண்மீன் மண்டலங்களின் புராதனப் பெயர்கள், அப்படியே கிரேக்க வானியலில் இடம் பெற்றனவோ எனக் கூற சான்றுகள் பல கிடைத்திருக்கின்றன. ஆனுல், இந்தப் புராதனப் பெயர்களுக்கும் வானியல் என்ற அறிவுத் துறைக்கும் தொடர்பேது மில்லை. அந்தப் பெயர்கள் மட்டுமே உள்ளத்தைக் கவர்வனவாய் அமைந்தன போலும். தற்போது 88 விண்மீன் மண்டலங்கள் வானியல் கணக்கில் ஏறியிருக்கின்றன (பட்டியல் 22–9.)

22–3·1 வானியலைப் பொருத்தமட்டில் ஒரு விண்மீனை இடங்குறிக்க ஒரு மண்டலம் சொல்லப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக, அன்டாரஸ் **(Antares)** என்ற விண்மீன் விருச்சிக மண்டலத்தில் **(Scorpio)** உள்ளதெனவும், வீகா **(Vega)** என்பது லைரா மண்டலத்தில் உள்ளதெனவும் விளக்குவதற்கு இம் மண்டலப் பெயர்கள் நமக்கு உதவிபுரிகின்றன. (சேலம் என்ற நகரம் தமிழ் நாட்டில் உள்ளது என்பது சேலத்தை இடங்குறிக்க உதவி புரிவது போலத்தான் இதுவும்.) பட்டியல் 22–8இல் மற்றும் விண்மீன்கள் பெயர்களும் அவையிருக்கும் மண்டலங்களும் கொடுக்கப்பட்டிருப்பது காண்க.

விண்மீன் மண்டல எல்லைகள் முன்னர் அவ்வளவு ஒழுங்காக வகுக்கப்படவில்லை. ஆனுல் 1928-ல் அகில உலக வானியல் சங்கத்தால் **(The International Astronomical Union)** வரையறுத்தபடி, மீன் மண்டல எல்லைகள், வான நடுவரைக்கு ஒரு

போகான சிறு வட்டங்களாலும், வான நடுவரைக்குச் செங்குத்தான வட்டங்களாலும் எல்லையிடப் பட்டுள்ளன.

விண்மீன்களின் தனிப் பெயர்கள் : பல விண்மீன்களின் பெயர்கள் தொன்றுதொட்டு அந்தந்த நாடுகளில் வழங்கி வந்தவையே. கிருத்திகை, ரேவதி போன்ற இந்தியப் பெயர்களும், ஸிரியஸ், காபெல்லா போன்ற கிரேக்கப் பெயர்களும், வீகா, ஆல்டிபரான் போன்ற அரபுப் பெயர்களும் பழங்காலப் பெயர்களேயாம்.

மற்றும், விண்மீன்கள் பெயர்கள் பற்றியும், அவற்றின் ஒளித்தரங்கள் பற்றியும், முன்னர், 'வானியல்' இரண்டாம் புத்தகத்தில் 21ஆம் பகுதியில் காண்க; குறிப்பாக 21–4 என்ற பகுதியையும் காண்க.

22–4 இந்த விண்மீன் மண்டலங்கள் பருவந்தோறும் நீல வானில் வெவ்வேறு இடங்களில் காட்சியளிக்கின்றன. காரணம், இம் மண்ணுலகம் கதிரவனைச் சுற்றி வருவதேயாம். இந்தப் பொதுவான அடிப்படையில் ஒருவாறாக, நாம், ஒரு குறித்த இடத்தில், குறித்த நாளில், குறித்த நேரத்தில், பல விண்மீன்களையும் விண்மீன் மண்டலங்களையும் வான கோளத்தின் மேல் இடங்குறிக்கலாம்.

22–4·1 ஏறக்குறைய ஏப்ரல் நடுவில் கதிரவன் மேட இராசியில் புகுகிறது (22–1-ல் விளக்கம் காண்க). ஒருமாத காலத்தில் கதிரவன் ஒரு இராசியிலிருந்து அடுத்த இராசிக்குச் செல்கிறது. எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட நாளில் கதிரவன் எந்த மீன் மண்டலத்தில் இருக்கிறதென அறியலாம். கதிரவன் மறையும்போது அம் மீன் மண்டலத்துள்ள மீன்களும் மேற்கு வானத்தில் மறையும். இம் மீன் மண்டலம் C எனக் கொள்வோம். C-க்கு அண்மையில் கதிரவன் பாதைக்கு இரு மருங்கிலும் உள்ள மீன் மண்டல மீன்களும் மேல் வானில் கதிரவன் மறையும்போது உடன் மறையும்.

C-க்கு நேரெதிராக உள்ள ஒரு மீன் மண்டலம் C′ எனக் கொள்வோம். கதிரவனும் C-உம் மேல் வானில் மறையும்போது C′-உம் அதற்கு அண்மையிலுள்ள மீன் மண்டல மீன்களும் கிழக்கு வானில் தோன்றும் (உதிக்கும்). அப்போது C-க்கும் C′-க்கும் இடையே C-க்குக் கிழக்குப்பக்கமாக உள்ள மீன்மண்டல மீன்கள், தொடுவானத்திலிருந்து உயர்ந்து காட்சிதரும். C-க்கும் C′-க்கும் இடையில் சமதூரத்தில் உள்ள மீன் மண்டல மீன்கள் சில உச்சியைக் கடந்து கொண்டிருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டாக :

(1) மேட இராசியில் கதிரவன் இருப்பதாகக் கொள்வோம். ஏப்ரல் 16-தேதி எனக் கொள்வோம்.

(2) கதிரவன் மறையும்போது, மேட இராசி மீன்கள் மேற்கு வானில் மறையும்.

(3) ரிடப இராசி (Taurus) மீன்கள் மேல் வானில் மறையும் தரு வாயில் தொடு வானத்திற்கு அருகில் இருக்கும் (எ.கா. : கிருத்திகை, உரோகிணி........).

(4) கடக இராசி (Cancer) மீன்களில் சில உச்சி வானத்தைக் கடந்து கொண்டிருக்கும் (எ.கா. : பூசம்).

(5) துலாம் இராசி (Libra) மீன்கள் கிழக்கு வானில் தோன்றிக் கொண்டிருக்கும் (எ.கா. : சுவாதி, விசாகம்).

(6) கன்னி இராசி (Virgo) மீன்கள் தோன்றி கிழக்கு வானில் தொடுவானத்திலிருந்து உயர்ந்திருக்கும் (எ.கா. : அஸ்தம், சித்திரை).

22–5 மீன்வழிநாள், கதிரவன் நாளைவிட 4 மீன்வழி நிமி டங்கள் குறைவென 'வானியல்' முதற் புத்தகம் 3–8·5·1-ல் நாம் கண்டிருக்கிறோம். எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட நாளில் இரவு 9 மணிக்கு நாம் விண்மீன்களை வானத்தில் காண்போமானால், அதற்கடுத்த நாள் அதே விண்மீன்களை அதே இடத்தில் இரவு 8 மணி 56 நிமிடங்களுக்குப் பார்ப்போம். ஒன்றரை மாதம் கழித்து, அதே விண்மீன்களை அதே இடத்தில் மாலை 6 மணிக்குப் பார்ப்போம்.

22–6 பின்வரும் 4 படங்களில் முறையே இளவேனிற்காலத் தில், வேனிற்காலத்தில், இலையுதிர் காலத்தில், குளிர் காலத்தில் சென்னையில் இரவில் காணக்கூடிய மீன்களும், மீன் மண்டலங் களும் ஒருவாறு காட்டப்பட்டிருக்கின்றன.

22–6·1 இளவேனிற் காலம் (A படம் 22–6.1) (ஏப்ரல் முதல் தேதி இரவு 10 மணி)

அர்ஸா மேஜர் (பெருங்கரடி, சப்தரிஷி மண்டலம்) உச்சி வானத்தை நெருங்குவது காணலாம். இவற்றில் ஏழு மீன்கள் உள்ளன; நான்கு கரடி உருவத்தையும், மீதி மூன்று கரடி வாலையும் குறிப்பதாகக் கூறப்படுகிறது. இம் மண்டலம் வட துருவத்திலிருந்து ஏறக்குறைய 30° தூரத்தில் உள்ளது.

வானியல் முதற்புத்தகம் 4–3·1-ல் நிறுவியுள்ளபடி இம் மண்டலம் வட அகலாங்கு 30°-க்கு மேற்பட்ட இடங்களில் மறையா விண் மீனுயிருக்கும். அர்ஸா மேஜருக்கு வடக்கே அர்ஸா மைனர் (சிறு கரடி—the small bear) மீன் மண்டலம் உள்ளது காண்க. இக் கரடிவால் முனையில் வடதுருவம் இருக்கிறது. இவ்விரண்டு மண்டலங்களுக்கிடையே டிராகோ (The Dragon–வேதாளம்) மீன் மண்டலம் காண்க. கீழே வந்தால் சிம்மராசி இருப்பது காண லாம். வடதுருவத்திலிருந்து ஏறக்குறைய 70° தூரத்தில் சிம்ம மண்டலம் உள்ளது. தலை தூக்கி நிமிர்ந்து நிற்கும் சிங்கம்போல, அவ்விராசியிலுள்ள மீன்கள் அமைந்துள்ளன எனக் கூறுவர். இவ்விராசியில் மகம் (Regulus) என்ற மீன் கடைசியில் இருப்பது காண்க. கதிரவன் ஆண்டுதோறும் ஆகஸ்டு 31ஆம் நாளன்று ‘மகம்’ என்ற விண்மீனைக் கடக்கிறது. இது கதிரவன் பாதை மேலேயே இருக்கிறது. சிங்கத்தின் வால் முனையில் உள்ள மீன் டினேபோலா (உத்திரம்) என்ற மீனாகும்.

பெருங்கரடிக்கருகே பூட்டஸ் (Bootes) என்ற மீன் மண்டலம் காணலாம். அதன் முனையில் ஆர்க்டூரஸ் (Arcturus) (சுவாதி) இருக்கிறது. இதுவே பூட்டஸ் மண்டலத்தில் மிக முக்கியமான மீனாகும். பூட்டஸ்ஸுக்குக் கிழக்கே ஆறு மீன்கள் ஒரு மணி மகுடம்போல் காட்சியளிக்கும். இது கொரோனு (Corona - crown) என்ற மீன் மண்டலம். படம் 22–6·1 இல் பூட்டஸும், கொரோனு வும் இப்போதுதான் கிழக்குவானில் உதயமாகின்றன. இது இளவேனிற்கால ஆரம்பத்தைக் குறிக்கும்.

நடுவரையில் விர்கோ (கன்னி) ராசி மண்டலம் இருப்பது காண்க (படம் 22–6·1). இதன் முக்கிய மீன் சித்திரை (Spica) இதுவும் ஆர்க்டூரஸ், டெனிபோலாவும் சேர்ந்து ஒரு சமபக்க முக்கோணமாய் அமைவது காண்க. சித்திரை ஒரு முதல்தர மீனாகும். அதோடு இது ஓர் இணை விண்மீன் வகுப்பைச் சேர்ந்தது. 21–5·2·1-ல் கூறப்பட்ட வெட்டொளி இரட்டை மீன் வகையைச் சாரும்.

கார்வஸ் (Corvus)

விர்கோவிற்குத் தெற்கே, கார்வஸ் (காகம் - Crow) என்ற மண்டலமும், ஹைட்ரா (Hydra - கிரேக்க புராணக் கதைகளில் வெட்ட வெட்ட வளர்ந்து வரும் பல்தலைப் பாம்பு) மண்டலமும் காணலாம். கார்வஸ் ஒரு நாற்கரமாக அமைந்திருப்பது காண்க. நான்கு முனைகளும் நான்கு மீன்கள். டெல்டா கார்வி (அஸ்தம்) என்பது கார்வஸ் மண்டலத்தில் முக்கிய மீனாகும். இது மூன்றும்

தர விண்மீன். 1965ஆம் ஆண்டில் செப்டம்பர் 18ஆம் நாளில் காலை திரு. இகேயா, திரு. சாகி என்ற இரு ஜப்பானிய வானியல் ஆராய்ச்சியாளர்களால் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட இகேயா-சாகி (Ikeya - Saki) என்ற வால் விண்மீன் (comet) கார்வஸ் மீன் மண்டலத்தில்தான் முதலில் காட்சிக்கு வந்தது (வானியல் 16·4 (4) காண்க).

ஹைட்ரா (நீர்ப் பாம்பு)

ஹைட்ரா என்ற மீன் மண்டலம் மிக நீளமானது. இங்கு முக்கியமான மீன் இரண்டாம் தரம் சார்ந்த α ஹைட்ரே (α Hydrae or Alfard)

கோமா பெரனீஸஸ் (Coma Berenices)

சிம்ம மண்டலத்திற்குக் கிழக்கிலும், விர்கோவிற்கு வடக்கிலும, பூட்டஸுக்கு மேற்கிலும், இந்த மீன் மண்டலம் உள்ளது. இது ஒரு மீன் முடிச்சு [எனவே, இதற்கு பெரனிஸ் தலைமுடி (Hair of Berenices) என்ற பெயர் போலும்]. இம் மண்டலத்தில் பற்பல நெபுலங்கள் உள்ளன.

கானஸ் வீன டஸி (Canes Venatici) (The Hunting Dog-வேட்டை நாய்)

கோமா பெரனீஸஸ்ஸுக்கு வடபுறம் சற்று தள்ளி இம் மீன் மண்டலம் உள்ளது. வேட்டை நாய் (The Hunting Dog) மண்டலம் என்றும் இதைச் சொல்வதுண்டு. இம் மண்டலத்தில் பெரு நீர்ச்சுழி (The whirlpool) என்ற ஒரு நெபுலமுண்டு. α, β என்ற ஒளி மிக்க மீன்கள் (இரண்டாம் தரம்) மட்டுமே இம் மண்டலத்தில் ஊனக்கண் கொண்டு பார்க்குமளவுக்கு ஒளியுடையனவாம். α-க்கு சாரா (Chara) என்ற வேட்டை நாய்ப் பெயரும் β-க்கு ஆஸ்டீரியன் (Asterion) என்ற வேட்டை நாய்ப் பெயரும் உண்டு.

க்ரக்ஸ் (Crux - தென் சிலுவை - the Southern Cross)

தெற்கு அடி வானத்தில் **தென் சிலுவை** இருப்பதைக் காணலாம். இது ஒரு சிறிய மீன் மண்டலமாயினும் மிக ஒளியுடையது. அம் மண்டலத்து முக்கியமான நான்கு மீன்கள் ஒரு சிலுவை போலிருப்பது காணலாம். α க்ரக்ஸ் (விஸ்வாமித்திரர்) என்ற மீன் ஒரு முக்கூட்டு மீன். β, ν, δ என்ற மீன்கள் முதல்தர, இரண்டாந்தர மீன்களுக்கிடைப்பட்ட ஒளித்தரம் பெற்றவை.

சென்டாரஸ் (The Centaurus)

மேற்சொன்ன தென் சிலுவைக்குக் கிழக்கே சென்டாரஸ் மண்டலம் உள்ளது. இம் மண்டலத்தில் பத்துக்கு (10) மேற்பட்ட மீன்கள் மூன்றும் தர ஒளிக்கு மேற்பட்ட ஒளித் தரமுடையவை. α - Centaurii - (திரிசங்கு) என்ற மீனும் β - **Centaurii** - என்ற மீனும் முக்கியமானவை. அவற்றின் ஒளித்தரம் **ஒன்று**. முதல் மீன் 4·3 ஒளியாண்டுகள் தூரத்தில் உள்ளது. இது ஓர் இரட்டை மீன். இரு பகுதிகளும் கதிரவன் பொருண்மை பெற்றவை. ஒன்றையொன்று 81 ஆண்டுக் கால வட்டத்தில் சுற்றி வருகின்றன.

பெர்ஸியஸ், பிளியாடிஸ், ஹையேட்ஸ், ஓரியன், கானிஸ் மேஜர், கானிஸ் மைனர்

பெர்ஸியஸ் மண்டலம் ஒரு கிரேக்க வீரன் பெயர் பெற்றது. அதில் மூன்று முக்கிய மீன்கள் α, β, ε என்பவை ஒரு சமபக்க முக்கோண முனைகளாக விருப்பதைக் காணலாம். ஆல் கோல் (β - Persei) என்ற மீன் ஒரு மறைக்கும் இரட்டை இனத்தைச் சார்ந்தது (21–5·2–2 காண்க) (Eclipsing Binary).

பிளியாடிஸ் (Pleiades) என்பது ஆறு மீன்களின் கூட்டு (கிருத்திகை - ஆறுமுகக் கடவுளுக்குரியது). இது டாரஸ் (ரிடபம்) மண்டலத்தைச் சார்ந்தது.

ஹையேட்ஸ் (Hyades) என்பதும் டாரஸ் மண்டலத்தைச் சேர்ந்தது. V என்ற வடிவத்தில் இம் மீன்கள் இருப்பது காணலாம். இதில் முக்கியமானது ஆல்டிபரான் அல்லது உரோகிணி என்ற பெயர்பெற்ற விண்மீனாகும்.

ஓரியன் (வேடுவன்) : இதுஒரு மிக முக்கியமான மீன் மண்டலம். நான்கு சிறப்பான மீன்கள் இம் மண்டலத்தில் காணப்படுகின்றன. ஒரு பெரிய இணை நாற்கரமாக இவை காட்டப்பட்டிருக்கின்றன. இந் நாற்கரத்தின் நடுவில் சாய்வாக மூன்று மீன்கள் இருப்பதையும் காணலாம். இவை அவ் வேட்டைக்காரனின் இடுப்புக் கச்சை (Orion's Belt) எனப்படும். **Betelgeux** எனப்படும் α - ஓரியனிஸ் - திருவாதிரை (செம் மஞ்சள் நிறம்) என்பது ஒரு மிகப்பெரிய (அரக்க) மீன். β - ஓரியனிஸ் - **Regel** என்பது மற்றொரு மிகப்பெரிய (அரக்க) மீன். இவை இரண்டும் முதல் ஒளித்தர மீன்களாகும். நடுவிலுள்ள வேடுவன் கச்சைக் கருகில் பெரிய ஓரியன் நெபுலம் அமைந்துள்ளது. திட்டமான உருவமற்ற நெபுலங்களில் இது ஓர் இடம் பெறும்.

மிருக சீரிடம் என்ற விண் மீனும் இந்த மீன் மண்டலத்தைச் சார்ந்தது.

கானிஸ் மேஜர், கானிஸ் மைனர் (பெரிய நாய் - Canis Major; சிறிய நாய்-Canis Minor) என்பவை ஓரியன் என்ற வேடுவனைப் பின் தொடர்ந்து செல்லும் நாய்கள் போல அமைந்துள்ளன. **கானிஸ் மேஜரில், சீரியஸ் (Sirius)** என்ற மிகப் பிரகாசமான விண்மீன் உள்ளது. இதுவே வானத்தில் மிக ஒளிவீசும் விண்மீனாகும். வான வில்லின் ஏழு நிறங்களையும் இம் மீன் வீசி நிற்கிறது. கானிஸ் மைனரில் மிகப்பிரகாசமான முதல்தர விண்மீன் ப்ரோஸியான் (Procyon). இவ்விரண்டும் இரட்டை மீன்களாயினும் துணைவர்களை ஊனக்கண் கொண்டு காண்பது எளிதல்ல. சீரியஸ், ப்ரோஸியான், பீட்டல்க்யூஸ் மூன்றும் ஒரு சமபக்க முக்கோண முனைகளாக அமைந்திருப்பது ஒரு விந்தையான அமைப்பாகும்.

ஆரிகா (Auriga)

வடதுருவத்திற்கும் ஓரியனுக்கும் நடுவில் காப்பெல்லா (Capella) என்ற ஒளிமிக்க விண்மீனைக் காணலாம். இது ஆரிகா மண்டலத்தைச் சேர்ந்தது. காப்பெல்லா (பெண் ஆடு) பக்கத்தில் அதன் குட்டிகளான சிறு மீன்களையும் பார்க்கலாம்.

முதல்தர மீன்கள் சென்னைவானத்தில் இளவேனிற் கால இரவுகளில் அளிக்கும் காட்சி, ஒரு பேரழகு நிறைந்ததோர் காட்சியாகும்.

22-6·2 முதுவேனிற் காலம் (B படம் 22-6·2) (ஜூன் 22)

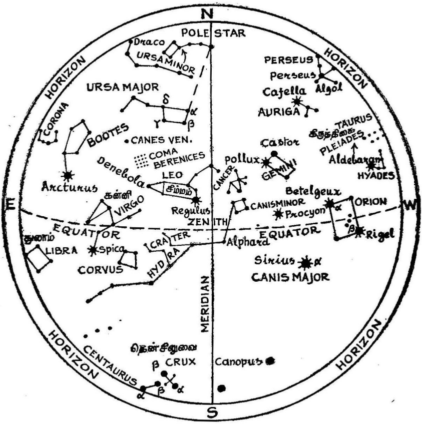
இப் படம் வானத்தில் முதுவேனிற் காலக் காட்சி. படம் 22-6·1-ல் உச்சிதாண்டிய பல விண்மீன்கள், படம் 22-6·2இல் மேல் வானில் சாய்ந்துவிட்டன. உச்சி வட்டத்திற்குக் கிழக்கே இருந்தவை இப்போது உச்சி வட்டத்திற்கு மேற்கே இடம் பெற்றிருக்கின்றன.

மறைந்துவிட்ட மீன் மண்டலங்கள்

பெர்சியஸ், டாரஸ், ஓரியன் முதலியன.

உச்சி வட்டத்திற்கு மேற்கே இடம் பெறும் மீன் மண்டலங்கள்

இவை அர்ஸா மேஜர், லியோ முதலியன. பூட்டஸ் மண்டலம் உச்சி கடந்து கொண்டிருக்கிறது. அதில் முக்கிய



A படம் 22-6·1

இளவேனிற் கால இரவு வானம் (சென்னை)

Spring Constellations

(தோராயமான படம்)

✳ — தரம் 0 அல்லது 1

● ● • } - மற்றத் தரங்கள்

தலைப்பெழுத்துகள் (Capitals) மீன் மண்டலங்களைக் குறிக்கும்.

சிறிய எழுத்துகள் (Capital and lower) மீன்களைக் குறிக்கும்.

விண்மீன் ஆர்க்டுரஸ் (சுவாதி) உச்சி கடந்து மேற்கே சென்று விட்டது. மற்ற விண்மீன்களும் கிழக்கே காட்சிக்கு வந்து கொண்டிருக்கின்றன. அவை ஹெர்குலஸ், (அதில் முக்கிய மீன் வீகா), சிக்னஸ் முதலியனவாம். வான நடுவரைக்குக் கீழே தனுர் இராசி மீன்களும், விருச்சிக இராசி மீன்களும் இருப்பதைக் காணலாம். விருச்சிகத்தில் உள்ள முக்கிய மீன் கேட்டை உச்சி கடக்க விருக்கிறது.

22-6·3 இலையுதிர் காலம் (C படம் 22-6·3) (செப்டம்பர் 23)

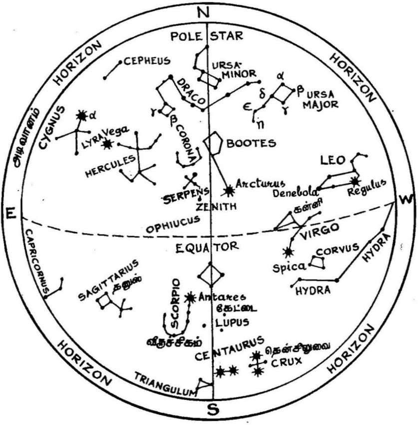
இப் படம் வானத்தில் இலையுதிர் காலக்காட்சி. படம் 22·62இல் உச்சி வட்டத்திற்குக் கிழக்கே இருந்தவை இப்போது உச்சி வட்டத்திற்கு மேற்கே இடம் பெற்றிருப்பது காண்க. தெற்கு வானத்தில் சீடஸ் (**Cetus** - திமிங்கிலம்), அக்குவேரியஸ் (**Aquarius** - கும்பம்), காப்ரிகார்னஸ் (**Capricornus**) காட்சியளிக்கின்றன. கும்ப இராசிக்கருகில் சிவந்த விண்மீன் போமல் ஹாட் (**Fomalhaut - Constellation Pisces Australis**) மிகப் பளபளப்பாக மின்னிக் கொண்டிருக்கிறது. இப்போது எரியாட்னஸ் (**Eriadnus**) மண்டலத்திலுள்ள ஆச்சர்னர் (**Achernar**) என்ற மீன் உதயமாகிக் கொண்டிருக்கிறது. வட வானத்தில் பெகாஸஸ் (**Pegasus**- பறக்கும் குதிரை) மண்டல மீன்கள் உதயமாகிவிட்டன. அருகில் W வடிவத்திலுள்ள காசி யோப்பியா மீன் மண்டலம் இருப்பது காணலாம். மேடமும் மீனமும் வடவானத்தில் பாதி வழியில் காட்சியளிக்கின்றன.

22-6·4 குளிர் காலம் (D படம் 22-6·4) (டிசம்பர் 22)

இப் படம் குளிர்காலத்தில் வானக்காட்சி. படம் 22·63இல் உச்சி வானத்திற்குக் கிழக்கேயுள்ள மண்டலங்கள் யாவும் இப்போது 22-6·4இல் உச்சி வானத்திற்கு மேற்கே காட்சிதருவதைக் காணலாம்.

ஆல்கோல் (பெர்சியஸ் மண்டல மீன்) இப்போது உச்சி கடக்கிறது. கிருத்திகை, ஹையேட்ஸ், ஆரிகா முதலியவை உச்சி கடக்க இருக்கின்றன. ஓரியன் பாதிவழியில் இருக்கிறது. ஸிரியஸ்ஸும், ப்ரோகியானும் ஓரியனைத் தொடர்ந்து வருகின்றன. மற்றவை படத்தில் கண்டுகொள்ளலாம்.

அடுத்து 22-7, 22-8-இல் (1) மிக அண்மையிலுள்ள விண்மீன்பட்டியலும் (2) மிக்க ஒளிவீசும் விண்மீன் பட்டியலும் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றன.



B படம் 22–6·2

முதுவேனிற் கால இரவு வானம் (சென்னை)

Summer Constellations

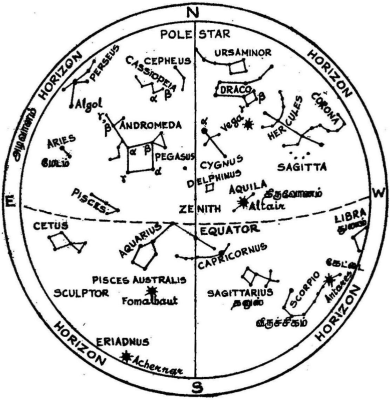
(தோராயமான படம்)

✳ — தரம் 0 அல்லது 1

● ● • } - மற்றத் தரங்கள் 2, 3, 4

தலைப்பெழுத்துகள் (Capitals) மீன் மண்டலங்களைக் குறிக்கும்

சிறிய எழுத்துகள் (Capital and lower) மீன்களைக் குறிக்கும்.

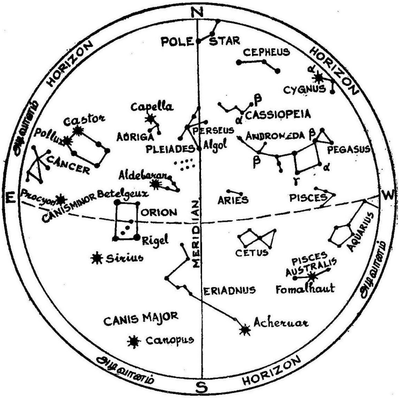


C படம் 22-6·3

இலையுதிர் கால இரவு வானம் (சென்னை)

(Autumn Constellations)

(தோராயமான படம்)



D படம் 22–6·4

குளிர் கால இரவு வானம் (சென்னை)

(Winter Constellations)

(தோராயமான படம்)

22-7 பட்டியல்

மிக அண்மையிலுள்ள விண்மீன்களும் அவற்றினைப் பற்றிய குறிப்புகளும்

எண்	பெயர்	ஒளி யாண்டு தூரம்	வல ஏற்றம் மணி-நிமிடம்	நடுவரை விலக்கம் பாகை °
1.	α சென்டாரை (Alpha Centaurii)	4·3	14 33	−60° 24′
2.	பெர்னார்ட் விண்மீன் (Bernard's Star)	6·1	17 53	+ 4° 24′
3.	லாலாண்டே 21185 (Lalande)	7·9	10 58	+36° 36′
4.	ஓநாய் 359 (Wolf)	8·0	10 52	+ 7° 36′
5.	ஸீரியஸ் (Sirius)	8·6	6 41	−16° 36′
6.	ராஸ் 154 (Ross)	9·3	18 44	−24° 0′
7.	ராஸ் 248 (Ross)	10·3	23 37	+43° 42′
8.	எப்ஸிலான் எரியாட்னி (Epsilon Eriadni)	10·7	3 28	− 9° 48′
9.	ப்ரோஸியான் (Procyon)	11·0	7 34	+ 5° 30′
10.	61 சிக்னி (Cygni)	11·1	21 2	+38° 12′
11.	ராஸ் 128 (Ross)	11·2	11 42	+ 1° 24′
12.	எப்ஸிலான் இண்டி (Epscilon Indi)	11·2	21 56	−57° 12′
13.	டான் சீட்டி (Tan Ceti)	11·2	1 39	−16° 24′
14.	ஸ்டுரூவே 2398 (Struve)	11·3	18 42	+59° 30′
15.	க்ரூம் பிரிட்ஜ் 34 (Groombridge)	11·7	0 13	+43° 24′

22-8 பட்டியல்

மிக்க ஒளிவீசும் விண்மீன்களும் அவை இருக்கும் மீன் மண்டலங்களும்.

பெயர்	மண்டலம்	தோற்ற ஒளித் தரம்	தனி ஒளித் தரம்	ஒளியாண்டுக் கால தூரம்
சிரியஸ் (Sirius)	கானிஸ்மேஜர் (பெரிய நாய்) (α Canis Majoris)	—1·6	+1·3	8·6
கனோபஸ் (Canopus) (அகத்தியர்)	காரினே (α Carinae)	—0·86	—3·2	100
α சென்டாரை (α Centaurii)	சென்டாரை (Centaurii)	+0·06	+4·7	4·3
வீகா (Vega)	லைரா (α Lyrae)	0·14	+0·5	26
காப்பெல்லா (Copella)	ஆரிகே (α Aurigae)	0·21	—0·4	42
ஆர்க்டூரஸ் (சுவாதி) (Arcturus)	பூட்டஸ் (α Bootes)	0·24	+0·2	33
ரைகல் (Rigel)	ஓரியன் (β Orionis)	0·34	—5·8	540
ப்ரோஸியான் (Procyon)	கானிஸ் மைனர் (சிறிய நாய்) (α Canis Minoris)	0·48	+2·9	11·1
ஆச்சர்னர் (Acherner)	எரியாட்னி (α Eriadni)	0·60	—1·1	70
β சென்டாரை (β Centaurii)	சென்டாரை (Centaurii)	0·86	—2·9	190
ஆல்டேர் (திருவோணம்) (Altair)	அக்குவிலா (α Aquilae)	0·89	+2·5	15·7
பெட்டல்கியூஸ் (திருவாதிரை) (Betelgeuse)	ஓரியன் (α Orionis)	0·92	—3·9	300
α க்ருஸிஸ் (α Crucis)	க்ரக்ஸ் (Crux) (தென் சிலுவை)	1·05	—2·7	220
ஆல்டிபரான் (உரோகிணி) (Aldebaran)	டாரஸ் (ரிடபம்)(Taurus)	1·06	+0·1	53
போலக்ஸ் (புனர்பூசம்) (Pollux)	ஜெமினி (மிதுனம்) (Gemini)	1·21	+1·5	29

பெயர்	மண்டலம்	தோற்ற ஒளித் தரம்	தனி ஒளித் தரம்	ஒளியாண்டுக் கால தூரம்
ஸ்பைகா (சித்திரை) (Spica)	விர்கோ (கன்னி) (Virgo)	1·21	—1·6	120
அன்டாரஸ் (Antares)	ஸ்கார்பியோ (விருச்சிகம்) (α Scorpio)	1·22	—3·2	250
போமல் ஹால்ட் (Fomal-hault)	பிஸஸ் ஆஸ்டிரேலியா (Pisces Australis)	1·29	+2·0	23
டெனப் (Deneb)	சிக்னி (α Cygni)	1·33	—4·2	400
ரெகுலஸ் (மகம்) (Regu-lus)	லியோ (சிம்மம்) (Leo)	1·34	—0·3	67

22-9 விண் மண்டலப் பட்டியல்

நாமறிந்த 88 விண் மண்டலங்கள்: அவற்றில் 1, 2,........ 47 என எண்ணிட்டு மூன்றுவது நிரலில் கொடுக்கப்பட்டவை, தாலமியால் கண்டு குறிக்கப்பட்டவை (Almagest). ⊠ குறியிட்ட நான்கும் அவராலேயே வகுக்கப் பட்ட விண்மீன் மண்டலமான ஆர்கோ நேவிஸ் (Argo Navis) என்பதாகும் இது தாலமி வரிசைப்படி 48வது மண்டலம்.

எஞ்சிய 40 மண்டலங்கள் அவருக்குப் பின்பு இடங் குறிக்கப் பட்டு, பெயரிடப் பட்டவை. 22-6·1, 22-6·2, 22-6·3, 22-6·4 என்ற படங்கள் முறையே A, B, C, D எனப் பெயரிடப்பட்டு, முன் கூறிய மண்டலங்களில் பல, அவ்வெழுத்துக்களால் சுட்டிக் காட்டப் பட்டிருக்கின்றன.

நான்காவது நிரலில், தெரிந்த அவற்றின் இந்தியப் பெயர்கள் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றன. ஐந்தாவது நிரலில், அவற்றின் ஆங்கிலப் பெயர்கள் கொடுக்கப் பட்டிருக்கின்றன.

இடம் A/B/C/D	லத்தீன் மொழியில் பெயர்	தாலமி குறித்த மண்டலங்கள்	இந்தியப் பெயர்	ஆங்கிலப் பெயர்
D	Andrmisplaced'eda (உத்தி ரட்டாதி)	1		Andromeda
	Antlia			Air pump
	A'pus			Bird of paradise
C	Aqua'rius	2	கும்பம்	Water Carrier
C	Aqu'ila	3		Eagle
	A'ra	4		Altar
C	A'ries	5	மேடம்	Ram
A	Auri'ga	6		Charioteer
A,B	Boo'tes	7		Herdsman
	Cae'lum			Graving tool
	Camelopar'dalis			Giraffe
D	Can'cer	8	கடகம்	Crab
A	Ca'nes Vena'tici			Hunting Dogs
D	Ca'nis Ma'jor	9		Larger Dog
D	Ca'nis Mi'nor	10		Smaller Dog
B	Capricor'nus	11	மகரம்	Sea - Goat
	⊠ Cari'na	⊠		Keel
C	Cassiope'ia	12		Cassiopeia
A,B	Centau'rus	13		Centaur
B	Ce'pheus	14		Cepheus
C,D	Ce'tus	15		Whale
	Chamae'leon			Chameleon
	Cir'cinus			Compasses
	Colum'ba			Dove
A	Co'ma Bereni'ces			Berenice's Hair
	Coro'na Austra'lis	16		Southern Crown
A	Coro'na Borea'lis	17		Northern Crown

இடம் A/B/C/D	லத்தீன் மொழியில் பெயர்	தாலமி குறித்த மண்டலங்கள்	இந்தியப் பெயர்	ஆங்கிலப் பெயர்
A,B	Cor'vus	18		Crow
A	Cra'ter	19		Cup
A,B	Crux			Cross
B	Cyg'nus	20		Swan
C	Delphi'nus	21		Dolphin
	Dora'do			Dorado
A	Dra'co	22		Dragon
	Equu'leus	23		Little Horse
C	Erid'anus	24		River
	For'nax			Furnace
A	Gem'ini	25	மிதுனம்	Twins
	Grus			Crane
	Her'cules	26		Hercules
	Horolo'gium			Clock
A,B	Hy'dra	27		Sea Serpent
	Hy'drus			Water Snake
	In'dus			Indian
	Lacer'ta			Lizard
A,B	Le'o	28	சிம்மம்	Lion
	Le'o Mi'nor			Smaller Lion
	Le'pus	29		Hare
A	Li'bra	30	துலாம்	Scales
B	Lu'pus	31		Wolf
	Lynx			Lynx
B	Ly'ra	32		Lyre
	Men'sa			Table mountiain
	Microsco'pium			Microscope

இடம் A/B/C/D	லத்தீன் மொழியில் பெயர்	தாலமி குறித்த மண்டலங்கள்	இந்தியப் பெயர்	ஆங்கிலப் பெயர்
	Monoc'eros			Unicorn
	Mus'ca			Fly
	Nor'ma			Level
	Oc'tans			Octant
B	Ophiu'chus	33		Serpent Holder
A,D	Ori'on	34		Orion
	Pa'vo			Peacock
D	Peg'asus	35		Pegasus
A	Per'seus	36		Perseus
	Phoe'nix			Phoenix
	Pic'tor			Easel
D	Pis'ces	37	மீனம்	Fishes
C,D	Pis'cis Austri'nus	38		Southern Fish
⊠	Pup'pis	⊠		Stern
⊠	Pyx'is	⊠		Mariner's Compass
	Retic'ulum			Net
C	Sagit'ta	39		Arrow
B	Sagitta'rius	40		Archer
B	Scor'pius	41	விருச்சிகம்	Scorpion
C	Sculp'tor			Sculptor's Apparatus
	Scu'tum			Shield
B	Ser'pens	42		Serpent
	Sex'tans			Sextant
A	Tau'rus	43	இடபம்	Bull
	Tclesco'pium			Telescope
B	Trian'gulum	44		Triangle
	Trian'gulum Austra'le			Southern Triangle

இடம் A/B/C/D	லத்தீன் மொழியில் பெயர்	தாலமி குறித்த மண்டலங்கள்	இந்தியப் பெயர்	ஆங்கிலப் பெயர்
	Tuca'na			Toucan
A,B	Ur'sa Ma'jor	45		Larger Bear
A,B	Ur'sa Mi'nor	46		Smaller Bear
⊠	Ve'la	⊠		Sails
A,B	Vir'go	47	கன்னி	Virgin
	Vo'lans			Flying Fish
	Vulpec'ula			Fox

23. பால் மண்டலம் - அண்டங்கள் நிறைந்த பேரண்டம்

(Milky Way - Extra galactic Systems - the Universe)

23–1 'வானியல்' முதல் புத்தகத்தில், இரண்டாம் பகுதியில் *2·0, 2·1*-ல் பால் வழியைப் பற்றிய ஒரு சிறுகுறிப்பு கொடுக்கப் பட்டிருக்கிறது. படம் 2·1-ல் நாம் வாழும் இவ்வண்டமாகிய பால்வழியின் அமைப்பும் தோராயமாக வரையப்பட்டுள்ளது. மேலும் அதே நூலில் இரண்டாம் புத்தகம் 21வது பகுதியில் 21·8-ல் மற்றும் சில குறிப்புகள் உள்ளன. 21·9-ல் இப் பேரண்டத்திலுள்ள பல அண்டங்கள் பற்றி சுருக்கமாகச் சில செய்திகள் தரப் பட்டுள்ளன. (இவற்றினை ஒரு முறை திருப்பிப் பார்த்துக் கொள்வது பயன் தரும்.)

23–1·1 பால் மண்டலத்தைப் பற்றிய ஆராய்ச்சி உண்மைகளை வரலாற்று வழியாக முதலில் காண்போம். இந் நூற்றுண்டில் முதல் உலகப்போர் *(1914 - 1918)* மனித வரலாற்றில் ஒரு கால கட்டத்தை முடித்த ஒரு பெரிய திருப்பம். அதற்கு முன்பாக பால் வழி மண்டலத்தைப் பற்றி வானியல் அறிஞர்கள் அறிந்த உண்மைகள் பின் வருமாறு :

(1) இப் பேரண்டம் முற்றிலுமே (universe) பால் வழியில் அடங்கி விட்டது; இதுவேதான் முழுமையான பேரண்டம்.

(2) அது ஏறத்தாழ 2 கோடி ஒளியாண்டுகள் விட்டமுடைய ஒரு பெருங் கோளம்.

(3) அப் பெருங்கோளத்தில் பல்கோடி விண்மீன்கள் முடங்கிக் கிடக்கின்றன.

(4) கதிரவனும், கதிரவன் குடும்பக் கோள்களும் அக் கோள மையத்தில் நடு நாயகமாக விளங்குகின்றன.

இதுவே கி.பி. 1919க்கு முன்பு வானியலாரின் கூற்றாகும்.

23–1·2 முதல் உலகப்போர் முடிந்தவுடன், அமெரிக்க நாட்டில் வில்ஸன் மலையில் மிகப் பிரம்மாண்டமான ஓர் ஒளியியல் தொலை நோக்கி (Optical Telescope) நிறுவப் பட்டது. அஃதோர் நூறங் குலத் தொலைநோக்கி (100 inch telescope). அது பெற்றிருந்த ஒளி திரட்டும் ஆற்றலும், ஊடுருவிச் சென்று வெகு தூரத்திலுள்ள வானியல் பொருள்களையும் தன் காட்சிக்குக் கொண்டு வரக் கூடிய பேராற்றலும் வானியல் ஆராய்ச்சியில் ஒரு பெரிய திருப் பத்தை உருவாக்கின. அத் தொலை நோக்கி மூலமாகக் காட்சிப் பதிவுகள் செய்யப்பட்டபோது, வானியல் அறிவுக் களஞ்சி யத்தில் ஒரு பெரிய புரட்சியே ஏற்பட்டதெனக் கூறலாம்.

பால் மண்டலத்தைப் பற்றிய கருத்துக்கள் உருத் தெரியாத படி மாற்றப்பட்டன. அத் தொலைநோக்கியின் காட்சிப் பதிவு களின் முடிவுகள் சுருக்கமாகப் பின்னர் கொடுக்கப் பட்டிருக் கின்றன. புத்தம் புதிய உண்மைகள் வெளிச்சமாயின. அவை யாவன :

23–1·3 (1) இவ்வண்டத்தைப் போன்ற பல அண்டங்கள் இவ்வண்டத்திற்கப்பால் உள்ளன. அவையெல்லாம் சேர்ந்தது தான் பேரண்டம்.

(2) பால்வழி என்னும் நாம் வாழும் அண்டம் படம் 23–1·3-ல் காட்டியபடி உருவம் பெற்றுள்ளது (பன் ரொட்டி அமைப்பு).

(3) ஏறக்குறைய பத்தாயிரம் கோடி விண்மீன்கள் இப் பால் வழியில் உள்ளன (10^{11}).

(4) இதன் நீளம் 100,000 ஒளியாண்டுகள்.

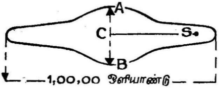
(5) மையவிட்டம் 20,000 ஒளியாண்டுகள்.

(6) கதிரவன் பால்வழி அண்ட மையத்திலிருந்து 30,000 ஒளி யாண்டுகள் தூரத்திலுள்ளது.

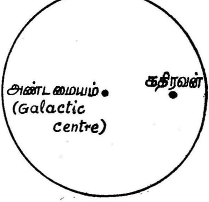
(7) பொருண்மை : 10^{41} கி. கிராம்.

இப் பெரிய அண்டம், கதிரவனை விட 10^{11} மடங்கு பொருண்மையுடையது. இது, அகண்டாகாசத்தில் ஒரு பெரிய

சக்கரம் போல சுழன்று வருகிறது. கதிரவன், அவ்வண்ட மையத்தைச் சுற்றி ஏறக்குறைய ஒருவட்டப் பாதையில் நிமிடத்திற்கு 10,000 மைல் வேகத்தில் சுற்றிவருகிறது. ஒரு முழுச் சுற்றுக்குள்ள கால வட்டம் 25 கோடி ஆண்டுகள். இவ்வண்ட சுழற்சியை நுணுகி ஆராய்ச்சி செய்ததின் காரணமாக, இதன்



படம் 23-1·3.
AB - 20,000 ஒளியாண்டுகள்
CS - 30,000 ஒளியாண்டுகள்
பால் மண்டலம் தள முகப்பு.
(Side View)



படம் 23-1·3·1.
பால் மண்டலம் அண்ட துருவத்தினின்று பெறும் முகப்பு.
(View from the Galactic Pole)

[மற்றும் படங்கள் 23-3·2·3, 23-3·2·3 (a) காண்க].

பொருண்மை முழுவதும் விண்மீன்களில் மட்டுமே முடங்கியிருக்கவில்லை என்ற முடிவு பெறப்பட்டது. விண்மீன்களை விலக்கி, விண்மீன்களுக்கிடையே உள்ள ஆகாய வெளியிலுள்ள தூளிப்படலப் பொருண்மையும் (interstellar dust), வளிப் படலப் பொருண்மையும் (iuterstellar gas) இவ்வண்டத்தின் மொத்தப் பொருண்மையில் ஒருபங்கு பெறுகின்றன வென்பதும் அறியப் பட்டது. ஆனால், இத் தூளிப்படலமும், வளிப்படலமும் மிகமிகப் பொருண்மை குறைந்தவை யென்றே தெரிகிறது. மேலும், அப் படலங்கள் மிகமிக மெல்லியவை எனவும் தெரிகிறது. இருப்பினும் இப்படலங்கள் சில திசைகளில் மிக அடர்த்தியாக இருப்பதால் விண்மீன்களிலிருந்து வரும் ஒளி மறைக்கப் பட்டு மங்கலாகிறது. இவ்வித அடர்த்திப் படலங்கள் ஒளியை மறைத்து மங்கலாக்காவிட்டால், விண்மீன் ஒளி கூட நிலவொளி அளவுக்கு பளபளப்பா யிருக்கு மென்று ஊகிக்க இடம் இருக்கிறது. இவ்வுண்மைகளெல்லாம் ரேடியோ வானியலில் முக்கியத்துவம் பெறுகின்றன.

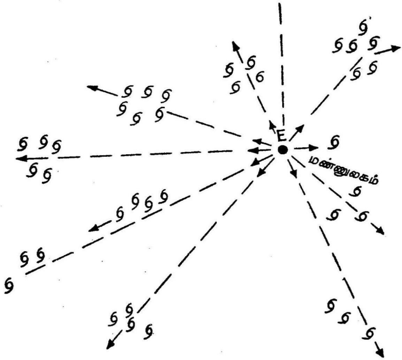
23–2 பால் மண்டலத்தைப் பற்றியும் அதற்கப்பாலுள்ள அண்டங்கள் பற்றியும் புதிய கருத்துக்கள், வானியல் வரலாற்றில் ஏற்பட்ட பெருந் திருப்பத்தை ஓரளவு எடுத்துக் காட்டுகின்றன. மேலும், எடுத்துக் காட்டாக, ஆண்டிரோமீடா விண்மீன் மண்டலத்தில் உள்ள ஒரு பரவலான பொருள், முன்னர் பால்வழி அண்டத்திலேயே அமைந்திருந்த ஒரு வளியுருவச் செறிவு (Gaseous Condensation) என்றே வானியலார் முடிவு கட்டியிருந்தனர். ஆனால், நூறங்குலத் தொலைநோக்கியைக் கொண்டு செய்த ஆராய்ச்சிகளின் வாயிலாக, அவ்வளியுருவச் செறிவு, பால் அண்டத்திற்கு அப்பாற் பட்ட மற்றோர் விண்மீன் மண்டலமென முடிவு செய்யப்பட்டது. அது மட்டுமல்ல; பால் வழிக்கு அப்பாற்பட்ட இந்த ஆண்டிரமீடா சுருள் (ஆண்டிரமீடா பெரு நெபுலம் M 31) (நி. படம் II) என்பது பேரண்டத்தில், பால் அண்டத்திற்கு மிக அண்மையில் உள்ள மற்றோர் அண்டமெனவும், பால் மண்டலத்திற்கு 15 இலட்சம் ஒளியாண்டுகள் தூரத்தில் அந் நெபுலம் உள்ள தெனவும், அந் நெபுலத்தில் உள்ள விண்மீன்கள், பருமன், பொருண்மை யாவும் ஏறக்குறைய பால்வழி அண்டத்தைப் போன்றதே யெனவும் முடிவு செய்யப் பட்டிருக்கிறது. பால்வழிக் கப்பால், இந்த M 31 என்ற அண்டம் மட்டுமல்லாமல் மற்றும் பலப்பல அண்டங்கள் இருப்பதும் கண்டறியப் பட்டது. இதுபற்றி 'வானியல்' நூலில் இரண்டாம் புத்தகத்தில் 21–9 என்ற பிரிவில் காண்க.

பால்வழிக் கப்பாற் பட்ட மற்ற விண்மீன் மண்டல அண்டங்கள் பெரும்பாலானவை, மிகப் பெரிய தொலைநோக்கிகளின் ஆற்றலுக்குட்பட்ட பெரு வெளியிலேயே பரவலாக அமைந்துள்ளன. இந்த நூறங்குல ஒளித் தொலைநோக்கியே, ஏறக்குறைய நூறு கோடி ஒளியாண்டுகள் தூரம் வரை ஊடுருவிச் செல்லக் கூடிய ஆற்றல் படைத்ததாகும். இந்தப் பெருவெளிப் பகுதியிலேயே 10 கோடி அண்டங்கள் அடங்கியுள்ளன. இன்னும் 200 அங்குல ஒளித் தொலைநோக்கிகள் கொண்டு 200 கோடி ஒளியாண்டு தூரம் வரை ஊடுருவிச் செல்ல முடியுமென்ற உண்மையும் புலனாகிறது.

23–3 அண்டங்களின் தொடர்ச்சியும் வகைகளும் (The order and types of galaxies) : பெரிய ஒளித் தொலைநோக்கிகள் உதவி கொண்டு ஆராயுங்கால், நமது அண்டமாகிய பால் வழிக் கப்பால் பலப்பல அண்டங்களும் அவற்றில் விண்மீன் மண்டலங்களும் காணப் படுகின்றன என்று உறுதி செய்யப்பட்டிருக்கிறது எனக்கூறினோம். அமைப்பில் இவை (பால் வழிக்கப்பாற் பட்ட அண்டங்கள்) மூன்று பெரும் பிரிவுகளாகக் காணப் படுகின்றன.

