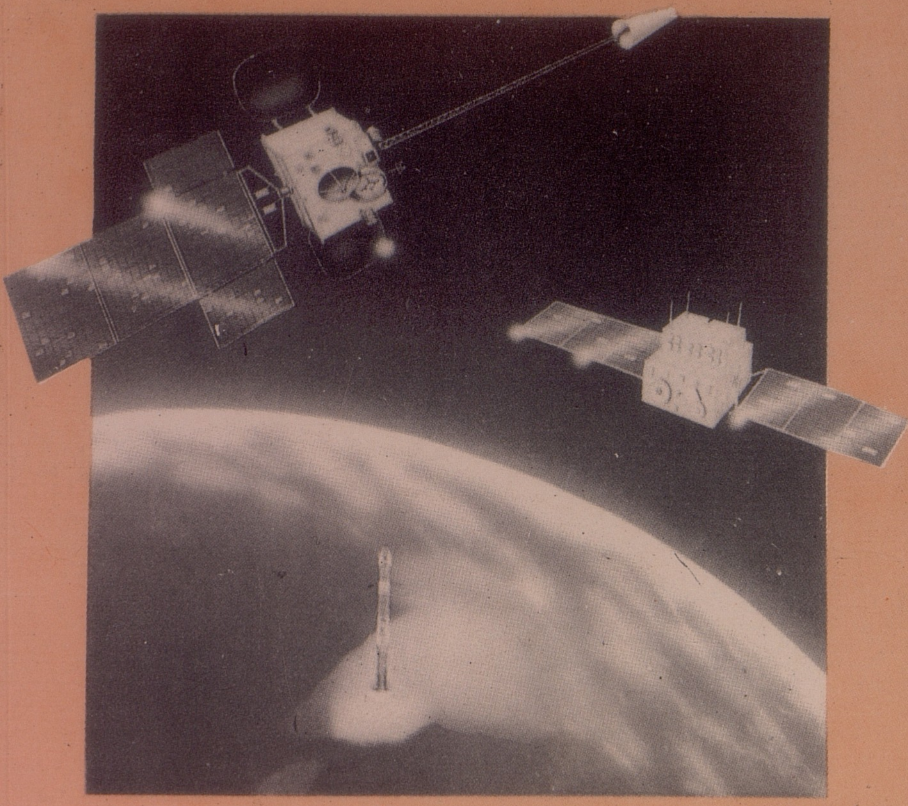
செயற்கைக்கோளின் கதை

(SATELLITE STORY)



தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகம்

சென்னை

1991

செயற்கைக்கோளின் கதை

(SATELLITE STORY)

ஆங்கில மூல நூலாசிரியர்

டாக்டர் பி.ஆர்.பிசாரோடி

பேராசிரியர்

இயற்பியல் ஆய்வுக்கூடம், அஹமதாபாத்.

தமிழாக்கம்:

வை.குருசாமி

விஞ்ஞானி, தொலை உணர்வு மையம்

அண்ணா பல்கலைக் கழகம்

சென்னை.

தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகம்

சென்னை.

1991

தமிழ் வளர்ச்சிக் கழக வெளியீடு
முதற் பதிப்பு 1991
© பதிப்புரிமை உடையது

அமைப்பாளர் — புரவலர்:
தி.சு. அவினாசிலிங்கம்

புரவலர்:
சி. சுப்பிரமணியம்

தலைவர்:
டாக்டர் வா.செ. குழந்தைசாமி

துணைத் தலைவர்கள்
நா. மகாலிங்கம்
நெ.து. சுந்தரவடிவேலு

செயலாளர்:
பொ. சோமசுந்தரம்

பொருளாளர்:
ப. சிதம்பரம், எம்.பி.

தமிழ் வளர்ச்சிக் கழக அலுவலகம்
பல்கலைக்கழகக் கட்டடம், சென்னை-5.

இந்திய அரசாங்க உதவியுடன் வெளியிடப்படுகிறது.

விலை ரூ.35/-
(இந்திய அரசு அனுமதிக்குட்பட்டது)

அச்சிட்டவர்:
டிடி. மேப்ஸ் அண்டு பப்ளிகேஷன்ஸ் லிமிடெட்,
சென்னை.

உள்ளடக்கம்

முகவுரை v

என்னுரை vii

ஒளிப்படம் மற்றும் தகவல் மூலங்கள் ix

நூல் முகம் 1

செயற்கைக் கோள்களின் கணிதத் தத்துவம் 8

வானிலைச் செயற்கைக் கோள்கள் 24

இராணுவச் செயற்கைக் கோள்கள் 36

தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக் கோள்கள் 42

புவிவளம் அறி செயற்கைக் கோள்கள் 54

செயற்கைக் கோள் நில அளவியல் 69

கப்பல் போக்குவரத்துச் செயற்கைக் கோள்கள் 79

விண்வெளி அறிவியல் செயற்கைக் கோள்கள் 85

முடிவுக்கருத்து 96

நிறைவுரை 101

கலைச் சொற்கள் 102

முகவுரை

தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகம் சென்ற 43 ஆண்டு காலமாகத் தமிழ் மொழியின் வளர்ச்சிக்கான ஆக்கபூர்வமான பணிகளைச் செய்து வருவதைத் தமிழ் மக்கள் அறிவார்கள்.

முதலில், வேறெந்த மாநில மொழிகளிலும் வெளிவராத நிலையில் தமிழில் கலைக்களஞ்சியம் 10 தொகுதிகளாகத் தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகத்தால் வெளியிடப்பட்டது. பின்னர், குழந்தைகள் கலைக்களஞ்சியம் 10 தொகுதிகளில் வெளியிடப்பட்டது. அதன் திருந்திய மறுபதிப்பை 10 தொகுதிகளாகச் சென்ற 1988இல் தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகம் வெளியிட்டது.

தமிழ் வளர்ச்சிக்குப் பல துறைகளிலும் பணியாற்றும் நோக்கத்துடன் ஆங்கிலத்தில் வெளிவந்துள்ள அறிவியல் நூல்களைத் தமிழில் மொழிபெயர்த்து வெளியிடும் பணியை நமது கழகம் தற்சமயம் மேற்கொண்டுள்ளது.

பாரதீய வித்யா பவன் 'சென்னை அறிவியல் ஆய்வு மையத்தின்' உதவியுடன் சில ஆங்கில அறிவியல் நூல்களை வெளியிட்டுள்ளது. அவற்றைத் தமிழில் மொழி பெயர்த்து வெளியிடும் பணியை மேற்கொள்ளலாமென்று நமது கழகத்தின் முன்னாள் தலைவர் திரு.சி. சுப்பிரமணியம் அவர்கள் விரும்பினார்கள். பாரதீய வித்யா பவனத்தின் தலைவராக இருந்துவரும் அவர்கள் அதற்கான அனுமதியையும் அளித்தார்கள்.

இவ்வரிசையில் முதல் நூலாக, டாக்டர் எம்.கே. சந்திரசேகரன் அவர்கள் எழுதிய "Biological Rhythms" என்னும் ஆங்கில நூலை, டாக்டர் என். ராஜேந்திரன் அவர்கள் மூலம் மொழிபெயர்த்து "உயிரியல் தாளமுறை" என்னும் தலைப்பில் வெளியிட்டோம். இரண்டாவது நூலாக, பேராசிரியர் டாக்டர் பி.ஆர். பிசாரோட்டி அவர்கள் எழுதிய "Satellite Story" என்ற ஆங்கில நூலைச் 'செயற்கைக் கோளின் கதை,' என்ற தலைப்பில், தமிழில் வெளியிட முடிவு செய்தோம். அண்ணா பல்கலைக்கழகத் தொலை உணர்வு மையத்தில் விஞ்ஞானியாகப் பணியாற்றும் திரு. வை. குருசாமி அவர்கள் இதனைத் தமிழில் மொழிபெயர்க்கும் பணியை ஏற்று நல்ல முறையில் செய்து முடித்து உதவியுள்ளார்.

இந்நூலின் மூல ஆசிரியர் டாக்டர் பிசாரோட்டி அவர்களுக்கும், இதைத் தமிழாக்கம் செய்து உதவிய விஞ்ஞானி திரு.வை. குருசாமி அவர்களுக்கும் தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகத்தின் சார்பில் நன்றியைத் தெரிவித்துக் கொள்கிறோம். இம்மொழிபெயர்ப்புப் பணியில் பெரிதும் உதவிய டாக்டர் தி. முத்து-கண்ணப்பர் அவர்களுக்கும், தஞ்சை அரசர் மேல்நிலைப்பள்ளித் தலைமை ஆசிரியர் திரு. அ. கிருஷ்ணமூர்த்தி அவர்களுக்கும் கழகத்தின் சார்பில் நன்றி தெரிவிக்கக் கடமைப்பட்டிருக்கிறோம். இந்நூலைத் தமிழில் வெளியிட அனுமதி அளித்த் 'பாரதீய வித்யா பவனுக்கும்', இதனை வெளியிடப் பொருளுதவி அளித்த மைய அரசுக்கும் (மனிதவள மேம்பாட்டுத்துறை) எங்கள் நன்றியைத் தெரிவித்துக் கொள்கிறோம்.

இந்நூலுக்குத் தமிழ் மக்களிடையே நல்ல வரவேற்பு இருக்குமென எதிர்பார்க்கிறோம்.

பல்கலைக்கழகக் கட்டடம்
சென்னை 600 005
அக்டோபர் 1991

வா.செ. குழந்தைசாமி
தலைவர்
தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகம்

என்னுரை

"பிற நாட்டு நல்லறிஞர் சாத்திரங்கள் தமிழ் மொழியில் பெயர்த்தல் வேண்டும்" என்று நமது தேசியக் கவி பாரதியார், பொதுவாகக் குறிப்பிட்டு, நாம் வளர்ச்சியுற வேண்டிய திசையைச் சுட்டியுள்ளார். இத்திசையில், வாழ்வியல் இலக்கியமும், வாழ்வு தரும் அறிவியலும் நமது இலக்குகளாக இருப்பதை உணர்கிறோம். பிற நாட்டு நல்லறிஞர்களுக்கு ஈடுகொடுக்கும் வகையில் நமது நாட்டிலும் அறிஞர் பெருமக்கள் தொன்று தொட்டு வாழ்ந்து வருகிறார்கள். அவர்களில், அஹமதாபாத் நகரில் உள்ள இயற்பியல் ஆய்வுக் கூடத்தில் பேராசிரியராகப் பணியாற்றும் டாக்டர் பி.ஆர்.பிசாரோட்டியும் ஒருவர். இவர் இந்நூற்றாண்டில் விண்வெளித்துறை ஆய்வில் ஈடுபட்ட நம் நாட்டு முன்னோடி அறிஞர்களுள் ஒருவராவார். இவர் எழுதிய "செயற்கைக் கோளின் கதை" (Satellite Story) எனும் ஆங்கில நூலைத் தமிழாக்கம் செய்யும் வாய்ப்பினைத் தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகம், எனக்களித்ததை யான் பெற்ற பேறெனக் கருதுகிறேன். அறிவியல் அறிஞர் டாக்டர் வா.செ.குழந்தைசாமி அவர்கள் இட்ட இப் பணியை மேற்கொண்டதில் என்னுள் ஏற்பட்ட நன்றிகலந்த மகிழ்ச்சியும், தரம் பற்றிய கவனமும் எனக்கு உந்து சக்திகளாயிருந்து வழிகாட்டின.

பிறமொழி அறிவியல் நூல்களைத் தமிழாக்கம் செய்யும் போது தலைதூக்கும் சிரமங்கள் இதிலும் இருந்தன. தனித்தமிழ் தேடினால் வேகம் குறையும்; பழக்கத்தில் உள்ள சொற்களைக் கையாண்டும், தனிச்சொல் இல்லாத நேரத்தில் ஒலிபெயர்த்தும், படிப்பவருக்கு உடனடியாகப் புரிய வேண்டும் என்ற நோக்கை மையமாகக் கொண்டு முயன்றாலொழிய, வேகமாக வளரும் பிறநாட்டு அறிவியலுடன் நாமும் சேர்ந்து வளர இயலாத சூழ்நிலை இருப்பதை, தமிழ்கூறும் நல்லுலகம் நன்கறியும்.

பல துறைகளுக்குப் பயன்படக்கூடிய தொழில் நுட்பங்களுள் செயற்கைக்கோள் தொழில் நுட்பமும் ஒன்று என்பது இந்நாளைய உலகறிந்த செய்தி. எனவே, இந்நூலில் கணிதம், இயற்பியல், மின்னணுவியல், நிலவியல், நில் அமைப்பியல், தாவர இயல் போன்ற பல அறிவியல் துறைகளைச் சார்ந்த

சொற்கள் கையாளப்பட வேண்டிய கட்டாய நிலை உள்ளது. இந் நூலில் கையாளப்பட்டுள்ள கலைச்சொற்கள் எல்லாம் தொகுக் கப்பட்டு, இறுதிப் பகுதியில் தரப்பட்டுள்ளன. மேலும், இதன் மூல ஆங்கில நூல் 1985-ஆம் ஆண்டு சனவரியில் வெளியிடப் பட்டது. இதன் தமிழாக்கம் 1991-ஆம் ஆண்டு சனவரி வரை ஏற்பட்ட சில தொழில் நுட்ப முன்னேற்றங்கள், அவற்றிற்குரிய அத்தியாயப் பகுதிகளில் ஓரளவு சேர்க்கப்பட்டுள்ளன.