1. நீள் வட்டவடிவம் (வட்டவடிவம் உட்பட)
2. சுருள் (**Spiral**)
3. எவ்விதத் திட்டமான உருவமும் இல்லாதவை (**irregalur**)

இவையாவும் பால்வழி அண்டத்திலுள்ள முகிற் படலங்களால் மறைக்கப் பட்டிருந்ததால் இவற்றினை 'பால்வழி அண்டத்திற்கு அப்பாற் பட்ட நெபுலங்கள்' (**Extra Galactic Nebulae**) என்றே அழைத்து வந்தனர். இவற்றின் நிறமாலைக் கோடுகள் சிகப்புப் பக்கமாக இடப்பெயர்ச்சி (**displacement**) பெற்றிருப்பதாலும், இவ் வண்டங்கள் நம்மிடமிருந்துள்ள தூரம் மிகுதியாக, மிகுதியாக, மிக மிக இடப்பெயர்ச்சி காட்டுவதாலும், 'விரிந்து செல்லும் பேரண்டம்' என்ற கருத்திற்கு நமக்கு காட்சி ஆதாரங்கள் கிடைக்கின்றன.



படம் 23-3

விரிந்து போகும் பேரண்டம்.

அண்டங்கள், மண்ணுலகினின்று, பல்வேறு திசைகளில் விலகிக் கொண்டிருப்பதாக வானியலறிஞர்கள் காண்கின்றனர்.

இவ்வண்டங்கள் மூன்று பிரிவுகளில் உள்ளன வென முன்னர் கூறினேம்.

1. நீள்வட்ட வடிவம் : இங்கு விண்மீன் கூட்டங்கள் ஒரு நீள் வட்ட கோள வடிவத்தில் அடர்ந்திருக்கின்றன. மையத்தில் விண்மீன்கள் நெருக்கமாகவும், ஓரத்திற்கு வரவர இந் நெருக்கம் குறைவதாகவும் தெரிகிறது. வட்ட வடிவம் முதற்கொண்டு வில்லை (**Tablet**) வடிவம் வரை பல்வேறு வடிவங்களில் இவ் விண்மீன் கூட்டங்கள் உருவாகியுள்ளன.

2 சுருள்வடிவம் : இங்கு வில்லை வடிவமான விண்மீன் திரளும், இவ்வில்லையைச் சுற்றி தகடு போன்ற வடிவமும், அவற்றில் சுருள்கரங்கள் பதிக்கப்பட்டது போன்ற வடிவமும், இவ்வடிவங்களில் விண்மீன்கள் திரண்டிருப்பது போலவும் உள்ளன. இவை மேலும் சாதாரண சுருள்களாகவும், குறுக்குக் கோடுபெற்ற (**Barred Spirals**) சுருள்களாகவும் தோற்ற மளிக் கின்றன.

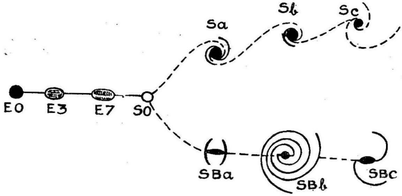
3. திட்டமான உருவமற்றவை : இங்கு திட்டமான உருவ அமைப்புகள் ஏதுமில்லை. சில உருவங்கள் தட்டையான தகடுகள் போல இருக்கின்றன.

ஹப்பிள் (**Hubble**) என்ற வானியலறிஞர் இவ்வித பாகு பாடுகளைச் செப்பனிட்டுள்ளார். பின்னர் உள்ள படம் 23–3·1இல் மற்றும் விளக்கம் பெறுவோம்.

முதல் வகையான நீள் வட்ட வடிவங்கள் E என்ற எழுத்தால் குறிக்கப் பட்டிருக்கின்றன. எழுத்துக்குப் பக்கத்தில் நிற்கும் எண், அந் நீள் வட்டத்தின் குவிமையப் பிறழ்ச்சியைப் (**Eccentricity**) 10ஆல் பெருக்கி வந்த தொகை. அதாவது E_3 என்ருல், அந்த நீள் வட்டத்தின் குவிமையப் பிறழ்ச்சி 0·3; E_0 எனில், குவிமையப் பிறழ்ச்சி பூச்சியம், அதாவது சரியான வட்டம்; E_7 எனப்பட்ட நீள்வட்டம் 0·7 என்ற குவிமையப் பிறழ்ச்சி பெற்றது. இதற்கு மேற்பட்ட பிறழ்ச்சி உள்ள நீள்வட்ட உருவங்கள் இல்லை என ஹப்பிள் கூறியிருக்கிருர். குவிமையப் பிறழ்ச்சி 0 முதல் 0·7 வரையுள்ள வீச்சத்திற்குள்ளேயே இருக்கும். M 32 என்ற அண்டம் 0·2 என்ற அளவு குவிமையப் பிறழ்ச்சி பெற்றதெனக் கூறப்படுகிறது. இவை ஆண்டிரமீடாவுக்கு அருகில் உள்ளவை.

23–3·1 **E வகை :** E என்ற நீள்வட்ட கோள உருவந்தாங்கிய அண்டங்கள், ஏறக்குறைய 20 சதவீதம் உள்ளன. இவை

பழைய விண்மீன்கள் (old stars) என IIஆம் பிரிவு வகைப்படும்*. இவற்றிற் கிடையே உள்ள ஆவிப்படலமும், தூளிப்படலமும்



படம் 23-3·1

ஹப்பிள் வகுத்த வகைப்படி, அண்ட வகைகளின் தொடர் - பட முறை விளக்கம்.

(Diagrammatic representation of the Sequence of types of galaxies according to Hubble)

E - நீள் வட்டவகை (Elliptic)
S - சுருள் வகை (Spiral)
S_B - குறுக்குக் கோடிட்ட சுருள்வகை (Barred Spiral)

மிகமிக இலேசானவை; அதாவது அழுத்தம் குன்றியவை. இந்த விண்மீன் மண்டலங்கள் E_0 என்ற கோள வடிவ முடையன வாயும் E_3, E_7 போன்ற நீள்வட்ட வடிவ முடையனவாயும் இருக்கின்றன வெனத்தெரிகிறது (படம் 23–3·1 காண்க).

* I - முதற்பிரிவு. II - இரண்டாம் பிரிவு.

பாடே (Baade) என்ற வானியலறிஞர் விண்மீன்களை இரு பரந்த பிரிவுகளாக வகுத்திருக்கிறார். இவை எல்லா அண்டங்களிலும் உள்ள விண்மீன்களையும் சாரும்.

முதற் பிரிவு (Population I Stars): மிகவெப்பமான நீல மீன்கள்; சுருள்களின் கரங்களில் இவை காணப்படும்; இப் பிரிவில் இந்த நீலநிற வெப்ப மீன்கள் மட்டுமே யன்றி, விண்மீன்களுக் கிடைப்பட்ட வளிப்படலமும், தூளிப்படலமும் சேரும்.

இரண்டாம் பிரிவு (Population II): இவை மிகப் பழைய விண்மீன்கள்; இவை நீள் வட்ட அண்டங்களிலும், சுருள்களின் மையப் பகுதிகளிலும் காணப்படும். வாயுப் படலமும், தூளிப் படலமும் இவற்றோடு தொடர்புடையனவல்ல.

இவ்விரு பிரிவுகளில் உள்ள விண்மீன்களில், முதற்பிரிவில் உள்ளவை உருவாகிக் கொண்டிருக்கும் விண்மீன்கள்; இரண்டாம் பிரிவில் உள்ளவை வளர்ந்து முதிர்ந்த நிலையிலுள்ளவை.

23-3·2 சுருள்வகை : சுருள் வடிவ அண்டங்கள் S என்ற எழுத்தால் குறிக்கப்படுகின்றன (ஹப்பிள் பிரிவினை முறை). இவை (1) சாதாரண சுருள்கள் என்றும் (2) குறுக்குக் கோடு பெற்ற சுருள்கள் எனவும் பிரிவுபடும். Sa., Sb முதலியவை சாதாரண சுருள்கள்; SBa, SBb முதலியவை குறுக்குக்கோடு பெற்ற சுருள்களாகும் (S-Spiral; SB-Barred Spiral). படம் 23–3·1 காண்க. இவை 75 சதவீதமாகக் கணக்கிடப் பட்டி ருக்கிறது.

23–3·2·1 **சாதாரண சுருள்கள் :** சுருள் வடிவ அண்டங்கள் வில்லைகள் போன்ற மையப்பகுதி பெற்றவை. நி. படம் I காண்க. ஒரு வில்லை போன்ற உருவத்திலிருந்து இரு கரங்கள் விரிந்து அவ்வில்லையை வளைய மிட்டு, ஒரே தளத்தில் ஒரே போக்கில் வெளிப்படுகின்றன. மையப்பகுதி, மிகுந்த பளபளப்பாகவும், கரங்கள் பகுதி அவ்வளவு பளபளப்பற்றதாகவும் இருக்கும். மையப்பகுதி சாதாரணமாக ஒளித்தொலைநோக்கியில் புலப்படும். மங்கலான நீலவண்ணக் கரங்கள் நிழற் படங்களில்தான் செவ்வனே தெரியும். நாம் வாழும் அண்டமும், ஆண்டிரமீடாவி லுள்ள சுருளும் இந்த வகைப்படும்.

இவற்றிலேயே மூன்று உட்புரிவுகள் உண்டு : அவை **Sa, Sb,** Sc என்பதாம் (படம் 23–3·1 காண்க). Sa பிரிவு பரந்து பட்ட மையப் பகுதியும் மெல்லிய கரங்களும் பெற்றவை (N.G.C. 4594).

Sb-பிரிவு : மையப் பகுதி சிறியது; கரங்கள் நீண்டு அகன்றவை (ஆண்டிரமீடா சுருளும், நமது அண்டமாகிய பால் வழியும்). (நி. படம் II). 23–3·2·3-ம் அதே எண்ணுள்ள படமும் காண்க.

Sc-பிரிவு : மையப்பகுதி மிகமிகச் சிறியது; கரங்கள் மிக நீண்டு, அகன்று வளைந்தவை.

23–3·2·2 **குறுக்குக் கோடு பெற்ற சுருள்கள் :** சுருள் வடிவ அண்டங்களில் 66%க்கு மேற்பட்ட அண்டங்கள் சாதாரண சுருள்கள் உருவம் பெற்றவை; எஞ்சியவை குறுக்குக்கோடு பெற்ற சுருள்கள்.

இவற்றிலும் SBa, SBb, SBc என்ற மூன்று பிரிவுகள் உண்டு (படம் 23–3·1 காண்க). இவ் வுருவங்களில், கரங்கள் மையத்தி லிருந்து ஆரம்பிக்காமல், ஒரு பளபளப்பான குறுக்குக் கோட்டில் ஆரம்பித்து, மையம் வழியாகச் செல்கின்றன.

SBa என்ற பிரிவு: கரங்கள் ஒரு நீள்வட்ட வளையமாக சேர்க்கப்பட்டுள்ளன. கிரேக்க எழுத்து 'θ' (Theta) என்ற வடிவிலுள்ளது.

SBb என்ற பிரிவு: கரங்கள் சற்று விரிந்துள்ளன. ஏறக் குறைய சாதாரண சுருள் போலவே தோற்ற மளிக்கும். (நி. படம் III காண்க).

SBc என்ற பிரிவு - கரங்கள் முற்றும் விரிந்து ƨ (S என்ற எழுத்தின் பிரதிபிம்பம்) என்ற உருவத்தமையும்.

23–3·2·3 நமது அண்டமாகிய பால் அண்டம் ஹப்பிள் வகுத்த வகைப்படி Sb சுருள் பிரிவில் இடம் பெறும். படம் *23–3·2·3* காண்க. இதை ஒழுங்கு படுத்தி ஒரு கற்பனை உருவம் கொடுத்துக் காணும்போது, நமது பாலண்டம், *23–3·2·3* (a) என்ற கருத்துருவம் பெறலாம்.

23–3·3 எவ்வித திட்டமான உருவமும் இல்லாத அண்டங்கள்

'வானியல்' இரண்டாம் புத்தகம் *21*-ம் பகுதியில் *21–9·3* காண்க.

அங்கு விளக்கப்பட்டிருக்கும் மெகல்லானிக் முகில்கள் **(Megallanic clouds)** எவ்விதத் திட்டமான உருவமும் இல்லாத அண்டங்கள் என்ற பிரிவில் இடம் பெறலாம் என்று இப்போது கருதப்படுகிறது. இவை குறுக்குக்கோடு பெற்ற அண்ட வகையி லும் அமைந்திருக்கலாம் என்ற கருத்தும் நிலவி வருகிறது.

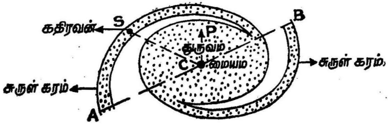
இவ்வித அண்டங்கள் ஒரு திட்டமான அமைப்பு பெறவில்லை. ஆனால் இப்போது நமது ஆய்வுக் கருவிகள் கொண்டு கண்டு பிடித்தவரை இவ்வித அண்டங்களின் எண்ணிக்கை மிகக் குறைவு. மெகல்லானிக் முகில்கள் நீங்கலாக, NGC 6822 (சாகிட் டாரஸ் மண்டலம்), IC *1613* (செக்ஸ்டன்ஸ்) மண்டலம் என்பவை இவ்விதமான அண்டங்களுக்கு எடுத்துக் காட்டு.

பாலமார் **(Palomar)** வானாராய்ச்சி நிலைய ஆய்வுகளில் திட்டமான உருவமற்ற பல அண்டங்கள் காணப்படுகின்றன. இவ்வித அண்டங்கள் குழந்தைப் பருவத்தில் உள்ள அண்டங்க ளெனவும், காலாவட்டத்தில் இவை உருவாகி, திட்டமான உருவம் தாங்கலாமெனவும் கருதப் படுகிறது. இவ்வித இளைய அண்டங்கள் இருப்பதால், இன்று கூட புதுப்புது அண்டங்கள் உருவாக வாய்ப்புகள் பேரண்டத்தில் உள்ளன என்றும் கூற

படம் 23·3·2·3

ரேடியோ வானியல் வாயிலாக நிறுவப்பட்ட (நமது அண்டமாகிய) பால் அண்டத்தின் சுருள் கரங்கள்.

(The Spiral arms of the Milky way, our galaxy, as determined by radio astronomy).



படம் 23·3·2·3 (a)

(ஜான், டி. கிரௌஸ் - இன் கற்பனை), (John D. Kraus)

நமது அண்டம் : ஒழுங்கான கற்பனைத் தோற்றம் :

P - துருவம்
C - மையம்
CS - 30,000 ஒளியாண்டுகள்
AB - 100,000 ஒளியாண்டுகள்.

இடமிருக்கிறது. இவைதான் எஞ்சி நிற்கும் 5 சதவீத அண்டங்கள்.

23-3·4 அண்ட வளர்ச்சித் தொடர்: ஹப்பிள் வகுத்த முறைப்படி, அண்டங்கள் ஒரு சீராக உருவாகி வருகின்றன என்று கூற வேண்டியிருக்கிறது. அண்டங்கள் சரியான உருண்டை அல்லது கோள வடிவத்தில் தொடங்கி, காலாவட்டத்தில், விரிந்து விரிந்து பெரிய, நீண்ட கரங்களைப் பெற்ற சுருள்களாக உருமாறுகின்றன என்ற அடிப்படைக் கருத்து முதலில் ஏற்கப்படல் வேண்டும். இக் கருத்து ஏற்கப்படின், அண்டங்கள் மாறி மாறி வளர்ந்து வரும் தொடர்ச்சி நமக்குப் புலனாகும். படம் 23·3·1-ல் இவ் வளர்ச்சி இடப்புறமிருந்து வலப்புறமாக நேருகிற தெனக் கொண்டால், மிக நீண்ட நீள்வட்ட அண்ட உருவிலிருந்து பொருள்கள் (material) வெளிப்பட்டு வெளிப்பட்டு சுருள்களின் கரங்களாக உருமாற்றம் பெறுகின்றன வெனக் கூறலாம். (E_0 முதல் S_0 வழியாக S, SB என்ற பிரிவுகள்.) மாறாக, அண்டங்களில் உள்ள விண்மீன்கள் வளர்ச்சியை ஆராயும் அடிப்படையில் இவ்வளர்ச்சி, படம் 23·3·1-ல் காட்டிய படி வலப்புறமிருந்து இடப்புறமாக வளரலாம். அதாவது SBc, Sc இலிருந்து S_0 வழியாக E_0 என்ற உருவத்திற்கு வரலாம் என்ற கருத்தும் இப்போது உருவாகி வருகிறது. இக் கருத்தின் தந்தை W. W. மார்கன் (W. W. Morgan) என்பவராவார். பல அண்டங்களின் நிழற்படங்களையும், நிறமாலைகளையும் ஆராய்ந்ததின் அடிப்படையில், மார்கன் இக் கருத்தினை வெளியிட்டிருக்கிறார்.

23-4 அண்டங்கள் மோதிக் கொள்ள வாய்ப்புண்டா?

அண்டங்கள் ஒன்றுக்கொன்று மிக தூரத்திலிருந்த போதிலும், அவை ஒன்றை யொன்று மோதிக் கொள்ள வாய்ப்புகளுண்டா யென்ற கேள்வி எழுகிறது. 'ஆம்' என்றே பதில் கூறலாம். ஆயிரங்கோடி ஆண்டுகளில் சில முறைகள் மோதிக் கொள்ளலாம் என்று கருதப்படுகிறது. ஒரு சுருள் அண்டம், மற்றொரு சுருள் அண்டத்தோடு வேகமாக மோதிக் கொண்டால், சுருள் கரங்களிலுள்ள ஆவிக்கட்டு மிக வெப்ப நிலையை யெய்தலாம். இதன் காரணமாக ஆவியும் தூள் தூசுகளும் சிதறடிக்கப் படலாம். இவ்வாறாக S வகுப்பினைச் சேர்ந்த அண்டங்கள் தம் கரங்களை இழந்த நீள் வட்ட கோள உருவத்தைப் பெறலாம். ஆனால், இந்த ஆய்வு முறையில் கண்ட முடிவுகள், முடிந்த முடிவாக இன்னும் ஏற்றுக் கொள்ளப்படவில்லை.

3

அப்படி அண்டங்கள் ஒன்றை யொன்று நேரடியாக மோதிக் கொள்ளாவிட்டாலும், நெருக்கமாக உள்ள அண்டங்கள் ஒன்றை யொன்று பாதித்துக் கொள்ளாமலில்லை. சில நெருங்கிய அண்டங்கள் ஒன்றை யொன்று பாதிக்கும் வகையில் அண்ட உருவ மைப்புக்கள் சற்று சிதைவடைகின்றன.

வில்சன் மலை வானுராய்ச்சி நிலையத்தில் எடுக்கப் பட்ட நிழற் படங்களிலிருந்து, இவ்வாறாக ஒன்றை யொன்று பாதிக்கும் இரண்டிரண்டு (இரட்டை) அண்டங்கள் பேரண்டத்தில் இடங் கொண்டிருக்கின்றன வென்று தெரிய வருகிறது. 1959ஆம் ஆண்டு சோவியத் நாட்டு வானியலறிஞர் (B. A. Vorontsove Velyaminov) இவ்வாறான 355 இரட்டை அண்டங்களின் பெயர்ப் பட்டியல் ஒன்றை வெளியிட்டிருக்கிறார். இவ்வித இரட்டைகள் ஒன்றை யொன்று சுற்றிவரும் இரட்டைத் தொகுதிகளாய் இருக்கலாம் எனவும் ஊகிக்க இடமிருக்கிறது.

23-5 வெளியண்டங்களில் ஒளிர் மீன்கள் (Novae in Exterior Galaxies)

'வானியல்' இரண்டாம் புத்தகம் 21–6·1·1 (2) (b)-ல் புது மீன்கள் அல்லது ஒளிர் மீன்கள் (Novae) பற்றியும், 21–6·1·2-ல் மிகப் பெரிய புது மீன்கள் (Super Novae) பற்றியும் ஒரு குறிப்பு கொடுக்கப் பட்டிருப்பது காண்க. அங்கு 'நாம் வாழும் பால்வழி மண்டலத்திற்கு அப்பாற் பட்ட சில மண்டலங்களில் இவ்வித மான மிகப் பெரிய புதுமீன்கள் தோன்றுவதாக நமக்கு ஆதா ரங்கள் கிடைத்திருக்கின்றன' என்று கூறப்பட்டிருப்பதைக் கவனத்திற் கொள்க. வெளியண்டங்களில் தோன்றும் புதுமீன் களும் நமது அண்டத்தில் உள்ள புது மீன்களைப் போலவே உள்ளன. திடீர் வெடிப்பில் 10 (m) முதல் 15 (m) வரை இவற்றின் ஒளித்தரம் மிகும்.

M 31 என்ற அண்டத்தில் 82 ஒளிர் மீன்கள் தோன்றியதாய் ஹப்பிள் 1929-ல் வெளியிட்டார். H. C. ஆர்ப் (H. C. Arp) அதே அண்டத்தில் மேலும் 30 ஒளிர் மீன்கள் தோன்றியதாய் 1956-ல் வெளியிட்டிருக்கிறார். இங்கு, அதாவது M 31 (ஆண்டிர மீடா)இல், ஆண்டு தோறும் 26 இயல்பான ஒளிர் மீன்கள் வெடிப்பதாயும், அவற்றில் ஏறக்குறைய 6 அல்லது 7 வெடிப் புக்கள் மறைக்கப்பட்டு விடுகின்றன வென்றும் H. C. ஆர்ப் தனது முடிவைக் கூறுகிறார். இம் மறைப்புக்குக் காரணம் (1) தூசுப்படலங்களால் ஏற்படுவது அல்லது (2) M 31-ல்

மையத்தில் வெடிப்புக்கள் ஏற்படுவதால் உண்டாவது. மிகப் பெரிய ஒளிர் மீன்களும் (Supernovae) மற்ற அண்டங்களில் பிரமிக்கக் கூடிய வெளிச்சத்தோடு வெடிக்கலாம். இப்படிப்பட்ட ஒரு மிகப் பெரிய ஒளிர் மீன் 1885ஆம் ஆண்டில் ஆண்டிரமீடா சுருளில் வெடித்த தென்றும், அதன் மீப்பெரு ஒளி அளவு, ஆறும் தர விண்மீன் அளவுக்கு உயர்ந்திருந்த தென்றும் கூறப் படுகிறது. (Star of the 6th visual magnitude).

இவ்வித மிகப்பெரிய ஒளிர் மீன்கள் கதிரவனை விடப் பன் மடங்கு பொருண்மையுடையவை. உள்மைய வெப்பநிலை மிக அதிகமாகும்போது அவை வெடிக்கும். வெடிக்கும்போது அவை சிதறடித்து வெளியேற்றும் ஆவியானது, ஓரிரண்டு கதிரவனளவு கூட இருக்கலாம். ஸ்வைகி (Zwicky) என்ற வானியலறிஞர் கருத்துப்படி, இவ்வித வெடிப்புக்கள் எல்லா அண்டங்களிலும் 200 அல்லது 300 ஆண்டுகளுக்கு ஒருமுறை நிகழ்கின்றன. நம் முடைய அண்டத்தில் இதைவிட அதிகமாக இவ்வித வெடிப்புக் களும் ஒளிர் மீன்களும் ஏற்படுகின்றன. அண்டங்களின் நிழற் படங்கள் அடிக்கடி எடுக்கப்பட்டால் மட்டுமே இவ்வித ஒளிர் மீன்கள் தோன்றுவது நமக்குத் தெரியவரும். இவ்வித ஒளிர் மீன்கள் இருவகைப்படும்.

23-5·1 **வகை I**: தனி ஒளித்திறன் (Absolute magnitude) —*15·5*, அதாவது கதிரவனைப்போல் 10^6 மடங்கு ஒளியுள்ள மீன்கள் இவ்வகைப்படும். மீப்பெரு ஒளியுடன் தோன்றி ஏறக் குறைய 100 நாட்களில் வேகமாக ஒளி குன்றிப்போகும். இவற்றில் நீரகம் மிகக் குறைவாயிருக்கும். கட்டுமீறிய வன்மை மிகுந்த குமுறலோடு இவை வெடிக்கும்.

வகை II: இவற்றின் தனி ஒளித்திறன் —*13·5* வரை உயர லாம். மீப்பெரு ஒளித்திறன் பெற்று மெதுவாக ஒளிகுன்றும். இவை வெடிக்கும்போது, உட்பொருள்களின் பெரும்பகுதி சிதறிப் போகும்.

23-6 அண்டங்களைச் சுற்றி உருண்டையான குலைகள் (Globular clusters around the Galaxies)

ஆண்டிரமீடா சுருளுக்கு அருகாமையில் குறைந்தது 250 மங்கலான திட்டுகள் நீட்டிக் கொண்டிருப்பதை முதல் முதலில் ஹப்பிள் கண்டறிவித்தார். அவை விண்மீன் முடிச்சுகள் என்று அவர் ஊகித்தார். அவர் ஊகம் உண்மையெனவே தெரிந்தது.

நமது அண்டத்தைச் சுற்றிய எல்லைப் பகுதிகளிலும் இவ்வித விண்மீன் முடிச்சுகள் உள்ளன. மற்ற அண்ட எல்லைகளிலும் இவ்வித முடிச்சுகள் உள்ளன என்றும் தெரிய வருகிறது.

இம் முடிச்சுக்களும், அவற்றை அருகில் பெற்ற அண்டங்களும் ஏறக்குறைய ஒரே சமயத்தில் தோன்றி யிருக்கக் கூடும். அவை தமக்கே உரித்தான ஈர்ப்புச் சக்திகளின் வினை, எதிர் வினைகளால் நிலை பெற்றே இருக்கின்றன. இவற்றின் உதவி கொண்டு அண்டங்களின் வரலாற்றினை ஆராயக் கூடிய வாய்ப்புக்கள் உள்ளன.

23-7 லோக்கல் பிரிவு : 'வானியல்' இரண்டாம் புத்தகம் 21·9-ல் நமது அண்டம் 'லோக்கல்' பிரிவில் உள்ள தெனக் குறிப்பிட்டோம். இப் பிரிவில் 17 அண்டங்கள் உள்ளன. யாவும் சேர்ந்து, லோக்கல் பிரிவின் உருவம் ஒரு நீள் வட்டகோளம்; இதன் மீப்பெருநீளம் 2×10^6 ஒளியாண்டுகள். இம் மீப்பெரு நீள இருமுனைகளில், நமது அண்டமும் (பால்வழி) M 31 என்ற அண்டமும் உள்ளன.

பால்வழி, M 31, M 33 என்ற மூன்றும் சாதாரண சுருள்கள். மெகல்லானிக் முகிற்படலங்கள் இரண்டும் மற்றும் இரு சிறிய அமைப்புக்களும் திட்டமான உருவம் பெறாத (irregular) அண்டங்கள். மற்ற பத்தும் நீள் வட்ட வடிவ அண்டங்கள். பின் வரும் பட்டியலில் மற்ற விபரங்கள் காண்க.

23-7 லோக்கல்பிரிவு - அண்டங்கள் பட்டியல்

பெயர்	வகை	தூரம் (ஒளி ஆண்டுகள்)	கோண விட்டம்	நீள் வட்ட விட்டம் (ஒளி ஆண்டுகள்)
பால்வழி	Sb			80,000
பெரிய மெகல்லானிக் முகில்	I	160,000	12°	32,000
சிறிய மெகல்லானிக் முகில்	I	190,000	8°	25,000
அர்ஸா மைனர் (Ursa Minor)	E	300,000	55'	4,000
டிராகோ (Draco System)	E	320,000	48'	4,000
ஸ்கல்ப்டர் (Sculptor System)	E	340,000	45'	4,000
பார்னக்ஸ் (Fornax System)	E	680,000	50'	10,000

பெயர்	வகை	தூரம் (ஒளி ஆண்டுகள்)	கோண விட்டம்	நீள் வட்ட விட்டம் (ஒளி ஆண்டுகள்)
லியோ II (Leo, II System)	E	1,200,000	10'	3,000
N.G. C. 6822	I	1,400,000	20'	9,000
N. G. C. 185	E	1,600,000	14'·5	7,000
N. G. C. 147	E	1,600,000	14'·1	7,000
லியோ I (Leo, I system)	E	1,800,000	10'	4,000
I. C. 1613	I	2,200,000	17'	10,000
M. 31	Sb	2,200,000	4°·5	180,000
M. 32	E_2	2,200,000	12'	7,000
N. G. C. 205	E_5	2,200,000	15'·8	10,000
M. 33	Sc	2,400,000	62'	50,000

'தூரம்' என்ற தலைப்பிலுள்ள எண்ணிக்கைகள் இப்போது மாறியுள்ளன.

குறிப்பு : N. G. C - National General Catalogue
I. C - Index Catalogue
Sb - Spiral ordinary (சாதாரண சுருள்)
I - Irregular (திட்டமான உருவமற்றவை)
E - Elliptic (நீள்வட்ட உருவம் - வட்டம்)
E_2 - Elliptic, eccentricity 0·2 (,, குவிமையப் பிறழ்ச்சி 0·2)
E_5 - Elliptic, eccentricity 0·5 (,, குவிமைய ப் பிறழ்ச்சி 0·5)
Sc : Spiral ordinary (சுருள் - சாதாரணம்)

23–8 அண்ட முடிச்சுகள் (Clusters of Galaxies)

அனேகமாக எல்லா அண்டங்களும் அகண்டாகாசத்தை நிரப்பியுள்ளன. ஒவ்வொன்றும் ஒரு முடிச்சுபோல இருக்கின்றது. பல்லாயிரம் அண்டங்கள் உள்ளன. ஸ்வைகி (Zwicky) கொடுக்கும் பட்டியலில் 10,000 பெரிய முடிச்சுகள் உள்ளன. சில அண்ட முடிச்சுகள் அவற்றிலுள்ள முக்கியமான விண்மீன் மண்டலங்களின் பெயராலேயே குறிப்பிடப் பட்டிருக்கின்றன.

நிழற்படம் I

M·51: பிறங்கொளி பெற்ற சுருள் அண்டக் காட்சி.
(M·51: Splendid view of a Spiral galaxy.)

நிழற்படம் II

நமக்கு அண்மையில் உள்ள ஆண்டிரமீடாவில் இடம் பெற்றிருக்கும் M31 என்ற அண்டம் : Sb வகைப்பட்ட ஒரு சுருள் அண்டம்.

(Nearly galaxy M31 in Andromeda, a Spiral galaxy of the Sb type.)

நிழற்படம் III

Galaxy NGC 1300, a galaxy of the barred spiral type SBb.
(Mount Wilson and Palomer observatories photographs.)

அண்டம் **NGC** *1300*· **SBb** வகைப்பட்ட அண்டம் - குறுக்குக் கோடிட்ட சுருள் வகை.

நமக்கு மிக அண்மையில் உள்ள ஒரு அண்டமுடிச்சு 'கன்னி'. இது 2 கோடி ஒளியாண்டுகள் தூரத்தில் உள்ளது.

23–9 அண்டச் சுழற்சி: பல அண்டங்கள் நீள் வட்ட வடிவிலுள்ளதால் அவை சுழன்று கொண்டிருக்கின்றன வென்று முடிவு செய்ய முடிகிறது ('வானியல்' முதற்புத்தகம் 2-3 (4) காண்க). சுருள்வடிவ அண்டங்கள் சுழல்கின்றன என்பதற்குச் சான்றுகள் அவ்வண்டங்களின் நிறமாலை ஆராய்ச்சிகளால் கிடைக்கின்றன. **V. M.** ஸ்லைபர் **(V. M. Slipher)** ஆரம்பித்த இந்த ஆராய்ச்சியைத் தொடர்ந்து நடத்தியதின் விளைவாக, அண்டச் சுழற்சிக்கு மேலும் மேலும் சான்றுகள் கிடைக்கின்றன. ஆண்டிரமீடா நெபுலம், விநாடிக்கு 220 கி. மீ. வேகத்தில் இயங்குகிறதென அவர் அறிவித்தார். 1914-ல் அவர் மேலும் பதினான்கு சுருள் அண்டங்களின் சுழல் வேகத்தை அறிவித்தார்.

24. விண்மீன்களுக் கிடைப்பட்ட தூசுகள், வாயுக்கள்

(Interstellar dust and Gas)

24-1 நமது அண்டமாகிய பால் வழியில் இயங்கும் கதிர வனும், மற்றைய விண்மீன்களும் வெறும் வெற்று வெளியில் (Vacuum) இயங்கவில்லை. (இந்த உண்மை மற்ற அண்டங் களுக்கும் கூடப் பொருந்தும்.) ஒரு விண்மீனுக்கும் மற்றொரு விண்மீனுக்கும் இடைப்பட்ட பெருவெளியில் பரவலாக வாயுப் பொருளும் (gas), தூசுத்துகள்களும் (dust) படர்ந்துள்ளன. ஆவிப் பொருள் முகில்களாகச் சுருங்கி விடக் கூடிய தன்மை யுடைத்து.* எடுத்துக்காட்டாக ஓரியன் நெபுலத்தைச் சுற்றி அழுத்தமான வாயு படர்ந்துள்ளது. இந்த முகிற் படலம் 10^{14} மைல்கள் அகன்றுள்ளதெனக் கணக்கிடப் பட்டிருக்கிறது. ஆனால், இம் முகில்களினூடே, புதுப்புது விண்மீன்கள் உரு வாகிக் கொண்டிருக்கின்றனவெனக் கருதப்படுகிறது. இதை விட அழுத்தக் குறைவான வாயுப் படலங்களும் மற்ற விண்மீன் களுக்கிடையே பரவலாகக் காணப்படுகின்றன.

சென்டாரஸ் (Centaurus), ஸ்கார்ப்பியோ (Scorpio - விருச் சிகம் - தேளுரு வான்மனை), சாகிட்டாரஸ் (Sagittarus – தனுர் - வில் உரு வான்மனை) ρ ஆப்பியூகஸ் (ρ. Ophiucus) முதலிய விண்மீன் மண்டலங்களிலும் இப் படலங்கள் உள்ளன. இவை அவற்றிற்கப்பாற்பட்ட விண்மீன்களினின்று வரும் ஒளியை மறைக்கின்றன அல்லது மங்கலாக்குகின்றன. விண்மீன்களின் ஒளி ஊடுருவி வந்து சில முகிற் படலங்களைப் பிரகாசிக்கச் செய் கின்றன. [ஹெர்ஷல் என்ற வானியலறிஞர் இப்படியான முகிற் படலங்களைக் கண்டாராயினும், அவற்றை முகிற்படலங்களெனக்

* இப்படிச் சுருங்கிய ஆவிக்கட்டுகளே, நமக்குத் தெரிந்த பல பளபளப் பான அல்லது இருண்ட நெபுலங்களாக உருவாகிக் காட்சியளிக்கின்றன.

குறிக்கவில்லை. ஏதோ விண்மீனுக்கிடைப்பட்ட வெற்று வெளிகளெனவே விட்டு விட்டார். ஆனால் இவ் வெளிகளில் பளபளப்பான திட்டுகளைக் கண்டார்.]

24-2 எனவே, பால் வழியைப் போன்ற எல்லா அண்டங்களின் பொருண்மை, ஆங்காங்குள்ள விண்மீன்களின் கூட்டுப் பொருண்மை மட்டுமே எனக் கருதுதல் தவறாகும். ஒரு பகுதி விண்மீன்களாலானது; மற்றப் பகுதி வெட்ட வெளிகளில் உள்ள நீர்வாயு, மற்ற திடப் பொருள்களாலாயது. எனினும், இவை அடர்த்தியாக அவ் வெளிகளில் நிறைந்திருக்கிறதெனக் கூறுவதற்கில்லை; மிக இலேசாகவே படர்ந்துள்ளன. ஒரு கன சென்டி மீட்டருக்கு 10 க்குக் குறைவான அணுக்கள் முதல் 1000 அணுக்கள் வரை காணப் படுகின்றன. இருப்பினும் அம் மென் படலங்களால் ஏற்படும் விளைவுகள் **வானியலிலும், ரேடியோ வானியலிலும்** மிக முக்கியத்துவம் பெற்றவை.

திடப் பொருள்கள் என்று கூறக் கூடிய தூசுத்துளிகள் 10^{-5} செ. மீ. (0·00001 செ. மீ.) அளவுடையவை. பொருட் செறிவு அல்லது அடர்த்தி கனசென்டி மீட்டருக்கு 10^{-26} கிராம் அளவு தான். இச் சிறு தூசுத்துகள்கள் எப்பொருள்களாலானவை என்று உறுதியாகக் கூறுவதற்கில்லை. ஒரு வேளை, இரும்பு மற்ற உலோகங்கள் கலந்த நீரகப் பொருள்களாயிருக்கலாம் (iron or other metallic hydrides). இவை இருவிதங்களில் வானியலாராய்ச்சிக்கு இடையூறு விளைவிக்கின்றன. ஒருவகையில் மிகப் பெரிய நன்மையும் விளைவிக்கப் படுகின்றது.

இடையூறு ஒன்று: இத் தூளிப் படலங்கள் இடைப்படுவதன் காரணமாகப் பால் வழியில் நாம் பல பகுதிகளைச் சரிவரக் காண முடிவதில்லை. பால்வழியில் நாம் ஊனக்கண் கொண்டு பார்க்கக் கூடிய பல இருண்ட திட்டுகள் இருப்பினும், இங்கு விண்மீன்களேயில்லை என்று உறுதியாகக் கூற முடியாது. அங்கிருக்கும் பல மீன்கள் இத் தூளிப்படலங்களால் நமது காட்சிக்கு மறைக்கப் பட்டிருக்கலாம். மேலும், பால்வழியின் மையப் பகுதியில் உள்ள யாவற்றையும் இவ்விருண்ட பெருந்தூளிப் படலங்கள் முழுவதுமே மறைத்து விடுகின்றன. இம் மறைப்புக்கள் காரணமாக நாம் நமது அண்டத்தின் முழு அமைப்பை அறிந்து கொள்ளக் கூடிய வாய்ப்புக்கள் பெரிதும் குறைந்து விடுகின்றன. இத்தூளிப் படலங்கள் விண்மீன் ஒளியை 99 சத வீதம் மறைத்து நிற்கின்றன. இயற்கையாக, இந்தத் தட்டுப் பாடுகளின்றேல் நிலவொளியளவு ஒளி வீசக் கூடிய விண்மீன்கள் நமது காட்சிக்குக் கிடைக்கக் கூடும். ஆனால், அவற்

றினின்று வரும் ஒளி அத்தூளிப் படலங்களால் வழி மறிக்கப் படுவதால் அவை நமக்கு மிக மங்கலாகவே தோன்றுகின்றன.

இடையூறு இரண்டு : சில சமயங்களில் இத் தூளிப் படலங்களின் மேல், அண்மையிலுள்ள விண்மீன்களின் ஒளி படுவதால், அப்படலங்கள் ஏதோ நெபுலங்கள் நிறைந்த வானவெளிப் பகுதிகள் போல், நமக்கு ஒரு மாயக் காட்சியைத் தருகின்றன. கிருத்திகை (Pleiades) மண்டலத்தில் இவ்வித மாயக்காட்சிகளை நாம் காணலாம்.

விளைவிக்கும் நன்மை : இத்தூளி மண்டலங்கள் வழியாக ஒளி ஊடுருவிச் செல்ல முடியாது போயினும், ரேடியோ அலைகள் ஊடுருவிச் செல்லக்கூடும்; செல்லுகின்றன. ஒளிக் கதிர்களைத் தாளிட்டு நிறுத்தி விட்டு, இப் படலங்கள் ரேடியோ அலைகளுக்கு வழிவிட்டு அவை செல்ல இடந் தருகின்றன. இயற்கையாகவே அப் படலங்களுக்கு ரேடியோ அலைகளைத் தடுத்து நிறுத்தும் ஆற்றல் இல்லை. எனவே, இச் சூழ்நிலையில் விண்மீன்கள் ஆராய்ச்சிக்கு, ரேடியோ முறைகளைக் கையாளக் கூடிய வாய்ப்புக்கள் பல நமக்குக் கைவரப் பெறுகின்றன. இவ் வாய்ப்புக்கள் மலிந்துகிடப்பதால், படலங்களால் மறைக்கப்படும் அண்டப்பகுதி யாராய்ச்சி நமக்கு எளிதில் கைகூடி வருகிறது. இத் தூளிப் படலங்களின் பயனை - ரேடியோ அலைகளுக்கு வழிவிடும் பண்பினை - நாம் அளவிட்டுக் கூற முடியாது. இங்குதான் ரேடியோ வானியல் ஆரம்பமாகிறதெனக் கூறலாம்.

24-3 விண்மீன்களுக்கிடைப்பட்ட தூளிப் படலத்தில் வளிப் பாகம் ஏறக்குறைய முழுவதுமே நீரகம். இது வானியலில் ஒரு மிக மிக முக்கியமான தொரு செய்தியாகும். இந் நீரகத்தில் பெரும்பகுதி இருவிதங்களில் காணப்படுகிறது.

(1) நடு நிலை (Neutral State)

(2) மின்னூட்டம் கொண்டநிலை (Ionised State); அதாவது புரோட்டான் - இலக்ட்ரான் ஆவி நிலை (as a proton-electron gas).

நடுநிலைப் பகுதிகள் H I பகுதிகளெனவும், மின்னூட்டம் கொண்ட நீரகப் பகுதிகள் H II பகுதிகளெனவும் வழக்கிலுள்ளன. இந் நீரகத்தின் பெரும்பகுதி (துகள் தூசுகள் உள்பட) நமது அண்ட மட்டத்திலேயே ஒரு மெல்லிய படுகையாக அமைந்துள்ளது. இதன் உயரம் 400 பார்செக்குகள் (ஏறக்குறைய 1304 ஒளி ஆண்டுகள்). ஆனால், அது ஒரு சீராகப் படர்ந்திருக்கிற

தெனச் சொல்வதற்கில்லை; சில இடங்களில் 32 அல்லது 33 ஒளி யாண்டுகள் அளவுள்ள முகிற் குழம்பாகவும் அமைந்திருக்கிறது. இம் முகில்களுக்குள்ளே உள்ள செறிவு ஒரு கன சென்டி மீட்டருக்கு 10 க்கு மேற்பட்ட அணுக்கள் முதல், 10 கன சென்டி மீட்டருக்கு ஒரு அணு என்னும்வரை இருக்கலாம்.

மின்னூட்டம் பெற்ற பகுதிகள், அதாவது **H II** பகுதிகள் மட்டும் மிக வெப்பமான விண்மீன்களுக்கு அண்மையிலேதான் காணப்படுகின்றன. விண்மீன்கள் வெளிவிடும் புற ஊதா ஒளி (Ultra - Violet light) இம் முகில்களால் உட்கவரப்படுவதால்தான் இம் மின்னூட்டம் ஏற்படுகிறது. சில மிக வெப்பமான விண்மீன்களுக்கு அண்மையிலுள்ள படலங்களில் இம் மின்னூட்டம் சில பல படலங்களையே ஊடுருவிச் செல்லக்கூடிய வாய்ப்பு இருக்கிற தெனக் கூறப்படுகிறது.

இவ்வித ஆவி முகிற்படலங்கள் ரேடியோ அலைகளை வெளி விடுவதும் உட்கவர்வதும் மிக முக்கியத்துவம் வாய்ந்த செய்தி யாகும். சிறப்பாக நீரகவரி வெளித்தோன்றல் (**Hydrogen line emission**) **H. I.** பகுதியில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது ஒரு மிக முக்கிய சம்பவமாகும் (இது 1420 MC/S அதிர்வெண் கொண்ட நிறமாலைக் கோடு). இந்த ஒரு முறையில்தான் இந்த ஆவியாலான முகில்களை நாம் ஆராய முடியும். இம் முறை கைவரப் பெற்ற பின்பு, நமது அண்டமான பால் வழியைப் பற்றி நாம் பெற்ற உண்மைகள் நாம் இதுவரை பால்வழி அமைப்பைப் பற்றிக் கொண்டிருந்த கருத்துக்களைத் தலைகீழாக மாற்றி விட்டன என வானியலறிஞர் சர் பெர்னுட் லாவல் கூறுகிறார்.

பரந்த (விரிந்த) நெபுலங்கள்

(Diffuse Nebulae)

24-4 பரந்த அல்லது விரிந்த நெபுலங்கள் (Diffuse Nebulae) : நெபுலங்கள் இருபெரும் பகுதிகளில் படுமென்றும், அவற்றில் ஒரு பகுதி நமது அண்டத்திலுள்ள நெபுலங்கள் (Galactic Nebulae) எனவும், இரண்டாவது, நமக்கு அப்பாற்பட்ட அண்டங்களிலுள்ள நெபுலங்கள் (Extra galactic Nebulae) எனவும் 'வானியல்' இரண்டாம் பகுதி 21வது பிரிவில் 21-9·1, 21-9·2, 21-9·3-ல் கூறியுள்ளது காண்க. இவ்விரண்டு பகுதிகளில், நமது அண்ட நெபுலங்களில் ஒரு பிரிவு, பரந்த நெபுலங்கள் எனப் படும். அவைபற்றி 21-9·1, 21-9·2-ல் ஓரளவு கூறப்பட்டிருப் பதையும் காண்க. இவ்வித பரந்த நெபுலங்கள் பற்றி சற்று

விரிவாகப் பார்ப்போம். இவை மிகப் பெரியவை, பல்வேறு உருவங்கள் கொண்டவை. ஏதோ பெரிய வடிவற்ற முகில்கள் போலத் தோற்றமளிக்கும்; அல்லது மங்கலான திட்டுகள் போலத் தோன்றும்; அவை பரந்துபட்டுக் கிடக்கும்; விண்மீன் ஒளியை விட மிகக் குன்றிய ஒளியுடன் காணப்படும். சில, சிறிது ஒளி மிக்கதாயும், மற்றவை வெறும் இருண்ட படலங்களாகவும் தெரியும்.

சற்று ஒளிமிக்கதாய்க் காட்சியளிக்கும் இப் பரந்த நெபுலங்கள், தமது ஒளியை, அண்மையிலுள்ள விண்மீனிலிருந்து பெறுகின்றன. குறிப்புட்ட நெபுலங்களுக்குக் குறிப்பிட்ட விண்மீன்களோடு தொடர்பு உண்டு. எடுத்துக்காட்டாக, கிருத்திகைக் கூட்டத்தில், ஊனக் கண் கொண்டு காணின், வெறும் விண்மீன்கள் மட்டுமே தெரியும். ஆனால், நீண்டநேரம் காட்சிக்குட் படுத்தப்பட்ட நிழற்படத் தட்டுகளில் (long exposure photograph) கிருத்திகை மீன்கள் ஒரு நெபுலத்தில் குடிகொண்டுள்ளனவெனத் தெரிகிறது. அவ்வாறே, ஓரியன் நெபுலம், டிரபீசியம் (Trapezium) என்ற விண்மீன் கூட்டத்தோடு தொடர்புடைத்து. இன்னும் இவ்வாறுன தொடர்புகள் கொண்ட நெபுலங்களும் விண்மீன் கூட்டங்களும் உள்ளன. இவ்வித நெபுலங்களிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளி, உண்மையாக நெபுலங்களால் பிரதி பலிக்கப்பட்ட விண்மீன்களின் ஒளியேயாம். வெப்பமான விண்மீன்களிலிருந்து கதிர் வீச்சு வகையில் (by radiation) நெபுலங்கள் சூடாகி, கதிர் வீச்சு வகையில் நேர்முகமாக ஒளிக் கதிர்கள் நெபுலங்களிலிருந்து வெளிப் படுவதுமுண்டு. அவற்றின் நிறமாலைகளிலிருந்து நீரகம், ஹீலியம் அங்கு (நெபுலங்களில்) உள்ளது புலப்படுகின்றது.

இப்பரந்த நெபுலங்களில், பல இருண்ட நெபுலங்களும் ஒரு பகுதியாகும். இந்த இருண்ட பெருவெளிகள், வானத்திலுள்ள 'குழிகள்' (holes) என பல ஆண்டுகளாக வானியல் அறிஞர்கள் கருதியிருந்தனர்; ஆனுல், மேல் நடந்த ஆராய்ச்சிகள் மூலம், இவ்விருண்ட பகுதிகள், தமக்குப் பின்னேயுள்ள விண்மீன்களை மறைத்து நிற்கின்றனவென்றும் அவை அவ் விண்மீன்களினின்று வெளிப்படும் ஒளிக் கதிர்களால் உருவாகும் நிழலுருவங்களாகத் (Silhouettes) தோன்றுகின்றன வென்றும் நமக்குத் தெரியவருகிறது. இதற்கு மிகச்சிறந்த எடுத்துக் காட்டாக, ஓரியனிலுள்ள 'குதிரைத்தலை' (The Horse - head in the Orion) யைக் கூறலாம். இருண்ட நெபுலங்கள் முற்றிலும் இருண்டவையல்ல; ஏனெனில், அடிக்கடி, அவை சற்று பள

பளப்புடன் காட்சி யளிக்கின்றன. இருண்ட நெபுலங்களுக்கு எடுத்துக் காட்டுகள் :

(i) ஸிக்னஸ் (cygnus) முதல் தென் துருவ மண்டலம் வரை யில் பால் வழியிலுள்ள பெருங் கருந்திட்டு;

(ii) அண்டாரஸ் (Antares) விண்மீன் கூட்டப் பகுதியி லுள்ள கருந்திட்டுகள்.

இவ்வித நெபுலங்கள் புற ஊதா (Ultraviolet) அல்லது நீல வண்ண விண்மீன்களுக் கருகாமையில் இருந்தால், பளபளப் பாகக் காட்சியளிக்கலாமெனக் கருதப் படுகிறது.