இப்பணியை மேற்கொள்ள எனக்கு அனுமதி அளித்து ஊக்கு வித்த அண்ணா பல்கலைக்கழகத் துணைவேந்தர் டாக்டர் எம். அனந்த கிருஷ்ணன் அவர்களுக்கு எனது நன்றியைத் தெரி வித்துக் கொள்கிறேன்.

இத் தமிழாக்கப் பணிக்குதவிய யாவருக்கும் நன்றி.

சனவரி 10, 1991
சென்னை.

வை.குருசாமி

ஒளிப்படம், தகவல் மூலங்கள்

1. அமெரிக்க வான் பயணமும் மற்றும் விண்வெளி நிர்வாக நிறுவனமும்.
(NASA - National Aeronautical and Space Administration)

2. இந்திய விண்வெளி ஆய்வு நிறுவனம்.
(Indian Space Research Organisation)

3. வி.மையர்ஸ் தொகுத்த "அமெரிக்க தேசியத் தொலை உணர்வு அறிவியல் கழக" வெளியீடு. (Remote Sensing National Academy of Sciences, USA)

4. "VIII அனைத்துலகத் தொலை உணர்வு கருத்தரங்கு நடப்புத் தொகுப்பு" (Proceedings of the VIII International Symposium of Remote Sensing).

5. "சுற்றுச் சூழலின் தொலை உணர்வு" எனும் நூலில் வெளியான எல்.பிரிட்ஸின் கட்டுரை. (Remote Sensing of Environment)

6. பி. லவல் எழுதிய "விண்வெளி ஆய்வுகளின் தோற்றுவாய்" என்ற நூல். (Origins of Space Exploration)

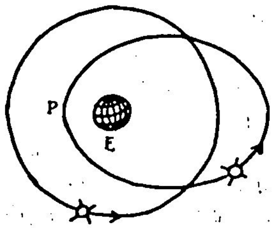
நூல்முகம்

1957-ஆம் ஆண்டு அக்டோபர் 4-ஆம் தேதி, மனிதகுல வரலாற்றில் முக்கியத்துவம் வாய்ந்த ஒரு பெரும் சாதனை நாளாகும். இந்நாளில்தான் ஸ்புட்னிக் - 1 என்ற செயற்கைத் திங்கள் ஒன்று, இயற்கைத் திங்களைப் போல், ஆனால் குறைந்த உயரத்தில், பூமியைச் சுற்றி வர விண்வெளியில் ஏவப்பட்டது.

சூரியனை மையமாகக் கொண்டு சுற்றிவரும் ஏனைய இயற்கைக் கோள்களுக்கும் பொருந்தும் இயற்பியல் விதிகளே, பூமியை மையமாகக் கொண்டு சுற்றிவர ஏவப்படும் செயற்கைத் திங்களுக்கும் பொருந்தும். இத்தகைய இயற்பியல் விதிகளை முதன்முதலில் முறையாக வகுத்தவர் ஜோஹான்ஸ் கெப்ளர்' (Johanns Kepler) (1571-1630) என்பவர் ஆவார்; ஆனால் அவ்விதிகளுக்குரிய கணிதச் சமன்பாட்டு அமைப்பை உருவாக்கி, அறிவியலார் ஏற்கும் அளவுக்கு இவ்விதிகளுக்கு வலுவூட்டியவர் ஐசாக் நியூட்டன் (1642-1727) ஆவார். இருப்பினும், பூமியைச் சுற்றிவரும் இயற்கைத் திங்கள் நகர்ச்சி பற்றிச் சில விவரங்களை இந்திய வானாய்வாளர்கள் பல ஆண்டுகளுக்கு முன்னரே கணக்கிட்டிருந்தனர். இதற்குச் சான்றாக, இந்திய வானாய்வாளர் ஆர்யபட்டா எழுதிய ஆர்யபட்டியம் (499 A.D.) என்ற நூல் தரும் பல அறிவியல் தகவல்களை மேற்கோள் காட்டலாம்.

1957-ஆம் ஆண்டு அக்டோபர் திங்களுக்குப் பிறகு, ஆயிரக் கணக்கான செயற்கைக் கோள்களை வானில் ஏவிய நாடுகளில் முக்கியமானவை வல்லரசு நாடுகளான ஐக்கிய அமெரிக்காவும், சோவியத் ரஷ்யாவும் ஆகும். சோவியத் ரஷ்ய நாடுதான் முதன் முதலில் உடன் செல்பயணி என ரஷ்ய மொழியில் பொருள்படும் 'ஸ்புட்னிக்' (SPUTINK) என்ற செயற்கைக்கோளை வானவெளியில் ஏவிப் பூமியை வலம்வரச் செய்தது. கோள் அல்லது கிரகம் என்ற சொல் "லோகசஞ்சாரி" என்று பொருள்படும் என்பது நினைவுகூறத் தக்கது. சோவியத் ரஷ்யா, ஐக்கிய அமெரிக்கா ஆகியவை தவிர, மற்ற எல்லா நாடுகளும் சேர்ந்து இதுகாறும் செலுத்திய செயற்கைக் கோள்களின் எண்ணிக்கை விரல் விட்டு எண்ணத் தக்க அளவில்தான் உள்ளது. ஒரு விண்கலத்தை வடிவமைத்து வானில் ஏவி புவியைச் சுற்றிவரச் செய்வது ஒரு செயற்கைச் சந்திரனை உருவாக்குவதற்கு ஒப்பாகும். ஒரு விண்கலம் புவியைச் சுற்றிவரும் போது எடையற்ற நிலையை அடைகிறது. விண்

வெளிக்கலம் புவியைச் சுற்றி வரும் போது உண்டாகும் மைய விலகு விசையும் Centrifugal Force), புவி ஈர்ப்பு விசையும் (Gravitational Force) சமநிலை அடைவதால் விண்வெளிக்கலம் எடையற்ற நிலையை அடைவது சாத்தியமாகிறது. இந்தச் சுற்று வழியானது (ORBIT) புவியின் மையத்திலிருந்து ஏறக்குறைய சமதூரத்தில் இருப்ப தால் வட்டப்பாதையாக (CIRCULAR ORBIT) உள்ளது எனலாம். இச்சுற்றுப் பாதை முட்டை வடிவில் நீள்வட்டமாக (ELLIPTICAL ORBIT) இருக்கும். முட்டைவடிவச் சுற்றுப் பாதையில் புவிக்கு அருகில் சுமார் 200 கி.மீ. என்ற அளவில் உள்ள அண்மைத் தூரத்தை 'பெரிகி' (PERIGEE) என்றும் புவிக்குச் சேய்மையில் உள்ள ஆயிரக்கணக்கான கி.மீ. தூரத்தை 'அப்பாகி' (APOGEE) என்றும் கூறுவர்.