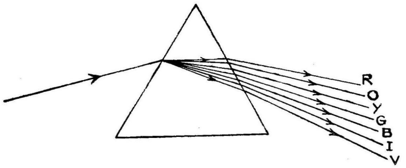
இக் கரும் படலமானது எரிமீன்களால் ஆக்கப்பட்ட தென்ற கருத்து ஒரு காலத்தில் நிலவிய போதிலும் இப்போது இக் கரும் படலம் மிகச் சிறிய தூசுத்துகளால் ஆக்கப்பட்டதென ஊகிக்க முடிகிறது. (ஒரு மில்லி மீட்டரில் பத்தில் அல்லது நூறில் ஒரு பங்கு அளவுபெற்ற தூசுகள்). ஒன்றையொன்று ஈர்க்கும் சக்தி யால் இத் தூசுகள் ஒரு க்ட்டாக இருக்கின்றன வென்பதற்கும் சான்றுகள் கிடைக்கின்றன.

பால் மண்டலத்தில் இவ்விருண்ட பகுதிகள் மட்டுமன்றி, சிறப்பாக இரு இருண்ட பகுதிகள் குறிப்பிடத் தக்கவை. அவை கரிமூட்டைகள் (Coal Sacks) என வழங்கப் படுகின்றன. ஒரு கரி மூட்டை 'ஸிக்னஸ்' - லும், மற்றொன்று 'அண்டாரஸ்' - லும் உள்ளது. (வானியல் இரண்டாம் பாகம் 21–9·2 காண்க.)

25. நிறமாலையியல்

(Spectroscopy)

அந்திநேர இயற்கைக் காட்சிகளில் காணப்படும் வண்ணங்களின் வகைகள்தான் எத்தனை? எத்தனை? அவற்றின் வனப்பில் நாம் வியப்படைந்து மெய்மறந்து நிற்கிறோமல்லமா? ஆனால், வண்ணங்களின் வகைகள் பலவானாலும் அவை யனைத்தும் நம் பார்வைப் புலனைத் தூண்டும் ஒளி ஆற்றலே யாகும்.



படம் 25·1

முப்பட்டகம் கொண்டு பெற்ற நிறமாலை

V - ஊதா *(Violet)*
I - கருநீலம் *(Indigo)*
B - நீலம் *(Blue)*
G - பச்சை *(Green)*
Y - மஞ்சள் *(Yellow)*
O - செம்மஞ்சள் *(Orange)*
R - சிகப்பு *(Red)*

25-1 நிறப்பிரிகையும் நிறமாலையும் (Dispersion and Spectrum): *1666*ஆம் ஆண்டில் சர் ஐசக் நியூட்டன் **(Sir Isaac Newton)** ஒரு சிறு துளை வழியே கதிரவன் ஒளியை வரச் செய்து அதை ஒரு கண்ணாடி முப்பட்டகத்தினூடே **(glass prism)** ஊடு

ருவச் செய்தார். அதனின்றும் வெளிப்பட்ட ஒளிக் கற்றையை ஒரு திரையின் மீது விழச் செய்தார். இவ்வொளிக் கற்றையில் ஊதா (Violet), கரு நீலம் (Indigo), நீலம் (Blue), பச்சை (Green), மஞ்சள் (Yellow), செம்மஞ்சள் (Orange), சிகப்பு (Red) ஆகிய ஏழு வண்ணங்கள் இருப்பது காணப்பட்டது (படம் 25–*1*). இவ்வாறு பிரிக்கப்பட்ட வண்ணக் கற்றை அல்லது தொகுப்பிற்கு நிறமாலை (Spectrum) எனப் பெயர். எனவே, பல வண்ணங்களின் அடுக்கே ஒரு நிறமாலை எனக் கூறலாம். கதிரவன் ஒளி அல்லது ஏதேனும் ஒரு கூட்டு ஒளி (Composite light) ஒரு முப்பட்டகத்தின் வழியே சென்று அதன் மூல வண்ணங்களாகப் பிரிக்கப்படும் இந் நிகழ்ச்சி நிறப்பிரிகை (Dispersion) எனப்படும்.

25–2 ஒளியின் அலைப்பண்பு (Wavenature of light) : அமைதியாகவுள்ள நீர்நிலை ஒன்றில் ஒரு சிறு கல்லை எறிந்தால், நீரில் அது விழுந்த இடத்திலிருந்து சுற்றுப் புறங்களுக்கு அலைகள் ஒன்றன் பின் ஒன்ருகச் செல்வதை நாம் பார்த்திருக்கிரும். நீர் ஊடகத்தில், அலைகள் செல்வதைப்போல் தோன்றினுலும் கூட நீர்த்துகள்கள் தம்தம் இடங்களில் துடிக்கின்றனவேயன்றி அலைகளுடன் சேர்ந்து வேறு இடங்களுக்குச் செல்வதில்லை. இந் நிகழ்ச்சியின் இறுதியில் நாம் பார்த்தால் ஆற்றல் (Energy) மட்டுமே ஓரிடத்திலிருந்து மற்ரேர் இடத்திற்குக் கடத்தப்படுவது தெரியவரும்.

இதே அடிப்படையில்தான் ஒளி ஆற்றலும், அதன் பிறப்பிடத்திலிருந்து (source) அலை உருவில் சுற்றுப்புறங்களுக்குப் பரப்பப் படுகிறது. இவ்வுண்மையை முதலில் எடுத்துக் கூறியவர் கிறிஸ்டியன் ஹைஜன்ஸ் (Christian Huygens) என்னும் டச்சு அறிஞராவார். ஒவ்வொரு நிற ஒளியும் ஒவ்வோர் அலை நீளத்துடனும் செல்லும். ஆனுல், பாதரச ஆவி (Mercury Vapour) விளக்கிலிருந்து வெளிப்படும் மஞ்சள் ஒளியும், சோடிய ஆவி (Sodium Vapour) விளக்கிலிருந்து வெளிப்படும் மஞ்சள் ஒளியும் வெவ்வேறு அலை நீளங்களைப் பெற்றிருக்கும் என்பது இங்கு குறிப்பிடத் தக்கது. ஒவ்வொரு நிறமும் அடிப்படையில் அதன் அலை நீளத்திலும், அதிர்வெண்ணிலும் (Frequency) வேறுபட்டவை; எனினும், வெற்றிடத்தில் எல்லா நிற ஒளிகளின் வேகமும் ஒன்றேயாம். அதன் மதிப்பு விஞடிக்கு 3×10^8 மீட்டர் ஆகும். (விஞடிக்கு *1,86,000* மைல்கள்).

25–3 நிறமாலையியல் (Spectroscopy) : பல்வேறு தனிமங்கள் (elements), மூலக்கூறுகள் (Molecules) ஆகியவற்றிலிருந்து

வெளிப்படும் நிறமாலைவரிகள், அவற்றின் அலைநீளங்கள், செறிவு ஆகியவற்றைக் கணக்கிடும் முறைகள், அவ்விதமான கணக்கீடுகளின் வழியாகப் பெறும் செய்திகளிலிருந்து நிற மாலையின் பிறப்பிடத்தை ஆராயும் முறைகள் போன்றவற்றை விவரித்துக் கூறும் இயல்பியல் (பௌதிகம்) பகுதியே நிற மாலையியல் எனப்படும்.

நிறமாலையிலுள்ள பல்வேறு நிறவரிகளின் இருப்பிடங்களை அல்லது கோணங்களை அளந்து அந்தந்த நிறங்களின் அலை நீளத்தைக் கணிக்கப் பயன்படும் கருவி நிறமாலைமானி (Spectrometer) எனப்படும். நிறமாலையிலுள்ள வண்ணவரிகளை ஒரு திரையில் காட்டும் அமைப்புடன் கூடிய கருவியே நிறமாலை காட்டி (Spectroscope) எனப்படும். நிறமாலையைப் புகைப்படம் எடுக்கக் கூடிய வசதியுடன் அமைந்த கருவியே நிறமாலை வரைவி (Spectrograph) எனப்படும்.

25-3·1 நிறமாலைகளின் வகைகள்: நிறமாலைகளைப் பொது வாக, வெளிவிடு நிறமாலை (Emission spectrum), உட்கவர் நிற மாலை (absorption spectrum) என இரு பெரும் பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம்.

25-3·1·1 வெளிவிடு நிறமாலை : தன் பிறப்பிடத்திலிருந்து வெளிப்படும் ஒளியை ஒரு நிறமாலைகாட்டி கொண்டு நேரிடை யாகப் பார்க்கும் பொழுது ஒரு வெளிவிடு நிறமாலை தெரிகிறது. இது பல பொலிவான கோடுகளின் ஓர் அடுக்கு (array) என்று கூறலாம். இது பெறப்படும் ஒளியின் பிறப்பிடம் யாதெனின் ஒரு வெண்சுடர் நிலையில் இருக்கும் வாயு அல்லது ஆவி. அந்த ஆவியில் உள்ள தனிமங்களுக்கு உரிய அலை நீளங்கள் மட்டுமே இங்கு வெளிப்படும். ஒவ்வொரு தனிமமும் தனக்குரிய சில குறிப்பிட்ட அலைநீளங்களையே வெளிப்படுத்துவதால், நிற மாலையில் தோன்றும் ஒளி வரிகளைக் கொண்டு அது என்ன தனிமம் என நிர்ணயிக்கலாம். நியான் குழாயின் (Neontube) வெண்சுடர் வெளிவிடுகின்ற நிறமாலையானது இதற்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டு.

25-3·1·2 உட்கவர் நிறமாலை: ஓர் ஒளிக்கதிரின் பாதையின் குறுக்கே ஒரு தடித்த கண்ணாடிப் பாலத்தை (Glass slab) அல்லது ஒரு வாயு (gas) நிறைந்த ஜாடியை வைத்தால் ஒளியின் செறிவு சிறிது குன்றுவதை நாம் காணலாம். போதுமான அளவுக்கு ஊடகம் தடித்து இருந்தாலும் சரி அல்லது ஊட கத்தின் உட்கவர் ஆற்றல் (அக் குறிப்பிட்ட ஒளிக்கு)

அதிகமாய் இருந்தாலும் சரி, ஒளி ஆற்றல் முழுதும் உட்கவரப் பட்டு மறுபுறம் ஒளியே வராமல் நின்று விடலாம். இம்முறையில் குன்றிய அல்லது முழுதும் மறைந்து விட்ட ஒளிச் செறிவானது குறுக்கே செறுகப் பட்ட ஊடகத்தால் 'உட்கவரப் பட்டுள்ளது' (absorbed) எனக் கூறுகிறோம். உட்கவரப்பட்ட ஆற்றல் காரணமாக, ஊடகத்தில் வெப்பநிலை மாற்றம் (Change of temperature) போன்ற ஏதேனும் ஒரு மாற்றம் ஏற்படக்கூடும். உட்கவர்தல் என்பதை ஓரளவு புரிந்து கொள்ள மேற்கூறிய தத்துவத்தை நினைவில் கொள்ளலாம். உட்கவர் நிறமாலை என்பது பின்வரும் அமைப்பினால் கிடைக்கிறது. ஒரு கரி வில் விளக்கிலிருந்து (Carbon arc lamp) வெளிப்படும் ஒளியை, நிற மாலை காட்டியில் பார்க்கும் பொழுது ஒரு தொடர் நிறமாலை (Continuous spectrum) கிடைக்கிறது. இதில் எல்லா அலை நீளங்களுக்குமான ஒளிவரிகளும் ஒன்றையடுத்து ஒன்று தொடர்ச்சியாகத் தெரிவதால் ஒவ்வொரு வரியையும் தனித் தனியே பார்க்க முடியாது. ஒளிப் பிறப்பிடத்திற்கும் நிறமாலை காட்டிக்கும் இடையே ஓர் உட்கவர் ஊடகத்தை வைக்கும் போது அவ்வூடகத்தின் வெளிவிடு நிறமாலை வரிகள் இருக்கும் இடங் களில் உள்ள ஒளி ஆற்றல் உட்கவரப்பட்டு தொடர்நிறமாலையில் அவ்விடங்களில் சில கரும் வரிகள் தோன்றுகின்றன. இவையே உட்கவர் நிறமாலை வரிகளாம் [நி. படம் IV (iii)]. கதிரவன் ஒளியை ஒரு நிறமாலைகாட்டி கொண்டு பார்க்கும் பொழுது இத்தகைய உட்கவர் நிறமாலை வரிகளைக் காணலாம். இதைப் பற்றி பின்னர் விவரமாகப் படிப்போம்.

மேற்கூறிய ஒவ்வொரு வகை நிறமாலையையும் தொடர் (Continuous), வரி (line), பட்டை (band) நிறமாலைகள் என மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

25-3·1·3 தொடர் நிறமாலை : திடப்பொருள் அல்லது திரவம் வெண்சுடர் நிலையில் (Incandescent) இருக்கும் பொழுது அதனின்றும் வெளிப்படும் கதிர்வீச்சு அதன் மூல வண்ணங் களாகப் பிரிக்கப் படும்போது ஒரு தொடர் நிறமாலை பெறப் படுகிறது. இதில் ஒரு நிறம் முடிந்து அடுத்த நிறம் துவங்குவது தெளிவாக, துல்லியமாக இல்லாமல் கலந்து கலந்து தொடர்ச்சி யாகத் தெரிகிறது. உண்மையில் இது பல்லாயிரக் கணக்கான ஒளிவரிகள் தொடர்ந்து நெருக்கமாகத் தெரியும் ஒரு கூட்ட மாகும். இது எல்லா அலை நீளங்களிலும் வெளிப்படும். ஒரு வெண்சுடர் மின்குமிழ் இழை (Filament of an electric bulb) இதற்கு ஓர் எடுத்துக்காட்டு [நி. படம் IV (i)].

25·3·1·4 வரி நிறமாலை (Line Spectrum): வெண்சுடர் வாயு அல்லது ஆவியிலிருந்து பெறப்படும் நிறமாலை வரிகள் ஒரு கரும் பின்னணியில் தனித்தனியாகத் தெளிவாகத் தோன்றும். இது வரி நிறமாலை அல்லது அணு நிறமாலை (atomic spectrum) என்று சொல்லப்படும். அணு அல்லது அணு அயனிகள் (atomic ions) தனித்தனியான ஆற்றலை வெளிப் படுத்துவதாலேயே இந் நிறமாலை கிடைக்கிறது [நி. படம் IV (ii)].

வரிநிறமாலையின் பண்பு: இயற்கையின் அமைப்பில் ஒவ் வொரு தனிமமும் தனக்கே உரித்தான ஒரு சிறப்பியல் வரி நிற மாலை (Characteristic line spectrum) யைப் பெற்றுள்ளது. ஒவ்வொரு தனிமத்திற்கும் எப்போதும் இருக்கக் கூடிய இயல் பியல் (பௌதிகம்) பண்பு (Physical property) களுள் அஃது ஒரு தனி சிறப்பியல் வரிநிறமாலையைப் பெற்றிருப்பதும் ஒன்றாகும். இம் மண்ணுலகில் மற்றுமன்றி அண்டத்தில், பேரண்டத்தில் வேறு எங்கிருந்தாலும் ஒரு தனிமத்தின் சிறப்பியல் வரி நிறமாலை மாறாது. வேண்டாத வேறுபல மாசுகளின் கலப்பில் ஒரு தனிமம் மிகமிகச் சிறிய அளவில் கலந்திருப்பினுங் கூட அக் கலவையை நிறமாலை முறைப்படி ஆராயும் போது அத் தனி மத்தின் சிறப்பியல் நிறமாலை வரிகள் தெளிவாகத் தோன்றும். தனிமங்களைக் கண்டுபிடிக்கும் சோதனைகளுக்கு இம் முறை பெரிதும் பயன்படுகிறது. இது பற்றி பின்னர் விரிவாகக் காண்போம்.

25·3·1·5 பட்டை நிறமாலை (Band spectrum): பல்லணு வாயுக்கள் (Polyatomic gases) அல்லது ஆவிகளான கூட்டுப் பொருள்கள் வெண் சுடர் நிலையில் இருக்கும்போது பட்டை நிற மாலையை வெளிவிடுகின்றன. இவை மூலக்கூறு நிறமாலைகள் (Molecular spectra) ஆகும். இத்தகைய நிறமாலைகள் ஒரு முனையில் தெளிவான விளிம்பையும் மறுமுனையில் சீராக நிழ லடைந்து தெளிவின்றியும் தோன்றுகின்றன. ஓர் உயர் பகுதிறன் (High resolving power) கருவியைக் கொண்டு இந் நிற மாலையை ஆராயும் போது அது அநேக நுண்வரிகளைக் கொண் டிருப்பது தெரிகிறது.

தொடர் நிறமாலையைக் கொடுக்கும் ஒளிப்பிறப்பிடத்திற்கும், நிறமாலைகாட்டிக்கும் இடையே ஓர் ஊடகத்தை புகுத்தும் போது பொதுவாகவே 'உட்கவர்தல்' நிகழ்கிறது என முன்பே கூறினோம். ஆனால், இடைமறிக்கும் ஊடகங்கள் நிறமாலையின்

சில குறிப்பிட்ட அலைநீள வரிகளை மிகவும் வலிமையாக உட்கவர்ந்து விடுகின்றன. உட்கவர் நிறமாலையானது ஒரு வரி உட்கவர் நிறமாலையாகவோ அல்லது ஒரு பட்டை உட்கவர் நிறமாலையாகவோ இருக்கலாம். உயர் வெப்ப நிலையிலிருந்து தொடர்நிறமாலையை வெளிவிடும் ஓர் ஒளி மூலத்திற்கும் நிறமாலைகாட்டிக்கும் இடையே ஓரளவு குறைந்த வெப்ப நிலையிலிருக்கும் உட்கவரும் வாயு அல்லது ஆவியின் அணுக்களைப் புகுத்தினால் ஒரு வரி உட்கவர் நிறமாலை கிடைக்கிறது. ஆனால் ஓரளவுக்குக் குறைந்த வெப்ப நிலையிலிருக்கும் திடப்பொருள், திரவம் அல்லது வாயுவின் மூலக்கூறுகள் ஒளி மூலத்திற்கும் நிறமாலை காட்டிக்கும் இடையே இடைமறிக்கும் போது தொடர் நிறமாலையின் மீது பட்டை உட்கவர் நிறமாலை (**Band absorption spectrum**) தோன்றுகிறது.

25–3·1·6 கதிரவன் நிறமாலையை (Solar spectrum) நோக்கின் தொடர் நிறமாலையின் மீது உட்கவர் நிறமாலை வரிகள் காணப் படுகின்றன. இவைகள் ஃபிரான்ஹோஃபர் வரிகள் (Fraunhofer lines) எனப்படும். பல விண்மீன்களின் நிறமாலைகளை ஆய்ந்ததில், அவற்றில் வரி உட்கவர் நிறமாலைகளும் பட்டை உட்கவர் நிறமாலைகளும் இருப்பது அறியப் படுகிறது. நிறமாலை வரைவிகளைக் கொண்டு இவற்றின் அலை நீளங்களைத் துல்லியமாகக் கணக்கிடலாம்.

கிர்ச்சாஃபும், புன்சனும் (Kirchhoff and Bunsen) இவ்வித உட்கவர் நிறமாலைக்கான விளக்கத்தைப் பின்வருமாறு தருகின்றனர். வெண்சுடர் நிலையிலிருக்கும் ஒரு வாயு, தன் நிறமாலையில் ஒரு குறிப்பிட்ட அலை நீளமுள்ள ஒளி வரியை வெளிவிடுவதாக வைத்துக் கொள்வோம். உயர் வெப்பநிலையிலிருந்து ஒரு தொடர் நிறமாலையை வெளிவிடும் ஓர் ஒளிமூலத்தின் ஒளியை மேற்கூறிய வாயு இடைமறிக்குமேயானால் குறிப்பிட்ட அதே (அந்த) ஒளிவரி இப்போது உட்கவரப்படும். இது நிறமாலை வரிகளின் நேர்திருப்புத் தத்துவம் (Principle of reversal of spectral lines) எனப்படும். இதை ஆய்வுச் சாலையில் சோடியம் ஆவி விளக்கைக் கொண்டு எளிதில் சரி பார்க்கலாம்.

இந்த நேர் திருப்புத் தத்துவத்தைக் கொண்டுதான் கதிரவன் நிறமாலையில் காணப்படும் ஃபிரான்ஹோஃபர் உட்கவர் வரிகளுக்கான விளக்கம் தரப்படுகிறது. கதிரவனின் மையம் பல மில்லியன் பாகை உயர் வெப்பநிலையில் இருக்கிறது. இது ஒளிமண்டலம் (Photosphere) எனப்படும். நிறமண்டலம் (Chromosphere) எனக் கூறப்படும் ஓரளவு குறைந்த வெப்ப

நிலையிலிருக்கும் ஒரு வாயு மண்டலம், ஒளி மண்டலத்தைச் சுற்றி சூழ்ந்து இருக்கிறது. கதிரவனின் மையப் பகுதியாகிய ஒளி மண்டலத்திலிருந்து வெளிப்படும் வெண் ஒளி எல்லா அலை நீளங்களையும் கொண்ட ஒரு தொடர் நிறமாலையை வெளிவிடு கிறது. இவ் வெண்ணொளி, நிறமண்டலத்திலிருக்கும் வாயுக் களின் ஊடே உட்புகுந்து வருகையில் அவ் வாயுக்களுக்கான சிறப்பியல் வரி (Characteristic line) களுக்கான ஆற்றல் பறிக்கப் படுகிறது. இப்போது நிறமாலை காட்டியில் கதிரவன் ஒளியை ஆராயும்போது அவ்விடங்களில் கரும்வரிகள் தென்படுகின்றன. இக் கரும் வரிகளுக்கான அலை நீளமும், இதை உட்கவர்ந்த வாயுவின் சிறப்பியல் வரியின் அலை நீளமும் ஒன்றேயாகும். கதிரவன் ஒளி முழுவதையும் ஆராய்ந்து பல தனிமங்களின் வெளிவிடு நிறமாலைகளுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்த்ததில் கதிரவன் நிற மண்டலத்தில் சுமார் 40-க்கும் மேற்பட்ட தனிமங்கள் இருக்கக் கூடுமென நம்பப்படுகிறது. இதைத் தவிர மண்ணு லகின் வளிமண்டலத்திலுள்ள ஆக்ஸிஜன் (Oxygen) போன்ற பல வாயுக்களின் சிறப்பியல் வரிகளும் காணப் படுகின்றன.

25-3·1·7 பின்வரும் அட்டவணையில் கதிரவன் நிறமாலையில் காணப்படும் சில முக்கிய வரிகள், ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகில் (1 ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகு = 10^{-8} செ. மீ.) அவற்றின் அலை நீளங்கள் மற்றும் அதைச் சிறப்பியல் வரியாகக் கொண்ட தனிமம் ஆகியவை கொடுக்கப்பட்டுள்ளன :

பட்டியல் 25-3·1·7

ஃபிரான் ஹோஃபர் வரியின் பெயர்	அலை நீளம் (Å. U.)	நிறப்பகுதி	தனிமம்
A	7593·97	சிகப்பு	ஆக்ஸிஜன்
a	7191·76	சிகப்பு	காற்று
B	6867·46	சிகப்பு	ஆக்ஸிஜன்
C	6563·05	சிகப்பு	$H\alpha$ (ஹைட்ரஜன் ஆல்பா)
D_1	5896·16	மஞ்சள்	சோடியம்
D_2	5890·19	மஞ்சள்	சோடியம்

ஃபிரான் ஹோஃபர் வரியின் பெயர்	அலைநீளம் (Å. U.)	நிறப்பகுதி	தனியம்
E	5269·72	பச்சை	இரும்பு
b_1	5183·79	பச்சை	மக்னிசியம்
b_2, b_3	5172·86	பச்சை	மக்னிசியம்
b_4	5167·50	பச்சை	மக்னிசியம்
C	4957·79	நீலப்பச்சை	இரும்பு
F	4861·53	நீலம்	$H\beta$ (ஹைட்ரஜன் பீட்டா)
d	4679·03	நீலம்	இரும்பு
e	4383·72	நீலம்	இரும்பு
f	4340·63	நீலம்	$H\gamma$ (ஹைட்ரஜன் காம்மா)
G_1	4325·94	நீலம்	இரும்பு
G	4308·08	நீலம்	இரும்பு
g	4226·90	நீலம்	கால்சியம்
h	4102·00	ஊதா	$H\delta$ (ஹைட்ரஜன் டெல்டா)
H	3968·63	ஊதா	கால்சியம்
K	3933·83	ஊதா	கால்சியம்

25–4 புற ஊதாவும் அக சிகப்பும் (Ultra - violet and Infra - red): நிறமாலை ஆராய்ச்சிகளில் ஊதா வண்ணத்திற்குக் குறைவான அலை நீளமுடைய அலைகளும் கதிரவன் நிறமாலையில் காணப்படுவது உணரப்பட்டது. இது கண்பார்வைக்குப் புலனாகாத கதிர்வீச்சுப் பகுதி ஆகும் (படம் 26–4·3.1 காண்க). ஒளிமின் விளைவு (Photo - electric effect), ஒளிர்தல் (Fluorescence), நின்றொளிர்தல் (Phosphorescence), புகைப்படப்பதிவு போன்ற விளைவுகளாலேயே இது அறியப்படுகிறது. இதன் அலைநீள அளவுகள் சுமார் 4000 Å. U-ல் துவங்கி சுமார் 200 Å. U. வரை நீடிக்கிறது.

இது போன்று, சிகப்பிற்கு அப்பால் துவங்கி சுமார் 1 மி. மீ. வரை நீடிக்கின்ற அலைநீளமுள்ள கதிர்வீச்சு அகசிகப்பு என்று அழைக்கப் படுகிறது. இப் பகுதியும் கண்ணுக்குப் புலனாகாத தாகும் (படம் 26–4·3·1 காண்க). இப்பகுதியின் ஆற்றலின் பெரும் பகுதி வெப்பமாக வெளிப்படுவதால் வெப்பக் கதிர்வீச்சை அறிய உதவும் நுட்பக் கருவிகளான போலோமீட்டர் (Bolometer), வெப்ப மின் இரட்டை அடுக்கு (Thermopile), புகைப்படக் கருவிகள் போன்றவற்றைக் கொண்டு அகசிகப்பு அலைகள் ஆராயப் படுகின்றன. புறஊதா மற்றும் அகசிகப்பு கதிர் வீச்சுகளில் சில அலைநீளப் பகுதிகள் கண்ணாடியினால் தடுக்கப் படுவதால் அல்லது உட்கவரப் படுவதால் இப் பகுதிகளை ஆய்வ தற்கு குவார்ட்ஸ் (Quartz), பாறை உப்பு (Rock Salt), ஃபுளோ ரைட் (Fluorite), சில்வைன் எனப்படும் பொடாசியம் குளோரைட் (Potassium Chloride) போன்றவற்றால் ஆன பட்டகங்களும் லென்சுகளும் பயன் படுத்தப் படுகின்றன.

25-5 நிறமாலை காட்டியும் நிறமாலை வரைவியும் :

ஒரு நிறமாலையின் பல்வேறு அலைநீளமுள்ள வரிகளையும் (கண்ணுக்குப் புலனாவதும் புலனாகாததும்) தெளிவாக ஒரு திரையில் விழச் செய்யக்கூடிய கருவி ஒரு நிறமாலைகாட்டி என்றும், அந்நிறமாலையைப் புகைப்படம் எடுக்கும் வகையில் ஒரு புகைப்படப்பெட்டி (கேமரா - Camera) இணைப்பைக் கொண்ட கருவி நிறமாலை வரைவி என்றும் முன்பு பார்த்தோம்.

ஒரு நிறமாலை காட்டியில் உள்ள முக்கிய பகுதிகள், இணை யாக்கி (Collinator), கண்ணருகு கருவி (Eye - piece), பட்டகம் அல்லது கீற்றணி (Grating) வைக்கும் மேடை முதலியனவாகும். நிறமாலை வரைவியில், கண்ணருகு கருவிக்குப் பதிலாக ஒரு புகைப்படப்பெட்டி உள்ளது. இணையாக்கிக் குழாயின் முன் பகுதியில் ஒளியை உள்ளே செலுத்துவதற்குச் செங்குத்தாக நீண்ட செவ்வக வடிவத்தில் ஒரு சிறு பிளவு (Slit) உள்ளது. இதன் அகலத்தைத் தேவையான அளவிற்குக் கூட்டியோ குறைத்தோ வைத்துக் கொள்வதற்கான அமைப்பு உள்ளது. பிம்பம் தெளிவாகவும் நன்றாகவும் இருக்கும் பொருட்டு பிளவின் விளிம்புகள் நேராகவும் இணையாகவும் இருப்பது அவசியமாகும். இணையாக்கிக் குழாயின் ஒரு முனையில் இப்பிளவும் மறுமுனையில் நிறப்பிறழ்ச்சி (Chromatic aberration) நீக்கப் பட்ட ஒரு லென்சும் பொருத்தப் பட்டுள்ளன. இவற்றிற்கிடையே யுள்ள தொலைவை ஒரு திருகின் உதவியால் சிறிதளவு மாற்றலாம். இணையாக்கிக்

குழாயின் அச்சு, கிடைமட்டமாக இருக்கும்படி அமைக்கப் பட்டுள்ளது. பொலிவூட்டப் பட்ட பிளவு, இணையாக்கி லென்சின் முக்கிய குவியத்தில் இருக்கும் போது, பிளவின் வழியாகப் பெற்ற ஒளி, லென்சை ஊடுருவியதும் ஓர் இணைக்கற்றையாக வெளி வருகிறது. இப்போது பட்டகத்திற்கு (அல்லது கீற்றணிக்கு) வரும் ஒளிக்கற்றை எல்லையற்ற தொலைவிலிருந்து அதாவது எல்லையற்ற தொலைவில் வைக்கப் பட்ட ஒளிப் பிறப்பிடத்திலி ருந்து வருவதைப் போல் ஆகிறது.

நிறமாலை காட்டியில், நிறமாலையைப் பெறும் பக்கத்தில் உள்ள லென்சும் இணையாக்கியில் உள்ளதைப் போலவே நிறப் பிறழ்ச்சியற்றதாக இருக்கவேண்டியது அவசியமாகும். அடுத்து, நிறப்பிரிகைக்குப் பயன்படும் பட்டகம், ஓர் அகன்ற அலைநீள வீச்சத்திற்கு (Range) ஒளிபுகும் தன்மையுள்ளதாகவும் அதிக அளவு கோணப்பிரிகையைக் கொடுக்கக் கூடியதாகவும் இருக்க வேண்டும். இப் பட்டகத்திற்கு, வெப்பநிலை மாற்றத்தால் (Fluctuations of temperature) ஒளி விலகல் எண் மாறுபடும் வீதம் குறைந்த அளவு இருப்பது நல்லது. ஆனால், எல்லா அலைநீளங் கட்கும் ஒரே ஊடகம் ஊடுருவும் தன்மையுடையதாக இருப்பது இயலாது.

கண்ணுக்குப் புலனாகும் ஒளிப்பகுதியில் அதிக நிறப்பிரி கையைக் கொடுக்கும் அடர் ஃபிளின்ட் கண்ணாடி (Dense Flint Glass) மிகவும் பயன்படுகிறது. அகசிகப்புக் கதிர்களும் புற ஊதாக் கதிர்களும் கண்ணாடியின் வழியே முற்றிலும் ஊடுருவா. புறஊதாப் பகுதியிலும், அண்மை அகசிகப்புப் (Near infra - red) பகுதியிலும் குவார்ட்ஸால் ஆன பட்டகங்களும் லென்சுகளும் பயன் படுத்தப் படுகின்றன. இதைத் தவிர, புறஊதாப் பகுதி களுக்கும், அகசிகப்புப் பகுதிகளுக்கும் பயன்படக் கூடியவை பற்றி முன்பே பார்த்தோம். இவைத் தவிர ஒவ்வொரு குறிப் பிட்ட அலைநீள பகுதிகட்கும் என்று குறிப்பாக ஒரு பொருளால் ஆன பட்டகத்தையும் பயன் படுத்துவதுண்டு.

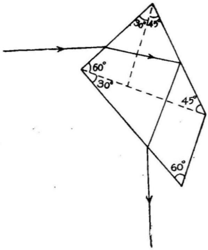
25–5·1 கீழ்வரும் அட்டவணை பல்வேறு ஊடக மூலப் பொருள்களையும் அவற்றின் வழியே ஊடுருவும் அலைகளின் வரம்புகளையும் காட்டுகிறது :

பட்டியல் 25·5·1

பொருள் (ஊடகம்)	அலைநீள எல்லைகள்
பொட்டாசியம் ஐயோடைட் (Potassium Iodide)	2500 Å.U. -லிருந்து 31 μ வரை (·031 மி.மீ. வரை)
பொட்டாசியம் புரோமைட் (Potassium Bromide)	2100 Å.U.-லிருந்து 28μ வரை
லித்தியம் ஃபுளோரைட் (Lithium Fluoride)	1200 Å.U.-லிருந்து 6μ வரை
ஃபுளோரைட் (Fluorite)	1200 Á,U.-லிருந்து 9μ வரை
படிக மற்றும் பிணைக்கப்பட்ட குவார்ட்ஸ் (Crystalline and fused quartz)	1850 Ă.U.-லிருந்து 3·5μ வரை
பாறை உப்பு (Rock Salt)	2000 Á.U.-லிருந்து 17μ வரை
சில்வைன் (Sylvine : Potassium Chloride)	2000 Ă.U.-லிருந்து 21μ வரை
[IÅ.U. = 10^{-8} செ. மீ;	1μ மைக்ரான் (Micron) = 10^{-4} செ. மீ.]

25–5·2 நிறமாலை காட்டிகளில் பயன்படும் பட்டகங்களில் அநேகம் 60° கோணம் கொண்ட சமபக்க முக்கோண வடிவ முப் பட்டகம். இப்பட்டகம் மீச்சிறு திசைமாற்றகோண (Angle of minimum deviation) நிலையிலோ அல்லது அதற்கு வெகு அருகாமையிலேயோ வைக்கப்பட்ட நிலையில் பயன் படுத்தப் படுகிறது. கல்லூரி ஆய்வுச் சாலைகளில் இத்தகைய முப்பட்டகம் பெரும் அளவில் பயன்பட்டாலும் கூட, மாறு திசைமாற்றப் பட்டகம் (Constant deviation prism), கீற்றணிகள், ஆடிகள் முதலியன அநேக ஆய்வுச் சாலைகளில் வெகுவாகப் பயன் படுத்தப் படுகின்றன. தற்கால நிறமாலைமானிகள் எல்லா அலைநீளங் களையும் உடனுக்குடன் நேரிடையாகக் கண்டு பிடிக்க உதவு கின்றன. நான்கு பக்கங்களை உடைய ஒரு கூட்டுப் பட்டகத்தை அதாவது ஒரு மாறு திசைமாற்றப் பட்டகத்தைக் கொண்ட ஒரு நிறமாலைமானியால் எல்லா அலைநீளங்களுக்கும் மாறுத ஒரே

அளவான திசை மாற்றக் கோணத்தைப் பெறலாம். உண்மையில் இப்பட்டகம் இரு 30° ஒளி விலகு பட்டகங்கள் (Refracting prisms), ஒரு 45° முழு அக எதிரொளிப்புப் பட்டகம் (Total internal reflection prism) ஆகியவற்றால் ஆன ஒரு கூட்டு அமைப் பாகும். படம் 25-5·2-ல் காட்டியபடி ஓர் ஒளிக்கதிர் பட்டகத்தில் ஊடுருவி வெளிவந்த பிறகு அதன் திசைமாற்றக் கோணம் 90° ஆக இருப்பது விளங்குகிறது. இச் சிறப்பு அம்சம், நிறமாலை மானியின் இணையாக்கியும் தொலைநோக்கி அல்லது புகைப்பட பெட்டியும் 90° கோண வேறுபாட்டில் மாறாமல் இருக்கும்படி அமைய உதவுகிறது. பட்டகத்தைத் திருப்பத் திருப்பப் பல வித



படம் 25-5·2

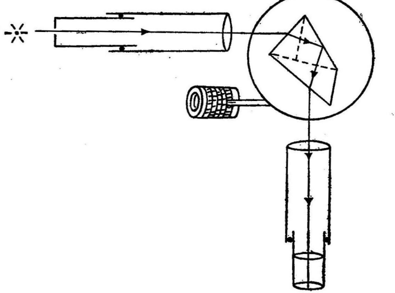
கூட்டுப் பட்டகம்

அலைநீளமுள்ள வரிகளும் பார்வைப் புலத்தில் வரிசையாகத் தெரிகின்றன. ஏற்கனவே அளவீடுகள் குறிக்கப்பட்ட ஓர் உருளையை சுற்றுவதன் மூலம் பட்டகம் தேவையான அளவிற்குத் திரும்புகிறது. மேலும் இதனால் பார்வைப் புலத்தில் தெரியும் ஒளிவரியின் அலைநீளத்தை உருளையின் மீதுள்ள அளவீடுகளைக் கொண்டு உடனே அறியலாம். ஒரு நிறமாலை காட்டியின் முக்கிய பாகங்கள் படம் 25–5·2·1–ல் காட்டப் பட்டுள்ளன. (தோற்றப் படம் ஒளியியல் நூல்களில் காண்க.)

25–5·3 நிலையான பதிவு தேவைப்பட்டால் பார்வைப் புலத்தில் தெரியும் நிறமாலையைத் தகுந்த முறையில் அமைக்கப்

பட்ட ஒரு புகைப்பட பெட்டியின் உதவியால் படம் எடுத்துக் கொள்ளலாம். கணக்கீட்டு முறைகளுக்கு உதவ, தெரியாத அலை நீளங்களுக்கான வரிகளுக்கு அருகிலேயே தெரிந்த சில வரிகளையும் பதிவு செய்து கொள்ளலாம். அப்புகைப்படத் தட்டை உருதுலக்கிய (developing) பின், கம்பரேட்டர் (Comparator) என்னும் வெர்னியர் நுண்ணோக்கி (Vernier Microscope) போன்ற கருவியைக் கொண்டு தட்டில் ஒவ்வொரு வரியின் இருப்பிடத்தையும் துல்லியமாக அளவிட்டுக் கொள்ள வேண்டும். இதற்காகப் பயன்படும் சில கம்பரேட்டர்கள் ஒரு மில்லிமீட்டரில் ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கைத் துல்லியமாக அளக்கக் கூடியவை.

இங்ஙனம் அளவீடுகள் எடுக்கப்பட்ட வரிகளின் அலைநீளங் களைக் கணக்கிடப் பலமுறைகள் பின்பற்றப்பட்டாலும் எளிமை



படம் 25-5·2·1

நிறமாலை காட்டி

யான ஒரு முறை, வரைபட இடைச்செருகு (Interpolation) முறை யாகும்.

25-6 வரைபட இடைச்செருகு முறை (Graphical interpolation method): தெரிந்த அலைநீளங்களுக்கான அளவீடுகளைக் கொண்டு ஒரு நிறப்பிரிகை வளைவு (Dispersion curve) வரைய

வேண்டும். துல்லியமான அளவீடுகட்கு கம்பரேட்டர் அள விட்டில் 0·01 மி. மீ-யைக் குறிக்க, அதைக் குறிக்கும் அச்சில் 1 செ. மீ. நீளமாவது எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். இங்ஙனம், கம்பரேட்டர் அளவீடுகட்கும் தெரிந்த அலைநீளங்களுக்கும் இடையே வரையப் பட்ட வளைகோட்டிலிருந்து தெரியாத அலை நீளங்களின் கம்பரேட்டர் அளவீடுகளைக் கொண்டு அறியலாம். நாம் எதிர்பார்க்கும் அளவிற்கு, இம்முறை மிக அதிக துல்லிய மானதாக இல்லாவிட்டாலும் கூட, இது எளிமையானதும் மிக் விரைவில் முடிக்கக் கூடியதும் ஆகும்.

அலைநீளங்களை மிகத் துல்லியமாகக் கணக்கிட்டு அறிய, மிக அருகிலுள்ள இரு படித்தர (Standard) வரிகளின் அளவீடுகளைக் கொண்டு,

$$\lambda = \lambda_1 + \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{d_2 - d_1}(d - d_1)$$

என்னும் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தலாம். இதில் λ_1, λ_2 ஆகியவை எடுத்துக்கொண்ட இரு படித்தர வரிகளின் அலை நீளங்களையும், d_1, d_2 ஆகியவை முறையே அவற்றின் கம்பரேட்டர் அளவீடுகளையும், λ, d ஆகியவை தெரிந்த வரியின் அலை நீளத்தையும் கம்பரேட்டர் அளவீட்டையும் குறிக்கின்றன. சிறு அலைநீள எல்லைகட்கு உட்பட்ட படித்தர அலைநீளங்களை எடுத்துக் கொள்ளும்போது இம்முறை சிறந்ததாகும்.

அலைநீளங்கள் காணப்பட வேண்டிய வரிகளின் எண்ணிக்கை அதிகமாக இருக்கும்போது இடைச்செருகு செய்வது அதிக நேரம் பிடிக்கும்; மற்றும் ஒரு கடின முறையுமாகும். மேலும் கணக் கீட்டிற்கு அநேக படித்தர அலைநீளங்களின் மதிப்புகள் தெரிய வேண்டும்.

25-7 ஹார்ட்மன் சமன்பாடு (Hartmann formula) : ஹார்ட்மன் நிறப்பிரிகை சமன்பாட்டைப் (**Hartmann dispersion formula**) பயன் படுத்துவதன் மூலம் அநேக படித்தர வரிகளின் அலைநீளங்களின் மதிப்புகள் தெரிந்திருக்க வேண்டிய அவசி யத்தைத் தவிர்க்கலாம். ஹார்ட்மன் சமன்பாடு,

$$\lambda = \lambda_0 + \frac{c}{d_0 - d}$$

என்பதாகும். இதில் λ_0, c, d_0 ஆகியவை மாறிலிகள். இவை, அளவுகோலின் அமைப்பு, எடுத்துக் கொண்ட அலைநீள வீச்சம் (**Range of wavelength**), பயன் படுத்தப்பட்ட நிறமாலைமானி ஆகியவைகளைப் பொருத்தது.

சமன்பாட்டி லுள்ள λ = எடுத்துக்கொண்ட வரியின் அலைநீளம் (காணப்பட வேண்டியது).

λ_0 = ஏதேனும் ஒரு குறிப்பிட்ட வரியின் அலைநீளம் (தெரிந்தது).

d = அலைநீளம் தெரியாத வரிக்கான கம்பரேட்டர் அளவீடு.

d_0 = அலைநீளம் தெரிந்த வரிக்கான கம்பரேட்டர் அளவீடு.

மூன்று தெரிந்த அலைநீளங்களை λ_1, λ_2, λ_3 என்றும், கம்பரேட்டர் அளவுகோலில் அவற்றின் அளவீடுகள் முறையே d_1, d_2, d_3 என்றும் கொண்டு மேற் கூறிய மூன்று மாறிலிகளின் மதிப்புகளையும் கண்க்கிட்டுக் கொள்ளலாம். பின்னர், இம்மாறிலிகளின் மதிப்புகளிலிருந்து மற்றெல்லா வரிகளின் அலைநீளங்களையும் கணக்கிட முடியும்.

பட்டக நிறமாலைமானிகள் தவிர கீற்றணிகளை நிறமாலைமானியில் பயன்படுத்தியும் வரிகளின் அலைநீளங்களைக் கணக்கிட முடியும் என்று பார்த்தோம். இம் முறைக்கு எளிமையானதாக, ஊடுருவு சமதளக் கீற்றணி (Plane transmission grating), எதிரொளிப்பு சமதளக் கீற்றணி (Plane reflection grating) ஆகியவை பயன்படுகின்றன. இவை தவிர குழிக் கீற்றணி (Concave grating) யும் பல முறைகளில் பயன்படுத்தப் படுகின்றன.

ஊடுருவு சமதளக் கீற்றணி என்பது கண்ணாடி போன்ற ஒரு சமதள ஊடுருவு பொருள் மீது மெல்லிய பல கீற்றுகள் (கோடுகள்) இணையாக வரையப்பட்டது ஆகும். கீறப்பட்ட இடங்களின் வழியே ஒளி ஊடுருவாது; இரு கோடுகளுக்கு இடையேயுள்ள பகுதியின் வழியே ஒளி ஊடுருவிச் செல்லும். சாதாரணமாக, இம்முறையில் கீற்றணிகளில் ஒரு சென்டி மீட்டருக்கு சுமார் 6000 முதல் 12,000 வரிகள் வீதம் வரையப்படுவதுண்டு.

கீற்றணியின் சமதளம் இணையாக்கியிலிருந்து வரும் படுகதிருக்குச் (Incident ray) செங்குத்தாக இருக்கும்போது,

$$\text{Sin } \theta = nN\lambda$$

என்னும் ஒரு சமன்பாடு பயன் படுத்தப் படுகிறது. இதில், λ அலைநீளம் உள்ள ஓர் ஒளிக்கதிர், கீற்றணியின் செங்குத்துக் கோட்டிலிருந்து θ கோணம் திரும்பியுள்ளது என்பதையும், n நிறமாலை

வரிசை எண்ணேயும் (Order of the spectrum), N கீற்றணியில் ஒரு செ. மீ.-க்குள் வரையப்பட்ட கோடுகளின் எண்ணிக்கை என்பதையும் குறிக்கின்றன. நிறமாலேமானியில் வட்டமாக அமைந்துள்ள கோண அளவுகோலின் உதவியால் θ-ஐ எளிதில் அளக்கமுடியும். கீற்றணியின் N - மதிப்பும், நிறமாலேயின் வரிசை எண் n-உம் தெரிந்தால் அலேநீளத்தை,

$$\lambda = \frac{\sin \theta}{nN}$$

-லிருந்து கணக்கிடமுடியும். இது ஓர் எளிமையான முறையாகும்.

கீற்றணி நிறமாலே மானியிலும் கூட பல வரிகட்கு அளவீடுகள் எடுத்துக் கொண்டு தெரியாத வரிகளுக்கு இடைச் செருகு முறையில் அலேநீளங்கள் கணக்கிடலாம்.

25-8 வரிகளின் ஒளிச்செறிவைக் கணக்கிடுதல்: அநேக நிறமாலேயியல் ஆய்வுகட்கு ஒரு நிறமாலேயின் பல்வேறு பகுதிகளிலும் இருக்கும் பலவரிகளின் ஒளிச்செறிவு தெரிந்திருப்பது அவசியமாகும். நிறமாலே வேதியல் பகுப்பாய்வுகட்கு (Spectrochemical analysis), பல்வேறு வரிகளின் ஒப்புமைச் செறிவு (Comparative intensity) அல்லது ஒவ்வொன்றின் தனித்தனிச் செறிவு (Independent intensity) தெரிந்திருப்பது முக்கியமாகும்.

வரிகளேக் கண்ணுல் பார்த்து அவற்றின் செறிவை ஒப்பிடுவது ஒரு முறையாளுலும் இது ஒரு துல்லியமற்ற முறையாகும். வெப்பமின் இரட்டை அடுக்கு ஒன்றுடன் ஒரு கால்வனுமீட்டரை இணைத்து பல வரிகளின் ஒப்புமை ஒளிச் செறிவைக் கணக்கிட முடியும். இது தவிர ஒளிமின்கலனேப் (Photoelectric cell) பயன்படுத்தியும் ஒளிச்செறிவைக் கணக்கிடலாம். ஒவ்வொரு முறைக்கென்றும் தனித்தனி சிறப்பியல்புகள் உள்ளன.

கண்ணுக்குப் புலனுகும் நிறமாலேயிலுள்ள வரிகள் தவிர புற ஊதா பக்கத்திலும் அகசிகப்பு பக்கத்திலும் கூட வரிகள் உண்டு என்பது நமக்குத் தெரியும். அத்தகைய வரிகள் கண்ணுக்குப் புலனுகா விட்டாலும் புகைப்படத் தட்டில் நிலேயான ஒரு பதிவை உண்டாக்க முடியும்.

புகைப்படத் தட்டு ஒன்றின்மீது பதிவு செய்யப்பட்ட பலவரிகளின் கருமைச் செறிவு அவ்வவ்வரிகளின் ஒளிச்செறிவிற்கேற்றுற்போல் இருக்கும். பல்வேறு செறிவுகளேக் கொண்ட வரி

களினூடே ஒரு மெல்லிய ஒளிக்கதிர் புகுந்து செல்லும் போது அதன் ஒளி ஆற்றல் கருமைச் செறிவிற்கேற்றாற் போல் உட்கவரப்படுகிறது. எஞ்சி வரும் ஒளியை ஓர் ஒளிமின்கலன், கால்வனோ மீட்டர் ஆகியவற்றைக் கொண்டு அளந்து அதிலிருந்து கருமைச் செறிவின் அதாவது புகைப்படத் தட்டில் பதிவு செய்யப்பட்ட வரியின் செறிவை கணக்கிடலாம். பல நுட்பமான பாகங்களைக் கொண்ட இக்கருவி மைக்ரோ ஒளிமானி (Micro-photometer) என்றழைக்கப் படுகிறது. மேற் கூறிய முறை தவிர ஒரு மைக்ரோ ஒளிமானியை வேறுபல முறைகளிலும் பயன்படுத்தி நிறமாலை வரிகளின் ஒளிச்செறிவைக் கணக்கிட முடியும்.

25-9 நிறமாலை வேதியல் பகுப்பாய்வு (Spectro-chemical Analysis) : ஒவ்வொரு தனிமத்திலிருந்தும் வெளிப்படும் நிறமாலையில் அத் தனிமத்திற்கென்று சிறப்பாக அமைந்த சில குறிப்பிட்ட அலைநீள வரிகள் உண்டு. எந்தக் கலவையில் எந்த விகிதத்தில் ஒரு தனிமம் கலந்திருந்தாலும் அல்லது தனிமம் அண்டத்தின் எப்பகுதியிலிருந்து எடுக்கப் பட்டிருந்தாலும் அதன் நிறமாலையில் சிறப்பியல் வரி (Characteristic line) காணப்படும். இந்த அடிப்படைக் கொள்கையைக் கொண்டு ஒரு கலவையிலுள்ள தனிமங்களை அறிய நிறமாலை வேதியல் பகுப்பாய்வு முறை பயன்படுகிறது.

இரும்பு, செம்பு போன்ற உலோகங்களை வில் விளக்கு (Arc lamp) உருவில் அமைத்து இரு உலோகத் தண்டுகட்கு இடையேயிருந்து வெளிப்படும் ஒளியிலிருந்து கிடைக்கும் நிறமாலையை நிறமாலைமானியுடன் இணைக்கப்பட்ட புகைப்பட பெட்டியிலுள்ள புகைப்படத் தட்டில் பதிவு செய்யலாம். சிறு அளவில் கிடைக்கும் வேறு சில தனிமங்களை கரி வில் விளக்கிற்குப் பயன்படும் இரு கரித்தண்டுகளில் நேர்மின்வாயுடன் (Anode) இணைக்கப்பட்ட தண்டிலுள்ள சிறு குழியில் வைத்து அதன் நிறமாலையைப் பதிவு செய்யலாம். இவை தவிர திரவங்களுக்கும் வாயுக்களுக்கும் பல்வேறு முறைகள் உள்ளன.

மூலப்பொருள் எங்கிருந்து கிடைத்தாலும் ஒவ்வொரு தனிமத்திற்கென்றும் உள்ள சிறப்பியல் வரிகள் மாறாமல் அப்படியே கிடைக்கும் என்று முன்னரே பார்த்தோம். இம்முறையில் ஆயப்பட்டு கிடைத்த முடிவுகளிலிருந்து சில அட்டவணைகள் அடங்கிய புத்தகங்கள் ஏற்கனவே வெளி வந்துள்ளன. அவற்றில் ஒவ்வொரு தனிமத்திற்குமான எல்லாச் சிறப்பியல் வரிகளும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. அவற்றுள்:

(அ) 'Tabelle der Hauptlinien der Linienspektren aller Elemente' by H. Kayser and R Ritzchl.

இதில் 88 தனிமங்களுக்கு 33 Å. U.-விருந்து 90,850 Å. U. வரை அலைநீளமுள்ள சுமார் 27,000 வரிகள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

(ஆ) M. I. T. Wavelength Tables by G. R. Harriesn. இதில் 87 தனிமங்களுக்கு 2000 Å. U.-விருந்து 10,000 Å. U. வரை அலைநீளமுடைய 1,09,275 வரிகள் கொடுக்கப் பட்டுள்ளன.

இந்த நிறமாலை வேதியல் பகுப்பாய்வு முறையில் கதிரவன் ஒளி, பல விண்மீன்களிலிருந்து வரும் ஒளி ஆகியவற்றை ஆய்ந்து அவற்றின் பரப்புகளிலும் வளிமண்டலத்திலும் உள்ள தனிமங்கள் பல கண்டு பிடிக்கப் பட்டுள்ளன. பல கோள்களிலும் உள்ள தனிமங்களையும் ஆய்வதற்கு இம் முறை பெரிதும் பயன்படுகிறது.

25–9·1 இதுவரை நிறமாலைகள் பற்றிய பொதுவான பல விவரங்களைப் பார்த்தோம். பல வான் பொருள்களை யொட்டி இந்நிறமாலை ஆய்வு முறைகள் எவ்வாறு கையாளப் படுகின்றன வென்றும், அவ்வாய்வு முறைகள் என்னென்ன புதுச் செய்திகளை நமக்கு வழங்குகின்றனவென்றும் இனி கவனிப்போம். விண்மீன்களின் நிறமாலைகள், கதிரவனின் நிறமாலை, கதிரவன் கறைகளின் நிறமாலை, மற்றும் வால்மீன்களின் நிறமாலைகள் ஆகியவற்றைப் பற்றியும் அவற்றின் பண்புகள், அவற்றிலுள்ள தனிமங்களைப் பற்றிய விவரங்கள் முதலியன பற்றியும் மேலும் சற்று விவரமாகக் காண்போம். இம் மண்ணுலகமும் பொதுவாக ஒரு வான்பொருளேயானாலும் கூட அதன் நிறமாலையினின்றும் கிடைத்துள்ள செய்திகளைப் பற்றி விவரமாக நாம் முன்னரே அறிவோம்.

25-9·2 விண்மீன்களின் நிறமாலைகள் (Stellar spectra): இம்மண்ணுலகின் மீதிருந்து இரவில் விண்ணை நோக்குகையில் பெரியதும், சிறியதும், பேரொளிப் பெற்றவையும், ஒளிக் குன்றியவையுமாக, எண்ணிறந்த பல விண்மீன்களை நாம் காண்கிறோம். இவையெல்லாம் வெண்சுடர் நிலையிலுள்ள மிகப் பெரிய வாயுக் கோளங்களேயாகும். இவ்வாயுக் கோளங்களிலிருந்து அளவற்ற வெப்பமும் ஒளியும் வெளிப்படுகின்றன. ஆனால், நமக்கும் இவ் விண்மீன்கட்கும் இடையேயுள்ள பெரும் தொலைவு காரணமாக இவையெல்லாம் சிறுசிறு ஒளிப் புள்ளிகள் போலவே தோன்றுகின்றன.

ஒரு விண்மீன் மிக ஒளிப்பொருந்தியதாகத் தோன்றக் காரணம் அது மிக அதிகமான ஒளியை வெளிப்படுத்தலாம்; அல்லது அது நமக்கு மிக அருகாமையில் இருக்கலாம். ஆகவே, ஒரு விண்மீனின் உண்மையான பொலிவை அறிய அதன் வெளிச்ச அளவு (luminosity) என்னும் ஓர் அடிப்படை அளவைத் தெரிந்திருப்பது அவசியமாகும். ஒரு விண்மீனின் வெளிச்ச அளவு என்பது கதிரவனின் தொலைவில் (சுமார் 93 மில்லியன் மைல்கள்) அவ் விண்மீன் இருக்குமாயின், அவ் விண்மீனின் வெளிச்ச அளவைக் கதிரவனின் வெளிச்ச அளவுடன் ஒப்பிட்டுக் கணக்கிடப்படும் விகிதமாகும்.

தற்போது பல்லாயிரம் விண்மீன்களின் வெளிச்ச அளவு கணக்கிடப் பட்டு அற்றின் மதிப்புக்கள் பலவாருக இருப்பது அறியப் பட்டுள்ளது. பெருமீன்கள், மற்றும் அதிபெருமீன்கள் (giants and supergiants) என்று சொல்லப் படுகின்ற சில விண் மீன்கள் கதிரவனின் வெளிச்ச அளவைக் காட்டிலும் பல நூரு யிரம் மடங்கு அதிக வெளிச்ச அளவைப் பெற்றுள்ளன. கதிர வனின் வெளிச்ச அளவுடன் ஒப்பிடத் தக்க அளவு பொலிவு கொண்ட பல விண்மீன்களும் குறைந்த வெளிச்ச அளவைக் கொண்ட குறுமீன்களும் (dwarfs) ஏராளம் உள. பொலிவு கொண்ட பொருள்களிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளியை ஒரு நிற மாலைமானி வழியே பெற்று அதன் நிறமாலையைத் தோற்றுவிக்க முடியும். இம்முறையில் விண்மீன்களின் நிறமாலை ஆய்வு ஒரு தனிப்பெரும் அறிவியற் பிரிவாக இடம் பெறுகிறது.

25–9·2·1 விண்மீன் நிறமாலைகளின் ஆய்வு வளர்ச்சியுற்றதி லிருந்து விண்மீன்களைப் பற்றித் தெரிந்து கொள்ள நிறமாலையின் அடிப்படையிலேயே அமைந்த பல புதிய முறைகள் இன்று தோன்றியுள்ளன. விண்மீன்களின் பல சிறப்பியல்புகள் (Characteristics), அவற்றுல் தோற்றுவிக்கப் படும் நிறமாலைகளால் காட்டப் படுகின்றன. ஆகவே, விண்மீன்களின் நிறமாலைகளைப் பற்றிய ஆய்வு அவற்றின் இயல்பியல் நிலையை (Physical state) அறியப் பெரிதும் உதவுகிறது.

25–9·2·2 ஒரு விண்மீனின் நிறமாலையை நோக்கினுல் அதில் பல வண்ணங்களைக் கொண்ட ஒரு தொடர் நிறமாலைப் பட்டை யின் மீது பல கரும்வரிகள் காட்சியளிக்கும். இவை யெல்லாம் பல் வேறு தனிமங்களின் சிறப்பியல் வரிகளின் அலைநீளங்களுக் கேற்ற விடங்களில் அமைந்திருக்கும். இவை உட்கவர் நிறமாலை வரிகள் ஆகும். இவை தவிர மேலும் சில வெளிவிடு நிறமாலைக்

5

கோடுகளும் இருக்கும். விண்மீனின் வேதியல் கூட்டமைப்பின் காரணமாகவும் அவற்றின் பல்வேருன வெப்ப நிலையின் காரணமாகவும் விண்மீன் நிறமாலைகள் பலவாருக அமைந்திருக்கின்றன.

25-9·2·3 முதன்முதலாக விண்மீன் நிறமாலைகளை ஆராய்ந்த செக்கி (Secchi) என்ற வானியலறிஞர் அந் நிறமாலைகளை யெல்லாம் நான்கு பரந்து பட்ட பிரிவுகளாகப் பிரித்தார். இப்பாகுபாடு ஏறக்குறைய விண்மீன் நிறத்தின்பாற்பட்ட பாகுபாடாகவே இருந்தது. இது 1864ஆம் ஆண்டில் நடந்த ஆராய்ச்சியாகும்.

25-9·2·4 ஆனால், 1885ஆம் ஆண்டில் ஹார்வர்ட் (Harvard) வானாராய்ச்சி நிலையத்தில் முறையாக விண்மீன் நிறமாலைகளின் நிழற்பட ஆராய்ச்சி மறுபடியும் மேற்கொள்ளப் பட்டது; இவ்வாராய்ச்சியை மேற் கொண்டவர் எட்வர்ட் பிக்கரிங் (Edward Pickering) என்ற வானியலறிஞர் ஆவர். அவர் ஆரம்பித்து வகுத்துக் கொடுத்த முறைப்படி, பல ஆண்டுகள் அவ்வாராய்ச்சி நிலையத்தில் ஆன்னி ஜே. கானன் (Annie J. Cannon) என்ற மாதரசியின் மேற்பார்வையில் அவ்வித ஆராய்ச்சி தொடர்ந்து நீடித்தது. அவ்வாராய்ச்சிகளின் பயனுக, 1924ஆம் ஆண்டில், ஹென்றி டிரேப்பர் பட்டியல் (Henry Draper Catalogue) ஒன்று, ஒன்பது புத்தகங்களாக வெளி வந்தது. ஏறக்குறைய 2,25,300 விண்மீன்களின் இடங்கள், ஒளித்தரங்கள், நிறமாலைப் பாகுபாடுகள் முதலியன இப் பட்டியலில் காணக் கிடக்கின்றன. பால் வழி மண்டலத்தில் ஒளிகுறைந்த விண்மீன்களுக்கு இம்முறைப்படி மேலும் ஆய்வு நடத்தியதில் மற்றும் இரண்டேகால் இலட்சம் விண்மீன்களும் வரிசைப் படுத்தப் பட்டிருக்கின்றன.

25-9·2·5 இந்த முறைப்படி செய்த ஆராய்ச்சிகளின் பயனுய் ஒரு தலைசிறந்த கண்டுபிடிப்பும் பெறப்பட்டுள்ளது. அதாவது பெரும்பாலான விண்மீன்களைப் பொருத்த மட்டில் அவற்றின் நிறமாலைகளை ஒரு தொடர்ச்சியாக வரிசைப் படுத்தலாம் என்பதாகும். இவ் வரிசை முறையைப் பண்படுத்திச் சீர்படுத்திய பெருமை ஆன்னி ஜே. கானன் அவர்களையே சேரும். இவ்வரிசை தான் டிரேப்பர் பட்டியலில் காணப்படுகிறது.

25-9·2·6 விண்மீன்களின் வெப்பநிலை காரணமாக நிறமாலைகளில் தோன்றும் பல்வேறு தனிமங்களுக்கான வரிகளின் ஒப்புச் செறிவு (relative intensity) பல விதமாக வேறுபட்டிருக்கிறது. இந்த அடிப்படையில் நிறமாலைகள் O, B, A, F, G, K, M, R, N, S

என்னும் ஒரு வரிசையில் பிரித்து அமைக்கப்பட்டுள்ளன. அதாவது, இது வெப்பநிலை குறைந்து செல்லும் வரிசையில் அமைக்கப்பட்ட விண்மீன்களின் வகைகள் என்று சொல்லலாம். இதில் **O, B, A** ஆகியவை ஆரம்ப வகையைச் **(early class)** சேர்ந்தவை என்றும், **F, G** என்பவை இடைநிலை வகையைச் **(intermediate class)** சேர்ந்தவை என்றும், **K, M........** ஆகியவை பின் வகையைச் **(later class)** சேர்ந்தவை என்றும் கூறப்படும்.

O-வகையைச் சேர்ந்த விண்மீன்கள் மிக அதிக வெப்பநிலையி லுள்ளவை. அவற்றின் வளிமண்டல வெப்பநிலை 40,000 டிகிரி கெல்வினும் (°K) அதற்கு மேலும் ஆகும். B-வகையைச் சேர்ந்த விண்மீன்களின் வெப்பநிலை 12000°K-லிருந்து 28000°K வரையும், A-வகையைச் சேர்ந்த விண்மீன்களின் வெப்பநிலை 7500°K-லிருந்து 11000°K வரையும், F-வகையைச் சேர்ந்த விண்மீன்களின் வெப்பநிலை 6000°K-இலிருந்து 7500°K வரையும், G-வகையைச் சேர்ந்த விண்மீன்களின் வெப்பநிலை 5000°K-லிருந்து 6000°K வரையும், K–வகையைச் சேர்ந்த விண்மீன்களின் வெப்பநிலை 3500°K-லிருந்து 5000°K வரையும், M-வகையைச் சேர்ந்த விண்மீன்களின் வெப்பநிலை 2000°K-லிருந்து 3500°K வரையும் இருக்கும். மற்றவை இன்னும் குறைந்த வெப்பநிலை யுடையவை. 'குளிர்ச்சி'யான விண்மீன்கள் என்று சொல்லப்படு பவைகட்கு ஏறத்தாழ 2000° வெப்ப நிலையிருக்கும்! (இங்கு விண் மீனின் வெப்ப நிலை என்று குறிப்பிடுவது அம் மீனின் புறப் பரப்பு வெப்பநிலையையே குறிக்கும்; உள் மைய வெப்ப நிலையைக் குறிக்காது.)

25–9·2·7 மேற்கூறிய O, B, A, F, G முதலிய பிரிவுகளைப் பல ஆய்வுகளில் பயன் படுத்துங்கால் மிகப் பெரிய அளவு டையனவாகத் தோன்றுவதால் வசதிக்காக இவை ஒவ்வொன் றும் மேலும் பல சிறுசிறு பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப் பட்டுள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக, A-பிரிவு, A_1, A_2,....எனப்பல சிறு பிரிவு களாகத் தசம பின்ன வரிசையில் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது.* இம் முறையில் பார்த்தால் கதிரவன் G_2 பிரிவைச் சேர்ந்ததாகும். அதன் வெப்பநிலை ஏறத்தாழ 5700°K.

*O, M என்ற பிரிவுகள் மட்டும் Oa, Ob,.........Ma, Mb,.........என பின்-எழுத்து (suffix) வரிசையாக உட் கூறுகளாகப் பிரிக்கப் பட்டிருந்தன. இப்போது, M வரிசையில் a, b,......என்ற உட்கூறு பிரிக்கும் வகை கைவிடப் பட்டு தசம பின்ன முறையே பெரிதும் கையாளப் பட்டு வருகிறது; O-வரிசையில் எழுத்து முறை உட் பிரிவும், தசம பின்ன முறை உட்பிரிவும் கலந்து கையாளப் பட்டு வருகின்றன.

25–9·2·7·1 ஓர் உலோகத் தண்டைச் சூடாக்கி அதன் வெப்ப நிலையைச் சீராக உயர்த்திக் கொண்டே செல்லும்போது அதன் நிறம் முதலில் சிகப்பாக இருந்து பின் மஞ்சளாகி அதன்பின் வெண்மையாவதை நாம் அறிவோம். அதேபோல் விண்மீன்களின் வெப்பநிலை உயர்ந்து கொண்டே செல்லும்போது அதனின்றும் பெறப்படும் நிறமாலையின் நீலநிறப் பக்கம் சிகப்பு நிறப் பக்கத்தைக் காட்டிலும் பொலிவு பெற்றுச் செல்வதைக் காணலாம்.

இம்முறையில் விண்மீன்களின் நிறமாலையில் உண்டாகும் நிறப்பொலிவு வேறுபாடுகளைக் கொண்டு அவற்றின் நிறமாலை வகைகளைத் துல்லியமாக அறியலாம். மிக அதிக வெப்பநிலையில் இருக்கும் O-மற்றும் B வகையைச் சேர்ந்தவை நீலநிறமாகவும் வெண்மையான நீலமாகவும், A-வகையைச் சேர்ந்தவை வெண்மையாகவும், G-வகையைச் சேர்ந்தவை மஞ்சளாகவும், K-வகையைச் சேர்ந்தவை செம்மஞ்சளாகவும் (Orange), M, R, N மற்றும் S வகையைச் சேர்ந்தவை சிகப்பாகவும் இருக்கும். ஆகவே, விண்மீன்களின் தோற்ற நிறத்திலிருந்து அவற்றின் வெப்பநிலையை ஓரளவு கணிக்கலாம். ஹார்வார்டு டிரேப்பர் பட்டியலில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள சுமார் 2,25,000 விண்மீன்கள் பின் வரும் விழுக்காட்டில் பல்வேறு நிறமாலை வகைகளில் பிரிந்து அமைந்துள்ளன :

B	வகையைச் சேர்ந்தவை	: 11%
A	வகையைச் சேர்ந்தவை	: 22%
F	வகையைச் சேர்ந்தவை	: 19%
G	வகையைச் சேர்ந்தவை	: 14%
K	வகையைச் சேர்ந்தவை	: 31%
M	வகையைச் சேர்ந்தவை	: 2%
O, N, R, S	வகையைச் சேர்ந்தவை	: 1%

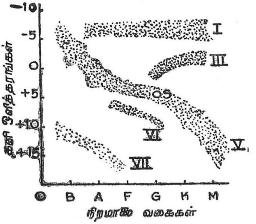
மற்ற வகைகளைச் சேர்ந்தவை மிகச்சிறு எண்ணிக்கையானதால் விடப்பட்டுள்ளன.

25–9·3 ஒரு விண்மீன் நிறமாலை, அதன் புறப்பரப்பு வெப்ப நிலை அடிப்படையில் பலவிதத் தோற்றம் பெறுவதாக முன்பே கூறினோம். நுணுக்கமாக ஆய்ந்ததில் ஒரே வகையான நிற மாலைகள் அதன் வளிமண்டல அடர்த்திக்கேற்றவாறு பல நுண்ணிய வேறுபாடுகளைக் கொண்டிருப்பது தெரிகிறது. எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு விண்மீனின் வளிமண்டல அழுத்தம் கூடிக் கொண்டே செல்லுகையில் அதன் நிறமாலையிலுள்ள

வரிகள் அகன்று செல்கின்றன. மிகச்சிறு அளவு பரப்பையே கொண்ட குறுமீன்களில் இத்தகைய வளிமண்டலங்கள் இருக்கின்றன. இவை வெளிப்படுத்தும் ஒளியும் மிகச்சிறு அளவே யாகும். அடர்த்தி குறைந்த - நெகிழ்ச்சி பெற்ற (rarefied) வளிமண்டலங்களிலிருந்து பெறப்படும் நிறமாலை வரிகள் குறுகலாயும் கூர்மையாயும் (thin and sharp) இருக்கும். இவையெல்லாம் பெருமீன்கள், அதிபெருமீன்கள் ஆகியவற்றில் காணப்படுகின்றன.

25-9·3·1 **ஹெர்ட்ஸ்ப்ரங் - ரஸ்ஸல் படங்கள் (Hertzprung - Russel diagram) :** விண்மீன்களின் நிறமாலை வகைகளையும் அவற்றின் (வெளிச்சத்தின்) தனி ஒளித்தரங்களையும் (**absolute magnitude**) இணைத்து பல விண்மீன்கள் ஹெர்ட்ஸ்ப்ரங் - ரஸ்ஸல் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன. விண்மீன்களின் தனி ஒளித்தரங்கள் பற்றி 'வானியல்' II·ல் விவரமாகப் படித்துள்ளோம். இப் படத்தில் ஒவ்வொரு விண்மீனும் ஒரு புள்ளியாக காட்டப்பட்டுள்ளது. (படம் 25–9·3·1 காண்க.)

வெப்பநிலை குறைந்த விண்மீன்கள் படத்தின் வலது பக்கமாகவும், அதே நிறமாலை வகையிலுள்ள விண்மீன்களுடன்



படம் 25-9·3·1

ஹெர்ட்ஸ்ப்ரங் - ரஸ்ஸல் படம்

ஒப்பிடும்போது குறைந்த தனி ஒளித்தரம் உள்ளவை அதன் அச்சில் கீழேயும் காட்டப்பட்டுள்ளன. ஒரு விண்மீனின் வெளிச்ச அளவு ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையில் அதன் பருமனைப் பொருத்தது என்பது இங்கு குறிப்பிடத்தக்கது.

இப் படத்தில் பல விண்மீன்கள் தனித் தனியே குறிப்பிடப் பட்டிருந்தாலும் அவைகள் குறுகலான பல பட்டைகளாக அமைந்துள்ளன. இப் பட்டைகள் I, II, III,....தொடர்வரிசைகள் (sequence) என்றழைக்கப் படுகின்றன. அநேக விண்மீன்கள், முக்கியத் தொடர் வரிசை (Main sequence) என்னும் Vஆவது பட்டையில் அமைந்துள்ளன. இது, பல்வேறு வகையையும் சேர்ந்த பல ஒளிமிக்க விண்மீன்களுடன் ஒருபக்கம் துவங்கி, மறுபக்கத்தில் மஞ்சள் சிகப்பு குறுமீன்களுடன் முடிகிறது. நம் கதிரவன் இவ்வரிசையின் மையத்தில்தான் (°S என படம் 25-9·3·1-ல் காண்க) ஏறத்தாழ அமைந்துள்ளது. IIIஆவது தொடர் வரிசையில் பல பெருமீன்களும் அதிபெருமீன்களும் உள்ளன. VIஆவது தொடர் வரிசை, முக்கிய தொடர் வரிசையைச் சற்று ஒட்டினாற் போலவே செல்கிறது. VIIஆவது தொடர் வரிசையில் வெள்ளைக் குறு மீன்கள் உள்ளன. இவற்றின் பொலிவு மிகக் குறைவாகும்.

இதுவரை விண்மீன்களின் நிறமாலை வகைகளை அவற்றின் வெளிச்சத் தனி ஒளித் தரங்களுடன் ஒப்பிட்டுப் படித்தோம். இனி, ஒவ்வொரு நிறமாலை வகையின் பண்பையும், அவ் வகையைச் சேர்ந்த விண்மீன்களையும், அவ் வகைகளில் இருக்கும் தனிமங்கள் பற்றிய விவரங்களையும் காண்போம்.

25-9·4 O-பிரிவு : தொடர்ந்து மங்கலானதோர் பின்னணியில் ஒளிமிகுந்த பட்டைகள் இவ்வித நிறமாலைகளில் காணப்படுகின்றன. Od, Oe என்ற உட் பிரிவுகளில் மட்டும் கரும்பட்டைகள் காணப்படுகின்றன. இவை முக்கியமாக நீரகம் (Hydrogen), ஹீலியம் (Helium) ஆகியவற்றாலேயே ஏற்படுகின்றன.

Oa, Ob, Oc என்ற உட்பிரிவுகளில், ஒளி நிறைந்த வரிகள் அல்லது பட்டைகள் இடம் பெறுகின்றன. காரணம், அப் பிரிவுகளில் உள்ள விண்மீன்களில் நீரகம், அயனியாக்கப்பட்ட ஹீலியம் (ionised helium), இரண்டு, மூன்று மடங்கு அயனியாக்கப்பட்ட உயிர் வாயு (oxygen), நைட்ரஜன் (Nitrogen) முதலியன இருக்கின்றன. நிறமாலையில் ஒளிநிறைந்த பட்டைகளைத் தோற்றுவிக்கும் O-பிரிவு விண்மீன்கள், உல்ஃப்-ராயட் (Wolf - Rayet) விண்மீன்கள் என்று கூறப்படுவதும் உண்டு.

B-பிரிவு : இப்பிரிவில் இடம் பெறும் விண்மீன்கள் ஓரியன் அல்லது ஹீலியம் விண்மீன்கள் எனவும் சில சமயங்களில்

கூறப்படுகின்றன. இவற்றின் நிறமாலேகளில், நீரகம், நடுநிலே ஹீலியம் (neutral helium), ஒரு மடங்கு அயனியாக்கப்பட்ட உயிர்வாயு, நைட்ரஜன் ஆகியவற்றின் காரணமாக ஏற்படுகின்ற கரும்வரிகள் மட்டுமே காணப்படுகின்றன.

B_2 என்ற பிரிவில், ஹீலியம் கோடுகள் மீப்பெரு செறிவுடன் உள்ளன. B_3, B_4, ...B_9 வரையில் இச்செறிவு குறைந்து கொண்டேபோய், B_9-ல் ஏறத்தாழ மறைந்தே போய்ஃவிடுகிறது. அதே சமயம் நீரகக் கோடுகளின் செறிவு மிகுந்து கொண்டே போகிறது. எடுத்துக்காட்டுகள் : ஸ்பைகா (Spica), ரைகல் (Rigel) விண்மீன்கள். B_8 என்ற பிரிவில் அயனியாக்கப்பட்ட உலோக அணுக்கள் காரணமாக (இரும்பு, மக்னீஸியம் முதலியன) சில வரிகள் காணப்படுகின்றன. இது கதிரவன் நிறமாலேயில் காணப்படுவது போல உள்ளது. அயனியாக்கப்பட்ட கால்சியம் கோடுகள் H, K இரண்டும் இந் நிறமாலேயில் தோன்றுகின்றன; ஆனுல், இவை அவ்வளவு முக்கியத்துவம் பெறுவதில்லே.

A–பிரிவு : இப்பிரிவு நிறமாலேகளில் நீரக வரிகளின் செறிவு சிறப்பாகக் காணப்படுகிறது. இச் செறிவு A_2-ல் மீப் பெரிது. எடுத்துக்காட்டு : சிரியஸ் (Sirius), வீகா (Vega) விண்மீன்கள். இப்பிரிவு நிறமாலேயில் ஹீலியத்திற்கான வரிகள் காணப்படவில்லே. அயனியாக்கப்பட்ட கால்சியம் கோடுகள் H, K இப்பிரிவு முழுவதிலுமே மிகச் சிறப்பாகக் காணப்படுகின்றன. அயனியாக்கப்பட்ட மக்னீசியத்தின் 4481Å அலேநீள வரி முக்கியத்துவம் பெற்று காணப்படுகிறது. மேலும், மற்ற உலோகங்களின் அயனியாக்கப்பட்ட அணுக்களின் வரிகள் இவ் வகையின் துவக்க உட்பிரிவுகளில் தோன்ற ஆரம் பித்து, செறிவு மிகுந்து கொண்டே சென்று A_5 உட்பிரிவில் ஒரு சிறப்பியல் பண்பாகவே காணப்படுகின்றது.

F-பிரிவு : இப் பிரிவில் நீரக வரிகளின் செறிவு குறைந்து, உலோக சம்பந்தமான வரிகள் முக்கியத்துவம் பெறுகின்றன. நடுநிலே அணுக்களுக்கான வரிகள் தோன்றவாரம்பிக்கின்றன. அயனியாக்கப்பட்ட கால்சியம் வரிகளான H, K வரிகள் (ஃபிரான்ஹோஃபர் வரிகள்) மிகச் சிறப்பாகத் தோன்றுகின்றன. இவ்வகை நிறமாலே, கதிரவனின் நிறமாலேப் பண்புகளே அணுகி வருகிறது என்று கூறலாம். எடுத்துக் காட்டுகள் : கானபஸ் (Canopus), பிரோசியான் (Procyon) என்ற விண்மீன்கள்.

G - பிரிவு : இப்பிரிவு நிறமாலேக்குச் சீரிய எடுத்துக்காட்டு கதிரவன் நிறமாலேயே. பல உலோக வரிகள், நீரக வரிகள்

அளவிற்குச் செறிவு பெற்றுத் தோன்றுகின்றன. அயனியாக்கப் பட்ட அணுக்களை விட, நடுநிலை அணுக்களுக்குரிய கோடுகளே செறிவுடன் இடம் பெறுகின்றன. கால்சியத்திற்குரிய H, K வரிகள் சிறப்பிடம் பெறுகின்றன. நிறமாலையின் நீல முனைக் கருகே ஏற்படும் அதிகமான உட்கவர்தலால் விண்மீன்கள் மஞ்சள் நிறமாகக் காட்சியளிக்கின்றன. கதிரவன் நிறமாலை G_2 என்ற பிரிவில் உள்ளது. காப்பெல்லா (Capella) என்ற விண் மீன் இதற்கு எடுத்துக் காட்டாகும்.

K - பிரிவு : இப்பிரிவில், நீரகவரிகள் அவ்வளவு முக்கியத் துவம் பெறுவதில்லை. உலோக சம்பந்தப் பட்ட வரிகளில், குறைவான வெப்ப நிலைக்குரிய வரிகள் செறிவுடையனவாயும், உயர் வெப்ப நிலைக்குரிய வரிகள் செறிவு குன்றியனவாயும் தோன்றுகின்றன. உலோக சம்மந்தப்பட்ட வரிகள் நீரக வரிகளை மிஞ்சி நிற்கின்றன. டைடேனியம் ஆக்சைட் (Titanium Oxide), ஹைட்ரோ கார்பன்கள் (Hydro-carbons) ஆகியவற்றிற் குரிய பட்டைகள் முதல் முதலாக K_5-ல் தோன்ற ஆரம்பிக் கின்றன. ஆர்க்டூரஸ் (Arcturus), ஆல்டிபரன் (Aldebaran) ஆகியவை இப் பிரிவிலுள்ள விண்மீன்கள்.

M - பிரிவு : ஊதா முனையில் அதிக செறிவு கொண்ட அகன்ற உட்கவர் பட்டைகளைக் கொண்ட நிறமாலை இப்பிரிவின் ஒரு சிறப்பியல்பானது ஆகும். இந் நிறமாலையில் கதிரவன் வரிகள் (Solar lines) எண்ணிக்கையிலும் செறிவிலும் குறைந்து காணப்படுகின்றன. தாழ்ந்த வெப்ப நிலையிலுள்ள உலோக வரிகள் செறிவு மிகுந்து காணப்படுகின்றன. டைடேனியம் ஆக்ஸைடுக்கான பட்டைகள் முக்கியத்துவம் பெற்றுக் காணப் படுகின்றன. Md என்னும் உட்பிரிவு இவ்வகையிலுள்ள ஒரு சிறப்பான உட்பிரிவாகும். இவ்வுட்பிரிவில் பொலிவு மிக்க நீரக வரிகள் மீண்டும் தோன்றுகின்றன. பிட்டல்க்யூஸ்ஸும் (Betelgeuse), ஆண்டாரஸ்ஸும் (Antares) இவ்வகைக்கான எடுத்துக்காட்டுகளாகும்.

N - பிரிவு : இவ்வகையைச் சேர்ந்த விண்மீன்கள், சிகப்பு முனைப்பக்கமாக அதிக செறிவு கொண்ட அகன்ற உட்கவர் வரிகளைக் கொண்ட நிறமாலைகளை உடையன. இவ்வரிகள் கார்பன் மோனுக்சைடாலும் (Carbon monoxide), சைனஜனுலும் (Cynogen) தோன்றுபவையாகும். இவையன்றி, வேறு சில ஒளி மிகுந்த வரிகளும் இந் நிறமாலைகளில் காணப்படுகின்றன. இப் பிரிவைச் சேர்ந்த விண்மீன்கள் மிகுந்த சிகப்பு நிறமுடையன.

R - பிரிவு : இச் சிறுவகையைச் சேர்ந்த விண்மீன்கள் **M** மற்றும் **N** வகையைச் சேர்ந்தவை போல அவ்வளவு சிகப்பானவை அல்ல. இருந்தாலும், Nவகையிலுள்ள முக்கியமான பல உட்கவர் பட்டைகள் இதிலும் உள்ளன [நி. படம் IV (a) காண்க].

25-9·5 விண்மீன் நிறமாலைகளுக்கான விளக்கம் - மேகநாத் சாஹா (Meganad Saha) : பல்வேறு நிறமாலை வகைகளையும் பார்த்தபின், ஒவ்வொரு வகை நிறமாலையும் மற்றதனின்று வேறுபட்டிருப்பதற்கான காரணம் யாதென அறிய விழைவது இயற்கையன்றோ ? எடுத்துக்காட்டாக, வெப்பமான விண்மீன்களின் நிறமாலைகளில் உலோகத் தனிமங்களுக்கான வரிகள் தென்படுவதில்லை; 'குளிர்' விண்மீன்களின் நிறமாலைகளில் ஹீலியத்திற்கான வரிகள் தென்படுவதில்லை. **1921**-ல் இந்திய இயல்பியல் அறிஞர் மேகநாத் சாஹா என்பவர் விண்மீன்களின் வெப்ப நிலைக்கும் அவற்றின் நிறமாலைகளுக்கும் இடையேயுள்ள நெருங்கிய தொடர்புக்கான விளக்கத்தை முதன் முதலில் எடுத்துரைத்தார்.

சாஹாவின் தத்துவம் : வேறெந்தக் காரணத்தைக் காட்டிலும், விண்மீன்களின் வளிமண்டல வெப்பநிலையே அதன் நிறமாலையின் இயல்புக்கான முக்கியமான காரணமாகும். வேதியல் கூட்டுப் பொருளான ஒரு வாயு சீராக வெப்பப் படுத்தப் படுவதாகக் கொள்வோம். ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலை வரும்போது அக் கூட்டுப்பொருளின் மூலக் கூறுகள் பிரிந்து, அதைவிட எளிய கூட்டுப் பொருள்களின் மூலக் கூறுகளாகின்றன அல்லது அக் கூட்டுப் பொருளின் தனிமங்களாகவே யாகின்றன. வெப்பநிலை மேலும் அதிகரிக்கும்போது மூலக்கூறுகள் மேலும் பிரிந்து அணுக்களாகவேயாகி விடுகின்றன. வெப்ப இயக்கவியல் (Thermo-dynamics) தத்துவங்களைக் கொண்டு மேற்கூறிய விளைவுகளின் வளர்ச்சி, புள்ளியியல் (Statistical method) அடிப்படையிலேயே கணக்கிடப் படுகின்றது. அயனியாக்க முறைகளுக்கும் சாஹா இதே கொள்கையைக் கையாண்டார்.

அணுக்களை மட்டும் கொண்ட ஒரு வாயு வெப்பப் படுத்தப் படுவதாகக் கொள்வோம். இந்நிலையில் அவ்வணுக்களின் வெளிச் சுற்றில் இருக்கும் எலக்ட்ரான்கள் வெளியேற்றப்பட்டு அவை அயனியாக்கப் படுகின்றன. இவ்வயனியாக்கத்திற்கான ஆற்றலின் அளவை இயல்பியல் தத்துவங்களைக் கொண்டு கணக்கிட முடியுமாதலால் வெப்ப இயக்கவியல் கொள்கைகளை

இந் நிகழ்ச்சிக்குப் பயன் படுத்த முடியும். எந்த ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்ப நிலையிலும், ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு அயனியாக்கம் நிகழ்ந்துவிட்ட பிறகு எலக்ட்ரான்கள் மீண்டும் அணுக்களுடன் சேருவதும் அணுக்களிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் பிரிவதும் சரா சரியாகப் பார்த்தால் ஒன்றாகி விடுகிறது. எனவே, இப்போது ஒரு 'நிலைத்த நிலை' (Steady state) ஏற்பட்டு விடுகிறது. இம் முறையில் ஒரு தனிமத்திற்கு எந்த ஒரு குறிப்பிட்ட வெப்பநிலையி லும் எந்த அளவிற்கு அயனியாக்கம் நடைபெற்றிருக்கிறது என்று கணக்கிட முடியும்.

ஒரு தனிமத்தின் அயனியாக்கப்பட்ட அணுக்களின் நிற மாலை, அதே தனிமத்தின் நடுநிலை அணுக்களின் (neutral atoms) நிறமாலையினின்றும் வேறுபட்டிருக்கும். ஓர் ஒளிப் பிறப்பிடத்தில் மேற்கூறிய இருவகை அணுக்களும் கலந்திருப்ப தாகக் கொள்வோம். இதன் வெப்பநிலை அதிகரிக்க அதிகரிக்க நிறமாலையில் சில குறிப்பிட்ட வரிகளின் செறிவு கூடிக் கொண்டே செல்கிறது. இவ்வரிகளெல்லாம் அயனியாக்கப் பட்ட அணுக்களுக்கான வரிகளாகும். வெப்பநிலை குறைந்து செல்லும் போது இதற்கு மறுதலை (எதிர் - Converse) விளைவு நிகழ்கிறது. அதாவது, வெப்பநிலை குறைந்து செல்லும்போது அயனியாக்கப்பட்ட அணுக்களுக்கான வரிகளின் செறிவு குறைந்து செல்கிறது; நடுநிலை அணுக்களுக்கான வரிகளின் செறிவு அதிகரித்துச் செல்கிறது. ஆகவே வெப்ப நிலைக்கேற்ற வாறு ஒரு தனிமத்தின் வரிகள் தோன்றுவதோ அல்லது தோன்றாமல் இருப்பதோ அதன் அயனியாக்க அளவைப் பொருத்துள்ளது. அயனியாக்கத்தின் அளவு, விண்மீனின் வளிமண்டல வெப்பநிலையைப் பொருத்துள்ளது என்பதை நாம் அறிவோம். அயனியாக்கம் முற்றுப்பெற்ற நிலையில் இருக்குமே யானால் அதாவது எல்லா அணுக்களுமே அயனியாக்கப்பட்டு விட்டால் நடுநிலை அணுக்களுக்குரிய வரிகள் முழுதும் மறைந்து விடுகின்றன. இதேபோல் ஒரு தனிமத்தின் அணுக்கள் அயனி யாக்கம் துவங்காமலே இருக்குமானால் அதன் அயனிகளின் வரிகளே தோன்றாது. உயர் வெப்ப நிலைகளில் உலோக அணுக்கள் இரு எலக்ட்ரான்களை இழந்து இரட்டிப்பு அயனி யாக்கம் பெறுகின்றன. இந்த இரட்டிப்பு அயனியாக்கம் பெற்ற உலோக அணுக்களின் வரிகள் புறஊதா (Ultraviolet) பகுதிக்கும் அப்பால் அமைகின்றன. ஆகவேதான் சாதாரண நிறமாலையில் அவ்வுலோக வரிகள் உயர் வெப்பநிலைகளில் தென்படுவதில்லை.

சோடியத்தை ஒரு எடுத்துக் காட்டாகக் கொண்டு இதைக் கவனிக்கலாம். கதிரவன் நிறமாலையில் செறிவு மிகுந்து காணப்

படும் வரிகளுள் சோடியத்தின் இருவரிகளும் (அலைநீளம், 5890 Å மற்றும் 5896 Å கொண்டவை) ஆகும். இவ் வரிகள் சோடியத்தின் நடுநிலை அணுக்களால் உண்டாக்கப் படுபவை. கதிரவனின் வளிமண்டல வெப்ப நிலையில் 1500 சோடிய அணுக்கள் அயனியாக்கப்படும் போது ஒரே ஒரு சோடிய அணுமட்டுமே அயனியாக்கப் படாமல் நடுநிலையில் இருக்கிறது. சோடியம் அயனிகளின் வரிகள், முன் கூறியது போல் புற ஊதாப் பகுதிக்கும் அப்பால் அமைவதால் அவற்றை எளிதில் கண்டுபிடிக்க முடிவதில்லை. எனவேதான், 1500 அயனியாக்கப்பட்ட அணுக்களுக்கு ஒரே ஒரு நடுநிலை அணு இருந்தாலும் அதை எளிதில் காண முடிகிறது. இதுபற்றி கதிரவன் கறைகளின் (Sun spots) நிறமாலை ஆய்வுகளிலும் படிக்கலாம்.

இம்முறையில் சாஹா அவர்கள் பல நிறமாலைகளிலும் குறிப்பட்ட பல வரிகளை ஆய்ந்து விண்மீன்களின் வெப்ப நிலையைக் கணக்கிட்டார். இந்த மதிப்புக்கள் நேரடியான முறைகளில் கணக்கிடப்பட்ட விண்மீன்களின் வெப்பநிலைகளுடன் மிகவும் ஒன்றித்திருப்பது அறியப்பட்டது. இதுவே சாஹா தத்துவம் சரியென்பதற்கான ஆதாரமாகும்.

25·9·6 கதிரவன் நிறமாலை (Solar Spectrum): கதிரவனின் அமைப்பு பற்றிய அநேக செய்திகள் நமக்கு நிறமாலையியல் ஆய்வுகளின் வழியாகவே கிடைத்துள்ளன. ஒரு நிறமாலை காட்டி அல்லது நிறமாலை வரைவி கொண்டு நிறமாலையொன்றைப் பெறுவதையும் அதன் பலவேறு வகைகளையும், அதில் கதிரவன் நிறமாலையினைப் பற்றிய பல விவரங்களையும் முன்னரே பார்த்தோம்.

நிறமாலை ஆய்வுகளில் மிக நுண்ணிய முறைகள் இப்போது கைவரப் பெற்றிருப்பதாலும், கதிரவன் நிறமாலையின் அலைநீள எல்லைகள் அகன்று செல்வதாலும் கதிரவனில் நாமறியும் தனிமங்களின் எண்ணிக்கை பெருகிக் கொண்டே செல்கிறது. 1895–97 ஆம் ஆண்டுகளில் ரௌலண்டு (Rowland) என்பவரால் கதிரவனில் 39 தனிமங்களே அடையாளம் காணப்பட்டன. 1928-ல் செயிண்ட் ஜான் (St. John) 57 தனிமங்களையும், 1950-ல் குமாரி மூர் (Miss Moore) 67 தனிமங்களையும் கண்டறிந்தனர். இருப்பினும், தனிம அட்டவணையில் (Periodic Table) காணப்படும் 92 தனிமங்களுள் இன்னும் சில கதிரவனில் இன்றுவரை காணப்படவில்லை. இவை கதிரவனில் இருப்பது அரிதாக இருக்கலாம். கதிரவன் நிறமாலையில் சில தனிமங்களால் தோன்றும் மிக முக்கியமான சில வரிகள் அட்டவணை 25–3·1·7-ல்

கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இவை தவிர பின்வரும் ஒவ்வொரு தனிமத்திற்கும் அவ்வவற்றிற்கு எதிரே காட்டப்பட்டுள்ள எண்ணிக்கையளவில் வரிகள் அறியப் பட்டுள்ளன :

இரும்பு (Iron)	:	3288	வரிகள்
டைட்டேனியம் (Titanium)	:	1085	வரிகள்
குரோமியம் (Chromium)	:	1028	வரிகள்
கோபால்ட் (Cobalt)	:	785	வரிகள்
நிக்கல் (Nichel)	:	627	வரிகள்
வனேடியம் (Vanadium)	:	618	வரிகள்

இன்னும் பல.

ஆனால், ஒரு தனிமத்திற்குக் கிடைக்கும் வரிகளின் எண்ணிக்கை, அத்தனிமம் கிடைக்கும் ஒப்பளவைப் (relative abundance) பொருத்த தன்று. கதிரவன் நிறமாலையினின்றும் அறியப்பட்டுள்ள இன்னும் பல வகைகளுக்கான தனிமங்கள் அடையாளம் கண்டுபிடிக்கப்படவில்லை. ரௌலண்ட் கண்ட இருபதினாயிரம் வரிகளுள் சுமார் 40% க்கு மேல் அடையாளம் காணப்பட முடிய வில்லை.

ஹீலியம் என்ற தனிமம் மண்ணுலகின் மீது கண்டு பிடிக்கப்படும் முன்னரே கதிரவனில் கண்டு பிடிக்கப்பட்டது என்ற உண்மை குறிப்பிடத்தக்கது. 1868-ல் இலாக்யர் (Lockyer) கதிரவன் நிறமாலையை ஆய்கையில் ஒரு மஞ்சள் வரியைக் கண்டார். ஆனால், அது மிக நன்ருக அறிந்திருந்த சோடியத்தின் வரியும் அல்ல; மற்றும் அன்றைக்குத் தெரிந்திருந்த எந்தத் தனிமத்தின் வரியும் அல்ல. எனவே, கதிரவனிலிருந்து கண்டுபிடிக்கப்பட்ட அவ் வரிக்கான தனிமம் கதிரவனைக் (கிரேக்க மொழியில்) குறிக்கும் ஹீலியம் என்ற பெயரால் அழைக்கப் பட்டது. சில ஆண்டுகட்குப் பின்னர் இராம்சே (Ramsay) என்பவர் யுரேனைட் (mineral uranite) உலோகக் கரு (ore) வெளிப்படுத்தும் ஒரு மந்த வாயுவின் நிறமாலையை ஆய்ந்த பொழுது இலாக்யர் கண்ட அதே வரியைக் கண்டார். மண்ணுலகின் மீது கிடைத்த இவ் வாயுவும் கதிரவனில் கண்ட வாயுவும் ஒன்றே என நிறுவப் பட்டது.

25-9·7 இதே போல் நெபுலத்தில் (Nebula) அலை நீளங்கள் 5007 Å, 4959 Å உள்ள N_1, N_2 என்னும் இரு பச்சை வரிகள் காணப்பட்டன. ஆனால், பல்லாண்டுகள் வரை இவ் வரிகளுக்கான தனிமம் இம் மண்ணுலகின் மீது இருப்பது அறியப்

படாமலே இருந்தது. 1927-ல் தான் U. S A.-வைச் சேர்ந்த ஐ. எஸ். போவன் (I. S. Bowen) என்பவர் ஒரு பெரிய ஆராய்ச்சி யின் பயனாக இரட்டிப்பு அயனியாக்கம் பெற்ற உயிர் வாயுவிலி ருந்து (O III) பெறப்படும் தடை செய்யப்பட்ட வரிகள் (forbidden lines) தாம் இவை என நிறுவினார். முதன் முதலில் நெபுலத் திலிருந்து பெறப்பட்ட இவ் வரிகளுக்கான தனிமம் நெபுலியம் (Nebulium) என்ற பெயராலேயே அழைக்கப் படுகிறது.

25–9·8 கதிரவன் கறைகளின் நிறமாலை (Spectrum of Sun spots): கதிரவன் கறைகளின் நிறமாலை, கதிரவன் நிற மாலையினின்றும் பல பண்புகளில் வேறுபட்டிருக்கிறது. கதிரவன் கறைகளின் நிறமாலையில் ஒரு தனிமத்திற்கான வரி களுள் (கதிரவன் நிறமாலை வரிகளுடன் ஒப்பிடும் போது) சில செறிவு குன்றியும் பல செறிவு மிகுந்தும் காணப்படுகின்றன. டைட்டேனியம் ஆக்சைட், மக்னீசியம் ஹைட்ரைட் போன்ற கூட்டுப்பொருள்களுக்கான பட்டைகள் (bands) கதிரவன் கறை களின் நிறமாலையில் இருப்பது ஆய்வுகளால் அறியப் பட் டுள்ளது. ஆனால், இவை கதிரவன் நிறமாலையில் காணப் படவில்லை. உயர் வெப்ப நிலைகளில் கூட்டுப் பொருள்களின் மூலக் கூறுகள் பிரிந்து தனித்தனி அணுக்களாகி விடும் என்று முன்னரே பார்த்தோம். எனவே மூலக் கூறுகளின் பட்டை நிறமாலைகள் கதிரவன் கறைகளில் கிடைக்கின்றன என்பதிலிருந்து இக் கறைகள் சற்று குறைந்த வெப்பநிலையில் இருக்கின்றன என்பது நன்கு புலனாகிறது. மேலும் கதிரவனது பொது நிறமாலையுடன் ஒப்பிடும் போது, கதிரவன் கறைகளின் நிறமாலையில் செறிவு மிகுந்து காணப்படும் வரிகள், குறைந்த வெப்பநிலையிலுள்ள ஒளிப்பிறப்பிடங்களிலிருந்து பெறப்படும் செறிவு மிக்க வரிகளேயாகும். மற்றவை உயர் வெப்ப நிலையி லுள்ள ஒளிப்பிறப்பிடங்களிலிருந்து பெறப்படும் குறைந்த செறி வுள்ள வரிகளாம். இவை உயர் வெப்ப நிலைகளிலுள்ள மின்வில் விளக்கிலிருந்து பெறப்படும் வரிகள் போன்றவை.

நி. படம் IV (b)-ல் இரும்பின் நிறமாலை காட்டப் பட்டுள்ளது. ஒப்பிட்டுப் பார்ப்பதற்காக

(1) கதிரவன் (இரும்பின்) நிறமாலை

(2) கதிரவன் கறை (இரும்பின்) நிறமாலை

(3) இரும்பு வில் விளக்கு

(4) இரும்பு உலை

ஆகியவையும் காட்டப்பட்டுள்ளன. உயர் வெப்ப நிலையிலிருக்கும் வில் விளக்கின் நிறமாலை பொதுவான கதிரவன் நிறமாலையுடனும், சற்று குறைந்த வெப்பநிலையிலிருக்கும் இரும்பு உலை நிறமாலை கதிரவன் கறை நிறமாலையுடனும் ஒத்திருப்பது கவனிக்க வேண்டியதாகும்.