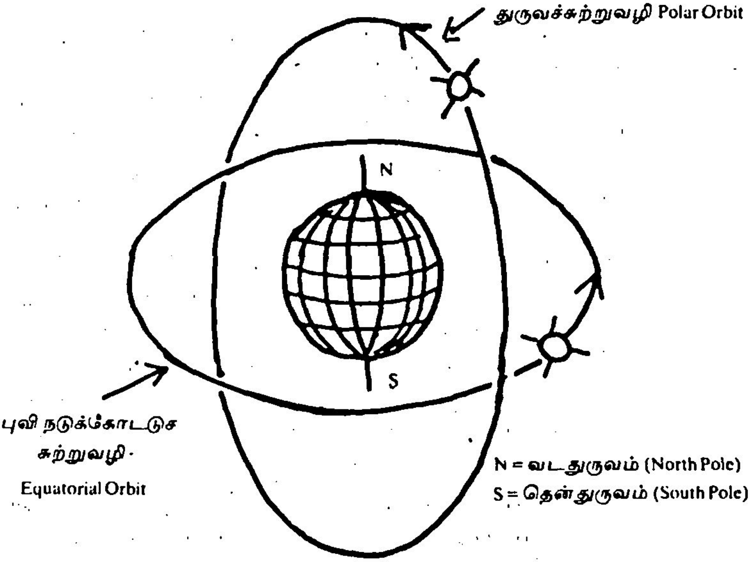


படம் 1.1
செயற்கைக் கோளுக்குச் சாத்தியமான நீள்வட்ட, வட்டச் சுற்று வழிகள்

P = (அண்மைத் தொலைவு) (PERIGEE)
A = (சேய்மைத் தொலைவு) (APOGEE)
E = புவி (EARTH)

இச்சுற்றுவழிப் புவி நடுக்கோட்டுக்கு மேலோ, சாய்வாகவோ அல்லது தென்/வட துருவத்திற்கு மேலோ அமையும் 36000 கி.மீ. தொலைவு உயரச் சுற்று வழியில் விடப்படும் செயற்கைக் கோள், புவியோடு ஒத்துச் சுழலும் தன்மை உடையது. புவியானது தன்னைத்தானே ஒருமுறைச் சுற்றிக்கொள்ள 24 மணி நேரம் ஆவது போல், இத்தகைய செயற்கைக் கோளும் புவியோடு ஒத்துத் தன் விண்வெளிப் பாதையில் நகர்வதால் தனது ஒரு சுற்று விண் வெளிச் சுற்றுக்கான நேரம் 24 மணி ஆகும். இதன் காரணமாகப் புவி நடுக்கோட்டுப் பகுதியில் உள்ள எந்த ஒரு இடத்திலிருந்து இந்தச் செயற்கைக் கோளை நோக்கினாலும் அது அசையாது நிலையாக உள்ளது போல் தோன்றும். எனவே இச் செயற்கைக் கோள், புவி நிலைத்தன்மையது (GEOSTATIONARY) அல்லது புவி ஒத்தியக்கத் தன்மையது (GEOSYNCHRONOUS) என்று கூறலாம். இச்செயற்கைக் கோள் புவியின் ஒரே இடத்தை எப்போதும் நோக்கி இருப்பதால், அந்த இடத்தைத் தொடர்ந்து கண்காணித்

துப் பலவிதத் தகவல்களை அவ்வப்போது பெற வாய்ப்பு உள்ளது. முதன்முதலில் ஏவப்பட்ட செயற்கைக் கோள், ஒரு புதிய செயற்கைக் கோள் தொழில்நுட்பத்துறையைத் தொடங்குவதற்கு ஏதுவானது என்றாலும் அதைவிட அண்டவெளி ஆராய்ச்சிக்கு அது பெரும் அளவில் வழிவகுத்தது என்பதை அறிவியலார் உணர்ந்தனர்.



படம் 1.2
பூமத்திய ரேகையும் துருவச் சுற்று வழியும்

முதலில் செலுத்தப்பட்ட ஸ்புட்னிக் (Sputnik) மற்றும் அதனைத் தொடர்ந்து ஏவப்பட்ட ஏனைய செயற்கைக் கோள்களின் தலையாய நோக்கம், விண்வெளியில் உள்ள காற்று மண்டலமும், சூரிய ஒளிக்கதிர் வீச்சும் சேரும்போது நடைபெறும் செயல்களை ஆய்வதேயாகும். சர்வதேசப் புவி இயற்பியல் ஆண்டாகக் கொண்டாடப்பட்ட ஜூலை 1957 முதல் டிசம்பர் 1958 வரையுள்ள காலக்கட்டத்தில், இச் செயற்கைக் கோள் செலுத்தப்பட்டது சிறப்பாகக் குறிப்பிடத்தக்கது. இராணுவ, அரசியல், வர்த்தகத்துறைகளின் வளர்ச்சிகளைக் கருத்தில் கொண்ட, செயற்கைக் கோள் தொழில் நுட்பம் மேலும் வளர ஊக்குவிக்கப்பட்டது. செயற்கைக் கோள் தொழில்நுட்ப வளர்ச்சி இராணுவ முறை, ஒருபுறம் அச்சுறுத்துவதாக உள்ளது. அதே நேரத்தில், மறுபுறம் மனிதச் சமுதாயம், பொருளாதாரம், நலத்துறை முதலியவற்றின் மேம்பாடுகளுக்கு உதவும் அளப்பதற்

கரிய சக்தி இப்புதிய செயற்கைக் கோள் தொழில்நுட்பத்தில் மறைந்து கிடக்கிறது என்பதையும் யாரும் மறுக்க இயலாது.

விண்வெளிமண்டலம் சமாதான சகவாழ்வுக்குப் பயன்படுவதை வலியுறுத்தும் பொருட்டு முதலில் 1968-ஆம் ஆண்டிலும், மீண்டும் இரண்டாவது முறையாக 1982-ஆம் ஆண்டிலும் வியன்னா நகரத்திலேயே இரண்டு சர்வதேச மாநாடுகள் நடத்தப்பட்டன.

இத்தருணத்தில் இந்தியாவின் சிறந்த விஞ்ஞானியான அமரர் டாக்டர் விக்ரம் சாராபாய் 1968-ஆம் ஆண்டு நடந்த மேற்கண்ட சர்வதேச மாநாட்டுக்கு அறிவியல் தலைவராக இருந்து சிறப்பாகப் பணியாற்றியதும், பின்னர் 1982-ஆம் ஆண்டு நடந்த இரண்டாவது சர்வதேச மாநாட்டுக்கு மற்றொரு இந்திய விஞ்ஞானியான டாக்டர் யஸ்பால், ஐக்கிய நாட்டுச் சபைப் பொறுப்புச் செயலாளராக இருந்து சிறந்த முறையில் பணி ஆற்றியதும் பெருமையுடன் நினைவு கூரத்தக்கவையாகும். விண்வெளி மண்டலம் பொதுவாக உலகச்சமாதானச் சகவாழ்வுக்கு உதவ வேண்டுமென்பதிலும், செயற்கைக் கோள் தொழில்நுட்பம் குறிப்பாக, மனித நல மேம்பாட்டுப் பணிகளுக்கும் பயன்பட வேண்டுமென்பதிலும் இந்திய நாடு கொண்டுள்ள ஆழ்ந்த பற்று இத்தகைய சர்வதேச மாநாட்டுப் பணிகளில் இந்திய விஞ்ஞானிகள் ஈடுபட்டுச் சிறப்பாகப் பணியாற்றியதின் மூலம் வெளிப்படுகிறது.

அண்டவெளியின் அமைதிப்பயன்கள், வளரும் நாடுகளைக் கவ்வியுள்ள பெரும் பிரச்னைகளைத் தீர்க்க உதவும். அடியில் கண்ட தீர்வுக்குரிய சில பிரச்னைகளைச் சான்றாகக் குறிப்பிடலாம்.

1) மக்களின் கல்வியறிவு, நல்வாழ்வு, சுகாதாரம், மக்கள் தொகைக் கட்டுப்பாடு, தேசிய ஒருமைப்பாடு, பயிர் விளைச்சல், பயிர்ப் பாதுகாப்பு பற்றிய புதிய முறைகளைக் கற்பித்தல் போன்ற சமுதாயப் பணிகள் பற்றிய தகவல்களைத் திறமையாகத் தொலைத் தொடர்பு விண்வெளிச் சாதனம் மூலம் பரப்புதல்.
2) இயற்கையால் ஏற்படும் அழிவுகள், தொழிற்சாலை நிர்வாகம், சட்டம் ஒழுங்கு பராமரிப்பு, குடிமக்கள் தங்களது தகவல்களைப் பரிமாறிக்கொள்வது போன்ற பணிகளை ஓர் இடத்திலிருந்து மற்றோர் இடத்திற்குத் தொடர்பு கொள்வது.
3) வானிலை, கடல், யாரும் வசிக்காத நிலப்பகுதி பற்றிய தகவல் சேகரிப்பு முறைகளை மேம்படுத்தல், வெள்ளம், வறட்சி பற்றி முன் கூட்டி அறிவிக்கத் தேவையான வானிலை ஆராய்ச்சித் தகவல்களைச் சேகரித்தல், மற்றும் நாட்டின் விவசாயம், புவியியல், காட்டுவளம், நீர்வளம், கடல்வளம்

பற்றிய தகவல்களை விரைவாகச் சேகரித்தல் போன்ற பணிகளுக்காகச் செயற்கைக் கோள் ஒளிப்படக் கருவிகளைப் பயன்படுத்தல்.

பலநூறு கோடி ரூபாய் முதலீடு செய்யப்படும் பெரிய பல்துறை திட்டங்களில் நவீனத் தொழில் நுட்பத்தைப் பயன்படுத்திச் சிறப்பாக நிர்வகிக்கும் தேசிய திறமைத் தகுதியை வளர்க்க விண்வெளித் தொழில்நுட்பத்தை ஈடுபடுத்தலாம். உதாரணமாக, ஒரு பக்ராநங்கள் திட்டமோ, எஃகுத் தொழிற்சாலையோ எவ்வப்போது தேவைப்படுகிறதோ அவ்வப்பொழுதெல்லாம் அப்பணியைச் செவ்வனே செய்து முடிக்க நாம் வெளிநாட்டுப் பொறியாளர்களையும், நிர்வாகிகளையும் நாடிச் செல்கிறோம். இந்நிலைக்கு ஆட்சியின் உயர்மட்டத்தில் இருப்பவர்களுடைய தந்நம்பிக்கையின்மையேதான் காரணம் ஆகும். விண்வெளித் திட்டங்களின் வெற்றியும், அதனால் உண்டாகும் நல்வாழ்வு நிர்வாகப் பயன்களும் நமது வருங்காலச் சந்ததி ஆட்சியாளர்களிடம் நம்பிக்கையை ஊட்டி வளர்க்கத்தான் போகின்றன.

தொலைத்தொடர்புத்துறை, வணிகத்துறை அல்லது நிலவள ஆய்வுத்துறை போன்ற அறிவியல் தொழில்நுட்ப முன்னேற்றத் துறைகளின் மேம்பாட்டுக்கும் செயற்கைக் கோள் தொழில்நுட்பம் பெரிதும் உதவுகிறது. பல்கலைக் கழகங்களிலோ, தொழில் நுட்ப நிலையங்களிலோ கற்பிக்கப்படும் பாடங்கள் ஒரு பத்தாண்டுகளிலோ, அதற்குள்ளாகவோ, காலத்திற்கு ஒவ்வாதவை (OBSOLESCENCE) ஆகின்றன. எனவே விண்வெளித் தொழில் நுட்ப வளர்ச்சிக்கு இளைஞர்களின் தொண்டும், இளையவர்களைப் பாராட்டி ஊக்குவிக்கும் மூத்தவர்களின் மனப்பாங்கும் தேவைப்படுகின்றன. இந்தத் தொழில்நுட்பம், பலதுறைகளைத் தன்னகத்தே கொண்ட தனிச்சிறப்புடையது. ஆகையால், சீரிய குறிக்கோள்களை வரையறுத்து அவற்றைத் தவறாது அடைவதில் தந்நம்பிக்கையும் தகுதியும் திறமையும் கொண்ட இளம் விஞ்ஞானிகளும், தனிச்சிறப்பு ஆற்றல் உடையவர்களும் ஒன்றாக இணைந்து செயல்பட வேண்டியது இன்றியமையாதது. இத்தகைய பல்துறைக் குழு ஒற்றுமையாகச் செயல்படும் சமுதாயச் சூழ்நிலையில்தான் விண்வெளித் தொழில்நுட்பம் வாழ, வளர இயலும்.

இராணுவ காரியங்களுக்குப் பயனபடும் செயறகைக் கோள்களைத் தவிர, ஐக்கிய அமெரிக்காவும், சோவியத் ரஷ்யாவும் தொலைத் தொடர்புக்காகவும், வானிலைத் தகவல்களைச் சேகரிக்கவும் தங்களுக்கென்றே இராணுவக் குறிக்கோளற்ற சில சாதாரணச் செயற்கைக் கோள்களை வைத்திருப்பது உலகம் அறிந்தது.

நமக்கு வேண்டிய இன்றியமையாத முக்கியத் தகவல்களை எப்போதும் பிறரிடம் இருந்து தொடர்ந்து பெறும் சூழ்நிலை, நமது நாட்டின் வளர்ச்சிக்கு உகந்தது ஆகாது: நமது முன்னேற்றத்தைக் கட்டுப்படுத்தும் கட்டாயச் சூழ்நிலை ஏற்பட வாய்ப்பு உண்டு. நமக்கு வேண்டிய முக்கியத் தகவல்களுக்காக நாம் கையேந்திச் சார்ந்திருப்பவரிடம், நமது பரஸ்பர உறவு நெருக்கடிக்குள்ளானால் நமக்கு வேண்டிய தகவல்கள் எந்நேரத்திலும் அவர்களால் திடீரென நிறுத்தப்படலாம்.