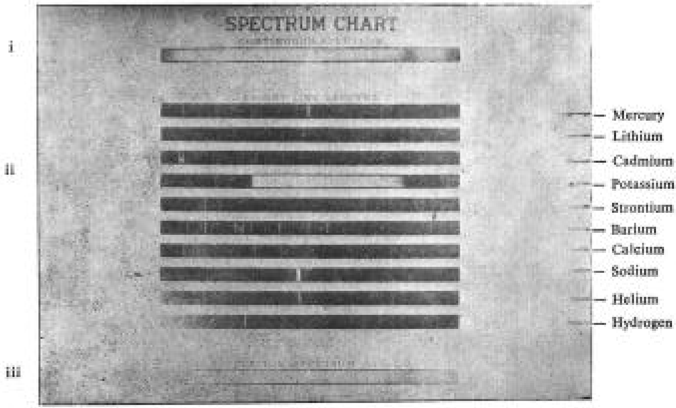
கதிரவன் கறைகளின் வெப்ப நிலைத்தாழ்வு காரணமாகவே இந்த நிறமாலையில் சோடியத்தின் மஞ்சள் வரிகள் நன்கு செறிவு மிகுந்து காணப்படுகின்றன. ஏனெனில் குறைந்த வெப்பநிலையில் அயனியாக்கம் குறைவாகும். எனவே கதிரவன் கறைகளில் நடுநிலை சோடியம் அணுக்களின் எண்ணிக்கை (கதிரவனின் மற்ற பரப்புகளைக் காட்டிலும்) அதிகமாகும். ஆகவே, இவற்றின் காரணமாகக் கிடைக்கும் மஞ்சள் வரிகளின் செறிவு அதிகமாகும்.

கதிரவன் கறைகள் சற்று தாழ்ந்த வெப்ப நிலையில் இருப்பதால், இவை கதிரவனின் பொதுவான வெண்மையுடன் ஒப்பிடப் படும்போது சற்று சிவந்து இருக்கின்றன.

25-9·9 வால்மீன்களின் நிறமாலை (Spectra of Comets): வால்மீன்கள் என்பவை யாவை, அவற்றின் அமைப்பு, தோன்றும் விதம் ஆகியவை பற்றி 'வானியல்' II, பகுதி 16-ல் விவரமாகப் பார்த்திருக்கிறோம். அவற்றின் ஒளியினின்றும் நிறமாலைகள் பெறப்பட்டு ஆய்வுகள் நடத்தப் பட்டுள்ளன.

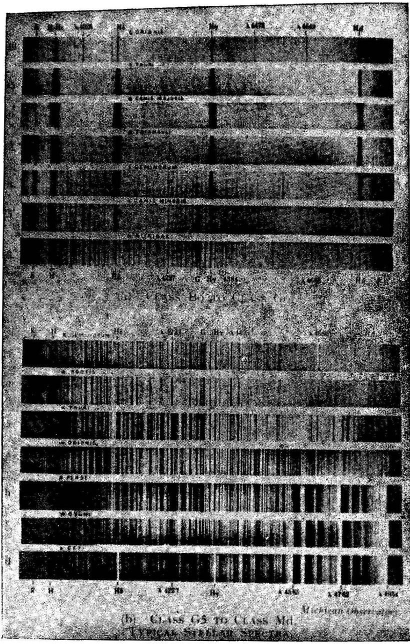
1864-ல் டொனுதி (Donati) என்பவர் முதன் முதலாக ஒரு வால்மீனை நிறமாலை வாயிலாக ஆராய்ந்தார். தற்போது, நிறமாலை வரைவிகளைக் கொண்டு வால்மீனின் நிறமாலைகளின் படங்கள் எடுக்கப்பட்டு அந் நிறமாலைகள் துல்லியமாகவும் விவரமாகவும் ஆராயப்படுகின்றன.

வால்மீனின் நிறமாலையானது, ஒரு மங்கலான தொடர் நிறமாலையின் பின்னணியில் பல பொலிவு மிக்க வரிகளுடன் தோற்றமளிக்கிறது. ஒரு வால்மீனின் நிறமாலை பொதுவாக இப்படித்தான் இருக்கும். *1868*-ல் ஹக்கின்ஸ் (Huggins) என்பவர் வால்மீனின் நிறமாலையொன்றைத் தெளிவாக ஆய்ந்து ஓர் உண்மையை வெளியிட்டார். ஸைஞேஜன் போன்ற கார்பனின் கூட்டுப் பொருள்கள் வாயு நிலையிலிருக்கையில் வெளிப்படுத்தும் நிறமாலையைப் போன்றுதான் வால்மீன்களின் நிறமாலை இருக்கிறது என்று அவர் தெரிவித்தார். வால்மீன்கள் கதிரவனுக்கு மிகமிக அண்மையில் வரும்போது (Perihelion) அவற்றின் நிறமாலைகளில், சோடியம், மக்னீசியம், இரும்பு

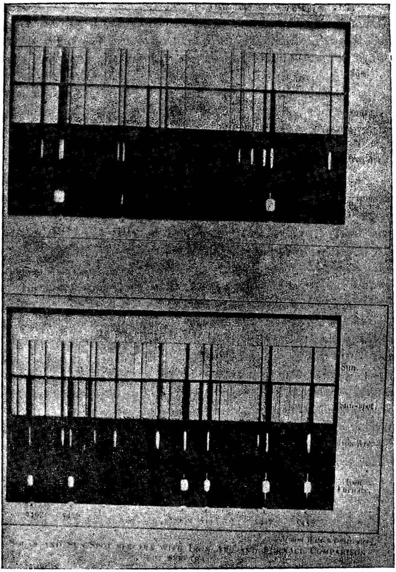


இருப்படம் IV

(i) தொடர் நிறமாலை.
(ii) வரி நிறமாலை.
(iii) உட்கவர் நிறமாலை.



நிழற்படம் IV (a)
விண்மீன் நிறமாலைகள்.



நிழற்படம் IV (b)

இரும்பின் நிறமாலை-ஒப்பீட்டுப் படம்.

I-இன் தொடர்ச்சியாக II அமைந்துள்ளது.

(i) கதிரவனில் (Sun) (iii) இரும்பு விளக்கில் (Iron Arc)
(ii) கதிரவன் கறையில் (Sun Spot) (iv) இரும்பு உலையில் (Iron Furnace).

போன்ற உலோகங்களுக்கான பொலிவுமிக்க வரிகளும் காணப் படுகின்றன. வால்மீனின் மங்கலான தொடர் நிறமாலை, எதிரொளிக்கப்படும் கதிரவனின் ஒளியால் உண்டாக்கப்படுவதாகும்; அதன் மேல் தோன்றும் பொலிவுமிக்க வரிநிறமாலை வால்மீனின் தன்னொளியால் உண்டாக்கப் படுவதாகும். வால் மீன்கள் தம்முடைய சொந்த ஒளியில் பிரகாசிக்கின்றனவா அல்லது கதிரவனின் ஒளியை எதிரொளித்துப் பிரகாசிக் கின்றனவா என்ற வெகு நாளைய விவாதம் இவ்வாராய்ச்சியின் பயனாக முடிவு பெற்றது.

இந்நிறமாலைகளில் மூலக்கூறுகளுக்கான பல பொலிவுமிக்க பட்டைகளும் காணப்படுகின்றன. இம் மூலக்கூறுகள், கார்பன் (Carbon $=C_2$), மெதிலீன் (Methylene $=CH_2$), சைனோஜன் (Cynogen $=CN$), அமீன் பிரிவு (Amine group $=NH_2$), ஹைட் ராக்சைல் (Hydroxyl $=OH$) ஆகும். இவை தவிர, கார்பன்மோனாக் சைட் (Carbon monoxide $=CO$), நைட்ரஜன் (Nitrogen $=N_2$), ஹைட்ராக்சைல் (Hydroxyl $=OH$) போன்றவற்றின் அயனி யாக்கப்பட்ட மூலக்கூறுகளும் உள்ளன என அடையாளம் காணப்பட்டுள்ளன. சாதாரணமாக, இவைகள் நிலையான கூட்டுப் பொருள்களாக இம்மண்ணுலகின் மீது தோன்றுவதில்லை. வால்மீன்களில், வேறுசில நிலையான கூட்டுப் பொருள்கள் கதிர வனின் புற ஊதாக் கதிர்வீச்சிற்கு உட்பட்டுப் பிரிவுறுகின்றன. இம் மூலக்கூறுகள் புறஊதாக் கதிர்களை உட்கிரகித்து அதை விட அதிக அலைநீளம் கொண்ட கதிர் வீச்சாக வெளிவிடுகின்றன. இவையே நாம் கண்ணால் பார்க்கும் வால்மீனின் நிறமாலையில் தோன்றுபவையாம். இவை தவிர வேறுசில மூலக்கூறுகள் புறஊதாப் பகுதியிலும் கதிர்வீச்சை வெளிவிடுகின்றன. ஆகவே, நிறமாலையியல் ஆய்வுகளின் வழியே வால்மீன்களின் ஆக்கப்பொருள்கள் பற்றிய விவரங்கள் நமக்குப் பல கிடைத் துள்ளன என்று கூறலாம்.

26. ரேடியோ வானியல் வரலாறு

(The Story of Radio Astronomy)

26-0 மின்காந்த அலைகள் (Electro-magnetic waves) :

பரந்துபட்ட விண்வெளியிலிருந்து மின்காந்த அலைகள், பல்வேறு அலைநீளங்களில் வந்து மண்ணுலகத்தில் படுகின்றன.

26-1 ரேடியோ அலைகள், அக சிகப்பு அலைகள் (Infra-red waves), ஒளி அலைகள் (light waves), புற ஊதா அலைகள் (ultra-violet waves), X - கதிர்கள் (X - rays), கா (G) மா கதிர்கள் (Gamma rays) முதலிய அனைத்தும் பொதுவாக மின்காந்த அலைகள் எனப்படும். இவ்வெல்லா அலைகளும் இயலுலகெங்கும் இடையற நிரம்பி மின்காந்த அலைகளின் இயக்கத்துக்குரியதாகக் கருதப்படும் ஊடு பொருள் ஈதர் (Ether) வழியாக விநாடிக்கு 3×10^5 கி. மீ. வேகத்தில் (*1,86,000* மைல்கள்/விநாடி) செல்கின்றன. இது மின்காந்த அலைகளின் பொதுப் பண்பாகும். ஒளி அலைகளும் இந்த வகுப்பினைச் சேர்ந்தவைதான்.

26-1·1 ஒளி அலைகள் : ஜேம்ஸ் மாக்ஸ்வெல் (James Maxwell) என்ற விஞ்ஞானிதான் ஒளி அலைகள் ஒரு வகை மின்காந்த அலைகள் என நிறுவினர். 4×10^{-5} செ. மீ.-லிருந்து $7{\cdot}2\times10^{-5}$ செ. மீ. வரை நீளமுள்ள மின் காந்த அலைகள் மட்டுமே, நம் பார்வைப் புலனைத் தூண்டக் கூடியவை. இவற்றை ஒளி அலைகள் என்கிறோம்.

26-1·2 ரேடியோ அலைகள் : இது போலவே, சில மில்லி மீட்டர், சென்டி மீட்டர், மீட்டர் நீளமுள்ள அலைகளைப் பொதுவாக ரேடியோ அலைகள் என்கிறோம். இவை பற்றி மற்றும் சில விபரங்கள் பின்னர் கூறுவோம்.

பொதுவாக, மின்காந்த அலைநீளத்தை λ என்றும் அதிர் வெண்ணை (frequency) n என்றும் கொண்டு, வேகத்தை C ($C = 3 \times 10^5$ கி. மீ./விநாடி) என்று கொண்டால்,

$$C = n\lambda$$

என்பது ஒரு முக்கிய வாய்பாடாகும்.

26-2·1 ஒளித்தொலை நோக்கி (Optical Telescope): சாதாரணமாக நாம் அறிந்துள்ள ஒளியியல் தொலை நோக்கி என்பது தொலைவில் உள்ள பொருளை அதனின்றும் வெளிப்படும் அல்லது அதனால் சிதறடிக்கப்படும் ஒளியால் உணரக் கூடிய ஒரு கருவியென நாம் அறிவோம். கலிலியோ (Galileo) என்பவர் தான் ஒளித்தொலை நோக்கியின் தந்தையாவார். ஒளித்தொலை நோக்கியானது வானியல் வளர்ச்சியில் ஒரு பெரும் புரட்சியை ஏற்படுத்தியது. (இதை, வானுலகத்திற்கும் நமக்கும் ஒரு நேர்முகத் தொடர்பினை ஏற்படுத்தும் 'ஒளிப்பலகணி' அல்லது 'ஒளிவாயில்' எனக்கூறலாம்.)

26-2·2 ரேடியோத் தொலைநோக்கி (Radio Telescope): வெகு தொலைவிலிருந்து கொண்டு ரேடியோ அலைகளை வெளிப்படுத்தும் ஒரு பொருளை அறியப் பயன்படும் ஓர் எலக்ட்ரானியல் அமைப்பு (Electronic device) தான் ரேடியோத் தொலைநோக்கி எனப்படும். சென்ற கால் நூற்றாண்டு காலத்தில் இந்த ரேடியோத் தொலைநோக்கி, வானியல் அறிவு வளர்ச்சியில் மற்றொரு பெரும் புரட்சியை ஏற்படுத்தியுள்ளது. இது, வானுலகத்திற்கும் நமக்கும் தொடர்பேற்படுத்தும் ஒரு 'ரேடியோப் பலகணி' அல்லது 'ரேடியோ வாயில்' எனக் கூறலாம். இப்பலகணி வழியாக கட்புலனுக்குக் கிட்டாத வானுலகத்தை அறிகிறோம். ரேடியோ வானியல் வளர்ந்த வரலாற்றினைச் சுருக்கமாகக் கூறுவோம்.

26-3 1945ஆம் ஆண்டுதான், ரேடியோ வானியலின் குழந்தைப் பருவ ஆரம்பம் எனக் கூறலாம். அந்த ஆண்டில் ரேடியோ வானியல் ஆராய்ச்சிகள் தீவிரமாக ஆரம்பிக்கப்பட்டதென்றாலும், 1931-லேயே இதற்கு வித்திடப் பட்டது என்பது பொருந்தும். அதற்கு (1931-க்கு) அறுபது ஆண்டுகளுக்கு முன்னரே கூட, ஓர் ஆங்கில விஞ்ஞானி, ஆலிவர் லாட்ஜ் (Olivr Lodge), கதிரவனிடமிருந்து ரேடியோ சமிக்ஞைகள் (Signals) பெறலாமெனக் கண்டு கூறினார், ஆனால், அக்கருத்து காலா வட்டத்தில் ஆதரவின்றி மங்கிப் போயிற்று.

26-3·1 1931ஆம் ஆண்டு டிசம்பர் மாதத்தில் தான் கார்ல் ஜான்ஸ்கி (Karl Jansky) என்ற இருபத்தேழாண்டே நிரம்பிய விஞ்ஞானி, தற்செயலாக, வான வெளியிலிருந்து ஏதோ இனம் புரியாத ரேடியோ சலசலப்பைக் கேட்டார். இவர், பெல் தொலை பேசி ஆய்வுச்சாலையில் (Bell Telephone Laboratory) பணிபுரிந்து வந்தார். இவருடைய பொறுப்பில் விடப்பட்ட வேலை யாதெனில் ரேடியோக்களில் ஓரோர் சமயங்களில் காணப்படும், பலவித சல சலப்புகள், முணுமுணுப்புகள், மந்தமான ஒலிகள், சீழ்க்கை ஒலிகள் (Whistles) முதலிய பொருளற்ற ஓசைகள் தோன்று வதற்கான காரணங்களையும் அவ்வோசைகளுக்கும் வளி மண்டல நிலைக்கும் உள்ள தொடர்புகளையும் ஆராய்வதாகும்.

ஜான்ஸ்கி 100 அடி அகலமான ஒரு பெரிய ஏரியலைச் செய்து, அதை விருப்பமான திசையில் திருப்பக் கூடிய ஒரு கருவியின் மேல் பதித்து, காதுகளில் ஒலிக் கருவிகளை மாட்டிக்கொண்டு (Earphones), இவ்வித ஒலிகள் எங்கிருந்து வருகின்றனவென்று உன்னிப்பாய்க் கேட்டுக் கேட்டு சிந்தனை செய்தார் (நி. படம் V காண்க). இது தான் ஜான்ஸ்கி உருவாக்கிப் பயன்படுத்திய ஏரியல். பல்வேறு பொருளற்ற ஓசைகளைக் கேட்டு சிந்தனை செய்தபோது ஒவ்வொன்றுக்கும் ஒவ்வொரு காரணம் கண்டார். இடியும் மின்னலும் சேர்ந்து எப்படி ரேடியோவைப் பாதிக்கின்ற தெனவும் கண்டார்.

ஆனால், ஒரே ஒரு நிகழ்ச்சி அவரை வியப்பில் ஆழ்த்தியது. காதொலிக் கருவியில் 'ஹிஸ்...' (Hiss) என்ற ஏதோ ஒரு சப்தம் மிக மெல்லிதாக வந்தது; ஆனால், அந்த சப்தம் ரேடியோ ஒலியில் சேர்ந்து வரும் 'ஹம்' என்ற சப்தத்தை விட மிக மெல்லியதாக விருந்தது. (நி. படம் VI.)

26-3·2 இதைப் போல, ஜான்ஸ்கிக்கு முன்னர்கூட பல விஞ்ஞானிகளும் ரேடியோயியல் அறிஞர்களும் இந்த 'ஹிஸ்' என்ற ஒலியைக் கேட்டிருந்தனர். ஆனால், அவர்கள் எல்லோ ரும் இதற்கு முக்கியத்துவம் எதுவும் கொடுக்காமல் புறக்கணித்து விட்டனர். ஆனால், ஜான்ஸ்கி இந்த 'ஹிஸ்' ஒலியைப் பற்றி மேலும் சிந்தித்தார். ஒருவேளை இந்த 'ஹிஸ்' ஒலி, பக்கத்தி லுள்ள ரேடியோ ஒலிப்பரப்பிக் கருவி (Radio transmitter) யினால் ஏற்படுகிறதென்றோ, அல்லது மின்னோட்டம் தாங்கிச் செல்லும் கம்பி வடங்களால் (Cables carrying electric currents) பாதிக்கப் பட்டு ஏற்படுகிறதென்றோ நினைந்து பார்த்தார். சரியான காரணங்கள் அவர் மனதில் தோன்றவில்லை.

அவ்வொலி வரும் திசையும், அவ்வொலியின் வன்மையும் 23 மணி 56 நிமிடக் காலவட்டம் பெற்று மாறுவதையும் கண்டார். இக் காலவட்டம் என்னவென நமக்குத் தெரியும். இது ஒரு மீன்வழி நாள். அதாவது இம்மண்ணுலகம் தனது அச்சை மையங் கொண்டு நிலைத்த விண்மீன்கள் பின்னணியில் சுற்றி வரும் காலவட்டமாகும். எனவே, இவ்வொலியின் பிறப்பிடம் வானவெளியில் நிலைத்திருக்கிறதென முடிவு கட்டினார். மேலும் ஆராய்ந்தபோது, மிக அதிகமான வெளிப்பாடு (emission) பாலண்ட மையத்திசையிலிருந்து வருவது போலவும், தோற்றுவாய்கள் பாலண்டத்தில் பரவியிருப்பது போலவும் அவர் ஊகித்தார். விண்மீன்களிலிருந்தோ அல்லது விண்மீன்களுக்கிடைப்பட்ட வெளிகளிலிருந்தோ இந்த வெளிப்பாடு, தோற்றுவாய் பெற்றிருக்கலாமெனவும் நினைத்தார். இந்த சூழ் நிலையில், தான் பெற்ற முடிவுகளைக் கொண்டு, ஜான்ஸ்கி இவ்வித ரேடியோ அலை வெளிப்பாடுகள் கதிரவனிடமிருந்தும் வரலாமென நினைத்து அதற்குரிய சோதனைகளைச் செய்து பார்த்தார். ஆனால், அவர் இச்சோதனையை மேற் கொண்ட காலம், கதிரவன் கறைகளின் இயக்கம் மிகக் குன்றியிருந்த காலவட்டமாதலால், அவருக்கு இச்சோதனையில் உருப்படியாக ஒரு முடிவும் கிடைக்கவில்லை. (வானியல் - இரண்டாம் பாகம் 14–2·3, 14-2·4 காண்க.)

அவருக்கு வானியல் அவ்வளவு பழக்க மில்லாததால், மேலும் பல வானியல் நூல்களைப் படித்து விட்டு மீண்டும் தனது ஆராய்ச்சிகளைத் தொடர்ந்து நடத்தினார். தான் கேட்ட ரேடியோ சமிக்ஞைகள் விண்மீன்களிடமிருந்தோ அல்லது விண்மீன்களுக்கிடைப்பட்ட வெளிகளிலிருந்தோதான் வரவேண்டுமென முடிவு கட்டினார். பால்வழி அண்ட மையத்திலும், மற்றும் பால் வழியில் பரவலாகவும், இந்த ரேடியோ சமிக்ஞைகள் தோற்றுவாய் பெற்றுள்ளன என்ற முடிவை நிறுவினார். இதைத் தொடர்ந்து பின்னர் பார்ப்போம்.

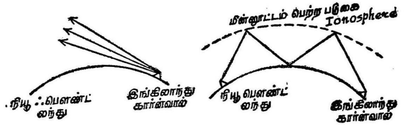
26–4 வரலாற்று முறையில், ஜெர்மானிய விஞ்ஞானி ஹைன்ரிச் ஹெர்ட்ஸ் (Heinrich Hertz) என்பவர்தான் முதன் முதலாக ரேடியோ அலைகளைக் கண்டு பிடித்தார்; உண்டாக்கினாரென்றே சொல்லலாம். ஹெர்ட்ஸைப் பொருத்த மட்டில் ரேடியோ அலைகள் எதற்குப் பயன்படுமென்று அவருக்குத் தெரியாது. தனது முப்பத்தாறுவது வயதிலேயே அவர் காலமானார்.

26–4·1 ஆனால், ஹெர்ட்ஸ் கண்டுபிடித்த ரேடியோ அலைகளுக்குப் பயன் கண்டவர் மார்க்கோனி (Marconi) என்ற விஞ்ஞானி யாவார். இவர் ரேடியோ அலைகள் மூலம், முதன்

முதலாக இங்கிலாந்திலிருந்து அட்லாண்டிக் பெருங்கடலைக் கடந்து, நியூஃபௌண்ட்லண்ட் (New foundland) என்ற இடத்திற்கு $\frac{1}{100}$ வினாடியில் செய்தியனுப்பி வெற்றி கண்டார்.

26–4·2 இவர் வெற்றிக்குக் காரணம் பின்னர்தான் கண்டு பிடிக்கப் பட்டது. காரணம் பின் வருமாறு: மின்னூட்டம் பெற்ற காற்றுப் பகுதி யொன்று வளி மண்டலத்தில், ஓர் ஆடி (Mirror) போல அமைந்து, மார்க்கோனியின் ரேடியோ அலைகளைப் பிரதிபலித்து, மண்ணுலகில் அடிவானத்திற்கப்பாலுள்ள இடத்தில் திருப்பித் தருகிறது. முன் கூறப்பட்ட மின்னூட்டக் காற்றுப் பகுதி இந்த அலைகளைத் தடுத்தி நிறுத்திப் பிரதிபலிக்கா விட்டால், அவ்வலைகள் வான வெளியிலேயே போய்விட்டிருக்கும்.

இம் மின்னூட்டக் காற்றுப் பகுதி அயனி மண்டலம் (Ionosphere) எனப்படும் ஒரு படுகையாகும். இம் மின்னூட்டப் படுகைக்கு ரேடியோ அலைகளைத் தடுத்துப் பிரதிபலிக்கும் வல்லமையுண்டு. இப்படுகை மண்ணுலகிலிருந்து வான்நோக்கிச் செல்லும் ரேடியோ அலைகளைத் தடுத்துப் பிரதிபலிக்கும் வல்லமை மட்டுமன்றி, வெளி அண்டத்திலிருந்து மண்ணுலகை நோக்கி வரும் ரேடியோ அலைகளையும் தடுத்து நிறுத்தக் கூடிய வல்லமையும் உண்டு. பின்வரும் படம் 26–4·2 இதை விளக்கும்.



படம் 26-4·2

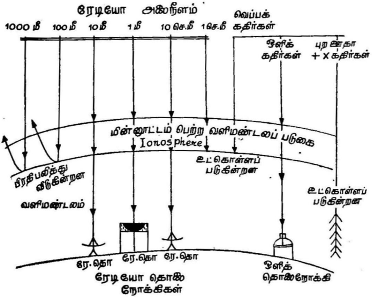
(a) ரேடியோ அலையானது பிரதிபலிக்கப்படாமல் ஆகாயத்தில் சென்று விடுகிறது. மின்னூட்டம் பெற்ற படுகை மண்டலம் இல்லை.

(b) ரேடியோ அலையானது பிரதிபலிக்கப்பட்டு மீண்டும் பூமிக்கு வருகிறது. மின்னூட்டம் பெற்ற படுகை, தடுத்து நிறுத்தி ரேடியோ அலையைப் பிரதிபலித்துத் திருப்புகிறது.

26-4·3 மிகச் சிறிய அலைநீளம், அதாவது ஒரு சில மீட்டர்கள் அல்லது குறைவான அலைநீளம் உள்ள ரேடியோ அலைகள் மட்டுமே அயனி மண்டலத்தைத் தாண்டி வரமுடிகிறது.

மற்றவை, அதாவது மிக அதிக அலைநீள முள்ள ரேடியோ அலைகள், ஆகாயத்திலிருந்து வந்து, மின்னூட்டப் படுகைமேல் பட்டு, பிரதி பலிக்கப்பட்டு, திரும்பி விடுகின்றன. மிக மிகச் சிறிய அலைநீளமுடைய, அதாவது சில சென்டி மீட்டர் அளவு அலை நீளம் உள்ள ரேடியோ அலைகள் மின்னூட்டப் படுகையால், உட்கொள்ளப்பட்டு ஒன்றி விடுகின்றன. எனவே, வெளி வானத்திலிருந்து வரும் ரேடியோ அலைகளில் சில சென்டி மீட்டர் முதல் சில மீட்டர் அளவுள்ளவை மட்டுமே அயனி மண்டலம் வழியாக (மின்னூட்டப் படுகை வழியாக) ஊடுருவி வந்து, நமது ரேடியோ தொலை நோக்கியை அடைகின்றன. பின்வரும் படம் (26–4·3.) இக் கருத்துக்களை விளக்கும்.

வானிலிருந்து வரும் செய்திகள்



படம் 26-4·3

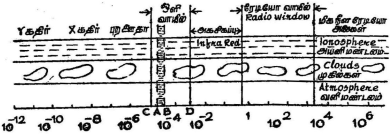
வான வெளியிலிருந்து பல் வேறு அலைநீளங்களில் வரும் செய்திகள் வளி மண்டலத்திற்கு வந்து சேருகின்றன. அவற்றில் ஒரு பகுதி மட்டுமே, ரேடியோ அலைகள் / ஒளிர் கதிர்கள் நமது ரேடியோ தொலை / ஒளித் தொலை நோக்கியை / நோக்கியை வந்தடைகின்றன. ஆனால் வளி மண்டலத்திற்கு மேலே செல்லக் கூடிய வானவெளிக் கப்பல் மற்ற ரேடியோ அலைகளைப் பெற முடியும்.

26–4·3·1 சென்ற பத்தியில் (26–4·3) கூறிய செய்திகளை மற்ருேர் முறையில் விளக்கஞ் செய்வோம். இம் முறை, சர் பெர்ளுர்ட் லாவெல் (Sir Bernard Lovell) எழுதிய 'ரேடியோ மூலம் வானவெளி ஆராய்ச்சி' என்ற நூலின் ஆரம்பத்திலும், பாரிஸ் வாளுராய்ச்சி நிலையத்தைச் சேர்ந்த ஸ்டெயின் பெர்க், (Steinberg), லெக்யீஸ் (Lequeux) என்பவர்கள் எழுதியுள்ள 'ரேடியோ வானியல்' என்ற நூலின் ஆரம்பத்திலும் கையாளப் பட்டிருக்கிறது.

இம் மண்ணுலகைச் சூழ்ந்திருக்கும் வளி மண்டலத்தின் வழி யாக ஊடுருவி வரக்கூடிய அதிர்வெண் வீச்சம் (range of frequencies) மிகக் குறுகிய அளவேயாதலால் விண்வெளியைப் பற்றி நாம் பெறக் கூடிய செய்திகளும் அந்த அளவுக்கே குறுகி நிற் கிறது. நல்லதொரு வளி மண்டலச் சூழ்நிலை நமக்குக் கிட்டும் போது, நமது ஊனக் கண்ணுக்குப் புலனுகும் நிறமாலையின் வரம்புகளுக்குட்பட்ட அதிர்வெண்களைக் கொண்ட கதிர்வீச்சைக் கக்கும் விண்மீன்களின் காட்சி நமக்கு திருப்திகரமாகக் கிடைக் கிறது. இது, 25–1ஆம் பத்தியில் கூறியுள்ளவாறு 4×10^{-5} செ. மீ. (ஊதாவின் உச்சத்திலிருந்து) முதல் $7{\cdot}2 \times 10^{-5}$ செ. மீ. (ஆழ்ந்த சிவப்பு) வரையுள்ள அலைநீளங்களுக்கிடையே அடங்கு கிறது. வெப்ப மின் இரட்டை அடுக்கு (Thermopile), போலோ மீட்டர் (Bolometer) போன்ற இயல்பியல் (பௌதிகம்) கருவிகள் கொண்டு நாம் நிறமாலையில், சிவப்பிற்கும் சற்று அப்பாற் பட்ட நிலைகளுக்கும் (Infra-red regions) செல்ல இயலும். புகைப்படப் பதிவு, மற்றும் ஒளிமின் கலன்கள் (Photoelectric cells) உதவி கொண்டு புறஊதா (ultra-violet) கதிர் வீச்சுகளையும் பார்க்க (உணர) முடியும். எல்லாம் சேர்த்துப் பார்த்தாலும் புவியின் வளிமண்டலக் கவர்ச்சி காரணமாக, அக சிகப்பில் சுமார் 10^{-3} செ. மீ.-லிருந்து புறஊதாவில் சுமார் 10^{-5} செ. மீ. வரைமட்டுமே, நமக்குத் தெளிவாகத் தெரியும் பகுதியாக குன்றுகிறது. இது தான் நமக்குக் கிடைக்கும் 'ஒளி வாயில்' அல்லது 'ஒளிப்பல கணி' (optical window) ஆகும்.

அப்படி, வானவெளியாராய்ச்சியில் ஒளிவாயில் பகுதி நமக்குக் குன்றி'னும், ரேடியோ அலைப் பகுதியில் நமக்கு மற்ருெரு 'வாயில்' அல்லது 'பலகணி' கிடைக்கிறது. மீண்டும் இது குற்றலைப் பகுதியில் (Short wave side) ஏறக்குறைய 0·25 செ. மீ. அளவில் வளி மண்டலக் கவர்ச்சியாலும், நீளலைப் பகுதியில் ஏறக்குறைய 30 மீட்டர் அளவில் அயனி மண்டல எதிரொளிப் பாலும் (Ionospheric reflection) வரம்பிடப் படுகிறது. (படம் *26–4·3.1* காண்க.)

மின்காந்த நிறமாலைப் பின்னணியில் அதைச் சார்ந்து ஒளி வாயிலும் ரேடியோ வாயிலும் படம் 26-4·3·1-ல் காட்டப்பட்



படம் 26-4·3·1

அலை நீளம் – சென்டி மீட்டரில்

AB - கட் புலனுக்குரிய நிறமாலை அலைநீளம்
வீச்சம் : ஏறத்தாழ 4×10^{-5} செ. மீ. முதல் $7{\cdot}2 \times 10^{-5}$ செ. மீ. வரையில்

CD - ஒளி வாயில்
வீச்சம் : ஏறத்தாழ 10^{-5} செ. மீ. முதல் 10^{-3} செ. மீ. வரை

CA - புற ஊதா : **BD** - அக சிகப்பு.

டுள்ளன. அண்மைக் காலம் வரை இந்த ரேடியோ அலைப் பகுதி வானியல் ஆய்வுகளில் பயன்படுமென்றோ, முக்கியத்துவம் வாய்ந்துள்ள தென்றோ பலர் கருதியதில்லை.

26–5 இப்போது ஜான்ஸ்கியின் ஆராய்ச்சிகளைத் தொடர்வோம். ஜான்ஸ்கியின் புதிய செய்திகள் உலகெங்கும் பரவின. செய்தித் தாள்களில் கொட்டை எழுத்துக்களில் வெளிப்பட்டன. ஜான்ஸ்கியின் ரேடியோ சமிக்ஞைகள் நியூயார்க்குக்கு ஒலி பரப்பப்பட்டு அவற்றினை எல்லோரும் கேட்கும் வாய்ப்பும் ஏற்பட்டது. ஆனால், எவ்வளவு விரைவாக இப் புதிய செய்தி பறந்ததோ, அவ்வளவு விரைவாகவே உலகம் அதனை மறந்துவிட்டது. இதைப் பற்றி தொடர்ந்து ஆராய்ச்சி செய்ய, ஜான்ஸ்கி தனது பெல் டெலிபோன் நிறுவனத்தினிடம் உதவியும் அனுமதியும் கேட்டபோது, அனுமதியும் உதவியும் கிடைக்கவில்லை. ஏமாற்ற மடைந்த ஜான்ஸ்கி தான் தொடர்ந்து இவை பற்றி முயற்சி செய்வதையும் கை விட்டார்.

அறிவு வளர்ச்சிக்கு ஒரு முட்டுக்கட்டை தற்செயலாக ஏற்பட்டது. ரேடியோ நிறுவனத்தினருக்கு வானியலில் அக்கறையில்லை; வானியலார்க்கு ரேடியோ முறைகளில் அக்கறையில்லாது போயிற்று.

26–6 ஆனால், ஜான்ஸ்கியின் ஆராய்ச்சியைத் தொடர்ந்து தளராது நடத்த முற்பட்ட பெருமை கிரோட் ரேபர் (Grote Reber) என்ற மற்றொரு ரேடியோயியல் அறிஞரைச் சாரும். அவர் தனது வீட்டுத் தோட்டத்திலேயே 30 அடி விட்டமுடைய ஒரு தட்டம் செய்து, தனது ஆராய்ச்சிகளை, ஒரு பொழுது போக்காகவே செய்து வந்தார். அவர் உருவாக்கிப் பயன் படுத்திய ஏரியலை, நி. படம் VII-ல் காண்க. ஜான்ஸ்கி கண்ட எல்லா உண்மைகளையும் அவர் சரிபார்த்தார். ஐயந்திரிபற நிறுவினார். தன் பிழைப்புக்குச் செய்ய வேண்டிய பணியைப் பகலில் வைத்துக் கொண்டு, இரவில் தனது பொழுதுபோக்கு முயற்சிகளைத் தொடர்ந்து செய்தார். அவர் செய்த 30 அடி விட்ட முடைய தட்டம் தான் (நி. படம் VII) (அதன் அடிப்படையில்) ஜாட்ரல் பாங்க் (Jodrell Bank) வானாராய்ச்சி நிலையத்தில் இன்று நிறுவப் பட்டிருக்கும் பிரம்மாண்டமான ரேடியோ தொலை நோக்கியின் முன்னோடி. ஜாட்ரல் பாங்க் ரேடியோ தொலைநோக்கியை ' பெரிய காது ' (The Great Ear) என்று அழைக்கிறார்கள். இப் பெரிய காதில் படும் அலைகளே ரேடியோ வானியலுக்குக் கிடைக்கும் புதை பொருட் செல்வமாகும்.

26–7 தான் பிறந்து வளர்ந்து பணிபுரிந்த அமெரிக்க நாட்டில் ஜான்ஸ்கியின் ரேடியோ அலைகளைப் பற்றி அன்று கவலைப்பட்டவர், கிரோட் ரேபர் தவிர, வேறுயாருமில்லை. ஆனால், வானவெளியிலிருந்து வரும் ரேடியோ அலைகள் இங்கிலாந்து, ஆஸ்திரேலியா, ஹாலண்ட் நாட்டு விஞ்ஞானிகளின் கவனத்தைப் பெரிதும் ஈர்த்தன. அந் நாட்டவர்கள் இவ்வித அலைகளில் பெரிதும் நாட்டமுடையவராய் அவற்றினை வானியலோடு இணைத்து ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்டனர்.

26–7·1 ஆனால், ஜான்ஸ்கியின் மறைவுக்குப் பின்பே, இன்று நமக்குக் கிடைத்திருக்கும் வானியலில் புதைந்திருந்த செல்வங்கள் அகழ்ந்தெடுக்கப்பட்டன. அவர் வாழ்ந்து இதையெல்லாம் கேட்டு மகிழும் பேறு பெற்றாரில்லை. இளமைதொட்டு அவரை வாட்டி வந்த குண்டிக்காய் (Kidney) நோய்க்கு அவர் தனது 44ஆம் வயதிலேயே (1950) இரையாகி மறைந்தார். ஆனால், அவர்தான் இன்றைய ரேடியோ வானியலுக்குத் தாயும் தந்தையுமாவார் என்றால் அது அவருக்கு உண்மையாகவே சேரவேண்டிய புகழாகும். அவருடைய வாரிசு (டைகோ பிராஹிக்கு, கெப்ளர் வாரிசாய் அமைந்தது போல்) கிரோட் ரேபர். இவ்விருவர் மட்டுமே இன்று ஆலமரம் போல வளர்ந்திருக்கும் ரேடியோ வானியலுக்கு வித்திட்டவர்களாவர்.

26–7·2 ரேடியோ வானியல், தனது 13ஆம் வயதிலேயே (1945) ஆராய்ச்சி உலகில் பீடுநடை போடத் தொடங்கிவிட்டது என்று முதலில் குறிப்பிட்டோம். இரண்டாம் உலகப் போர் முடிந்து திரும்பிய பல விஞ்ஞானிகள், பழைய ராடார்களைக் (Radars) கொண்டு புதிய துறையில் தங்கள் பணியைத் தொடங்கினர். 1951-ல் ரேடியோ வானியல், ஆல்போல் வளர்ந்தோங்க, பல ஆராய்ச்சியாளர்களுக்கு நிழல் கொடுக்க ஆரம்பித்தது. கதிரவனிடமிருந்து வரும் ரேடியோ அலைகள் ஆராய்ச்சிக்கு வந்தன. எரி, வீழ் மீன்கள் பிறப்பிடம் யாது என்ற புதிர் நீங்கியது. விண் மீன்களுக்கிடைப்பட்டிருக்கும் ஆவி, துகள் படலங்களிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட அலைநீளத்தில் ரேடியோ அலைகள் பெறப்பட்டன.* எங்கிருந்து இவ்வலைகள் தோற்றுவாய் பெற்றிருந்தனவோ அந்த இடங்களிலெல்லாம் ஒளித்தொலை நோக்கியைப் பயன்படுத்தும் வானியல் வல்லுநர் புதுப்புது வான் பொருள்களையும் நிகழ்ச்சிகளையும் கண்டனர். இவை புதிர்ப் பொருள்களாக—வெடிக்கும் விண்மீன்கள், பெருங் குமுறலுடைய பெருமுகில்கள், வெடிக்கும் அண்டங்கள், விண்மீன்கள் ஒன்றையொன்று பலத்து மோதிக்கொள்ளும் காட்சிகள் – இவையெல்லாம் வானத்தில் நடக்கும் வேடிக்கைகளாகக் காட்சிக்குறுத்தி நின்றன.

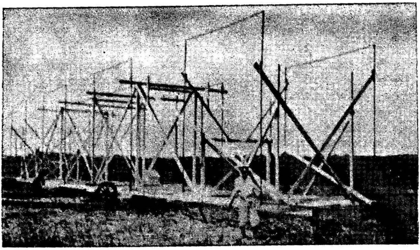
இவ்வாறாக புதுப்புதுச் செய்திகளை ரேடியோ அலைகள் கொண்டு வந்து கொண்டே இருக்கின்றன.

26–8 ஒளித்தொலை நோக்கிகள் மூலம் நாம் இதுவரை அறிந்த பேரண்டம் ஓர் அமைதியான, அழகான, கட்டு திட்டங்களுக்கடங்கிய, இயற்கை விதிகள் செயற்படும் நிலைக்களனைக் காட்சி தந்தது. கோடிக் கணக்கான ஆண்டுகளாய், நிலை தடுமாறுது, குமுறல்கள், குழப்பங்கள் ஏதும் வெளிப்படுத்தாமல் இப் பேரண்டம் புகழ் பெற்றிருந்தது. இரவு வானத்தின் எழில் மிகு காட்சிகள் அமைதியற்ற உள்ளங்களுக்கு அமைதி தந்து, அழகு விரும்பும் மக்களுக்கு அழகு தந்து, கற்பனை உள்ளங்களுக்குக் கற்பனைச் சோலையாய் திகழ்ந்து வந்தன என்பதை நாம் அறிவோம்.

குறிப்பு : * 'இத் தோற்றுவாய்களை ரேடியோ விண்மீன் என்று கூறுவது சற்று பொருத்தமற்றது. இவ்வாறு கூறுவது அறிவியல் ரீதியாகச் சற்று தவருயினும் இத் தோற்றுவாய்களை நடை முறையில் ரேடியோ விண்மீன்கள் என்று விளக்கினுல் நாம் அவற்றின் ரேடியோ அலைகளின் தோற்றுவாய்கள் (Discrete sources) என்று கூறிப் புரிந்து கொள்வதே உண்மை நிலைக்கு ஏற்புடையதாகும்.' (Brown and Lovell : The exploration of Space by Radio, Chapter 4, paragraph 1.)

26-8·1 ஆனால், இப் புதிய நண்பர்களான ரேடியோ அலைகள், நமக்கு ஒரு புது அதிர்ச்சியைக் கொடுத்து மின்னுவதெல்லாம் பொன்னல்ல என்ற பழமொழியின் உட்கருத்தை வலியுறுத்தும் முறையில் புதிய நிகழ்ச்சிகளை நமது கவனத்திற்கு அடிக்கடி கொண்டு வந்து கொண்டேயிருக்கின்றன. எங்கெங்கு அண்டங்களில் குழப்பங்களும் குமுறல்களும் நிகழ்கின்றனவோ அங்கிருந்து வரும் ரேடியோ சமிக்ஞைகள் மிக வலிமையோடு நம்மை வந்து தாக்குகின்றன. அண்டங்கள் ஒன்றையொன்று மோதுகின்றன, வெடிக்கின்றன; அங்கெல்லாம் ஆயிரம் கோடி இடிகள் ஒன்று சேர்ந்து அலறுவது போன்ற பேரிரைச்சல்கள் நிகழ்கின்றன; புதுப்புது விண்மீன்கள் பிரசவ வேதனையில் தடமாடி நிற்கின்றன; மற்றும் சில விண்மீன்கள் மரணத்தருவாயில் வெருண்டு கூவி முடிவை எய்துகின்றன.

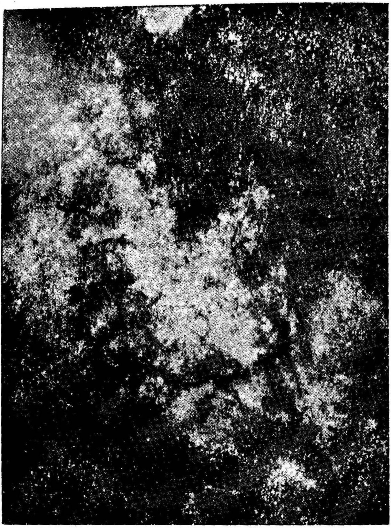
சுருங்கக் கூறின், நாம் நினைந்திருந்த அமைதியும் கட்டுப்பாடும் பேரண்டத்தில் நிலவவில்லை; கூச்சலும், குழப்பமும்,



நிழற்படம் V

கார்ல் ஜான்ஸ்கி - இந்த சுழல் அன்டென்னு அமைப்பு கொண்டுதான், நமது மண்ணுலகத்திற்கு அப்பாற்பட்ட விடத்தில் தோற்றுவாய் கொண்டு பிறந்து வரும் ரேடியோ அலைகளைக் கண்டார். படத்தில் ஜான்ஸ்கி நின்று கொண்டிருப்பதைக் காணலாம்.

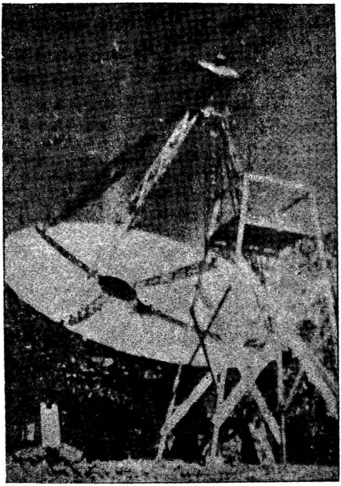
(Karl Jansky and the rotating antenna array with which he made the first observations of radio waves of extra-terrestrial origin. Jansky is seen Standing in the picture.)



நிழற்படம் VI

பால் அண்ட மையத்திற்கருகில், சாகிட்டாரஸ் மண்டலம் :—
(வேடுவன்-தனுஸ் இராசி) இங்கிருந்துதான் முதன் முதலாக கார்ல் ஜான்ஸ்கி விண்மீன்களினின்று ரேடியோ ஒலி வருவதைக் காது கொடுத்துக் கேட்டார்.

(Close to the Centre of the Milky way, in Sagittarus. It was from here that Karl Jansky heard radio noise from the Stars.)



நிழற்படம் VII

கிரோட் ரேபர் பயன் படுத்திய உச்சி கடத்தல் ஏற்றம் பெற்ற ரேடியோ தொலைநோக்கி. அவரே உருவாக்கியது. நவீன ரேடியோ தொலைநோக்கிகள் ஏறக்குறைய இதே அமைப்பைத்தான் பெற்றுள்ளன.

(Grote Reber's meridian radio telescope. The design is his. Many modern radio telescopes bear a Striking resemblance to this.)

வெடிப்பும் பேரண்டத்தில் மலிந்து கிடக்கின்றன. இச் செய்திகளை யெல்லாம் ரேடியோ அலைகள் நம் முன் கொண்டுவந்து குவிக்கின்றன.

26-8-2 இப் புதிய பலகணி வழியாக, அதாவது ரேடியோப் பலகணி வழியாக நமக்கு இப் பேரண்டத்தில் உண்மைகளை அறிய உதவும் கருவி ரேடியோ தொலை நோக்கி எனப்படும். பல நாடுகளில் இன்று ரேடியோ தொலைநோக்கிகள் திறமையுடன் திட்டமிட்டு அமைக்கப்பட்டு பணிபுரிந்து வருகின்றன. அறிவுத் திறனும், ஆராய்ச்சித் திறனும் ஒருங்கே அமைந்த பல விஞ்ஞானிகள் இவ்வானியல் ஆராய்ச்சிக் கூடங்களில் தொண்டாற்றி வருகின்றனர். அடுத்த பகுதியில் ரேடியோ தொலை நோக்கியின் அடிப்படையான அமைப்பு சுருக்கமாக கூறப் பட்டிருக்கிறது. மேலும் சில புகழ்பெற்ற தொலை நோக்கிகளைப் பற்றிய விபரங்களும் அங்கு கொடுக்கப் பட்டிருக்கின்றன. கிடைத்த வரை, பல ரேடியோ தொலை நோக்கிகளின் படங்களும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

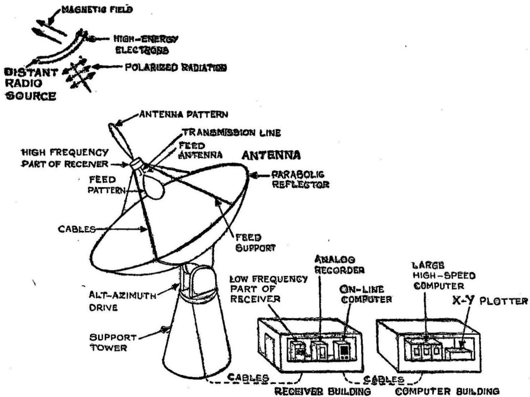
27. ரேடியோ தொலைநோக்கிகள்

(Radio Telescopes)

27-1 ரேடியோ தொலைநோக்கி என்பது ஒரு மிகப் பெரிய ரேடியோதான். இதனுடைய முக்கியமான பகுதி பெரிய அளவில் தேவையான உருவில் அமைந்துள்ள ஓர் ஏரியல் (aerial) ஆகும்.

27-1·1 ஏரியல் அல்லது ஆன்டென்னு (antenna): ஏரியல் அல்லது ஆன்டென்னு என்பது, ரேடியோ அலைகளை அவற்றின் பிறப்பிடத்திலிருந்து வெளியே கொண்டு வந்து பரப்புவதற்கான ஒரு வாயிலாகவும், எங்கேயோ பரப்பப்பட்ட ரேடியோ அலைகளை நமது ரேடியோ ஏற்பிகளுக்கு (Radio receiver) பிடித்துக் கொடுக்கும் ஒரு நுழைவாயிலாகவும் பயன்படும் ஓர் அமைப்பாகும். நம் வீடுகளில் பயன்படுத்தப்படும் வானொலிப் பெட்டிகளுடன் மிக எளிமையான முறையில் ஒரு நீண்ட உலோகக் கம்பி ஏரியலாகப் பயன்படுத்தப் படுவதை நம்மில் பலர் அறிந்திருப்போம். இவற்றில் பல ஏரியல்கள், முறைப்படி சரியாகக் கணக்கிடப்பட்டு அமைக்கப்பட்டவை அல்ல. சுமார் பத்து மீட்டர் நீளமுள்ள எந்த ஒரு தடித்த செம்புக் கம்பியும் நம் தேவைகளை ஓரளவு பூர்த்தி செய்து விடுவதால் அதன் அமைப்பில் நாம் அவ்வளவு அக்கறை எடுத்துக் கொள்வதில்லை. ஆனால், ஒரு டெலிவிஷன் (Television) பெட்டியுடன் இணைக்கப் பட்டிருக்கும் ஏரியல் முறைப்படியான கணக்கீடுகட்கு உட்பட்டு அமைக்கப் படுகிறது. அங்ஙனம் முறைப்படி அமையும் ஏற்பிக்கு ரேடியோ அலைகளிலிருந்து பெரும் ஆற்றல் கிடைக்கிறது.

ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண் அல்லது அலைநீளமுள்ள ரேடியோ அலையையோ அல்லது ஒரு குறிப்பிட்ட திசையிலிருந்து வரும் ரேடியோ அலைகளையோ சரியாக அதன் மீப்பெரு (Maximum) ஆற்றலுடன் நாம் பெற விரும்பினால் ஏரியலின் நீளம்



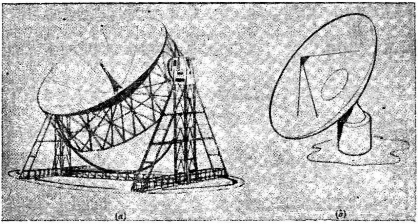
A MODERN RADIO TELESCOPE

நிழற்படம் VIII

ஒரு நவீன ரேடியோ தொலைநோக்கி (A Modern Radio Telescope.)

அல்லது உருவ அமைப்பு, மற்றும் திசையமைப்பு, முதலிய வற்றை முறைப்படி கணித்து அமைப்பது மிகவும் இன்றியமை யாதது.

ரேடியோ அலைகளைப் பரப்புவதற்கென்று அமைக்கப்பட்ட எந்த ஓர் ஏரியலையும் நாம் ஒரு ரேடியோ ஏற்பிக்கு அலைகளை வாங்கும் நல்லதோர் ஏரியலாகவும் பயன் படுத்த முடியும். ராடர் (Radar) கருவியிலுள்ள ஏரியலும் இம் முறையிலேயே பயன் படுத்தப் படுகிறது. ஒரு ரேடியோ ஏற்பியுடன் இணைக்கப் பட்டுள்ள ஏரியலை, ரேடியோ அலைகள் கடக்கும்போது அத னுடன் மோதி அதனுள் ஒரு மின்னோட்டத்தை இயக்கி விடு கிறது. இதன் காரணமாக ஒரு சிறு மின்னழுத்த வேறுபாடு



நிழற்படம் IX

பெரிய ரேடியோ தொலைநோக்கி திசை உயரமானி ஏற்றம்.

(a) ஏற்றக் கோண அச்சினது உராய்தலைத் தாங்கி நிற்கும் உறுப்புக்கள் இரண்டிற்கும் உள்ள இடைவெளி பெரிது; அடிவான தூரத்திற்குரிய இயக்க மானது ஒரு பெரிய வட்டமான ரயில் பாதையில் நிகழும் வகையில் அமைந் துள்ளது.

(The hearings for the altitude-axis are widely separated and the azimuthal movement is by means of Carriages on a large Circular rail track.)

(b) மேற் கூறியது சுருக்கப்பட்டு, ஏற்ற வீச்சக் கோணமும் குறைக்கப் பட்ட அமைப்பு.

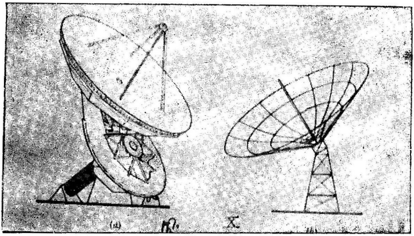
(The altitude-axis and the Circular rail track are reduced in size and the range of altitude variations is reduced in comparison with (a).

[Christiansen and Hogbom: Radio Telescopes]

(potential difference) உண்டாகி அது ரேடியோ ஏற்பிக்குச் செல்லுகிறது. ரேடியோ ஏற்பியினுள் அச் சிறு மின்னழுத்த வேகம் பெரிதாக்கப்பட்டு, ஆற்றலூட்டப்பட்டு தேவையான பதிவுமானியை (Recorder) இயக்கப் பயன் படுத்தப் படுகிறது.

27-2 ரேடியோ தொலைநோக்கி (Radio Telescope): ரேடியோ அலைகள் பிறக்குமிடங்களின் திசைகளை அறியவும், அவற்றின் செறிவினை அளக்கவும் ஒருதிசை சார்ந்த ஆண்டென்ன (antenna) அல்லது ரேடியோ தொலைநோக்கி உதவி செய்கிறது. இவ் வாறான ரேடியோ தொலைநோக்கியின் அமைப்பைக் காண்போம். நிழற் படங்கள் VIII, IX X காண்க.

ஒரு ரேடியோ தொலைநோக்கியின் முக்கியமான பகுதி யாதெனின், பெரிய அளவில் தேவையான உருவில் அமைந் துள்ள ஓர் ஏரியலாகும் (aerial). அநேகமாக உலகிலுள்ள எல்லா ரேடியோ தொலைநோக்கிகளுடனும் பெரிய அளவிலான ஏரியல்



நிழற்படம் X

ரேடியோ தொலை நோக்கி - நடுவரை ஏற்றம்.

(a) வானவெளி முழுவதையும் காணக் கூடிய ஒரு துல்லியமான, விலை யுயர்ந்த தொலைநோக்கி.

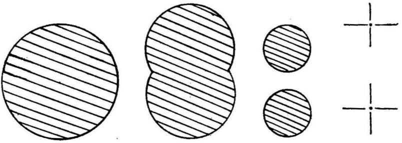
(An accurate and costly telescope capable of observing the whole sky. Equatorilly mounted Radio Telescope.)

(b) விலைக்குறைவில், வீச்சமும் துல்லியமும் குறைந்த ஒரு ரேடியோ தொலைநோக்கி.

(A light and cheap radio telescope restricted in the range and accuracy of its pointing.)

களே இணைக்கப் பட்டுள்ளன. இதற்கு முக்கியமாக இரண்டு காரணங்கள் உள. **ஒன்று :** அளவு பெரிதாகப் பெரிதாக, பெறப்படும் அலையின் செறிவும் (intensity) அதிகமாகிறது. **இரண்டு :** ஏரியலின் அளவுக்கு ஏற்றவாறு தொலைநோக்கியின் பகுதிறனும் (resolving power) அதிகமாகிறது. அதாவது, ஏரியல் பெரியதாக இருந்தால் அருகில் இருக்கும் ரேடியோ அலை களின் பிறப்பிடங்களான இரு விண்மீன்களைத் தெளிவாக இரு வெவ்வேறு விண்மீன்களாகவே உணர முடியும். அன்றி, ஏரிய லின் அளவு சிறியதாக இருக்கும்போது இரண்டும் ஒன்று போலவே தோன்றும்.

ஒரு சிறிய ரேடியோ தொலைநோக்கியைப் பயன்படுத்தி இரு ரேடியோ அலைப்பிறப்பிடங்களை பதிவு செய்யும் போது படம் 27-2·1-ல் உள்ளது போன்ற பதிவு கிடைக்கிறது. ஒன்றின் தேவையான அலைகளுடன் மற்றதன் தேவையற்ற அலைகள் கலந்து பிரிக்க முடியாமல் போய்விடுவதாலேயே இப்படிப்பட்ட தொரு பதிவு கிடைக்கிறது.



படம் 27-2·1 (i) படம் 27-2·2 (ii) படம் 27-2·3 (iii) படம் 27-2·4 (iv)

ரேடியோ தொலைநோக்கி வழியாக இரு விண்மீன்கள்.

ஒளியியல் தொலை நோக்கி வழியாக இரு விண்மீன்கள்.

நடுத்தர அளவுள்ள ரேடியோ தொலைநோக்கி ஒன்று, இவ் விரண்டு ரேடியோ அலைப்பிறப்பிடங்களையும் சற்றே இரண்டாகக் காண்பித்தாலும் கூட அவை ஒன்றின் மீது ஒன்று விழுந்திருப் பதைப் போலவே காட்சியளிக்கின்றன. இதைப் படம் 27-2·2 விளக்குகிறது. ஒரு பெரிய ரேடியோ தொலைநோக்கி இரண்டை யும் தனித்தனியாகவே பகுத்துக் (பிரித்துக்) காட்டுகிறது. படம் 27-2·3 இதை விளக்குகிறது. ஆனால், இவ்விரு விண்மீன் களையும் ஒளித்தொலைநோக்கி கொண்டு பார்த்தால் அவை படம் 27-2·4-ல் காட்டியபடி தோன்றும்.

ஆனால் ஓர் ஒளியியல் தொலைநோக்கியைப் போல முற்றிலும் தெளிவாக இரண்டு விண்மீன்களைப் பதிவாக்க வேண்டுமானால் ஒரு ரேடியோ தொலைநோக்கியின் அளவு ஏறத்தாழ இப்பூமியின் விட்டத்தின் அளவு இருக்கவேண்டும் !

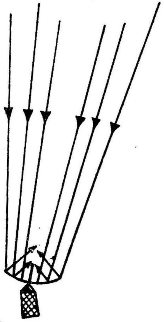
27-5 ஏற்பியும் பதிவீடும் (Receiver and Recording): ரேடியோ தொலைநோக்கிகளில் பயன்படும் ஏரியல்களுள் ஒரு வகை, குழியாடியைப் (Concave mirror) போன்ற பெரிய தட்டின் அமைப்பைப் பெற்றவை. தொலைவிலிருந்து வரும் ரேடியோ அலைகளை இத்தட்டு எதிரொளித்து அதன் முக்கிய குவியத்தில் (Principal focus) அமைந்துள்ள ஓர் ஏரியலின் மீது குவிக்கிறது. பல எலக்ட்ரான வால்வுகளைக் (Electron valves) கொண்ட ஓர் எலக்ட்ரானிக் சுற்றுடன் (Electronic circuit) இந்த ஏரியல் இணைக்கப் பட்டிருக்கிறது. ஏரியலின் வழியாக பெறப் பட்ட ரேடியோ அலைகளை இச் சுற்று தகுந்த மின்னோட்டமாக மாற்றி ஓர் ஒலிபெருக்கியை அல்லது வேறு ஒரு சாதனத்தை இயங்கச் செய்யலாம். இந்த ரேடியோ அலைகள் ஒரு சூப்பர் ஹெட்ரோடைன் (Superheterodyne) எலக்ட்ரானிக் சுற்றில் பல மாற்றங்கள் அடைந்த பிறகே ஒலி பெருக்கியில் 'ஹிஸ்ஸ்.......' என்றதோர் ஒலியை உண்டாக்குகிறது. இது தவிர வேறு ஒரு முறையும் உண்டு. ஏற்பியின் வெளிப்படு ஆற்றல் ஒரு பேனா பதிவுமானிக்கு (Pen recorder) அளிக்கப் படுகிறது. ரேடியோ அலையிலிருந்து பெறப்படும் சமிக்ஞை (Signal) யின் திறனுக்கு நேர் விகிதத்தில் பேனாமுனை விலக்கமடைந்து சீராக இயங்கிக் கொண்டிருக்கும் ஒரு தாளின் மீது வளைகோடுகளைப் பதிவு செய் கிறது.

ஒவ்வொரு ரேடியோ ஏற்பியிலும் அதற்குள்ளேயே ஒரு தாழ்ந்த பின்னணி ஒலி (hum) உண்டாகும். இது மின்சுற்றில் தானாகவே உண்டாகும் ஓர் ஒலியாகும். ஏரியலிலிருந்து பெறப் படும் சமிக்ஞை ஒலிக்கும் இதற்கும் எவ்விதத் தொடர்பும் இல்லை. ஏற்பியின் மின் சுற்றைச் சரியாக அமைக்காவிடில் இவ் வேண் டாத ஒலி ஏரியலிலிருந்து வரும் ஒலியை மிஞ்சிவிடும். ஆனால், ரேடியோ வால்வுகளை அமைத்து இவ் வேண்டாத ஒலிகளைத் தகுந்த முறையில் கட்டுப்படுத்தி, ரேடியோ தொலைநோக்கி பெற்றுத் தரும் தேவையான ஒலியின் செறிவை நாம் அளக்கலாம். ஒரு நவீன ரேடியோ தொலைநோக்கியிலுள்ள முழு அமைப்பும் நிழற்படம். VIII-ல் காட்டப் பட்டிருக்கிறது. ஒவ்வொரு பகுதியும் செய்யும் வேலைபற்றி விரிவான நூல்களில் காண்க.

அதிக ஆற்றலைப் பெற பெரிய ரேடியோ தொலைநோக்கிகளைப் பயன் படுத்துவதற்குப் பதிலாக, தற்போது பராமெட்ரிக் பெருக்

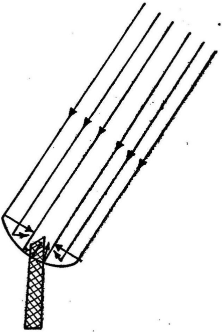
கிகள் (**Parametric amplifiers**), மேசர் பெருக்கிகள் (**Maser amplifiers**) ஆகியவற்றைப் பயன் படுத்தி பல தொலைநோக்கிகளின் திறன்களை அதிகப் படுத்தி பயன் படுத்துகின்றனர்.

27-5·1 தேவையற்ற அலைகள் : தொலைவிலிருந்து வரும் ரேடியோ அலைகள் ஒரே திசையிலிருந்து வரும் இணையான அலைகளாக இருந்தால் அலைகள் முழுதும் எதிரொளிப்பானின் முக்கிய குவியத்திலேயே சேரும் (படம். 27-5·1·1). அலைகள் இணையானவைகளாக இல்லாமல் வெவ்வேறு திசைகளிலிருந்து வருமேயானால் எதிரொளிக்கப் பட்டபின் அவையனைத்தும் முக்கிய குவியத்தில் குவிக்கப்படாமல் பலவாருகச் சென்று விடுகின்றன (படம் 27-5·1·2). இத்தகைய அலைகளை நம்மால் உணரமுடியாது. மேற்கூறிய முறையில் தான் ஒரு ரேடியோ தொலைநோக்கி, ஒரு குறிப்பிட்ட திசையிலிருந்து வரும் அலைகளை மட்டும் ஆராயப் பயன்படுகிறது.



படம் 27-5·1·2

சிறிய தட்டம் – அலைகள் வான வெளியில் பெரிய பரப்பிலிருந்து வந்து ஏரியலை அடைகின்றன.

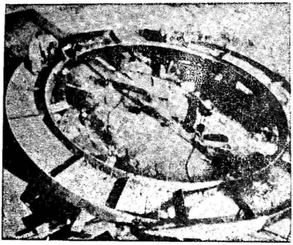


படம் 27-5·1·1

பெரிய தட்டம் – அலைகள் வான வெளியில் குறுகிய பரப்பிலிருந்து வந்து ஏரியலை அடைகின்றன.

ஆனாலும் கூட பல்வேறு திசைகளிலிருந்து வரும் ரேடியோ அலைகள், எதிரொளிப்பானின் விளிம்பில் பட்டு எல்லாத் திசைகளுக்கும் சிதறுகின்றன. முன் கூறிய ஒரே திசைக்கு இணையாக இல்லாமல் வேறு ஏதோ ஒரு திசையிலிருந்து ஒரு ரேடியோ அலை வந்தாலும் கூட எதிரொளிப்பானின் விளிம்பில் பட்டு சிதறியபின் அது முக்கிய குவியத்தின் வழியே செல்லுமானால் தொலைநோக்கி அதைப் பதிவு செய்துவிடும். ஆகவே, ஒரு குறிப்பிட்ட திசையிலிருந்து வரும் ரேடியோ அலைகளுடன் கூட விண்ணில் பல்வேறு திசைகளிலிருந்தும் வரும் ரேடியோ அலைகளிலும் ஒரு சிறிதளவு கலந்தே கிடைக்கின்றது. எதிரொளிப்பானின் அளவு (size) பெரிதாக இருக்கும்போது இத்தகைய வேண்டாத அலைகளின் செறிவின் விழுக்காடு குறைந்து விடுகிறது.

27-6 அலைநீளமும் தொலைநோக்கியின் அளவும்: தொலைவிலிருக்கும் விண்வெளிப் பொருளிலிருந்து கிடைக்கும் ரேடியோ அலைகளின் அலைநீளம் அதிகமாகும் போது ரேடியோ தொலைநோக்கியின் அளவும் அதிகமாக வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக



நிழற்படம் XI

ஜாட்ரெல் பாங்க் ரேடியோ தொலைநோக்கி: ஏற்றக் கோண மாற்றங்கள் பெற, தொலைநோக்கியின் குழித் தட்டத்தை நகர்த்திச் செல்லக்கூடிய ஒரு கொள் கலச் சட்டம்; 25-அடி விட்ட முடையது.

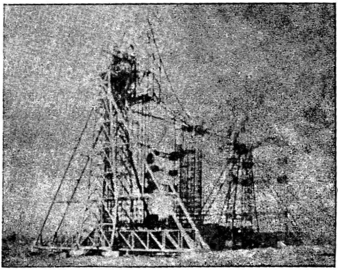
(One of the 25-foot racks through which the bowl of the telescope is driven to give the motion in elevation.)

பத்து மீட்டர் அலைநீள ரேடியோ அலைகளுக்குச் செயற்படும் தொலைநோக்கியின் அளவானது பத்து செ. மீ. அலைநீள ரேடியோ அலைகளுக்குச் செயற்படும் தொலைநோக்கியின் அளவுபோல் (இரண்டிற்கும் ஒரே பகுதிறன் எனக் கொண்டால்) நூறுமடங்கு பெரிதாக இருக்க வேண்டும்.

[குறிப்பு: இதனுல்தான் ரேடியோ தொலைநோக்கிகள், ஒளித் தொலைநோக்கிகளை விடப் பன்மடங்கு பெரிதாக இருக்க வேண்டும். 10^{-5} அங்குல அலைநீளமுள்ள ஒளி அலைகள் உள்ளனவாதலின் ஓர் இருநூறு அங்குல ஒளித்தொலைநோக்கி கொண்டு நாம் தெளிவாகக் காணக் கூடிய ஒரு விண்மீன் இருப்பின், அதே விண்மீனைப் பற்றி அதேயளவு தெளிவுடன் நாம் அறிய வேண்டுமானுல், இம்மண்ணுலகம் அளவு பெரிய ஏரியல் தேவைப்படும்.]

27-7·1 உலகிலுள்ள சில முக்கிய ரேடியோ தொலைநோக்கிகள் :

உலகில் பல இடங்களில் இயங்கி வரும் தொலைநோக்கிகள் பற்றி சில விளக்கக் குறிப்புக்கள் சுருக்கமாகக் கொடுக்கப் பட்டி



நிழற்படம் XII

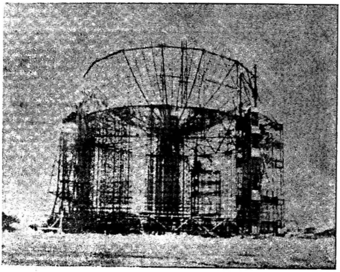
ஜாட்ரெல் பாங்க் ரேடியோ தொலைநோக்கி-குழித்தட்டம் கட்டப்படும் துவக்க நிலை.

(Jodrell Bank Radio Telescope - Early Stages of the Construction of the bowl.)

ருக்கின்றன. மேலும் விரிவான செய்திகள் புத்தகப் பட்டியலில் கொடுக்கப் பட்டிருக்கும் விரிவான நூல்களில் காண்க.

27-7·2 ஜாட்ரல் பாங்க் ரேடியோ தொலைநோக்கி - உச்சி கடத்தல் அமைப்பு (Transit Telescope) : இது இங்கிலாந்தில் மான்செஸ்டர் பல்கலைக் கழகத்தைச் சேர்ந்ததொரு தொலைநோக்கி. இங்கு 1946-ல் ஒரு பெரிய நிலைத்த பரவளைய **(Parabolic)** கோள வடிவான ரேடியோ தொலைநோக்கியின் கட்டடவேலை ஆரம்பிக்கப்பட்டது. கோள விட்டம் 218 அடி. 1947-ல் இக் கருவி கட்டி முடிக்கப்பட்டு, அன்று முதல் இது பாலண்டத்தில் அமைந்திருக்கும் ரேடியோ வெளிப்பாடுகளையும், பாலண்டத்திற்கு அப்பாற்பட்ட அண்டங்களிலிருக்கும் ரேடியோ வெளிப்பாடுகளையும் ஆராயத் தொடங்கியது. பரவளைய கோள அமைப்பில் மறைந்துறையும் ஆற்றல்களை முதன் முதலாக வானியலார்க்கு எடுத்துக் காட்டியது இந்தத் தொலைநோக்கிதான்.

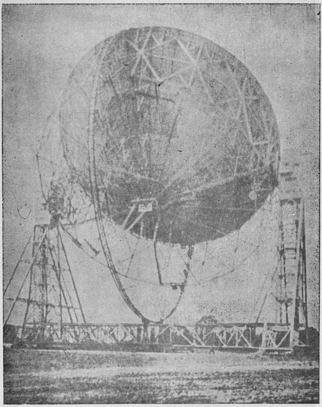
முதன் முதலாக, இக் கருவியின் உதவி கொண்டு தான் பாலண்டத்திற்கப்பாற்பட்ட ஆண்டிரமீடாவில் ரேடியோ



நிழற்படம் XIII

1956ஆம் ஆண்டு இலையுதிர் கால ஆரம்பத்தில் சாரக்கட்டுகள் நீக்கப்படாத நிலையில், ஜாட்ரெல் பாங்க் தொலைநோக்கி அமைப்பு வேலை நடந்து கொண்டிருந்தபோது எடுத்த படம்.

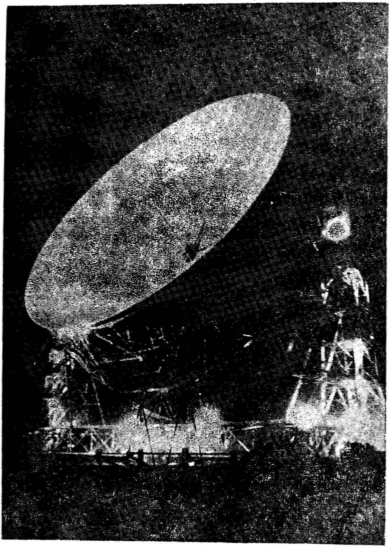
(A photograph taken in the early autumn of 1956, showing the main framework of the Jodrell Bank radio telescope, still supported on scaffolding.)



நிழற்படம் XIV

ஜாட்ரெல் பாங்க் 250-அடி ரேடியோ தொலைநோக்கியின் பின்னழகுக் காட்சி.

(A rear view of the Jodrell Bank 250-foot Radio Telescope.)



நிழற்படம் XV
250-அடி ஜாட்ரெல் பாங்க் ரேடியோ தொலைநோக்கி இரவுக் காட்சி.
(The 250-foot Jodrell Bank radio telescope at night.)

அலைகள் தோற்றுவாய் ஒன்று இருப்பதாக ஐயந்திரிபற நிறுவப் பட்டது. மற்றும் பால்வழிக்கு அப்பாற்பட்ட வேறு அண்டங் களைப் பற்றி அறியவும் இக்கருவி உதவியது. இது வானம் முழுவதையும் தங்கு தடையின்றி ஒரே கண்ணோட்டத்தில் பார்ப் பதற்கு வசதியான ஒரு கருவியாய் உருவாயிற்று.

27-7·3 திருப்பும் வசதியுடைய 250 அடி ஜாட்ரல் பாங்க் ரேடியோ தொலைநோக்கி :

இத் தொலைநோக்கியின் முழுப்பெயர் 'திருப்பும் வசதியுடைய பரவளைய கோளவடிவம் பெற்ற திசை உயரமானி ரேடியோ எதிரொளிப்பான்' (The Steerable Paraboloid Altazimuth Radio Reflector) ஆகும்.

முன்கூறிய நிலைத்த ரேடியோ தொலைநோக்கி கொண்டு செய்த ஆராய்ச்சிகளின் அடிப்படையில், மேலும் வானவெளியை ஆராய்வதற்கு, திருப்பும் வசதியுடைய தொலைநோக்கியின் இன்றியமையாமை தென்பட்டது. 1950-ல் அவ்வாறான திருப்பும் வசதி பெற்ற ஒரு தொலைநோக்கியின் உருவரை மாதிரி (design) தீட்டப்பட்டது. நஃபீல்ட் நன்கொடை நிறுவனத்தின் (Nuffield foundation) பண உதவியுடன் 1952-இன் பின் பகுதியில் கட்டட நிர்மாணவேலை தொடங்கப் பட்டது.

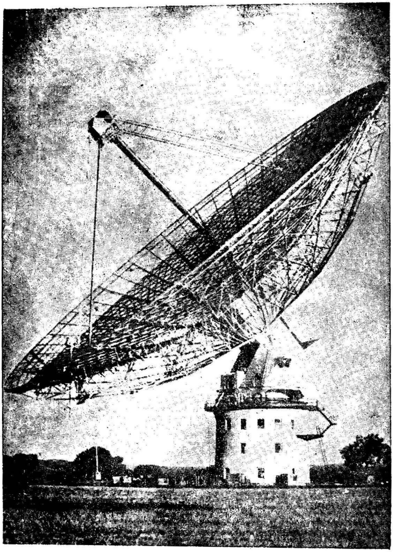
10,000 டன் நிறையுள்ள சிமெண்ட் ஜல்லிக் கடைக்கால் போடப்பட்டு மேல்வேலை ஆரம்பிக்கப்பட்டது. எஃகால் செய்யப் பட்ட மேற்கட்டுமானம் 2000 டன் நிறையாகும். அதில் எஃகு தட்டம் (பரவளைய கோளம்) மாத்திரம் 700 டன். இத் தட் டத்தைத் தாங்கி நிற்கும் எஃகு அமைப்பு 70 டன். நிழற்படங்கள் XI, XII, XIII, XIV, XV காண்க.

இந்த ரேடியோ தொலைநோக்கி செய்வதற்கெனத் திட்ட மிட்ட வேலைகள் பின்வருமாறு :

1. பால் மண்டலத்தில் தோற்றுவாய் கொண்டு வரும் ரேடியோ வெளிப்பாடுகள் பற்றிய ஆய்வு ;

2. பால் மண்டலத்திற்கு அப்பாற்பட்ட அண்டங்களில் தோற்றுவாய் கொண்டுவரும் ரேடியோ வெளிப்பாடுகள் பற்றிய ஆய்வு ;

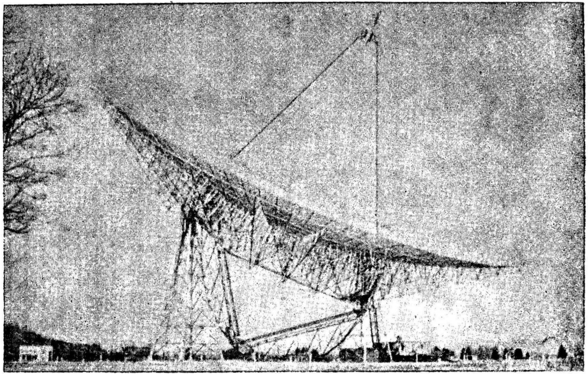
மேற்கூறிய இரண்டு திட்டங்களும், இத்தொலை நோக்கி ஓர் ஏற்பியாகப் பயன்படுத்தப்படும் வகையில் அமைந்தவை.



நிழற்படம் XVI

ஆஸ்திரேலியாவில் பார்க்கெஸ் என்னுமிடத்தில் உள்ள 210-அடி ரேடியோ தொலைநோக்கி.

(The 210-foot radio telescope at Parkes in Australia.)



நிழற்படம் XVII

மேற்கு விர்ஜீனியா, பச்சைக்கரை, தேசிய ரேடியோ வானூராய்ச்சி நிலையத்தில் உள்ள 300-அடி விட்டமுள்ள உச்சி கடத்தல் ஏற்றம் பெற்ற ரேடியோ தொலைநோக்கி.

(The 300-foot diameter meridian - transit radio telescope at the National Radio Astronomy Observatory, Green Bank, west Virginia.)

3. எரி, வீழ் மீன்களின் ஆய்வு ; அவற்றிலிருந்து வெளிப் படும் ரேடியோ எதிரொலிகளின் ஆய்வு ;

4. கதிரவன் மண்டல ஆய்வு - அம்மண்டலக் கோள்களின் ஆய்வு.

1957-ஆகஸ்டு, 2ஆம் நாள் இத் தொலைநோக்கி முதன் முதலாக ரேடியோ வெளிப்பாடுகளை வாங்கியது. இந்த 250 அடி தொலைநோக்கி ஒரு மிகப்பெரிய ஏரியல்தான். ஒரு பெரிய பாவொளி பரப்பும் கிண்ணம் (Search light) போல் இது தோற்ற மளிக்கிறது. 250 அடி விட்டமுள்ள இந்த குழித்தட்டு ஓர் எஃகு ஆடி (Steel mirror) போல இருக்கிறது. இவ்வளவு பெரிய ஒரு குழித்தட்டு (வானத்தை ஆராய்வதற்கோ, ஒரு விண்மீனைத் தொடர்ந்து ஓடுவதற்கோ) நம்பத்தகாத அளவு இலாவகமாக இயங்குவது, அதை நிர்மாணித்து அமைத்தவர்களின் பெருந் திறமைக்குச் சான்ருகும். அது நிர்மாணித்தமைக்கப் பட்ட சில கட்டங்களில் அது எவ்வாறு உருப்பெற்ற தென்பதைக் காட்டும் படங்கள் முன்னர் குறிப்பிடப் பட்டிருக்கின்றன. அதன் பின் னழகுக் காட்சி நிழற்படம் XIV-ல் இருப்பதையும், அது இரவில் பெற்றிருக்கும் ஒளிப்பொலிவு நிழற்படம் XV-ல் இருப்பதையும் காண்க.

இத் தொலைநோக்கி நிறுவனத்தின் இயக்குநர் (உயிர் நாடி யென்றே கூறலாம்) உலகப்புகழ் பெற்ற சர் பெர்ஞர்ட் லாவெல் (Sir Bernard Lovell). அவர் அன்று முதல் இன்று வரை, தன்னு டன் பணிபுரியும் பேராசிரியர்களோடு பலப்பல செய்திகளையும் புதுப்புது கண்டுபிடிப்புக்களையும் வழங்கிக் கொண்டேயிருக் கிருர்.

இப்பெரிய தட்டு இன்று உலகிலுள்ள மிகப் பெரிய ரேடியோ தொலைநோக்கியாகும். இது ஒரு வட்ட இருப்புப் பாதையில் நகரக் கூடியது. பெரும் வேகத்தில் அது பொலிவுடன் தவழ்ந்து சுழலும் போது ஒரு வட்ட சுற்றுக்கு 18 நிமிடங்கள் ஆகிறது. வானில் மெதுவாக நகரக் கூடிய ஒரு விண்மீனைத் தொடர்ந்து துல்லியமாகப் பின்பற்றி ஆராய இதனுள் இருக்கும் இயந்திர சாதனங்கள் பெரிதும் உதவுகின்றன. இப்போது இதையடுத்து ஒரு புதிய ரேடியோ தொலைநோக்கி 130 அடி - 80 அடி ஆன் டென்ஞ அங்கு நிறுவப்பட்டு இயங்கி வருகிறது.

இந்தியா உட்பட மற்றும் சில நாடுகளில், இன்று பல பெரிய தொலைநோக்கிகள் நிறுவப்பட்டு இயங்கி வருகின்றன.

27-7·4 பார்க்கெஸ் ரேடியோ தொலைநோக்கி: ஆஸ்திரேலியாவில் நியூ சௌத் வேல்ஸில் பார்க்கெஸ் (Parkes in New South Wales) என்னுமிடத்தில் 1961ஆம் ஆண்டின் இறுதியில் 210 அடி அளவுள்ள ஒரு ரேடியோ தொலைநோக்கி அமைக்கப்பட்டது. இது நடுவரைத் தொலைநோக்கி ஏற்றம் (Equatorial mounting) பெற்றது. (நிழற்படம் XVI காண்க.) ஜாட்ரல் பாங்க் தொலைநோக்கி போலல்லாமல் இது ஓர் உயர்ந்த கட்டிடத்தின் மீது அமைந்துள்ளது. இத் தொலைநோக்கியிலும் சுழலும் வசதி பொருத்தப் பட்டுள்ளது. சென்டாரஸ் A (Centaurus A) மண்டலத்தில் அமைந்து மிகப் பரந்த ரேடியோ அலைகளை வெளிப்படுத்தும் மூலஸ்தானத்தை (discrete source) 1962ஆம் ஆண்டில் பார்க்கெஸ் ரேடியோ தொலைநோக்கிதான் கண்டு பிடித்து வானியல் உலகில் தனது முதற் பெருஞ் சாதனையைக் காட்டிப் புகழ் பெற்றது. சென்டாரஸ் A, 13×10^6 ஒளியாண்டுகளுக்கு அப்பாலிருக்கிற தென்பது கவனத்திற்குரிய செய்தியாகும்.

இது கட்டி முடித்த செலவு 18 இலட்சம் டாலர்கள். இந்த ரேடியோ தொலைநோக்கி வழியாக 'வேதியல் சமிக்ஞைகள்' (Chemical signals) பெறப்பட்டன வென்றும், அவை பற்றிய தற்காலிக முடிவுகள் பற்றியும் பின்னர் 28–8-ல் காண்க.

27-7·5 கிரீன்பாங்க் ரேடியோ தொலைநோக்கி: அமெரிக்காவில் மேற்கு வர்ஜீனியாவில் கிரீன் பாங்க் (Green Bank in West Virginia) என்னுமிடத்தில் 300 அடி அளவுள்ள ஒரு ரேடியோ தொலைநோக்கி உள்ளது. இதைத்தவிர வேறு சில ரேடியோ தொலைநோக்கிகளும் அமெரிக்காவில் அமைக்கப்பட்டு வருகின்றன. (நிழற்படம் XVII காண்க.)

27–7·6 ஜெர்மனியின் ரேடியோ தொலைநோக்கி: ஜெர்மனியில் ஈஃபல்ஸ்பர்கில் (Effelsberg) மாக்ஸ் பிளாங்க் ரேடியோ வானுராய்ச்சி நிலையத்தில் (Max Planck Radio observatory) அமைந்துள்ள 328 அடி அளவுள்ள ரேடியோ தொலைநோக்கி உலகிலுள்ளவற்றில் பெரிய தொரு தொலைநோக்கியாகும். இம் மாபெரும் தொலைநோக்கியை அமைக்க முக்கியமானவர்களாக இருந்தவர்கள் பான் நகரைச் சேர்ந்த ரேடியோ வானியற் பேராசிரியர் ஆட்டோ ஹேசென்பெர்க்கும் (Otto Hachenberg), குருப்சைச் (Krupps) சேர்ந்த எர்னஸ்ட் கெல்ட்மேசெரும் (Earnest Geldmacher) ஆவர். இது 1970ஆம் ஆண்டிலிருந்து செயற்படத் துவங்கியுள்ளது.

இத் தொலைநோக்கி இரவு நேரங்களில் மட்டுமே செயற்படும். ஏனெனில் விண்மீன்களிலிருந்து நாம் எதிர்நோக்கும் ரேடியோ

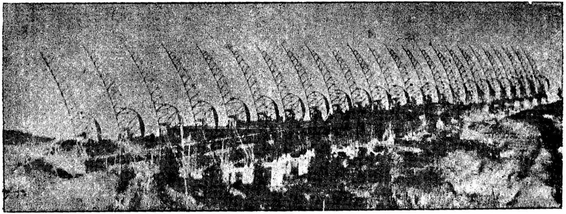
அலைகளுடன் வானூர்தி ராடர்கள், கார்கள், துணிதுவைக்கும் இயந்திரம் போன்ற மின்சாதனங்கள் முதலியவற்றிலிருந்து வெளிப்படும் ரேடியோ அலைகள் கலந்து இதில் குறுக்கீட்டு விளைவுகளை (Interference) உண்டாக்கும்.

இப் பெரும் தொலைநோக்கி மூலம் சுமார் 12 பில்லியன் (Billion) ஒளி ஆண்டு தொலைவுகளிலுள்ள விண்மீன்களின் உண்மைகளையும், பால்வெளி, குவாசர் (Quasar), பல்சார் (Pulsar) போன்றவற்றில் புதைந்திருக்கும் பல மர்மங்களையும் வெளிப் படுத்த முடியும் என நம்பப் படுகிறது. குவாசர், பல்சார் பற்றி பின்குறிப்பு VI-ல் காண்க. (குவாசர்கள், பல்சார்கள்.)

இந்தியாவில் தமிழக மாநிலத்தில் உதகமண்டலத்தில் இப்போது நிர்மாணித்து அமைக்கப் பட்டிருக்கும் ரேடியோ தொலைநோக்கி பற்றி சற்று விரிவாகப் பார்ப்போம்.

27-7·7 உதகைத் தொலைநோக்கி : உலகிலுள்ள ரேடியோ தொலைநோக்கிகளுள் ஒன்று தமிழகத்தில் நீலகிரி மலையில் உதக மண்டலத்திற்கு அருகில் முத்தோரை என்னுமிடத்தில் அமைந் துள்ளது. இந்திய விஞ்ஞானிகளாலும் பொறியியல் வல்லுநர் களாலுமே முழுவதும் திட்டமிட்டு அமைக்கப்பட்ட பெருமை இத் தொலைநோக்கிக்கு உண்டு.

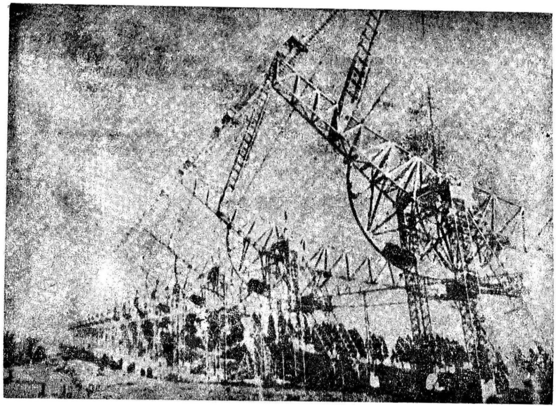
டாட்டா அடிப்படை ஆராய்ச்சிக் கழகத்தைச் சேர்ந்த பேராசி ரியர் கோவிந்த ஸ்வரூப் (Professor Govind Swarup of the Tata Institute of Fundamental Research) அவர்களின் தலைமையில் மஸாகான் துறைமுகம் (The Mazagon Dock), பாபா அணு ஆராய்ச்சிக் கழகம் (The Bhabha Atomic Research Centre), டாட்டா கழகம் (Tata Institute) முதலிய தலை சிறந்த இந்திய பொறியியல் கழகங்களின் உதவியுடன் இந்த ரேடியோ தொலை நோக்கி நிர்மாணிக்கப் பட்டது. இந்திய அணு ஆற்றல் துறை யின் (Department of Atomic Energy) ஆதரவில் இது உருவாக்கி முடிக்கப் பட்டுள்ளது. இப் பெரிய திட்டத்தில் வெளிநாட்டுக் கூட்டு ஏதும் இல்லை என்பது ஒரு சிறப்பாகும். இத் திட்டத் திற்கு ஐக்கிய நாடுகளின் தேசீய அறிவியல் நிறுவனம் (National Science Foundation) ரூ. 5·25 இலட்சம் கொடுத்து உதவி யுள்ளது. இவ்வுதவி கொண்டு, கணக்கிடும் பெரிய பொறி (Computer) ஒன்று வாங்கி இத் தொலைநோக்கியோடு இணைக்கப் பட்டுள்ளதால் இதன் திறமை பன்மடங்கு உயர்ந்துள்ளது. தேவையான திட்டங்களை வகுத்து விரைவில் ஆராய இப் பொறி பெரிதும் பயன் படுகிறது.



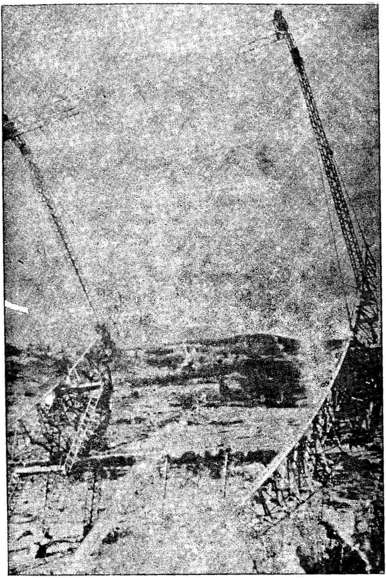
நிழற்படம் XVIII

530–மீ. நீளமுள்ள உதகமண்டல ரேடியோ தொலைநோக்கி. நீலகிரியில் 2200 மீ. உயரத்தில் இது அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. ஒவ்வொரு சட்டமும் 30 மீ. அகல முடையது. அவ்வாறு 24 சட்டங்களாலானது இவ்வமைப்பு. இதை அப்படியே 140° வீச்சத்திற்குத் திருப்பமுடியும். இது தென் அடிவானம் பக்கம் இப் படத்தில் திரும்பி நிற்கிறது.

(A View of the 530 m. long Ooty Radio Telescope, which is located at an altitude of 2200 metres in the Nilgiris. Each of the 24 frames is 30 m. Wide. The instrument, shown pointing towards the western horizon, can be rotated in unison by 140°.)



நிழற்படம் XIX
உதகமண்டலம் ரேடியோ தொலைநோக்கி - அண்மைக் காட்சி.
(A Close-up of the Ooty Radio Telescope.)

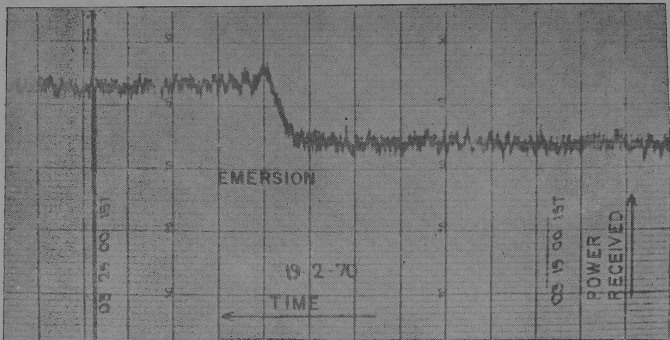


நிழற்படம் XX

உதகமண்டலம் ரேடியோ தொலைநோக்கி :

எதிரொளிக்கும் பரப்பு மெல்லிய துருஏரு எஃகுக் கம்பிகளால் பின்னப்பட்டிருக்கிறது. அவற்றின்மேல் விழுந்து எதிரொளிக்கும் கதிரவன் ஒளி, ஒரு வளைந்த வெண்மையான ஒளிக்கீற்றுக இருப்பதைப் பார்க்கலாம்.

(Curved light streak shows reflection of sunlight from the fine stainless steel wires forming the reflecting surface).



நிழற்படம் XXI

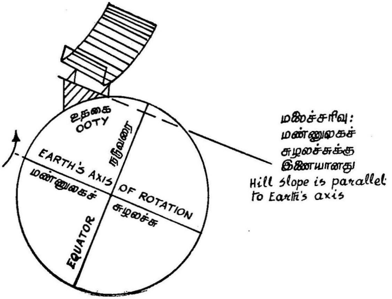
உதக மண்டலம் ரேடியோ தொலைநோக்கி கொண்டு பெறப்பட்ட ஒரு பதிவு. 4C 22-21 என்ற ரேடியோத் தோற்றுவாய் நிலவினுல் மறைக்கப்பட்டபொழுது கிடைத்த ரேடியோ செய்திகளின் பதிவுக்குறிப்பு.

(A record of lunar occultation observations of radis source 4C 22-21.)

இந்த ரேடியோ தொலைநோக்கி நீலகிரி மலையில் கடல் மட்டத் திற்கு 2200 மீட்டர் (சுமார் 7150 அடி) உயரத்தில் அமைக்கப் பட்டுள்ளது. ஒளியியல் தொலைநோக்கிகளைப் போல ரேடியோ தொலை நோக்கிகள் உயரமான மலை உச்சியின் மீது இருக்க வேண்டு மென்ற அவசிய மில்லை யெனினும் நீண்ட தொலைவிற்கு மலையின் சீரான சரிவு தொலைநோக்கியின் அமைப்பிற்குச் சாலச் சிறந்ததாய் அமைந்திருக்கிறது. அதாவது வடக்கு தெற்கு திசையில் அரை கிலோ மீட்டருக்கும் அதிகமான தொலைவிற்கு மலையின் சரிவு அவ்விட த்தின் மண்ணுலக அகலாங்குக்குச் (latitude) சமமாக இருத்தல் நலம். இத்தகைய ஓர் இடம்தான் நீலகிரிமலையில் முத்தோரையில் தேர்ந்தெடுக்கப் பட்டுள்ளது. இந்த இடம் 1965ஆம் ஆண்டு டிசம்பர் திங்களில் தேர்ந்தெடுக்கப் பட்டு 1966ஆம் ஆண்டு ஏப்ரல் திங்களிலிருந்து திட்டவேலைகள் தொடங்கின. 1970ஆம் ஆண்டு பிப்ரவரித் திங்களிலிருந்து இந்த உதகை ரேடியோ தொலைநோக்கி செயற்படத் துவங்கி யுள்ளது.

இந்த ரேடியோ தொலைநோக்கி வட்டமான தட்டு (disc) உருவில் இல்லாமல் பரவளைவு உருளை (Parabolic cylinder) வடி வத்தில் உள்ள வேறு ஒரு வகையாகும். அதாவது, இதன் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம் ஒரு பரவளைவுபோல் உள்ள நீண்ட தொரு தொட்டியைப் போன்றது. இத் தொலைநோக்கி சிறப் பானதொரு முறையில் உருவாக்கப் பட்டுள்ளது. மண்ணுலக நடுவரைக்கு (Geographic equator) அருகாமையில் நம் நாடு அமைந்திருக்கும் நல்வாய்ப்பினை இது பயன்படுத்திக் கொள் கிறது. இதன் எதிரொளிப்புப் பரப்பு 530 மீட்டர் நீளமும் 30 மீட்டர் அகலமும் கொண்ட பெரியதொரு பரப்பாகும். இதன் திறன் ஜாட்ரல் பாங்கில் அமைந்துள்ள 250 அடி தட்டு வடிவ தொலைநோக்கியினுடைய திறனைப் போல நான்கு பங்காகும். ஜாட்ரல் பாங்கில் உள்ள தொலைநோக்கி பொதுவான பல விண்ணாராய்ச்சிகளுக்கேற்ற ஒரு தொலைநோக்கியாகும். ஆனால், உதகைத் தொலைநோக்கி 324-லிருந்து 329 மெகா ஹெர்ட்ஸ் அதிர்வெண்கள் வரையுள்ள ரேடியோ பட்டையில் மட்டும் இயங்கும் ஒன்றாகும். [1 மெகா ஹெர்ட்ஸ் (Mega Hertz) = வினா டிக்கு பத்து லட்சம் அதிர்வெண்கள்.]

குறைந்த செலவில் அதிக நுட்பத்தையும் ரேடியோ அலை களின் ஆற்றலை அதிக அளவில் சேர்த்துத் தரும் திறனையும் கொண்ட இத் தொலைநோக்கி தேவையான அளவுக்கு (சுமார் 140 பாகை) சுழலும் திறனையும் உடையது. இதே போன்ற



படம் 27-7·7

உருவமைப்புள்ள தொலைநோக்கிகள் உலகில் வேறுசில இடங்களில் அமைக்கப்பட்டிருந்தாலுங் கூட அவையெல்லாம் இதைப் போன்று சுழலும் வசதி பெற்றவையல்ல. இந்த எதிரொளிப்பானின் அச்சு, மண்ணுலக (வட தென்) அச்சுக்கு இணையாக இருக்கும் வகையில் 11° 24′ மலைச்சரிவு கோணத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இம்மலைச்சரிவு கோணமான 11° 24′ ஆனது அவ்விடத்தின் மண்ணுலக அகலாங்குக்குச் சமம். (உதக மண்டலத்தின் மண்ணுலக அகலாங்கு-Geographical latitude = 11° 24′.) இவ்வமைப்பை படம் 27–7·7 விளக்குகிறது. இந்நிலையில் எதிரொளிப்பானின் சுழல் அச்சும் புவியின் சுழல் அச்சும் இணையாக இருக்கும். எனவே, இது நடுவரைத் தொலைநோக்கி ஏற்றம் (Equatorial Mounting) பெற்றது எனக் கூறலாம். (வானியல் 8·9 காண்க.) இவ்வமைப்பு கிழக்கு-மேற்குத் திசையில் ரேடியோ அலைப் பிறப்பிடங்களை நாள் ஒன்றுக்கு 9½ மணி நேரம் பின் தொடர்ந்து ஆய்வதற்கு பெரிதும் பயன்படுகிறது. இது சாதாரண இயந்திரங்களின் இயக்க அமைப்பினுல் பெறப்படுகிறது. உள் இணைப்பு ஊடுபாய்ச்சு கம்பிகளின் (interconnecting transmission lines) நீளங்களை மாற்றுவதன் மூலம் ரேடியோ தொலைநோக்கியின் தூலம் அல்லது அது நிற்கும் திசையை வடதென் திசையில் இயக்கலாம். இங்ஙனம், இது இரு செங்குத்தான திசைகளில் சுழல வழியமைக்கப் பட்டுள்ளது.

11° 24′ கோணமுள்ள மலைச்சரிவில் சம தொலைவுகளில் உயர மான 24 எஃகுத் தூண்கள் நிறுத்தப் பட்டுள்ளன. இந்த 24 எஃகுத் தூண்களும் நிற்கும் மொத்தத் தொலைவு 530 மீட்டர் ஆகும். ஒவ்வொன்றின் உச்சியிலும் ஒரு பரவளைவுச் சட்டம் பொருத்தப் பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு பரவளைவுச் சட்டத்தின் இரு முனைகளுக்கும் இடையே யுள்ள தொலைவு 30 மீட்டர் ஆகும். இத் தூண்களை, ஒவ்வொன்றும் 530 மீட்டர் நீளமுள்ள 1100 துரு ஏறு எஃகுக் (Stainless steel) கம்பிகள் இணைக்கின்றன. ஒன்றுக் கொன்று இணையாக உள்ள இந்த 1100 கம்பிகளும் சேர்ந்து தொலைநோக்கியின் எதிரொளிப்புத் தளமாகச் செயற் படுகிறது. இத் தளத்தில் பட்ட ரேடியோ அலைகள், எதிரொளிப்புக்குப் பின் தொலைநோக்கியின் குவியக் கோட்டின் (Focal line) மீது குவிக்கப் பட்டு ஒரு ரேடியோ ஏற்பிக்கு அனுப்பப் படுகின்றன. இத் தொலைநோக்கியின் பேருருவத்தையும், பல்வேறு பாகங்களையும் நிழற்படங்கள் XVIII, XIX, XX காட்டுகின்றன.