குறிப்பிட்ட, சிறு எல்லைக்குட்பட்ட ஒரு துறையின் நன்மைகளை மட்டும் எதிர்பார்ப்பதை விடுத்து, பரந்த அளவில் பல துறைகளில் ஏற்படும்போது நன்மைகளைக் கருத்தில் கொண்டு திட்டச் செலவு/பயன் பற்றி ஆய்ந்து முடிவெடுக்கும் அணுகுமுறையின் முக்கியத்துவத்தை நமது மேல்மட்ட ஆட்சியாளர்கள் இப்போது உணர்ந்திருப்பது நல்ல அறிகுறி எனலாம். பரந்த நாட்டுப் பகுதிகளில் இங்குமங்கும் சிதறி வாழும் மக்கள்சமுதாயத்திற்குத் தொலைத் தொடர்புச் செயற்கைக் கோள் திறமையாகச் செயல்பட்டுத் தொண்டாற்ற இயலும் பல அட்ச/தீர்க்க ரேகைப் (Longitude/Latitude) பாகைகளுக்குள் விரிந்து பரந்த நில அமைப்புப் பகுதிகளையும், பலவிதத் தட்பவெப்பச் சூழ்நிலைகளையும் தன்னகத்தே கொண்ட நம் இந்திய நாடு, தனக்கென்று ஒரு தனி வானிலைச் செயற்கைக் கோளை உருவாக்கி விண்வெளியில் செலுத்தி நமக்காகச் செயல்பட வைப்பது இன்றியமையாதது ஆகும்..

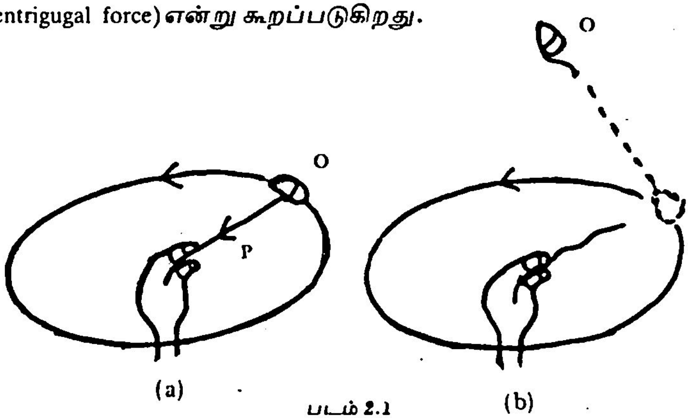
இத்தகைய காரணங்களை முன்னிட்டு, 1982 ஆம் ஆண்டு மே மாதம்தொலைத் தொடர்பு வானிலை சம்பந்தப்பட்ட இன்சாட்.1—A என்ற செயற்கைக் கோள் ஒன்றை 65 கோடி ரூபாய் செலவில் செப்பனிட்டு இந்தியா விண்வெளியில் செலுத்தியது. எதிர்பாராத இயந்திரக்கோளாறு காரணமாக இந்தச் செயற்கைக் கோள் ஐந்தாவது மாதத்தில் செயல்திறம் குன்றியது. இதன்பின் தேவையான திருத்தங்கள் செய்யப்பட்ட இன்சாட்.1—B என்ற இரண்டாவது செயற்கைக் கோள் 1983 ஆம் ஆண்டு ஆகஸ்டு 30 ஆம் தேதி விண்வெளியில் செலுத்தப்பட்டது. இது ஏழாண்டுக் காலம் திட்டமிட்டவாறு திறம்படச் செயல்பட்டது. இதன் பணிக்காலம் முடியும் தருவாயில் இதற்கு மாற்றுக்கோளாக ஏவப்பட்ட இன்சாட்.1—C என்ற மூன்றாவது செயற்கைக் கோள் சரிவர இயங்காததால் இது கைவிடப்பட்டது. இதன்பின் இன்சாட் வரிசையில் இன்சாட் 1—D என்ற நான்காவது தொலைத் தொடர்புசெயற்கைக் கோள் 1990 ஆம் ஆண்டு ஜூன் மாதம் விண்வெளியில் ஏவப்பட்டது. இது சிறப்பாகத் தற்போது செயல்பட்டு வருகிறது.

மேலும், ஆர்யபட்டா, பாஸ்கரா I, II போன்ற தொலை உணர்வுச் செயற்கைக் கோள்களை வடிவமைத்து வெற்றிகரமாக இந்தியா விண்வெளியில் செலுத்தியதையும் இங்குச் சிறப்பாகச் குறிப்பிட வேண்டும். இந்த வகைத் தொலை உணர்வு செயற்கைக் கோள்கள் சோவியத் ரஷ்ய ஏவுகணைகளால், ரஷ்ய ஏவுகணைத் தளங்களிலிருந்து விண்வெளிக்குச் செலுத்தப்பட்டன. எஸ்.எல்.வி.3 (SLV-3) என்ற ஏவுகணையை இந்தியா தயாரித்தது. இதன் மூலம் 40 கிலோ எடையுள்ள ரோகிணி என்ற செயற்கைக் கோளை ஸ்ரீஹரிகோட்டா தளத்திலிருந்து இந்தியா ஏவியது. 1000 கிலோ எடையுள்ள செயற்கைக் கோள்களை ஏவுவதற்காக ஏ.எஸ். எல்.வி. ASLV) மற்றும் பி.எஸ்.எல்.வி. (PSLV) போன்ற பெரிய ஏவுகணைகளை இந்தியா தயாரித்தது. ஐ.ஆர்.எஸ்.1—A (IRS-1A) என்னும் தொலை உணர்வுச் செயற்கைக் கோளை 1988-ஆம் ஆண்டு மார்ச்சு மாதம் விண்ணில் செலுத்தி, நமது நாட்டு வளங்கள் பற்றிய தகவல்களை நாம் சேகரித்து வருகிறோம். இந்தியாவின். இத்தகைய முயற்சிகளையும் சாதனைகளையும் பற்றிய விவரங்கள் பின் வரும் அத்தியாயங்களில் விவரிக்கப்பட்டுள்ளன.

* 1983—ஆம் ஆண்டு ஏப்ரல் 17-ஆம் தேதி புதிய எஸ்.எல்.வி.3 ஏவுகணை புதிய வார்ப்பு ரோகினி செயற்கைக் கோளை ஸ்ரீஹரிகோட்டாத் தளத்திலிருந்து இந்தியா விண்ணில் செலுத்தியது.

செயற்கைக்கோளின் கணிதத் தத்துவம்

நூலின் ஒரு முனையில் சிறுகல்லைக் கட்டி, மறுமுனையைக் கையில் பிடித்துக் கொண்டு சுழற்றி விளையாடிய அனுபவம் வாழ்க்கையில் ஒவ்வொரு வருக்கும் ஏற்பட்டிருக்கும். அவ்வாறு சுழற்றும்போது, கல் கையில் உள்ள நூலின் மறு முனையை இழுப் பதையும் சுழற்றும் வேகத்தைப் பொறுத்து நூல் இழுப்புத்திறன் வேறுபடுவதையும் உணரமுடியும். கயிற்று, நுனியில் கட்டப் பட்ட கல் வட்ட வடிவப் பாதையில் சுழன்று வந்துகொண்டிருக் கும். ஆனால், கயிறு அறும்போது கல் வட்டவடிவப் பாதையில் சுழல்வது நின்று விடுகிறது; வட்டப்பாதை ஆரத்திற்குச் செங்குத் தான நேர்க்கோட்டில் கல் நகர்ந்தோடுகிறது. இவ்வாறு ஒரு பொருள் வட்ட வடிவப் பாதையில் நகர்வதற்கு வெளிப்புற இழுப்புச் சக்திக்கு ஈடுகொடுத்துச் சரிகட்ட, மையம் நோக்கி இழுக்கும் சக்தி ஒன்று அவசியமாகிறது. ஒருபொருள் வட்டவடிவப் பாதையில் சுற்றி வருவதால் ஏற்படும் 'மைய விலகு விசை' (Centrigugal force) என்று கூறப்படுகிறது.



படம் 2.1

(a) கயிற்றின் நுனியில் கட்டப்பட்ட கல்சுழல்வது. (P) என்பது கயிறு மூலம் கையானது கல் (O) லின் மீது உண்டாக்கும் இழுப்புச் சக்தி.

(b) கயிறு அறுகிறது. கல்லில் இழுப்புச் சக்தி இல்லை. கல், கயிறு அறுந்து புள்ளியில் ஏற்படும் தொடு கோட்டில் பறந்து ஓடுகிறது.

இதன் அளவு MV2/R என்பதாகும்

இந்தச் சூத்திரத்தில் m = சுற்றிவரும் பொருளின் பொருண்மை
V = சுற்றிவரும் பொருளின் திசைவேகம்
R = வட்டவடிவப்பாதையின் ஆரம்.

அறிவியலறிஞர் நியூட்டன், புவிக்கும் துணைக்கோள்களுக்கும் இடையே ஏற்படும் ஈர்ப்புச் சக்தி பற்றித் தமது புவிஈர்ப்புச் சக்தி பற்றிய பொதுத் தத்துவத்தில் குறிப்பிட்டுள்ளார். இந்தத் தத்துவத்தின்படி புவியைச் சுற்றி வரும் செயற்கைக் கோளும், புவிஈர்ப்புச் சக்திக்கு ஆட்பட்டுச் செயல்பட்டு வருகிறது. ஒரே சீரான தன்மையுடைய பூகோள அமைப்பில் புவிஈர்ப்புச் சக்தி அளவு GMM/R2 என்று அளவிடப்பட்டுள்ளது.

இதில் உள்ள G= 6.66 10^{-8} செ.மீ^{3} /கிராம்/வினாடி^{3} (பூமி)
M= 5.890 × 10^{27} கிராம் (பூமி)
m= பொருண்மை (செயற்கைக் கோள்)
R= வட்ட வடிவப் பாதையின் ஆரம் (செயற்கைக்கோள்)

புவியின் சராசரி ஆரத்தை a என்றும், புவிக்கு மேலே சுற்றும் செயற்கைக் கோளின் மாறாத உயரத்தை h என்றும் குறிப்பிட்டால், புவியின் மத்தியிலிருந்து செயற்கைக் கோளின் மொத்த உயரமான R என்பது (a + h) என்பதற்குச் சமமாகும். செயற்கைக் கோளின் நகர்வு பற்றிய சமன்பாட்டை mv2/ (a + h) = (G. m.M/(a+h)^2 என்று எழுதலாம். இதனையே சுருக்கி U^2= (G.M) a + h என்று எழுதலாம். செயற்கைக் கோளின் ஒரு சுற்றுக்குரிய நேரமான T-இன் மதிப்பு அடியிற் கண்டவாறு குறிப்பிடப் படுகிறது.

T = 2π (a + h) /V
அல்லது
T = 2π (a + h)3/2 (GM)1/2

மேற்கண்ட சமன்பாட்டில்,
G= 6.668 10-8 செ.மீ^{2}/கிராம் வினாடி^{2}
R= 6370 கி.மீ
M = 5890 × 10^{27} கிராம்
h = 1000 கி.மீ என்றவாறு மதிப்புகளைப் பிரதியீடு செய்தால், செயற்கைக் கோள் புவியைச் சுற்றிவர **104** நிமிடம் ஆகும் என்று நிர்ணயிக்கலாம்.

துருவங்களுக்கு மேலாக வட்டச்சுற்றுப் பாதையில் சுற்றும் செயற்கைக் கோள்தான் புவியின் மேற்பரப்பைப் பகலில் படம் பிடிப்பதற்குப் பெரிதும் பயன்படும். செயற்கைக்கோள் புவியை வடக்கிலிருந்து தெற்காக ஒரே வட்டப்பாதையில் சுற்றும்போது, இதற்கு நேர் கீழ் உள்ள புவியின் பகுதிகளில் உள்ளூர் நேரம் ஒன்றாக இருக்கும்; சூரியன் அப்பகுதிக்கு மேலே கொண்டுள்ள சாய் கோணமும் ஒன்றாக இருப்பதால் இது சாத்தியமாகிறது.