இந்த ரேடியோ தொலைநோக்கி 'நிலவின் மறைப்பு' (Lunar Occultation) என்ற நிகழ்ச்சியைப் பயன் படுத்தி, தொலைவி லுள்ள ரேடியோ மண்டலங்களை ஆராயும் பொருட்டு அமைக்கப் பட்டதாகும். அதாவது விண்ணில் சந்திரன் ஊர்ந்து கொண்டி ருக்கையில் அதன் விளிம்பு தொலைவிலிருக்கும் ரேடியோ விண் மீன்களிலிருந்து வெளிப்படும் ரேடியோ அலைகளைத் தடுத்து மறைத்து விடுகிறது. ஒரு குறுகிய அலைப்பிறப்பிடம் சந்திரனின் விளிம்பால் விரைவில் மறைக்கப்பட்டு விடும். ஆனால் அகன்ற தொரு அலைப்பிறப்பிடம் மெதுவாக சிறிது சிறிதாக மறைக்கப் படும். சந்திரன் நகர்ந்ததும் அலைப்பிறப்பிடம் மீண்டும் வெளிப் பட்டு தோன்றத் துவங்குகிறது. இவ்விளைவின் பதிவுமுறை, ரேடியோ அலைமூலத்தின் தோற்றுவாயைத் துல்லியமாக இடங் குறிக்கவும் அதன் உருவ அமைப்பினைப் பற்றிய செய்திகளைப் பெறவும் பெரிதும் உதவுகிறது. மிகவும் திறமை பெற்ற இந் நுட்ப முறை ஒரு செகண்ட் வில்லைக் (one second of arc) காட்டி லும் நல்ல பிரிதிறனைக் கொடுக்கிறது. பெரிய சுழலத் தக்க ரேடியோ தொலைநோக்கி உலகில் மற்றெங்கணும் இல்லாத கார ணத்தால் இதுவரையில் இம் முறையைக் கடைப்பிடித்து ஆராய்ச்சிகள் நடத்தப்படவில்லை.

இத் தொலைநோக்கி செயற்பட ஆரம்பித்த 14 நாட்களிலேயே 16 ரேடியோ அலைப்பிறப் பிடங்களின் மறைவுக் காட்சிகள் (Occultation observations) கண்டு பிடிக்கப்பட்டன. அவற்றில் பதினொன்றை வானூராய்ச்சியாளர்கள் ஏற்கனவே இடங்குறித்து

அறிந்திருந்தார்களானுலும் கூட அவற்றின் அமைப்பு பற்றிய விபரங்கள் பல தெரியாமலேயே இருந்தன. மீதியுள்ள ஐந்தும் முதன்முறையாக நம்மால் கண்டுபிடிக்கப் பட்டவையேயாகும்.

இதுவரை 15000-க்கும் மேற்பட்ட ரேடியோ அலைப்பிறப் பிடங்களை வானுராய்ச்சியாளர்கள் கணக்கிட்டு இருக்கிருர்கள். எனினும் சுமார் 30 ரேடியோ அலைப் பிறப்பிடங்களுக்கு மட்டுமே விரிவான அமைப்பு விவரங்கள் (சில செகண்ட் வில் பகுதிற னுடன்) அறியப்பட்டுள்ளது. (திட்டமாகத் தெரிந்த ரேடியோ அலைத் தோற்றுவாய்கள் பட்டியல் 27B-ல் காண்க.) உதகையில் அமைந்துள்ள இந்த நூதனக் கருவியைக்கொண்டு ஒவ்வோர் ஆண்டும் பல நூறு புதிய ரேடியோ அலைப் பிறப்பிடங்களை ஒரு செகண்ட் வில் பகுதிறனுடன் கண்ணுற வாய்ப்புக்கள் உள்ளன. இந்த ரேடியோ தொலைநோக்கியில் கிடைக்கும் காட்சிப் பதிவுகள் மவுண்ட் பாலமார் விண்ணுராய்ச்சிக் கழகத்தில் உள்ள 48 அங்குல ஒளியியல் தொலைநோக்கியைக் கொண்டு எடுக்கப்பட்ட புகைப் படங்களுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கப் படவிருக்கின்றன. இதனுல் அந்த விண்பொருள்களின் ஒளிவீசும் தன்மை பற்றிய பல உண்மைகள் புலனுகும்.

மேலும், இந்த ரேடியோ தொலைநோக்கியால் ஆராயப்பட்ட விண்பொருள்களை, ஹைதராபாத் உஸ்மானியா பல்கலைக் கழகத்தைச் சார்ந்த அரங்கப்பூரில் புதிதாக அமைந்திருக்கும் 48 அங்குல ஒளியியல் தொலைநோக்கியைக் கொண்டும், கொடைக் கானல், நைனிடால் விண்ணுராய்ச்சிக் கழகங்களில் அமைக்கப்பட விருக்கும் 40 அங்குல ஒளியியல் தொலைநோக்கியைக் கொண்டும் ஆராயத் திட்டங்கள் உள்ளன. இவற்றினின்றும் பெறப்படும் உண்மைகள், பல ரேடியோ மண்டலங்களின் தோற்றுவாய் **(Origin)**, வளர்ச்சி, மாற்றங்கள் பற்றி அறியப் பயன்படும்.

மற்றும் உலகில் உள்ள சில ரேடியோ தொலைநோக்கிகள் அமைக்கப்பட்டு செயல்படும் இடங்கள், பட்டியல் 27A-ல் தெரிந்த வரை கொடுக்கப் பட்டிருக்கின்றன.

27–8 பேரண்டத்தின் மிகத் தொலைவான விளிம்பில் (**distant frontiers of the universe**) அமைந்திருக்கும் பல வலிமை குன்றிய ரேடியோ மண்டலங்கள் பற்றிய ஆய்வுகள், பேரண்டத்தின் இயல்புகள் அல்லது தன்மைகள் முதலியன பற்றிய பல வானியல் விஞக்களுக்கு, ரேடியோத் தொலைநோக்கிகள் மூலம் நாம் நிறைவான விடைகள் பெற முடியுமானுல், அவ்விடைகள் பேரண்ட இயல்பியலுக்குப் பெரிதும் பயன்படும். தென் அரைக்

கோளத்தில் (Southern Hemisphere) அமைந்திருக்கும் பல வலிமை குன்றிய ரேடியோ அலைப்பிறப்பிடங்களின் எண்ணிக் கையைக் கணக்கிடவும், ஏற்கனவே வேறு விண்ணுராய்ச்சி நிலையங்களால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ள சில ரேடியோ அலைப் பிறப்பிடங்களின் நடுவரை விலக்கங்களைக் (declination) கணக் கிடவும் திட்டமிடப்பட்டுள்ளது. கதிரவன், வியாழன் முதலான பல கோள்கள், சுடர் விண்மீன் (Flare stars) மற்றும் பல பால் மண்டலப் பொருள்களிலிருந்தும் ரேடியோ அலைகளைப் பற்றிய ஆராய்ச்சிகளைச் செய்யவும் இக் கருவி பெரிதும் பயன்பட விருக் கிறது.

ரேடியோ அலைகளை வெளிப்படுத்தக் கூடியதும் விண் வெளிப் பொருள்போல தோன்றக் கூடியதுமான ஒருவகைப் பொருள்களான குவாசர்கள் (Quasars=Quasi - stellar radio sources) 1960ஆம் ஆண்டில் முதன் முதலாக ரேடியோ தொலை நோக்கியின் உதவியால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. நம் பால்மண்ட லத்திற்கும் அப்பாற்பட்ட இந்த குவாசர்களிலிருந்து வெளிப்படும் பெருத்த ஆற்றல் பற்றிய உண்மையெல்லாம் அறிய இந்த ரேடியோ தொலைநோக்கி பெரிதும் உதவ இருக்கிறது (பிற் குறிப்பு VI).

அண்மையில் கண்டுபிடிக்கப் பட்ட ரேடியோ அலைத் துடிப் புக்களின் பிறப்பிடங்களான பல்சார்கள் (Pulsars=Pulsating radio sources) பற்றி ஆராய்ச்சி நடத்த பெரியதொரு திட்டம் துவக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த பல்சார்கள், ரேடியோ அலைத் துடிப்புக்களைத் தொடர்ந்து அனுப்பிக் கொண்டிருக்கின்றன (பிற்குறிப்பு VI).

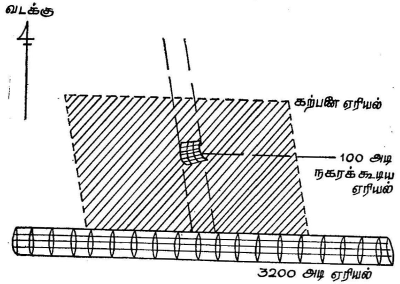
ரேடியோ வானியல் அறிஞர்களால் இதுவரை சுமார் 50-க்கும் மேற்பட்ட பல்சார்கள் கண்டுபிடிக்கப் பட்டுள்ளன. அவற்றின் துடிப்பு நேரங்கள் ஒரு விநாடியில் ஒரு பகுதியிலி ருந்து ஒரு சில விநாடிகள் வரை நீடிக்கின்றன. இந்த பல்சார்கள் பெருத்த அடர்த்தியுடைய (மண்ணுலக அடர்த்தியைப் போல பல கோடி மடங்கு) நியூட்ரான் விண்மீன்கள் என்று நம்பப்படு கின்றன. இவை சுமாராக, விநாடிக்கு ஒரு முறை சுழலு கின்றன. இத்தகைய பல்சார்களைப் பற்றி ஆராய நம் உதகை ரேடியோ தொலைநோக்கி மிகப் பொருத்தமான முறையில் அமைந் துள்ளது. இதைக் கொண்டு மேலும் பல புதிய பல்சார்களை கண்டுபிடிக்கும் வாய்ப்புக்களும் உள்ளன.

வானியல் துறையிலும், வானியல் இயல்பியல் (Astro-physics) துறையிலும் நம் நாட்டு விஞ்ஞானிகள் பலரைப் பயிற்றுவிக்கவும், ஏற்கனவே பயிற்சி பெற்றுள்ளவர்கள் பல புதிய ஆராய்ச்சிகளைத் தொடர்ந்து நடத்தவும் நமது உதகை ரேடியோ தொலைநோக்கி பெரும் அளவில் பயன்படவிருக்கிறது என்று உறுதியாகக் கூறலாம்.

27-9 ரேடியோ குறுக்கீட்டு மானி (Radio interferometer): இதுவரை நாம் பார்த்த ரேடியோ தொலைநோக்கிகளுக்கெல்லாம் அதிக பகுதிறன் இருக்க வேண்டுமானால் தொலைநோக்கியின் குறுக்களவு அதிகமாக இருக்க வேண்டும் எனப்பார்த்தோம். ஒரு சில ஏக்கர் பரப்பளவு இருக்கும் படியான ஏரியல்கள் செய்வது தொழில் நுட்ப முறையில் கடினமாவதுடன் கூட செலவும் மிக மிக அதிகமாகும். ரேடியோ குறுக்கீட்டுமானிகள் என்ற ஒரு புதிய அமைப்பு குறைந்த அளவு நிலப்பரப்பைத் தகுந்த முறையில் பயன்படுத்தி அதிக அளவு பகுதிறனை அளிக்கிறது.

ரேடியோ குறுக்கீட்டுமானி என்பது இரண்டு அல்லது இரண்டுக்கு மேற்பட்ட ஏரியல்கள் ஒன்றுக்கொன்று இடைவெளி விட்டு தகுந்த முறையில் வைக்கப்பட்டதோர் அமைப்பாகும். இந்த ஒவ்வோர் ஏரியலும் மிகப் பெரியதொரு ஏரியலின் சிறுசிறு பகுதிகளாகக் கருதப்படுகின்றன. இந்த கற்பனையான பெரிய தொலைநோக்கி மிக நல்ல முறையில் துல்லியமாக ரேடியோ விண்மீன்களைக் காண (உணர) உதவுகிறது. இந்த ரேடியோ குறுக்கீட்டுமானியிலிருந்து ரேடியோ வானின் படம் நேரிடையாகக் கிடைப்பதில்லை. கிடைத்த செய்திகளைக் கொண்டு ரேடியோ வானியல் அறிஞர்கள் சில கணக்கீடுகளின் மூலம் ஒவ்வொரு ரேடியோ விண்மீனின் இருப்பிடத்தையும் சரியாக அறிகிறார்கள். இக் குறுக்கீட்டுமானியிலிருந்து கிடைக்கும் விண்மீன்களின் ஆற்றல் செறிவு ஒரு முழு தொலைநோக்கியிலிருந்து கிடைக்கும் ஆற்றலைக் காட்டிலும் குறைவேயாகும்.

27-9·1 கேம்பிரிட்ஜிக்கு அருகிலுள்ள முல்லார்ட் ரேடியோ வானாராய்ச்சி நிலையத்தில் (**Mullard Radio Astronomy observatory**) இரு பெரிய குறுக்கீட்டுமானிகள் செயற்படுகின்றன. இவற்றில் ஒன்று, 3200 அடி நீளமுள்ள நிலையானதொரு பெரிய ஏரியலையும் அதற்கு செங்குத்தான திசையில் இயங்கும் முறையில் 100 அடி அளவுள்ள மற்றொன்றையும் கொண்ட அமைப்பாகும் (நிழற்படம் **XXIII** காண்க). பால்வெளியை ஆய்வதற்கு இது பயன்படுகிறது. இதன் அமைப்பை படம் 27-9·1 காட்டுகிறது.



படம் 27-9·1
கேம்பிரிட்ஜ் 'பால்வழி' ஏரியல்கள்

மற்றொன்று, 1450 அடி நீளமுள்ள ஏரியலொன்றுடன் 190 அடி அளவுள்ள இயங்கத்தக்க வகையில் உள்ள மற்றொரு ஏரியலின் இணைப்பாகும். இப்பெரிய அமைப்புகளை முற்றிலும் சுழற்ற முடியா விட்டாலும் கூட சிறிதளவு சாய்க்கலாம். விண்ணைத் துருவி ஆராய இவை பூமியின் சுழற்சியைப் பயன்படுத்திக் கொள்கின்றன. இவை ஒவ்வொன்றும் 4½ ஏக்கர் பரப்பின்மீது விழும் ரேடியோ அலைகளைக் கூட்டித்தரும் வல்லமை உடையன. (நிழற்படம் XXIV காண்க.)

27–9·2 மற்றொரு புதிய கேம்பிரிட்ஜ் கருவியில் மூன்று 60 அடி தட்டுவடிவ ஏரியல்கள் பயன்படுத்தப் பட்டுள்ளன. அவற்றில் இரண்டு 2500 அடி இடைவெளியில் நிற்கின்றன. மூன்றுவது தட்டு 2500 அடி நீளமுள்ள இருப்புப்பாதையில் இயங்குகிறது. இவ்வமைப்பு ஒரு மைல் விட்டமுள்ள பெரிய தொரு கற்பனையான தொலைநோக்கிக்குச் சமமாகும்.

27–9·3 மெல்வெர்னுக்கு (Melvern) அருகில் ராயல் ராடர் நிறுவனத்தில் (Royal Radar Establishment) ரேடியோ வானியல் அறிஞரான ஸ்டான்லி ஹே (Stanley Hey) அவர்களின் தலைமை யில் ஒரு ரேடியோ தொலைநோக்கி இயங்குகிறது. 82 அடி அள வுள்ள தட்டு போன்ற இரண்டு சுழலத்தக்க ரேடியோ தொலை

நோக்கிகள் ஒன்றுக்கொன்று நேர்க்குத்தான திசைகளில் இருப்புப் பாதைகளின் மீது இயங்குகின்றன. இவைகளைத் தகுந்த முறையில் இணைத்து ரேடியோக் குறுக்கீட்டு மானி யாகவோ அல்லது இணைக்காமல் தனித் தனியாக ரேடியோ தொலை நோக்கிகளாகவோ பயன் படுத்தலாம் (நிழற்படம் XXV).

27-9·4 கிரிமியா (Crimea) என்னுமிடத்தில் இரஷ்யர்கள் 52 அடி விட்டமுள்ள முழுதும் சுழலத்தக்க 24 தட்டு வடிவ ஏரி யல்களை எட்டு எட்டான மூன்று பிரிவுகளாக ஆறுமைல் தொலைவில் பரப்பிவைத்து பெரியதொரு ரேடியோ குறுக்கீட்டு மானியை அமைத்திருக்கிறார்கள். இதில் ஒரு பிரிவு ரேடியோ அலைபரப்பியாகவும் மற்ற பிரிவுகள் ஏற்பிகளாகவும் பயன்படு கின்றன.

27–9·5 தற்போது கூட்டாகப் பயன்படுத்தப்படும் தொலை நோக்கிகளை, 100 மைலுக்கு மேற்பட்ட இடைவெளிகளில் அமைக்கும் முறையில், விண்ணிலுள்ள ரேடியோ அலைப்பிறப் பிடங்களின் விட்டத்தை அளக்க முடியும்.

27–9·6 ஜாட்ரல் பாங்க் வானாராய்ச்சி நிலையத்திலுள்ள வர்கள் அங்குள்ள பெரிய 250 அடி ரேடியோ தொலைநோக்கி யுடன் நாட்டின் பல்வேறு இடங்களில் அமைக்கப் பட்டுள்ள சிறுசிறு ரேடியோ தொலைநோக்கிகளைத் தக்க முறையில் இணைத்துப் பயன் படுத்துகின்றனர். அதிக தொலைவிற்கு நகர்த்தி அமைக்கப்பட்ட தொலைநோக்கிகளால் பெறப்படும் போது ஒரு ரேடியோ அலைப்பிறப்பிடத்தின் சமிக்ஞை இணைப் பின் பண்பு மாறியிருப்பது தெரிகிறது. ஏரியல்கள் வெகு அருகாமையில் இருக்கும் போதுதான் பெரிய ரேடியோ விண் மீனிற்கு இம் மாற்றம் குறிப்பிடத் தகுந்த அளவு இருக்கிறது. சிறியவற்றிற்கு ஏரியல்கள் அதிக தொலைவில் இருக்கும்போது தான் இம் மாற்றம் பெரிதாகத் தோன்றும்.

பெரிய பெரிய ஏரியல்கள் பலவற்றை நிர்மாணிப்பதற்குப் பதிலாக பல புதிய உத்திகளைக் கையாளுவதன் மூலம் ரேடியோ அலைப்பிறப்பிடங்களைக் கண்டுபிடிப்பதில் பெரும் வெற்றிகளைப் பெறமுடியும். பராமெட்ரிக் பெருக்கி (Parametric amplifier), மேசர் (Maser) போன்றவை இம் முறையிலான அமைப்புகள் என்று முன்பே குறிப்பிட்டோம். எனவே, அநேக பழைய கருவி களும் புதிய முறைகளில் பயன் படுத்தப்படும்போது எண்ணிறந்த பயன்களை அளிக்கின்றன என்று அறிகின்றோம்.

27A. உலகில் உள்ள சில ரேடியோ தொலைநோக்கிகள்

(Some Radio Telescopes in the World)

உலகில் பலவேறு நாடுகளில் நிறுவப்பட்டு இயங்கி வரும் ரேடியோ தொலைநோக்கிகள், குறுக்கீட்டுமானிகள் பட்டியல் கொடுக்கப்பட்டிருக்கிறது.

முடிந்தவரை அவைபற்றி சில விவரங்கள் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றன. இந்த விவரங்கள் பெரும்பாலும் பின் குறிப்பிடப் பட்டிருக்கும் முதல் நூல்களிலிருந்து தொகுக்கப்பட்டவை. படங்களும் அந் நூல்களிலிருந்தே எடுக்கப்பட்டவை. அந் நூலாசிரியர்களுக்கும், படங்கள் தயாரித்த நிறுவனங்களுக்கும் நாம் பெரிதும் கடமைப்பட்டுள்ளோம். அன்னாருக்கு நமது நன்றி.

Nigel Calder :	Radio Astronomy,	Phoenix House, London.
W. N. Christansen and J. A. Hogbom	Radio Telescopes.	Cambridge university Press.
J. L. Steinberg and J. Lequex Translated by R. N. Bracewell.	Radio Astronomy	Mcgraw - Hill book Co; Inc. Newyork - London.
Iohn D. Kraus	Radio Astronomy	do
Hanbury Brown and Sir A. C. B Lovell	The Exploration of Space by Radio	Chapman and Hall, London.
Department of Atomic Energy, Government of India, Bombay	Nuclear India (Journal)	Publications officer, Department of Atomic Energy, Bombay-1.

மேற் கொண்டு ரேடியோ வானியல் பற்றியும், ரேடியோ தொலைநோக்கிகள் பற்றியும், ரேடியோ தொலைநோக்கிகளை மேலும் மேலும் செம்மைப் படுத்துவது பற்றியும் மேற்கூறிய நூல்களில் காணலாம்.

ரேடியோ தொலைநோக்கி அமைந்திருக்கும் இடம்; நிறுவப்பட்ட ஆண்டு அடைப்புகளுள் கொடுக்கப்பட்டிருக்கிறது. (Place of Location; year of Establishment in Brackets.)	உருவம் (Shape)	அமைப்பு (Mounting) நிழற்படம்	விட்டம் முதலிய அளவுக் கூறுகள் மீட்டர் அலகு. (Diameter etc in metres.)	சிறப்பு விவரங்கள் (Special details)
		இந்தியா (India)		
முத்தோரை, உதக மண்டலம், தமிழ் நாடு, இந்தியா (Muthorai, Ootacamund, Tamil Nadu, India) (1970)	பரவளைய உருளை	உயரமானி ஏற்றம் நிழற்படங்கள் XVIII, XIX, XX	எதிரொளிப்பான் பரப்பு 530 மீ. × 30 மீ.	திருப்பும் வசதியுடையது.
		ஆஸ்திரேலியா (Australia)		
பார்க்கெஸ், புதுத் தெற்கு வேல்ஸ் (Parkes, New South wales) (1962)	உருளை வடிவத்தில் பரவளைய கோளம்	உயரமானி ஏற்றம் நிழற்படம் XVI	67 மீட்டர்	

9 கல் கூரா (Culgoora, New South wales) (1967)	96 பரவளைய கோளங்கள்	நடுவரை ஏற்றம்	ஒவ்வொன்றும் 12 மீட்டர் வட்டம்	இவை 3 கி. மீ. விட்ட முடைய வட்ட வடிவில் வரிசை படுத்தப் பட்டுள்ளன.
டாப்தோ (Dapto) (1950)	மூன்று சாய்சதுர ஆன்டென்னுக்கள் (Rhombic)			
பிளார்ஸ், சிட்னி (Fleurs, Sydney)	குறுக்கு ஆன்டென்னு-32 எதிரொளிப்பான்கள்	(a) கிழக்கு-மேற்கு (b) தெற்கு-வடக்கு மில்ஸ் குறுக்கு வெட்டு (Mills cross)	எதிரொளிப்பான் ஒவ்வொன்றின் விட்டம் ஏறக் குறைய 6 மீட்டர்	
சிட்னி பல்கலைக் கழகம் ஹாஸ் கின்ஸ் டவுன் புதுத் தெற்கு வேல்ஸ் (Hoskinstown) (1966)	குறுக்கு அமைப்பு ஆன்டென்னு	உச்சி கடத்தல் (மில்ஸ் குறுக்கு வெட்டு)	நீளம் 1·6 கி. மீட்டர்	

ரேடியோ தொலைநோக்கி அமைந்திருக்கும் இடம்; நிறுவப்பட்ட ஆண்டு அடைப்புகளுள் கொடுக்கப்பட்டிருக்கிறது. (Place of Location; year of Establishment in Brackets.)	உருவம் (Shape)	அமைப்பு (Mounting) நிழற்படம்	விட்டம் முதலிய அளவுக் கூறுகள் மீட்டர் அலகு. (Diameter etc in metres.)	சிறப்பு விவரங்கள் (Special details.)
		பிரான்ஸ் (France)		
நான்சே (Nancay) (1956)	இரண்டு நகரும் எதிரொளிப்பான்கள்-பரவளையம்	(a) வரிசையாக 32 எதிரொளிப்பான்கள்	நீளம் 1600 மீட்டர்	குறுக்கீட்டுமானி
		(b) வரிசையாக 16 எதிரொளிப்பான்கள்; உச்சி கடத்தல் நிழற்படம் XXII	நீளம் 23 மீட்டர் எதிரொளிப்பான் விட்டம் 5 மீட்டர்	
		ஜெர்மெனி (Germany)		
மார்க்ஸ் ப்ளாங்க் ரேடியோ வானாராய்ச்சி நிலையம். எய்ஃபெல்ஸ்பர்க் (Maxplanch Radio observatory, Eiffelsberg 1970.)			விட்டம் 100 மீட்டர்	குவாசர்கள், பல்சார்கள் ஆய்வுக்குப் பயன்படும்

இங்கிலாந்து (England)

மான்செஸ்டர், ஜாட்ரெல் பாங்க் (Manchester, Jodrell Bank) (1947)	நிலைத்த பரவளைய கோளம்	உச்சி கடத்தல் ஏற்றம்	விட்டம் 66 மீட்டர்	
மான் செஸ்டர், ஜாட்ரெல் பாங்க் (Mark I) (1957)	திருப்பும் வசதியுடைய பரவளைய கோளம்	உயரமானி ஏற்றம் நிழற்படங்கள் XIV, XV.	விட்டம் 76·2 மீட்டர் (250 அடி)	
மான்செஸ்டர் ஜாட்ரெல் பாங்க் (Mark II) (1964)	திருப்பும் வசதியுடைய பரவளைய கோளம்	உயரமானி ஏற்றம்	39·6 மீ. × 24·4 மீ.	
கேம்பிரிட்ஜ் - முல்லார்டு வானாராய்ச்சி நிலையம்.	1. (a) நிலைத்த ஆன்டென்னு	நீளம் 975 மீ.	குறுக்கீட்டுமானி	பால்மண்டல ஆராய்ச்சிக் குரியது.
	(b) நகரும் ஆன்டென்னு	நீளம் 30·5 மீ. நிழற்படம் XXIII		
(Cambridge: Mullard Radio Astronomy observatory.)	2. (a) நிலைத்த ஆன்டென்னு	நீளம் 442 மீ.	குறுக்கீட்டுமானி	ரேடியோ அலைகள் தோற்றுவாய் ஆராய்ச்சிக் குரியது
	(b) நகரும் ஆன்டென்னு	நீளம் 58 மீ. நிழற்படம் XXIV		

ரேடியோ தொலைநோக்கி அமைந்திருக்கும் இடம்; நிறுவப்பட்ட ஆண்டு அடைப்புகளுள் கொடுக்கப்பட்டிருக்கிறது. (Place of Location; year of Establishment in Brackets.)	உருவம் (Shape)	அமைப்பு (Mounting) நிழற்படம்	விட்டம் முதலிய அளவுக் கூறுகள் மீட்டர் அலகு. (Diameter etc in metres.)	சிறப்பு விவரங்கள் (Special details.)
கேம்பிரிட்ஜ பல்கலைக் கழகம். (Cambridge University) (1958)	உருளை வடிவத்தில் பரவளைய கோளம்	உச்சி கடத்தல்	60 மீ. × 20 மீ.	நகரக் கூடியது
அரசு ராடார் நிறுவனம் மால்வெர்ன். (Royal Radar Establishment, Malvern)	இரண்டு நகரக் கூடிய, திருப்பக் கூடிய ரேடியோ தொலைநோக்கிகள்	நிழற்படம் XXV	25 மீ. தட்டம்	குறுக்கீட்டுமானி
கூன்ஹில்லி, கார்ன்வால், இங்கிலாந்து (Goonhilly, Cornwall)	நடை முறையில் பயன் படுத்துவதற்கு நிர்மாணிக்கப்பட்டது. போக்கு வரத்து செயற்கை துணைக்	நிழற்படம் XXVI		

	கோள்கள் உதவி கொண்டு, அட்லாண்டிக் பெருங் கடலின் இரு கரைகளையும் இணைப்பது. (A Telescope designed for practical communications: used for transatlantic exchanges via Communications satellites.)		
		ரஷியா (Russia)	
லெபிதேவ் இயல்பியல் கழகம், செர்புக்காவ் (Lebedev physical Institute, Serpukhov, U. S. S. R.) (1954.)	பரவளைய கோளம்	மில்ஸ் குறுக்கமைப்பு – ஆன்டென்ஞ – உச்சி கடத்தல் (Mills Cross)	விட்டம் 22 மீட்டர்

ரேடியோ தொலைநோக்கி அமைந்திருக்கும் இடம்; நிறுவப்பட்ட ஆண்டு அடைப்புகளுள் கொடுக்கப்பட்டிருக்கிறது. (Place of Location; year of Establishment in Brackets.)	உருவம் (Shape)	அமைப்பு (Mounting) நிழற்படம்	விட்டம் முதலிய அளவுக் கூறுகள் மீட்டர் அலகு. (Diameter etc in metres.)	சிறப்பு விவரங்கள் (Special details)
பல்கோவோ ரேடியோ தொலைநோக்கி வானூராய்ச்சி நிலையம் (1958) (Pulkovo Radio Telescope, Leningrad.)				
		நெதர்லாண்ட்ஸ் (Netherlands)		
லைடன் வானூராய்ச்சி நிலையம், விங்ஜீலூ (Leiden observatory, Dwingeloo, Netherlands) (1955.)			விட்டம் 25 மீ. எதிரொளிப்பான்	
		கானடா (Canada)		
கூட்டுக் குறுக்கு மானி, ஆட்டவா (Compound Interferometer, ottawa)	உருளை வடிவ பரவளைய கோளம்	உச்சி கடத்தல்		

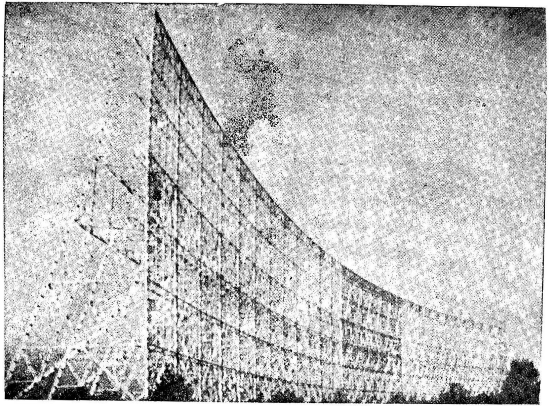
அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகள் (United States of America)

1. பச்சைக் கரை, மேற்கு வெர்ஜீனியா **(Green Bank, West Virginia) (1963)**	பரவளைய கோள எதிரொளிப்பான்	உச்சி கடத்தல் ஏற்றம் நிழற்படம் XVI	விட்டம் 92 மீட்டர் குவி மையதூரம் **(Focal length)** 40 மீ.	திருப்பும் வசதி யுடையது
2. பச்சைக் கரை மேற்கு வெர்ஜீனியா (1965)	பரவளைய கோள எதிரொளிப்பான்	நடுவரை ஏற்றம்	விட்டம் 43 மீட்டர்	திருப்பும் வசதியுடையது.
3. மிச்சிகன் பல்கலைக் கழகம் **(Michigan University) (1959)**	பரவளைய கோளம்	நடுவரை ஏற்றம்	விட்டம் 25·9 மீட்டர்	2 செ. மீ. மேற்பட்ட அலை நீளத்திற்குப் பயன் படும். திருப்பும் வசதி யுடையது.
4. கால்டெக் - காலிபோர்னியா தொழில் நுணுக்கக் கழகம் **(California Institute of Technology)**	குறுக்குமானி		இரண்டு எதிரொளிப்பான்கள் விட்டம் 27·4 மீ.	

ரேடியோ தொலைநோக்கி அமைந்திருக்கும் இடம்; நிறுவப்பட்ட ஆண்டு அடைப்புகளுள் கொடுக்கப்பட்டிருக்கிறது. (Place of Location; year of Establishment in Brackets.)	உருவம் (Shape)	அமைப்பு (Mounting) நிழற்படம்	விட்டம் முதலிய அளவுக் கூறுகள் மீட்டர் அலகு. (Diameter etc in metres.)	சிறப்பு விவரங்கள் (Special details)
5. வாஷிங்டன் கடற்படை ஆராய்ச்சி நிலையம் (Naval Research Laboratory, Washington)	பரவளைய எதிரொளிப்பான் தொலைநோக்கி		விட்டம் 25·6 மீ.	
6. வாஷிங்டன் கடற்படை ஆராய்ச்சி நிலையம் (Naval Research Laboratory)	பரவளைய எதிரொளிப்பான்		விட்டம் 15 மீ.	மில்லி மீட்டர் அலை நீளங்களுக்கும் பயன்படும்.
7. ஸ்டான்ஃபோர்ட் பல்கலைக் கழகம். (Stanford University.)	மில்ஸ் கிராஸ் (Mills cross) 32 குறுக்கு ஆன்டென்னு–பரவளையக் கோளம்		விட்டம் 46 மீ.	கதிரவன் ஆய்வுக்கு மட்டும்–குறுக்குமானி.

8. இல்லினாய் பல்கலைக் கழகம். (Illinois University) (1961.)	நிலைத்த உருளைப் பரவளையம். (Cylnidrical Parabola.) எதிரொளிப்பான்	உச்சி கடத்தல் ஏற்றம்	கிழக்கு-மேற்கு 122 மீ. தெற்கு-வடக்கு 183 மீ.	
9. ஒஹையோ–கொலம்பஸ் வட அமெரிக்கா வான் பயண நிறுவனம் (North American Aviation Inc. Colombus, Ohio.)	பரவளையம்		விட்டம் 9·2 மீ.	மில்லி மீட்டர் அலை நீளம்–ஆன்டென்ன.
10. ஆரிஸீபோ, போர்ட்டோ ரிக்கோ (கார்னல் பல்கலைக் கழகம்) (Arecibo, Pverto Rico, Cornell University) (1963)	அரைக் கோளம் (Spherical Reflector)		விட்டம் 304·8 மீ.	

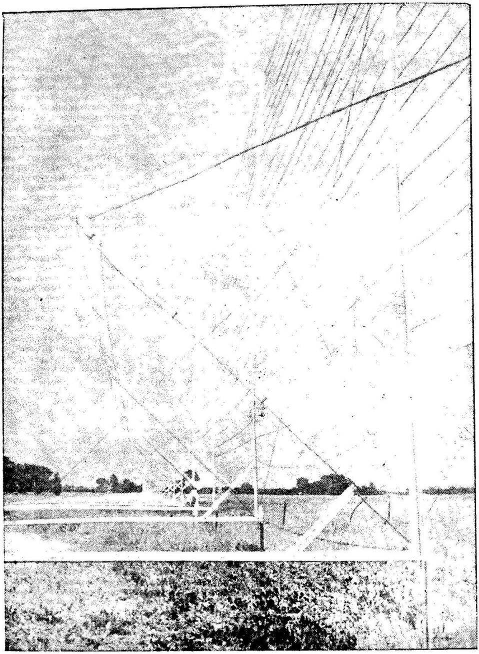
ரேடியோ தொலைநோக்கி அமைந்திருக்கும் இடம்; நிறுவப்பட்ட ஆண்டு அடைப்புகளுள் கொடுக்கப்பட்டிருக்கிறது. (Place of Location; year of Establishment in Brackets.)	உருவம் (Shape)	அமைப்பு (Mounting) நிழற்படம்	விட்டம் முதலிய அளவுக் கூறுகள் மீட்டர் அலகு. (Diameter etc in metres.)	சிறப்பு விவரங்கள் (Special details)
11. வெஸ்லியன் ரேடியோ வானாராய்ச்சி நிலையம், டிலாவார் ஒஹையோ. (Wesleyan Radio Astronomy Institute, Delaware, Ohio)	இரண்டு எதிரொளிப்பான் பரப்புகள்.	உச்சி கடத்தல்	(1) தட்டையான சாய்க்கக் கூடிய எதிரொளிப்பான் 80 மீ. × சாய்வுயரம் 30 மீ. (2) நிலைத்த பரவளையம் 110 மீ.×21 மீ.	
12 ஒஹையோ பல்கலைக் கழகம். ரேடியோ வானாராய்ச்சி நிலையம். (Ohio State University Radio observatory) (1952)	வரிசையாக 96 விரிபரப்புச் சுருளி (helix) அமைப்பிலுள்ள ஆன்டென்னு.	உச்சி கடத்தல்.	அடித்தளம் 48·8 மீ. × 6·7 மீ.	சாய்க்கக் கூடிய எஃகு மேசை தாங்கி நிற்கிறது.



நிழற்படம் XXII

நான்சே (பிரான்ஸ்) யில் உள்ள ஆயிரம் அடிவளைவு எதிரொளிப்பான் ரேடியோ தொலைநோக்கி.

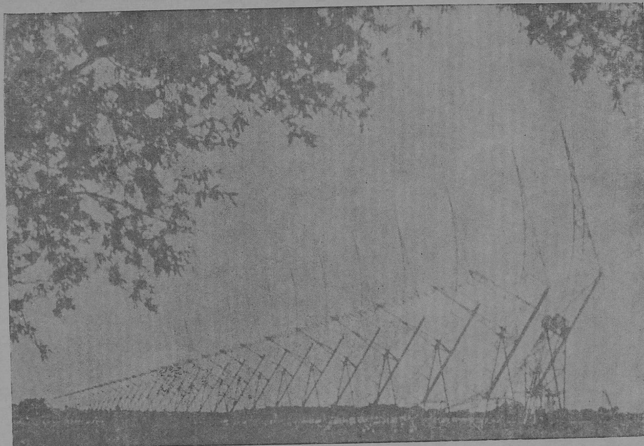
(The 1000-foot curved reflector of Ńancay, France, radio telescope.)



நிழற்படம் XXIII

இங்கிலாந்து, கேம்பிரிட்ஜ்ஜில் உள்ள *3200*-அடி பால் மண்டல ரேடியோ தொலை நோக்கியின் முக்கியமான ஏரியல்

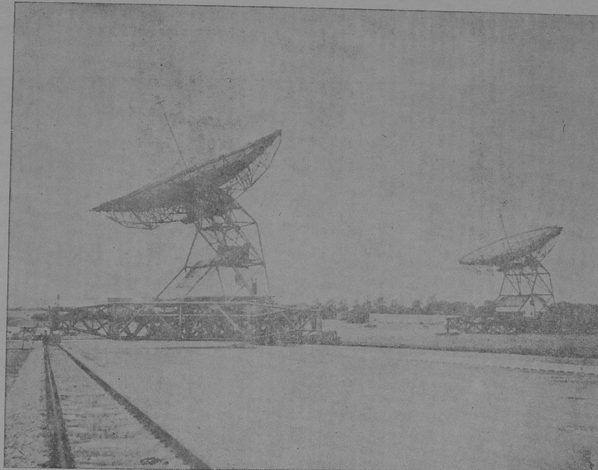
(Main aerial of the 3200-foot Milky way telescope at Cambridge, England)



நிழற்படம் XXIV

இங்கிலாந்து, கேம்பிரிட்ஜ் பல்கலைக் கழகம், 178-MC, சாய்க்கக்கூடிய, பரவளைய எதிரொளிப்பான் அன்டென்ன.

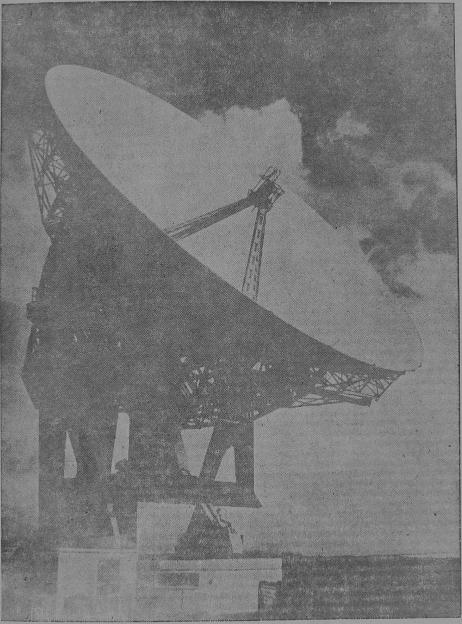
(The 178-Mc tiltable parabolic reflector antenna at Cambridge University, England.)



நிழற்படம் XXV

இங்கிலாந்து, மால்வெர்ன் என்ற இடத்தில் அரசு ராடர் நிறுவனத்திலுள்ள ரேடியோ தொலைநோக்கி.

(Radio Telescope at the Royal Radar Establishment near Malvern, England.)



நிழற்படம் XXVI

நடைமுறையில் பயன்படுத்துவதற்கான வகையில் நிர்மாணிக்கப்பட்ட ரேடியோ தொலைநோக்கி—கார்ன்வால் (இங்கிலாந்து.)

(A Radio Telescope designed for Practical Communications Cornwall, England)

27B. அகில உலக வானியல் சங்கம் தரும் பட்டியல்
(International Astronomical Union)

திட்டமாகத் தெரிந்த ரேடியோ அலைத் தோற்றுவாய்கள்
(Reliably known discrete Sources of Radio Waves)

பெயர்	I. A. U. எண்	இடம் (1950) வல ஏற்றம் (Right Ascension) ம – நி	நடுவரை விலக்கல் (Declination)	இடப் பெயர் குறித் தறிதல் (Identification)	Flux density 100 MC/S watts M^{-2} $(C/S)^{-1} \times 10^{-24}$
ஆண்டிரமீடா (Andromeda)	OON 4 A	00 – 40	41° வடக்கு	ஆண்டிரமீடா நெபுலம் M 31 (N G C 224)	2
பெர்சியஸ் (Perseus)	O3 N4 A	03 - 16	41° 19′ வ.	(N G C 1275 (ஒரு விசித்திர அண்டம்)	1

காளை அல்லது ரிஷபம் (A) (Taurus A)	O5 N2 A	05 – 31	21° 59′ வ.	நண்டு நெபுலம் (M 1.)	19
பப்பிஸ் A (Puppis A)	O8 S4 A	08 – 20	42° 48′ தெ.	விசித்திரமான அண்ட நெபுலத் தன்மை	35
கன்னி A (Virgo A)	12 N 1 A	12 – 28	12° 40′ வ.	விசித்திரமான அண்டம் M 87. N G C 4486	12
சென்டாரஸ் A (Centaurus)	13 S 4 A	13 – 22	42° 46′ தெ	விசித்திரமான அண்டம் N G C 5128	18
சிக்னஸ் A (Cygnus A)	19 N 4 A	18 – 58	40° 36′ வ.	இரு சுருள் அண்ட மோதலில்	125
காசியோபியா A (Cassieopeia A)	23 N 5 A	23 – 21	58° 32′ வ.	விசித்திரமான அண்ட நெபுலத் தன்மை	200

28. இப்பேரண்டம் - அதைப்பற்றி நமது அறிவு வளர்ச்சி - சில வியத்தகு செய்திகள்

(This universe - The growth of our knowledge about it - Some spectacular results)

28–1 பல்லாயிரம் ஆண்டுகளாக இப்பேரண்டத்தின் புதிர்களை அறிந்து கொள்ள மனிதன் செய்து கொண்டு வரும் முயற்சி ஒரு கரடு முரடான செங்குத்துக் குன்றின் உச்சியை எட்டி அடையச் செய்யும் முயற்சிக்கொப்பாகும். குன்றின் மேல் ஏற ஏறப் புதுப்புதுக் காட்சிகள் அவனை வியப்பில் ஆழ்த்தின. பல வித மாயக் காட்சிகளும் அவனது பார்வைக்குப் பட்டன. ஒரு மாயக் காட்சி மறைந்து மற்றோர் மாயம் உண்மையென உரு வெடுத்தது. இதையும் கடந்து மனிதன் அறிவுப் பாதையிலே அரும்பாடு பட்டு முன்னேறி வருகிறான். ஆனால், அக் குன்றின் உச்சியை மனிதன் அடைவானா என்பது ஒரு பெரிய கேள்விக் குறி. அல்லது, இவன் முன்னேற முன்னேற, குன்றும் வளர்ந்து கொண்டே போகுமா என்பதும் மற்றொரு பெரிய கேள்விக் குறி.

28–2 'நான்' என்ற மனிதன் ஒரு 'தட்டை' யான உலகத்தின் மேல் நின்று கொண்டு, வானத்தில் உள்ள எண்ணற்ற எழில் மிகு விண்மீன்கள் தோன்றி மறைவதையும், ஒளி தரும் கதிரவன் பவனி வந்து மறைந்து, தனக்கு மாறிமாறி பகல் இரவு தருவதையும், தங்கத் தாம்பாளம் போல் எழும் முழு நிலவு தனது உணர்ச்சிகளை ஊக்குவதையும், முழுநிலவு குறைவதையும், மிகுவதையும் பேராச்சரியத்தோடு கண்டு, அக மகிழ்ந்தான்; வியப்பிலாழ்ந்தான்; பிரமித்துப் போனான். தனக்காக இவையெல்லாம் படைக்கப்பட்டன என இறுமாந்தும் போனான்.

28–3 உருண்டை வடிவமானதோர் உலகம், நிலை பிறழாது தன்னைத் தாங்கி நிற்பதாகக் கண்ட மனிதன், அதற்கடுத்த பரம்பரையைச் சேர்ந்தவன். தான் வாழும் நிலைத்த உலகத்தை மையங் கொண்டு, கதிரவனும், நிலவும், எண்ணற்ற விண்மீன் களும் சுழன்று வருகின்றன என நினைந்து, தன் பெருமையை யும், தான் வாழுமுலகத்தின் தனிப் பெரும் சிறப்பையும் கண்டு பேருவகையும் பெருமிதமும் கொண்டு வாழ்ந்தான்.

28–4 இப் பெருமிதத்தை இழக்கும் கட்டம் அடுத்த பரம் பரைக்கு நேர்ந்தது. கலிலியோவும், கொப்பர்னிகஸும் மனித இனத்திற்கே ஒரு பேரதிர்ச்சியை உண்டு பண்ணினர். முதலில் கலிலியோவையும் கொபர்னிகஸையும் பைத்தியக்காரர்களென வும், பின்னர் கடவுள் நிந்தனை செய்பவர்களெனவும் மனித சமூகம் அவர்களை வருத்தியது; உதாசீனம் செய்தது; அவர்கள் வகுத்த கொள்கையான கதிரவன் மையக்கொள்கையை நிரா கரித்துப் பொய்ப்பிக்க முயன்றது. ஆனால், காலாவட்டத்தில் அறிவுலகம் கதிரவன் மையக்கொள்கையின் அடிப்படை உண்மையை, மெல்ல மாட்டாமல், விழுங்க மாட்டாமல் ஏற்றுக் கொண்டது. கதிரவன் நிலைத்தது; கோள்கள் சுழன்றன; உலகமும் சுழன்றது; விண்மீன்கள் நிலைத்து நின்றன. விண் மீன்கள் குடும்பத்தில் கதிரவன் ஒரு சாதாரண விண்மீன் என்ற உண்மை ஏற்கப்பட்டது. எனவே, வேறு சில விண்மீன்களும் தங்கள் தங்கள் சாம்ராஜ்யத்தில் சில பல கோள்களைப் பெற்றி ருக்கலாமெனவும், நாமறிந்த கதிரவன் குடும்பம் போல் மற்ற குடும்பங்கள் இருக்கலாமெனவும் கருத இடமேற்பட்டது.*

28–5 அடுத்து, வானியல் ஆராய்ச்சியில் ஒளித்தொலை நோக்கி புதியதோர் சகாப்தத்தைத் தோற்றுவித்தது. ஊனக் கண்ணுக்குப் புலப்படாத விண்மீன் மண்டலங்களும், அவற்றில் மறைந்து கிடந்த புதிர்களும் ஆராயப்பட்டன. இப் பேரண்ட அமைப்பு பற்றிய புதை மறைவான செய்திகளை மனிதன் சிறிது சிறிதாக அகழ்ந்தெடுக்க முயற்சித்தான். பெரிய பெரிய ஒளித் தொலை நோக்கிகள் புதிய புதிய செய்திகளை விளங்கச் செய்தன.

28–6 பின்னர் 'ஈர்ப்புச் சக்தி' விதிகள் அறிவுக் களஞ்சி யத்தில் சேர்க்கப்பட்ட பின்பு, வானில் இயங்கும் இயக்கங்கள் பற்றிய உண்மைகள் விளக்கம் பெற்றன. இரட்டை மீன்கள், விண்மீன் முடிச்சுகள், நெபுலங்கள், பால்வழிக்கு அப்பாற்பட்ட

குறிப்பு : * 'வானியல்' இரண்டாம் புத்தகம், பிற்குறிப்பு IV-ல் 'பேரண்டத் தில் இன்னும் கதிரவர்கள்' என்ற தலைப்பில் உள்ள செய்திகளைக் காண்க.

அண்டங்கள் பற்றிய அறிவுப் பசி மனித உள்ளத்தில் வளர ஆரம்பித்தது. ஒளித்தொலைநோக்கி மட்டுமல்லாது, ஒளித் தொலைநோக்கி மூலம் நிழற்படங்கள் பிடித்து, வானியல் ஆராய்ச்சி வளர ஆரம்பித்தது.

28–7 வானியல்பியல் (வான பௌதிகம்—Astrophysics) என்ற புதியதோர் ஆராய்ச்சித் துறை உருவாயிற்று. உலக ஆய்வுக் கூடங்களில் நடத்தப்படும் ஆராய்ச்சி முறைகளைக் கையாள வானுலகத்தையே ஒரு ஆய்வுக் கூடமாக மாற்றி ஆராய்ச்சிகள் நடைபெற்றன; பெற்று வருகின்றன. அகண்டா காசத்தில் ஆய்வுக் கூடங்களை அமைத்து வானுலக ஆராய்ச்சிகள் (Space Laboratories and Space Observations) நடைபெறும் சகாப்தத்தில் நாம் வாழும் பேறு பெற்றிருக்கிறோம்.*

28–7·1 நிறமாலைகாட்டி, நிழற் படத்தட்டு, நிழல் மின்கலம் (the photo electric cell), ரேடியோத் தொலைநோக்கி (the radio telescope) இன்னோரன்ன கருவிகள் கொண்டு இன்று வானியலா ராய்ச்சி ஆக்கம் பெற்று வருகிறது. நாம் வானத்திற்கனுப்பும் கருவிகள் இப்போது நமக்குப் பலப்பல வானியல் செய்திகளை வழங்கிய வண்ணம் இயங்கி வருகின்றன. ஸ்பட்னிக், மாரினர், வீனஸ், மார்ஸ் போன்ற பெயர்கள் தாங்கிய விண்வெளிக் கலங்கள் சேகரித்துத் தரும் குறிப்புக்கள் பல இன்னும் தீர ஆராயப்பட்டு மண்ணுலகத்திற்கப்பாற்பட்ட பெருவெளியைப் பற்றி பல முடிவுகளைக் கொடுக்க விருக்கின்றன.

28–7·2 சிறப்பாக, செவ்வாய் என்ற கோளைப் பற்றிய ஆராய்ச்சி மிகவும் ருசிகரமானது. செவ்வாய் எனும் கோளில் உயிரினங்கள் வாழ்ந்தனவா, வாழ்கின்றனவா, வாழ இயலுமா, அங்கோர் சிறந்த நாகரீகம் தோன்றி மறைந்து விட்டதா என்ற கேள்விகளெல்லாம் திட்டமான பதிலை எதிர்பார்த்து நிற்கின்றன. 'கோள் இயல்' (Planetary) அறிஞர்களுக்குள்ளேயே இதைப் பற்றிய கருத்து வேறுபாடுகள் இன்றும் நிலவி வருகின்றன. முதல் முதலில் இந்த ஐயப்பாட்டினை எழுப்பியவர், புளூட்டோ என்ற புதிய கோளை, கதிரவன் குடும்பத்தில் சேர்த்த வானியலறிஞர் பெர்ஸிவால் லாவெல் (Percival Lovell) என்பவராவார். அக் கருத்தினை ஏற்போரும் எதிர்ப்போரும் இன்று வரை இருக்கின்றனர். கார்னல் பல்கலைக் கழகத்தில் (Cornell

* சந்திரனிலேயே ஒரு ஆய்வுக் கூடம் அமைத்து, அங்கிருந்து விண்வெளிச் செய்திகளைப் பெறக்கூடிய ஒரு சூழ்நிலை இந்த சகாப்தத்தில் ஏற்பட்டால் அது ஒரு வியத்தகு செய்தியல்ல.

University) கோளியல் அறிஞராய்த் தொண்டாற்றி வரும் டாக்டர் கார்ல் சாகன் (Dr. Carl Sagan) இந்த ஆராய்ச்சியில் ஈடுபாடு மட்டுமன்றி, பெரு நம்பிக்கையும் கொண்டிருக்கிறார். திட்ட வட்டமாக இக் கேள்விக்குப் பதில் 'இல்லை' அல்லது 'உண்டு' என்று காண டாக்டர் சாகன் பேரார்வம் காட்டி வருகிறார். அவருடைய விருப்பம் மிக விசித்திரமானது. 'உண்டு' என்ற பதில் வரின், நமது உலகம் மட்டிலுமன்றி, மற்றோர் 'உலகத்திலும்' உயிரினங்கள் உள்ளன வென்ற முடிவு, நமக்கு ஒரு புதிய, விந்தைக்குரிய செய்தியல்லவா? 'இல்லை' என்ற பதில் ஐயத்திற்கிடமின்றிக் கிடைத்து விடுமானாலும் அந்தப் பதிலும் பெருமைக்குரிய விந்தைதானே?

28-7·3 மற்றொன்று, சுக்கிரனைப் பொருத்தது. ரஷிய விஞ்ஞானிகள் வான்வெளி ஆராய்ச்சித் திட்டத்தில் சுக்கிரனைப் பற்றி அறிந்து கொள்ள ஒரு தானியங்கிக்கலம் (Automatic Research Capsule) அனுப்பியுள்ளனர். அது 118 நாள் வான வெளியில் 296 $\times$ 10^6 கி. மீ. தூரம் பயணம் செய்து விட்டு 1972, ஜூலை 22ஆம் நாள் இந்திய நியம நேரம் (I. S. T.) 14-49 க்கு சுக்கிரனது தரையில் இறங்கியது. கரடு முரடான பாறை. இறங்கும் போது சுக்கிரனில் பகல் நேரம்; அதாவது கதிரவன் பக்கம் திரும்பியிருந்த சுக்கிரன் பகுதியில் இறங்கியது. வெப்ப நிலை 475°C; வளிமண்டல அழுத்தம் மண்ணுலகத்தை விட 90 மடங்கு அழுத்தம்.

சுக்கிரன்-8 (Venus-8) என்ற இந்த வான்வெளிக்கலம், சுக்கிரன் பாறைத் தரையிலிருந்து கொண்டு 50 நிமிடநேரம் ரேடியோ செய்திகளை அனுப்பியுள்ளது. இதற்கு முன் சென்ற சுக்கிரன்-7 (Venus-7) என்ற வான் வெளிக்கலம் 23 நிமிடநேரம் ரேடியோ செய்திகளை அனுப்பியுள்ளது.

இச் செய்திகள் ஆராயப்பட்டு நமக்கு சுக்கிரனைப் பற்றி என்ன முடிவுகள் கிடைக்கின்றனவென எதிர் பார்ப்போம்.

28-8 ரேடியோ தொலைநோக்கியின் ஒரு சாதனை: ஆஸ்திரேலியாவில் பார்க்கெஸ் (Parkes) ரேடியோ தொலைநோக்கி கொண்டு செய்யப்படும் ஆராய்ச்சிகளில், நம்முலகத்திற்கு 30,000 ஒளியாண்டுகள் தொலைவிலுள்ள பேரண்டப் பெருவெளியில், ஏதோ 'உயிர்-வழங்கும்' மூலக்கூறு (Life-giving molecule) இருப்பதாக 'வேதியல் சமிக்ஞைகள்' (Chemical signals) பதிவு செய்யப்பட்டன. ஆகவே 'உயிரினம்' உருவாகக் கூடிய ஒரு வசதியான சூழ்நிலை, இப்பேரண்டத்தில் நமக்கு வெகு

தொலைவில் இருப்பதாக ஒரு சிறு சான்று கிடைத்துள்ளதல்லவா? தொடர்ந்து இவ்வாராய்ச்சி நமக்கு என்ன புதிய செய்திகளை அளிக்கிற தென்று காலம் காட்டும். மற்றும், ரேடியோ தொலை நோக்கிகள் வழியாக புதிய அண்டங்கள் நமது காட்சிக்குக் கொண்டு வரப்படுகின்றன. விண்மீன்கள் எப்படி உருவாகி, ஒளிவீசி, தங்கள் உருவங்களை வளர்த்து, பின்னர் முதிர்ந்து, தேய்ந்து, உருமாறி, வெடித்து, மறைந்து போகின்றன வென்றெல்லாம் நாம் அறியக் கூடிய வாய்ப்புக்கள் இன்றைய வானியலில், சிறப்பாக ரேடியோ தொலைநோக்கி வழியாக, நமக்கு மிகுந்து கிடக்கின்றன.

28-9 இவ்வாறாக, இந்தப் பேரண்டத்தின் பெருமையையும் அதன் அளவு கோல்களையும், அது விரிந்து கொண்டே போவதையும் நாம் உணர ஆரம்பிக்கும் போது, கடல் மணல் வெளியில் ஒரு சிறிய மணலைப்போல நாம் வாழும் மண்ணுலகம் குன்றிப் போகிறது. பேரண்டப் பெருவெளியில் மனிதனை வைத்து ஒப்பிடும்போது அவன் ஒரு கடலில் உள்ள ஒரு நீர்த் துளியையும் விடச் சிறியவனாகின்றான். ஆனால், இவ்வளவு பெரிய பேரண்டத்தின் பேருண்மைகளை, மனிதனுடைய அறிவு ஓரளவு எட்டிப் பிடிக்க முடிகிறதென்ற நினைவு, மனிதனுக்கு வரும் போது, மனிதன் உண்மையிலேயே பெருமிதமடையக் கூடிய உயர்வுணர்ச்சி பெறுகின்றான். என்னே மனித மனத்தின் ஆற்றல்!

பிற்குறிப்பு I (a)

இன்றைய வானியல் மேதைகள்

(தற்பொழுது பல நாடுகளில் ஆராய்ச்சி நடத்திவரும் அறிஞர்கள் – ரேடியோ வானியல் நிபுணர்கள் உட்பட).

'வானியல்' இரண்டாம் புத்தகம், பக்கம் 200-ல் உள்ள 'பிற்குறிப்பு' I இன் தொடர்ச்சி.

Baade, Walter.
Bracewell, R. N.
Brown, Hanbury.
Christiansen, W. N.
Dasgupta, M. K.*
Hazard, Cyril.
Hey, Dr. Stanley.
Högbom, J. A.
Hubble, E.
Jansky, Karl.[1]
Kraus, John D.
Lequeux, J.
Menon, T. K.*
Mills, B. Y.
Minkowski, R.
Muller, C. A.,
Radhakrishnan, V.*
Reber, Grote.[2]
Roberts, J. A.
Ryle, Martin.
Shklovsky.
Pawsey, J. L. (Dr.)[3]
Sloanaker, R. M.
Smith, Graham.
Steinberg, J. L.
Swarup, G.*
Von Hoerner, S.

குறிப்பு: இன்று ஜாட்ரெல் பாங்க் ரேடியோ வானுராய்ச்சி நிலையத் தலைவர் சர்பெர்னுர்ட் லாவல் (Sir Bernard Lovell) பெயர் முன்னரே, 'வானியல்' இரண்டாம் புத்தகம், பிற்குறிப்பு I-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளதால் இங்கு கொடுக்கப்படவில்லை.

* குறியிட்டவர்கள் இந்தியர்கள்; ரேடியோ வானியல் ஆராய்ச்சியில் ஈடுபட்டிருக்கிறுர்கள்.

Dr. G. Swarup உதக மண்டலத்தில் இயங்கும் ரேடியோ தொலைநோக்கியை நிறுவ, முதல்வராக இருந்து பணியாற்றியவர்.

1. **Karl Jansky** தான் ரேடியோ வானியலின் தந்தை யாவார்.

2. **Reber** தான் ஜான்ஸ்கி விட்ட இடத்திலிருந்து ரேடியோ வானியல் ஆராய்ச்சியைத் தனது ஓய்வு நேரத்தில் தொடர்ந்து நடத்திஞர்.

3. **Dr. G. Swarup**-இன் ஆசிரியர்; உடன் (சக) ஆராய்ச்சி யாளர்.

பிற்குறிப்பு V

கி. பி. 1972முதல் கி. பி. 2000 ஆண்டு வரை நிகழக் கூடிய கதிரவன் மறைப்புக்களும் அவை தெரியக் கூடிய நிலப் பகுதி களும்.

ஆண்டு, நாள்	தெரியக் கூடிய இடம்
1972, ஜூலை 10	வட கிழக்கு ஆசியா, அலாஸ்கா, வட கனடா, அட்லாண்டிக் பெருங்கடல் மையப் பகுதி வரை.
1973, ஜூன் 30	தென் அமெரிக்கா வட பகுதி, அட் லாண்டிக் பெருங்கடல் வட ஆப் பிரிக்கா வழியாக, இந்தியப் பெருங் கடல் மையம் வரை.
1974, ஜூன் 20	இந்தியப் பெருங்கடல் தென்பகுதி, அண்டார்க்டிக் பெருங்கடல், தென் ஆஸ்திரேலியப் பகுதி.
1976, அக்டோபர் 23	கிழக்கு ஆப்பிரிக்கா, இந்தியப் பெருங் கடல், ஆஸ்திரேலியா வழியாக, புது ஜீலண்டு முனை வரை.
1977, அக்டோபர் 12	வட பசிபிக் பெருங்கடல் மையப்பகுதி, தென் கிழக்காக, தென் அமெரிக்கா வின் வட பகுதி வரை.
1979, பிப்ரவரி 26	பசிபிக் பெருங்கடல் வட பகுதி, அமெ ரிக்க ஐக்கிய நாடுகளின் தென் மேற்கு முனை வழியாக, கனடா, ஹட் சன் வளைகுடா, கிரீன்லாண்ட் உள் வரை.
1980, பிப்ரவரி 16.	அட்லாண்டிக் பெருங்கடல், மத்திய ஆப்பிரிக்கா வழியாக இந்தியப் பெருங்கடல், இந்தியா, தென் சீனா.
1981, ஜூலை 31	தென் கிழக்கு ஐரோப்பா, சைபீரியா வழியாக, பசிபிக் பெருங்கடல் வட மையம் வரை.

1983, ஜூன் *11*	இந்தியப் பெருங்கடலின் தென் பகுதி, இந்தோனீஷியா வழியாக மேற்கு பசிபிக் பெருங்கடல் வரை.
1984, மே *30*	பசிபிக் பெருங்கடல், மெக்ஸிகோ வழியாக, அமெரிக்க ஐக்கிய நாடுகளின் தென்பகுதி, அட்லாண்டிக் வழியாக வட ஆப்பிரிக்கா.
1984, நவம்பர் *22*	இந்தோனீஷியா, பசிபிக் பெருங்கடல் தென் பகுதி வழியாக, சிலீ (Chile) கடற்கரை வரை.
1985, நவம்பர் *12*	அண்டார்க்டிக் பெருங்கடல்.
1986, அக்டோபர் *3*	(குறைந்த நேரம்) அட்லாண்டிக் பெருங்கடலில் கிரீன் லாண்ட் தென் கிழக்குக் கடற்கரை.
1987, மார்ச் *29*	படாகோனியா (Patagonia), அட்லாண்டிக் பெருங்கடல் தென்பகுதி வழியாக, கிழக்கு ஆப்பிரிக்கா வரை.
1988, மார்ச் *18*	இந்தியப் பெருங்கடலின் கிழக்குப் பகுதி, சுமத்ரா வழியாக, மலேயத் தீபகற்பம், வடக்கு பசிபிக் பெருங்கடல் வழியாக, பிலிப்பைன் தீவுகளைக் கடந்து அலாஸ்கா தென்பகுதி வரை.
1990, ஜூலை *22*	பின்லண்ட் (Finland) ஆர்க்டிக் பெருங்கடல், வட கிழக்கு ஆசியா வழியாக, வட பசிபிக் பெருங்கடல் வரை.
1991, ஜூலை *11*	மத்திய பசிபிக் பெருங்கடல், மெக்ஸிகோ வழியாக, மத்திய அமெரிக்கா, தென் அமெரிக்கா வடபகுதி வழியாக, பிரேசில் (Brazil) வரை.
1992, ஜூன் *30*	தென் அமெரிக்காவின் தென் கிழக்குப் பகுதி, தென் பகுதி அட்லாண்டிக் நடுவிலிருந்து இந்திய அண்டார்க்டிக் பெருங்கடல் வரை.

1994, நவம்பர் *3*	காலபகோஸ் (Galapagos) தீவுகளின் தெற்கே பசிபிக் பெருங்கடல் வழியாக, தென் அமெரிக்கா, அட்லாண்டிக் பெருங்கடல் தென்பகுதியிலிருந்து, இந்தியப் பெருங்கடல் மேற்குப் பகுதி வரை.
1995, அக்டோபர் *24*	தென்மேற்கு ஆசியா, வட இந்தியா வழியாக மலேயத் தீபகற்பம், நடு பசிபிக் பெருங்கடல் வரை.
1997, மார்ச் *9*	மத்திய ஆசியா, வட கிழக்கு ஆசியா வழியாக, ஆர்க்டிக் பெருங்கடல் வரை.
1998, பிப்ரவரி *26*	மத்திய பசிபிக் பெருங்கடல், தென் அமெரிக்கா வடமுனை வழியாக, அட்லாண்டிக் பெருங்கடல், கானரி (Canary) தீவுகள் வரை.
1999, ஆகஸ்ட் *11*	நோவஸ்கோஷியா (Nova Scotia) தென் பகுதியில் அட்லாண்டிக் பெருங்கடலிலிருந்து, வட அட்லாண்டிக் வழியாக, மத்திய ஐரோப்பா, தென் ஆசியப் பகுதி, இந்தியா.
2000	முழுக் கதிரவன் மறைப்பில்லை.

பிற்குறிப்பு VI

குவாசர்கள், பல்சார்கள்.

(Quasars, Pulsars)

ஒளியியல் தொலை நோக்கிகளுக்குப் புலப்படாத பல கோள்களையும், விண்மீன்களையும் ரேடியோ தொலைநோக்கிகள் கொண்டு அறிய முடிகிறதென்பதை நாம் முன்னர் குறிப்பிட்டோம். மேலும், ரேடியோ அலைகள் வான வெளியில் பல தோற்றுவாய்களினின்றும் வருகின்றனவெனவும், அத் தோற்றுவாய்களைப் பற்றிய முழு விவரங்களை ரேடியோ தொலைநோக்கிகள் மூலமாக நாம் பெறமுடியும் எனவும் கண்டோம்.

ரேடியோ வானியல் வளர்ச்சியடைந்து வரும்போது, அதே சமயம் பேரண்ட ஆராய்ச்சிகளுக்குப் பல்வேறு சாதனங்களும் வகுக்கப்பட்டு வளர்ந்து வந்தன. ஏறக்குறைய ரேடியோ வானியலின் அடிப்படையில் (i) புற ஊதா வானியல் (Ultra-violet astronomy), (ii) X-கதிர் வானியல் (X-ray astronomy), (iii) γ-கதிர் (காம்மா கதிர்) வானியல் (Gamma-ray astromomy) என்ற துறைகளும் வளர்ந்துள்ளன. மேலும், எலக்ட்ரானியல், மேசர் பெருக்கிகள் (Maser amplifiers), மேசர் கடிகாரங்கள் (Maser clocks), கணக்குப் பொறிகள் (Computers) போன்ற புதிய வளர்ச்சிகளும் சேர்ந்து ரேடியோ வானியல் துறைக்குப் பெரிதும் ஆக்கம் விளைவித்துள்ளன.

குவாசர்கள் (Quasars - Quasi-Stellar Radio Sources), பல்சார்கள் (Pulsars-Pulsating Radio Stars) என்பவை மேற் கூறிய ஆக்கத்தின் வழி வந்த புதிய கண்டுபிடிப்புக்களாகும்.

குவாசர்கள் : முதன் முதலாக 1960ஆம் ஆண்டில் ரேடியோ வானியல் மூலம் விண்மீனை யொத்த சில பொருள்கள் ரேடியோ அலைகளை வெளிப்படுத்துவது காணப்பட்டது. இவைதான் குவாசர்கள் என்று பெயர் பெற்றன. இவை, விண்மீன்கள் போன்று தோன்றினும், ரேடியோ அலைகளின் மூலமாகவே அறியப் படுகின்றன. இவற்றிலிருந்து வெளிவரும் ரேடியோ அலைகள் வலிமை குறைந்தனவாயிருப்பதும், அவை விட்டுவிட்டு வருவதும் தெரிய வந்தது. இவை, பால் வழி மண்டலத்தைச் சார்ந்தன என முதலில் கருதப்பட்டிருப்பினும் மேற் கொண்டு நடத்தப்பட்ட ஆராய்ச்சிகள் மூலம் இவை பால்வழி மண்டலத்

திற்கு அப்பாற்பட்ட அண்டங்களினின்று வருவதாக நம்பப்படுகிறது.

குவாசர்களைப் பற்றிய ஆராய்ச்சிகள் தொடர்ந்து நடைபெற்று வருகின்றன. இவை, மற்றைய வானியல் பொருள்கள் போன்றவைதானா அல்லது வேறுபட்டவையா என்று இன்னும் துணிவாகச் சொல்ல இயலவில்லை. ஆனால், இவை ரேடியோ அலைகளின் பிறப்பிடங்கள்தான்; இவை நம் அண்டமாகிய பால் வழிக்கு அப்பாற்பட்ட அடர்மிகுந்த பொருள்கள் என்பதும், இவை விரிந்து செல்லும் பேரண்டத்தில் (வானியல் : 21–9·4 'விரிந்து போகும் பேரண்டம்' என்ற பகுதி காண்க) நம்மிடமிருந்து விநாடிக்கு 96,000 கி. மீ.-க்கு அதிகமான வேகத்தில் விலகிச் செல்கின்றன என்பதும் நமக்குத் தெரிய வருகிறது.

பல்சார்கள் : கேம்பிரிட்ஜ் பல்கலைக் கழக நிறுவனமாகிய முல்லார்டு ரேடியோ வானியல் ஆராய்ச்சி நிலையத்தில் குவாசர்களைப் பற்றி செய்யப்பட்ட ஆராய்ச்சிகளில் (நிழற்படங்கள் XXIII, XXIV காண்க) சில விண்மீன்களினின்று, மிகச்சீரான இடை வெளிகளில் ரேடியோ அலைத்துடிப்பு, தொடர்ச்சியாக வருவது காணப்பட்டது. இஃதோர் எதிர்பாராத நிகழ்ச்சியாக இருந்தது. மேலும், தொடர்ந்து ஆராய்ந்ததில், இவ்வலைத் துடிப்பின் பிறப்பிடங்கள் அண்டத்தில் பல்வேறு திசைகளினின்றும் தோற்றுவாய் கொண்டிருப்பது உணரப்பட்டது. இவைதான் பல்சார்கள் எனப் பெயரிடப்பட்டன.

இவை, துடிக்கும் வெள்ளைக் குறுமீன்கள் அல்லது சுழலும் நியூட்ரான் விண்மீன்கள் (Rotating Neutron Stars) என்று விளக்கப் பட்டிருக்கின்றன. இந்த நியூட்ரான் விண்மீன்கள் மிக அடர்த்தியானவையாகும். கன சென்டிமீட்டருக்கு 10^{15} கிராம் அடர்த்தி பெற்றவையெனக் கூறப்படுகிறது. அணுக் கருப் பொருள்கள்தான் (Nucleons) இப்பெரும் அடர்த்தி பெற்றவை என நமக்குத் தெரியும். ஈர்ப்பு முறிவின் (Gravitational Collapse) போது உயர் ஆற்றலில் புரோட்டான்கள் எலக்ட்ரான்களைப் பற்றிக்கொண்டு நியூட்ரான்களாக மாறும் நிலையில் இவ்வித உயர் அடர்த்தி அமைப்பு உருவாகிறது.

கார்னல் (Cornell, U.S.A.) பல்கலைக் கழகத்தைச் சேர்ந்த தாமஸ் கோல்ட் (Thomas Gold) என்பவர்தான் 1968ஆம் ஆண்டில் பல்சார்கள் என்பவை சுழலும் நியூட்ரான் விண்மீன்கள் என்ற கூற்றினை அறிவித்தார். நியூட்ரான் விண்மீன்களைச் சுற்றியிருக்கும் முகிற்படலங்களிலுள்ள மின்னூட்டமுள்ள

துகள்கள் (Charged Particles), உயர் காந்தப் புலத்தின் காரண மாக மாபெரும் ஒப்பு திசைவேகம் (Relative Velocity) பெறு கின்றன. இவ்வமைப்பு, ஒரு நியூட்ரான் விண்மீன் உருவாகும் போது 10^{50} எர்கு (erg) ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கும். (10^{50} எர்கு ஆற்றல் என்றால் எவ்வளவு என்பதைப் பின்வரும் எடுத்துக் காட்டால் கற்பனை செய்து பார்க்கலாம்: 10^{50} எர்கு ஆற்றல் வெப்ப ஆற்றலாக இருக்கிறதெனக் கொண்டால் அவ்வாற்றல் கொண்டு மண்ணுலகத்தைப்போல் பல கோடி அளவு நீரை ஆவி யாக மாற்ற முடியும்.) இம் மாபெரும் ஆற்றலை, பல்சார்கள் -சுமார் 10^{8} ஆண்டுகளுக்கு- துடிக்கும் ரேடியோ அலைகளாக வெளி விட்டுக் கொண்டேயிருக்குமெனக் கணிக்கப் பட்டிருக்கிறது.

தாமஸ் கோல்ட் ஆய்ந்து கூறிய மேற்கண்ட விளக்கத்தை இன்று அறிவியல் அறிஞர்கள் ஒப்புக் கொள்ளுகின்றனர். அண்மையில் பல்சாரைப் பற்றி கோல்ட் மற்றொரு செய்தியும் வெளியிட்டிருக்கிறார். அதாவது, பல்லாண்டு காலமாகப் புரி யாததொரு புதிராக இருந்துவரும் காஸ்மிக் கதிர்களின் (Cosmic Rays) ஆற்றலுக்கும் பல்சார்கள் அடிப்படைக் காரணமாக இருக்க லாம் என்பதாகும்.

வானியல்பியல் (Astro-physics) துறைக்குப் புதுப்புதுக் கருத் துக்களை இன்று குவாசர்களும் பல்சார்களும் வாரி வழங்கிக் கொண்டிருக்கின்றன. பல புதிர்களை விடுவிக்கக் கூடிய அடிப் படை உண்மைகளை இவை தரவிருக்கும் காலம் அறிவுலகத்தை எதிர் நோக்கி இருக்கிறதெனக் கூறலாம்.

ரேடியோ வானியல் சாதனைகள்தான் இப் புதிய சகாப்தத் தைத் தொடங்கி வைத்தன எனக் கூறுதல் மிகப் பொருத்த மாகுமல்லவா ?

பிற்குறிப்பு VII

ரேடியோ வரைவுப்படம்

'ரேடியோ தொலைநோக்கிகள்' என்ற பகுதியில் (27–7·7) உதகைத் தொலைநோக்கி என்ற தலைப்பில், 'நிலவின் மறைப்பு' நிகழ்ச்சியைப் பயன்படுத்தி ரேடியோத் தோற்றுவாய்களை ஆராயலாம் எனக் குறிப்பிடப்பட்டது. உரிய வரைவிகளைக் கொண்டு, ரேடியோ செய்திகளின் பதிவுக் குறிப்பு ஒன்று, நிழற்படம் XXI இல் ஓர் எடுத்துக்காட்டாகக் கொடுக்கப் பட்டிருக்கிறது. இவ் வரைவு, ரேடியோ தோற்றுவாய் 4C-22–21 பற்றியதாகும்.

குறிப்பு : ரேடியோ வானியல் முறைகளைப் பயன்படுத்தி, பல நூற்றுக் கணக்கான ரேடியோத் தோற்றுவாய்கள் (Discrete Sources) பல ரேடியோ வானூராய்ச்சி நிலையங்களில் இடங்குறிக்கப் பட்டு, பட்டியல்கள் (Lists of Radio Sources) தயார் செய்யப் பட்டு வருகின்றன.

அவற்றுள் சில பட்டியல்களாவன :

(1) கேம்பிரிட்ஜ் பட்டியல்கள் : மேற் கூறப்பட்ட 4C-22–21 என்ற தோற்றுவாய் நான்காவது கேம்பிரிட்ஜ் பட்டியலில் இடம் பெற்றிருக்கிறது.	1C, 2C, 3C, 4C.
(2) காலிபோர்னியா தொழில் நுணுக்கக் கழகப் பட்டியல்கள்:	CTA, CTB.
(3) மில்ஸ் (Mills), ஸ்லீ (Slee), ஹில் (Hill) என்ற மூன்று வானியல் அறிஞர்கள் தயாரித்த பட்டியல் (ஸிட்னி, ஆஸ்திரேலியா) :	M S H
(4) ஓஹையோ பட்டியல் :	O A

பிற்குறிப்பு VIII

மெல்லிழை நுண் திருகுமானி.

(Filar Micrometer)

விண்மீன்களின் ஆய்வுகளில் தொலைநோக்கியின் பெரும் பங்கை நாம் நன்கு அறிவோம். நடுவரையேற்றத் (equatorial) தொலைநோக்கியின் வழியே பார்க்கும் விண்மீன்களைப் பட மெடுத்தோ அல்லது அப்போதே அளவீடுகள் எடுத்தோ ஆய்வுகள் நடத்த முடியும். புகைப்படப் பதிவுகள் எடுத்துக் கொண்டால் பின்னர் ஓய்வாக ஆராயலாம். இருப்பினும், சில சமயங்களில் தொலைநோக்கியில் தெரியும் உருவங்களை அப் போதைக்கப்போதே ஆராய வேண்டியுள்ளதால் அதற்கேற்ற வகையில் தொலைநோக்கியின் கண்ணருகு முனையில் மெல்லிழை நுண் திருகுமானி (Filar micrometer) என்னும் ஓர் அமைப்பு இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இவ்வமைப்பு, சிறு பொருள்களின் கோண விட்டம் (angular diameter) அல்லது இரு விண்மீன் களுக்கு இடையேயுள்ள கோண தூரம் போன்றவற்றை அளக்கப் பெரிதும் பயன்படுகிறது.

மெல்லிய இழைபோன்ற கம்பிகளைக் கொண்ட மூன்று சட்டங்களையுடைய செவ்வகப்பெட்டி ஒன்று இத் திருகுமானியில் உள்ளது. இதில் ஒரு சட்டம் அசையாமல் நிலையாக வைக்கப் பட்டுள்ளது. இதில் இரண்டு அல்லது மூன்று கம்பிகள் நெருக்க மாகவும் இணையாகவும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இக் கம்பிகள், பெட்டியின் நீளத்திற்கு இணையாக அமைந்துள்ளன. மற்ற இரு சட்டங்களும் இத் திசையில் நகரும் வண்ணம் அமைக்கப்பட் டுள்ளன. பெட்டியின் இரு முனைகளிலும் பொருத்தப்பட்டுள்ள திருகுகளின் உதவியால் இச் சட்டங்கள் இயக்கப் படுகின்றன. இவை ஒவ்வொன்றிலும் ஒவ்வொரு மெல்லிய கம்பி அல்லது இழை இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இவை, பெட்டியின் குறுகலானப் பக்கத்திற்கு இணையாக அமைந்துள்ளன. ஆகவே, இவை நிலை யான சட்டத்தில் இணைக்கப்பட்டுள்ள கம்பிக்கு நேர்க்குத்தாக அமைந்திருக்கும். இம் மூன்று சட்டங்களில் பொருத்தப்பட்டுள்ள கம்பிகளும் தொலைநோக்கியின் பொருளருகு லென்சின் குவி தளத்திலேயே (ஏறத்தாழ) அமையும்படி செய்யப்பட்டுள்ளது. எனவே, இதையும் கண்ணருகு கருவியுடன் சேர்த்தே குவியச் செய்ய (focus) முடியும். தொலைநோக்கியின் ஒளியியல்-அச்சிற்கு (optical axis) நேர்க்குத்தாக அமைந்துள்ள தளத்தில் முன்கூறிய

பெட்டியின் முழு அமைப்பையும் சுழற்ற முடியும். இத் திருகு பெட்டிக்குப் பின்புறம் அளவீடுகள் குறிக்கப்பெற்ற ஒரு வட்டத் தட்டுப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. பெட்டி எந்த அளவு கோணம் வழியாகத் திருப்பப்படுகிறது என்பதை அறிய இவ்வமைப்பு உதவுகிறது.

இக் கருவி கொண்டு ஓர் இரட்டை விண்மீனில் இரண்டிற்கும் இடையேயுள்ள கோணதூரம் காணப்படும் முறையினை சற்றுச் சுருக்கமாகக் காண்போம்.

முதலில், நிலையான சட்டத்திலுள்ள கம்பிகள் இரு விண்மீன்களின் மையத்தைச் (nuclei) சேர்க்கும் கோட்டிற்கு இணையாக இருக்கும்படி செய்யப்படுகிறது. பின்னர் இரு நுண்திருகுகளின் தலைகளைச் சுழற்றி ஒவ்வொன்றும் ஏதேனும் ஒரு விண்மீனின் பிம்பத்தைச் சரிபாதியாகப் பிரித்துக் காட்டும் (bisects) நிலையில் நிறுத்தப்பட்டு அத் திருகுகளின் அளவீடுகள் குறித்துக் கொள்ளப்படுகின்றன. அசையும் கம்பிகள் பின்னர் அப்படியே மாற்றப்பட்டு அடுத்த (மற்றொரு) விண்மீனின் பிம்பத்தை இரு சம கூறுகளாகப் பிரிக்கும் வண்ணம் அமைக்கப்படுகின்றன. இப்பொழுது அளவீடுகள் மீண்டும் எடுக்கப்பட்டு இரு விண்மீன்களுக்கும் இடையேயிருக்கும் தொலைவு கணக்கிடப் படுகிறது.

பிற்குறிப்பு IX

டாப்ளர் விளைவும் நிறமாலையியலும்

(Doppler Effect and Spectroscopy)

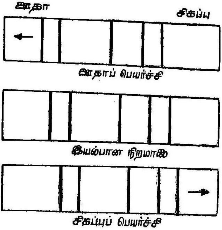
புகைவண்டி நிலையம் ஒன்றில் நின்றுகொண்டிருக்கும் போது, நம்மை நோக்கி விரைந்துவரும் ஒரு புகை வண்டியி லிருந்து வெளிப்படும் சீழ்க்கை ஒலி (whistle) உயர் சுருதியிலும் (high pitch), நம்மை விட்டு விலகியோடும் வண்டியிலிருந்து வெளிப்படுவது தாழ்ந்த சுருதியிலும் (low pitch) இருப்பதை நாம் கேட்டிருக்கிறோம். இதற்குக் காரணம், நம்மை நோக்கிவரும் வண்டியிலிருந்து வெளிப்படும் சீழ்க்கை ஒலியின் அலைநீளம் இயல்பான அலைநீளத்தைக் காட்டிலும் குறைகிறது (அல்லது அதிர்வெண் அதிகரிக்கிறது); நம்மை விட்டு விலகிச் செல்லும் வண்டியின் ஒளியின் அலைநீளம் அதிகரிக்கிறது (அல்லது அதிர்வெண் குறைகிறது).

ஒலியியலில் (Sound) உள்ள இவ்வுண்மை ஒளியியலுக்கும் (Light) பொருந்தும். ஒரு காட்சியாளனை நோக்கி விரைந்து வரும் ஓர் ஒளிமூலத்திலிருந்து (எடுத்துக் காட்டாக ஒரு விண் மீன்) வெளிப்படும் ஒளியின் அலைநீளம் குறைகிறது (அல்லது அதிர்வெண் அதிகரிக்கிறது); காட்சியாளனை விட்டு விலகி யோடும் ஒளிமூலத்திலிருந்து வெளிப்படும் ஒளியின் அலைநீளம் அதிகரிக்கிறது (அல்லது அதிர்வெண் குறைகிறது). ஒளி மூலம் நகராமல் காட்சியாளன் நகர்ந்தாலும் இத்தகைய அலைநீள மாறுபாடுகள் நிகழும். இதன் விளைவாக, மேற்படி ஒளியி லிருந்து பெறப்படும் நிறமாலையில் சிறிது மாற்றம் தோன்றுகிறது. காட்சியாளனுக்கும் ஒளி மூலத்திற்கும் இடையேயுள்ள சார்பு திசைவேகம் (Relative Velocity) காரணமாக ஏற்படும் 'தோற்ற அலைநீள மாறுபாடே' டாப்ளர் விளைவு எனப்படும்.

ஆஸ்திரிய நாட்டைச் சேர்ந்த இயற்பியல் வல்லுநரான சி. ஜே. டாப்ளர் (C. J. Doppler) என்பவர் இதை முதன் முதலில் 1842ஆம் ஆண்டில் எடுத்தியம்பினர்.

ஒரு காட்சியாளனை நோக்கி வரும் ஓர் ஒளி மூலத்தின் ஒளியி லிருந்து பெறப்படும் நிறமாலை குறைந்த அலைநீளப் (ஊதா) பக்கத் திற்கும், விலகியோடும் ஒளியிலிருந்து பெறப்படும் நிறமாலை அதிக அலைநீளப் (சிகப்பு) பக்கத்திற்கும் நகரும். இவற்றிற்கு முறையே ஊதாப் பெயர்ச்சி (Violet Shift) என்றும் சிகப்புப்

பெயர்ச்சி (Red Shift) என்றும் பெயர் (படம் 29 காண்க). இவ்விடப்பெயர்ச்சிகள் மிகச் சிறியவையேயானாலும்கூட இவை சார்பு திசைவேகத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கின்றன.



படம் 29

டாப்ளர் விளைவு.

நிறமாலையிலுள்ள வரியொன்று பெறும் இடப்பெயர்ச்சிக்கும் சார்பு திசைவேகத்திற்கும் இடையேயுள்ள தொடர்பினைப் பின் வருமாறு எழுதலாம் :

$$\frac{\text{அலைநீள மாற்றம்}}{\text{இயல்பான் அலைநீளம்}} = \frac{\text{சார்பு திசைவேகம்}}{\text{ஒளியின் திசைவேகம்}}$$

டாப்ளர் விளைவைக் கொண்டு கணக்கிடப்படும் நிறமாலை வரிகளின் இடப்பெயர்ச்சி, கோள்கள், விண்மீன்கள், குவாசர்கள், பல்சார்கள் போன்றவற்றின் சுழற்சி, இயக்கம் ஆகியவற்றைப் பற்றிய பல உண்மைகளை அறியப் பெரிதும் உதவுகிறது. நிறமாலை வரிகள் அகலமாவதற்கான (Broadening of Spectral Lines) காரணமும், சனிக்கோளைச் சுற்றியுள்ள வளையங்கள் துகள்களாலேயே ஆக்கப்பட்டவை (திடப் பொருளால் ஆனவை அல்ல) என்ற உண்மையும், கோள்கள் விண்மீன்கள் ஆகியவற்றின் சுழற்சி (Rotation) போன்ற பல உண்மைகளும் டாப்ளர் விளைவுகொண்டே நிறுவப்பட்டுள்ளன.

மேற்கோள் நூற்பட்டியல்

(Bibliography)

1. W. M. Smart, 'Spherical Astronomy'.
2. W. M. Smart, 'The Foundations of Astronomy',
   'The Riddle of the Universe'.
3. Barlow and Bryan, 'Mathematical Astronomy'.
4. Kar, J. M., 'Astronomy'.
5. Sir H. S. Jones, 'Astronomy'.
6. Sir James Jeans, 'The Mysterious Universe'.
7. Macpherson, 'Makers of Astronomy'.
8. George Gamow, 'The Birth and death of the Sun'.
9. H. J. Bernhard, D. A. Bennett, H. S. Rice, 'New Handbook of the Heavens'.
10. H. Haber, 'Stars, Men and Atoms', அ. சுந்தரமூர்த்தி - தமிழாக்கம், 'விண்மீன்களும், மக்களும், அணுக்களும்'.
11. F. J. Hargreaves, 'The Size of the Universe'.
12. R. H. Baker, 'Astronomy'.
13. Fred Hoyle, 'Frontiers of Astronomy'.
14. G. V. Ramachandran, 'A Text Book of Astronomy'.

15. K. Subramaniam and L. V. Subramanian, 'A Text Book of Astronomy'.

16. S. Kumaravelu and Susheela Kumaravelu, 'Astronomy for Degree Classes'.

17. S. Pikelner, 'Physics of Interstellar Space'.

18. B. Levin, 'The Origin of the Earth and Planets'.

19. A. S. Eddington, 'The Expanding Universe'.

20. V. Thiruvenkatacharya, 'Popular Astronomy'.

21. Sir R. S. Ball, 'Spherical Astronomy'.

22. Nigel Calder, 'Radio Astronomy'.

23. R. Hanbury Brown and A. C. B. Lovell, 'The Exploration of Space by Radio'.

24. Publications Officer, Department of Atomic Energy, Government of India, Bombay, 'Nuclear India', Volume 8, Number 8, April 1970.

25. W. N. Christiansen and J. A. Hogbom, 'Radio Telescopes'.

26. ஈ. த. இராஜேஸ்வரி அம்மையார், 'சூரியன்'.

27. தி. கோவிந்தராசன், கொ. முத்துசாமி, 'வானியல்', புத்தகங்கள் 1, 2.

28. Steinberg and Lequeux, 'Radio Astronomy'.

29. J. D. Kraus, 'Radio Astronomy'.

30. A. G. Smith and T. D. Carr, 'Radio Exploration of the Planetary System'.

கலைச்சொல் அகராதி

['வானியல்' இரண்டாம் புத்தகத்தின் இறுதியில் பக்கம் 211 முதல் பக்கம் 228 முடிய கொடுக்கப் பட்டுள்ள கலைச்சொல் அகராதியின் தொடர்ச்சி.]

A

Absorption — உட்கவர்தல்
,, Spectrum — உட்கவர் நிறமாலை
Aerial — ஏரியல்
Aldebaran — ரோகிணி
Altazimuth Mounting — திசை உயரமானி ஏற்றம்
Amplifier — பெருக்கி
Antenna — ஆன்டென்னு (ஏரியல்)
Arc Lamp — வில் விளக்கு
Atmosphere — வெளி மண்டலம்
Atmospherics — வானொலி, தொலைபேசி ஏற்புகளைத் தடைப்படுத்தும் இடை யோசைகள்
Atom, ionised — மின்னூட்டம் பெற்ற அணு

B

Bolometer — போலோ மீட்டர்

C

Cable — கம்பிவடம்
Carbon — கரி
Carbon arc lamp — கரி வில் விளக்கு
Characteristic line — சிறப்பியல் வரி
Chromatic aberration — நிறப்பிறழ்ச்சி
Chromosphere — நிறமண்டலம்

Collimate	—	இணையாக்கு
Collimation	—	இணையாக்குதல், நேர்-வரிப்பாடு
Collimator	—	இணையாக்கி, வரிநோக்காடி
Comparator	—	கம்பரேட்டர்
Condensation	—	செறிவு, சுருக்கம்
Cosmology	—	பேரண்ட இயல்

D

Dense	—	அடர், அடர்த்தியான
Deviation	—	திசை மாற்றம்
Discrete Source	—	தனிச்சிறப்பானதோற்றுவாய், தனிச்சிறப்பான பிறப்பிடம், தனிச்சிறப்பானமூலஸ்தானம்
Dish	—	தட்டம், தட்டு
,, parabolic	—	பரவளையத் தட்டம்
Dispersion	—	நிறப்பிரிகை

E

Earphone	—	காதொலிக் கருவி
Electric Current	—	மின்னோட்டம்
Electro - magnetic wave	—	மின்காந்த அலை
Element	—	தனிமம்
Equatorial Mounting	—	நடுவரை யேற்றம் (ரேடியோ / ஒளியியல் தொலைநோக்கி)
Eye - piece	—	கண்ணருகு கருவி

F

Filament	—	இழை
Flouroscence	—	ஒளிர்தல்
Fraunhofer line	—	ஃபிரான்ஹோஃபர் வரி
Frequency	—	அதிர்வெண்

G

Galactic	—	அண்டம் சார்ந்த
,, Extra	—	நமது பால் அண்டத்திற்கு அப்பாற்பட்ட

Galaxy — அண்டம்
Globular cluster — உருண்டையான குலை (விண்மீன்கள்)
Grating — கீற்றணி
,, Concave — குழிக் கீற்றணி
,, Plane Reflection — எதிரொளிப்பு சமதளக் கீற்றணி

H

Hydrogen — நீரகம்
,, line — நீரக வரி

I

Incandescent — வெண்சுடர் நிலையிலுள்ள
Infra Red — அகச் சிகப்பு
Intensity — செறிவு
,, Comparative — ஒப்புமைச் செறிவு
,, Independent — தனிச் செறிவு
Interpolation — இடைச் செருகுதல்
,, Method of — இடைச் செருகல் முறை
Interferometer — குறுக்கீட்டுமானி
,, Radio — ரேடியோ குறுக்கீட்டுமானி
Interstellar — விண்மீன்களுக்கிடைப்பட்ட
,, dust — விண்மீன்களுக்கிடைப்பட்ட தூசு, துகள்
,, gas — விண்மீன்களுக்கிடைப்பட்ட வளிப்படலம்
,, space — விண்மீன்களுக்கிடைப்பட்ட வெளி
Ion — அயனி, இயனி, மின்மயத் துகள்
Ionised — மின்னூட்டம் பெற்ற
,, particle — மின்னூட்டம் பெற்ற துகள், மின்மயத் துகள்
Ionosphere — அயனி மண்டலம், மின்காந்த மண்டலம்

J

Jupiter — வியாழன்

K

Kepler's Laws — கெப்ளர் விதிகள்

L

Light — ஒளி
,, dispersion of — ஒளி நிறப்பிரிகை
,, Reflection of — ஒளியின் எதிரொளிப்பு
,, Refraction of — ஒளிக்கோட்டம்
Line — வரி
,, Characteristic — சிறப்பியல் வரி
Lunar occultation — சந்திரனுல் விளையும் மறைப்பு

M

Medium — ஊடகம்
Meridian Transit Mounting — உச்சி கடத்தல் ஏற்றம் (ரேடியோ / ஒளியியல் தொலைநோக்கி)
Microscope — நுண்ணோக்கி
,, Vernier — வெர்னியர் நுண்ணோக்கி
Minimum deviation — மீச்சிறு திசைமாற்ற கோணம்
Mirror — ஆடி
Molecule — மூலக்கூறு

N

Nova — ஒளிர் மீன்
Novae — ஒளிர் மீன்கள்
(Super) Nova — பேரொளிர் மீன்

O

Orange — செம்மஞ்சள்

P

Parabola — பரவளையம்
Parabolic — பரவளைய
,, Cylinder — பரவளைய உருளை
Paraboloid — பரவளைய கோளம்

Phosphorescence — நின்றொளிர்தல்
Photosphere — ஒளிமண்டலம்
Physics — இயற்பியல் (பௌதிகம்)
Physics Astro — வானியற்பியல்
Principle of Reversal — நேர்திருப்புத் தத்துவம்
Prism — பட்டகம்
,, Reflecting — எதிரொளிப்பான் பட்டகம்
,, Refracting — ஒளி விலகு பட்டகம்
Pulsars — பல்சார்கள்
(Pulsating Radio Sources) — (துடிக்கும் ரேடியோ அலைப் பிறப்பிடங்கள்)

Q

Quasars — குவாசர்கள்
(Quasi-stellar Radio Sources) — (விண்மீனொத்த ரேடியோ அலைப் பிறப்பிடங்கள்)

R

Radiation — கதிர் வீச்சம் (ஒளி), வெப்ப அலை பரவுதல்
Radio — ரேடியோ
,, Emission — ரேடியோ வெளிப்பாடு
,, Signal — ரேடியோ சமிக்கை
,, Telescope — ரேடியோ தொலைநோக்கி
,, Transmitter — ஒலிபரப்பிக் கருவி
,, Wave — ரேடியோ அலை
Range — வீச்சம்
Ray — கதிர்
,, Light — ஒளிக்கதிர்
Resolving power — பகுதிறன்
Reversal — திருப்புதல்

S

Signal — சமிக்கை, சமிக்ஞை
,, Radio — ரேடியோ சமிக்கை
Slit — பிளவு
Source — பிறப்பிடம், தோற்றுவாய், மூலஸ்தானம்
,, Radio — ரேடியோ தோற்றுவாய்
,, Discrete Radio — தனிச்சிறப்பான ரேடியோ தோற்றுவாய்

Spectral	—	நிறமாலை சார்ந்த
Spectro-Chemical Analysis	—	வேதியல் பகுப்பாய்வு
Spectrograph	—	நிறமாலை வரைவி
Spectrometer	—	நிறமாலை மானி
Spectroscope	—	ஒளிவெட்டி, நிறமாலை காட்டி
Spectroscopy	—	நிறமாலை இயல்
Spectrum	—	நிறமாலை
,, absorption	—	உட்கவர் நிறமாலை
,, analysis	—	நிறமாலைப் பகுப்பாய்வு
,, atomic	—	அணு நிறமாலை
,, Band	—	பட்டை நிறமாலை
,, Continuous	—	தொடர் நிறமாலை
,, Emission	—	வெளிவிடு நிறமாலை
,, Line	—	வரி நிறமாலை
,, Molecular	—	மூலக்கூறு நிறமாலை
,, order of	—	நிறமாலை வரிசை எண்
,, Solar	—	கதிரவன் நிறமாலை
Spiral	—	சுருள்
,, arms	—	சுருள் கரங்கள்
,, barred	—	குறுக்குக் கோடிட்ட சுருள்
Steerable	—	திருப்பு வசதியுடைய

T

Telescope	—	தொலைநோக்கி
,, optical	—	ஒளியியல் தொலைநோக்கி
,, Radio	—	ரேடியோ தொலைநோக்கி
Thermopile	—	வெப்பமின் இரட்டை யடுக்கு
Total Internal Reflection	—	முழுஅக எதிரொளிப்பு
,, Reflection Prism	—	முழுஅகப் பட்டகம்

U

Ultra - Violet	—	புற ஊதா
Unit	—	அலகு
Universe	—	பேரண்டம்

V

Vapour	—	ஆவி
,, Mercury	—	பாதரச ஆவி
,, Sodium	—	சோடிய ஆவி

W

Wave	— அலை
,, length	— அலை நீளம்
,, - long	— நீளலை
,, - short	— குற்றலை

X

X-rays	— X-கதிர்கள்

Y

Year	— ஆண்டு

Z

Zodiac	— கதிரவன்வீதி, இராசிச் சக்கரம்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

சென்னை-600031

*

தமிழில் பயில்பவர்க்குக் கல்லூரிப் பாடநூல்கள்
(Tamil Medium Books for Colleges)

இதுவரை 606 நூல்கள் வெளியிடப்பட்டுள்ளன

*

மேலும், விரைவில் வெளிவருபவை

பொறியியல்	—	43	நூல்கள்
சட்டம்	—	19	,,
மருத்துவம்	—	9	,,
இயற்பியல்	—	27	,,
வேதியியல்	—	21	,,
தாவரவியல்	—	17	,,
விலங்கியல்	—	7	,,
கணிதம்	—	19	,,
வணிகவியல்	—	30	,,
பொருளாதாரம்	—	21	,,
புவியியல்	—	12	,,
வரலாறு	—	36	,,
மனையியல்	—	2	,,
தத்துவம்	—	5	,,
உளவியல்	—	4	,,
புள்ளியியல்	—	2	,,
கல்வி	—	3	,,
நிலப் பொதியியல்	—	3	,,
அரசியல்	—	25	,,

கிடைக்குமிடம் :

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனக் கிடங்கு
(கல்லூரிக் கல்வி இயக்குநர் அலுவலகச் சுற்றுக்குள்)
கல்லூரிச் சாலை, நுங்கம்பாக்கம்
சென்னை-600006

கல்லூரிப் பாடநூல்களுக்கு 20% கழிவு வழங்கப்படும்