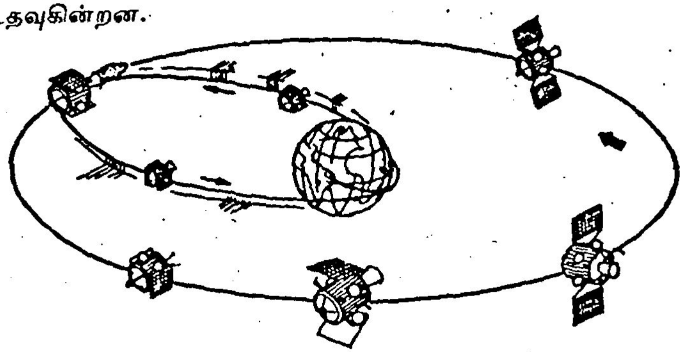
இதனை மேலும் சற்று விளக்கமாகக்கூற வேண்டுமானால், புவி மேற்கிலிருந்து கிழக்காவும், செயற்கைக் கோள் வடக்கிலிருந்து தெற்காகவும் சுற்றுவதால் இவ்வாறு செயற்கைக் கோளின் ஒவ்வொரு சுற்றுக்கும் உள்ளூர் நேரம் ஒன்றாக இருக்கும் என்ற நியதியை நினைவில் கொள்ள வேண்டும். எனவே, இந்த வகை செயற்கைக் கோள்களைச் சூரியனை ஒத்துச் சமநேரத்தில் இயங்கும் sunsynchronous செயற்கைக்கோள் என்பர். எடுத்துக்காட்டாக, இந்த வகையான ஒரு செயற்கைக் கோள் 1000 கி.மீ உயரத்தில் புவியைச் சுற்றி வர ஒரு சுற்றுக்கு 104 நிமிடம் நேரம் எடுத்துக் கொள்கிறது. இது நிலநடுக்கோட்டுப் பகுதியின் மேல் கடந்து வரும்போது அங்குள்ள உள்ளூர் நேரம் காலை 10 மணி அளவில் ஒவ்வொரு சுற்றுக்கும் இருக்கும். முதல் சுற்று 104 நிமிடங்களில் முடிந்து, இரண்டாவது சுற்றின் போது இந்தச் செயற்கைக்கோள் நிலநடுக்கோட்டுப் பகுதியைக் கடக்கும். அப்பொழுது புவியானது கிழக்கு நோக்கி $\frac{360\times 104}{24\times 60} = 26$

அதாவது 26° அட்ச ரேகை (LONGITUDE) நகர்ந்திருக்கும். அவ்வமயம், உள்ளூர் நேரமும் துல்லியமாகக் காலை பத்து மணிநேரமாக இருக்கும். இது எவ்வாறெனில் ஒவ்வொரு 15° அட்ச ரேகைத் துண்டுப் பகுதிக்கும் ஒரு மணி நேரம் சமமாகும் என்ற கணக்கில் 26°-க்குச் சமமான 104 நிமிடக் கால நேரத்தில் இவ்வாறு ஒரே உள்ளூர் நேரமாக இருக்க நேர்கிறது. இந்நிகழ்ச்சியானது, செயற்கைக் கோள் புவியைச் சுற்றிவரும் ஒரு சுற்றுக்கு ஆகும் நேரத்தைப் பொறுத்தது அல்ல என்பது வெளிப்படை உண்மை ஆகும்.

முதல் அத்தியாயத்தில் குறிப்பிட்டது போல், புவி ஒத்தியக்கச் செயற்கைக் கோள் புவியின் ஒரு பகுதிக்கு மேல் எப்போதும் நிலைகொண்டிருக்கும். அதனால், புவியைப் போலவே இந்தச் செயற்கைக் கோளுக்கும், புவி நடுக்கோட்டை ஒட்டிய ஒரு வட்டச்சுற்றுக்கு 24 மணி நேரம் ஆகிறது. இப்படி ஆகும் 24 மணி நேர அளவுக்கு, இந்த வகைச் செயற்கைக் கோள் புவி மேலே 35830 கி.மீ அல்லது ஏறக்குறைய 36,000 கி.மீ உயரத்தில் விடப்பட வேண்டும்.

1000 கி.மீ உயரத்தில் புவியைச் சுற்றி வரும் வட்டச்சுற்று வழி செயற்கைக் கோளின் வேகம் ஒரு நிமிடத்திற்கு 7.34 கி.மீ அல்லது ஒரு மணிக்கு 26,400 கி.மீ என்ற அளவில் இருக்கும். பூமியை ஒத்த வேகமுடைய செயற்கைக் கோள் புவிக்கு மேலே 36000 கி.மீ உயரத்தில் நிலையாக இருக்கும்போது அதன் வேகம்

ஒருநிமிடத்திற்கு 3.14 கி.மீ அல்லது ஒரு மணிக்கு 11,300 கி.மீ என்ற அளவில் இருக்கும். இத்தகைய திசை வரைவுகள், செயற்கை கோள் வட்டச்சுற்றுவழியில் பல உயரங்களில் புவி மேலே சுற்றி வர முடுக்கிவிடப்பட வேண்டிய திசை விரைவைத் தெரிந்தெடுக்க உதவுகின்றன.



படம்-2.2

ஆப்பிள் செயற்கைக் கோள் சுற்றுப்பாதை நிலைகள். தொடக்க நீளவட்டச் சுற்று வழியில் இருந்து இறுதி பெருவட்டச் சுற்று வழிக்குச் செயற்கைக் கோளை மாற்றுவதற்கு எடுத்துக்காட்டு. இந்நிலையில் புவி நிலைக் கோட்டுச் சுற்றுவழி அமையும்.

1. சேய்மைநிலை மோட்டார் கிளம்பல் ஜூன் 22, 1991 நகர்ச்சிச் சுற்றுவளி
2. செயற்கைக்கோள் நிலையின் இயல்முறை (1-2 கிழக்கு) ஜூலை 16, 1991
3. கார்பம் சார் சுழற்சி
4. மாறு சுற்று வழியில் ஆய்வுக்கருவி சுமையைச் செலுத்தல் 200×36000 கி.மீ 10.5 நிமிடத்திற்கு 10 சுற்று ஜூன் 19, 1981
5. கதிரவன் கோடு
6. மாறுச் சுற்று வழி
7. நிமிடத்திற்கு 0.5 சுற்றுக்குச் சுழற்சி குறைதல் சூரியனைச் சார்ந்த சுழற்சி அச்சின் இயக்கவாகு
8. சூரியத்தட்டுத் திறத்தலும், சூரியன் வழியறிதலும்
9. புவியின் மீது அமைந்த சக்கரமேல் சுழற்சி மூவச்சு முறை ஜூன் 24, 1981

1. APOGEE MOTOR FIRING JUNE 22, 1991 DRIFT ORBIT
2. NORMAL MODE OF THE SATELLITE POSITION (102 DEGE) JULY 16, 1981
3. SPIN SUP TO CORPM
4. INJECTION OF PAYLOAD IN TRANSFER ORBIT 200×36000 K M 10.5 DEG. IOR P M JUNE 19, 1981
5. SUN LINE
6. TRANSEER ORBIT
7. DESPIN TO 0.5 P M ORIENTATION OF SPIN AXIS I TO SUN
8. SOLAR PANEL DEPLOYMENT AND SUN TRACKING
9. EARTH AQUISITION MOMENTUM WHEEL SPIN UP. THREE AXIS MODE . JUNE 24, 1981

அண்டவெளிக் கோள்களின் இயக்கம் பற்றிய விஞ்ஞானி நியூட்டனின் விதிகளின்படி பார்த்தால், துணைக்கோள்கள் வட்டச்சுற்று வழிகளில் தான் இயங்க வேண்டுமென்பதில்லை.

நீள்வட்டச்சுற்றுவழி தான் (Elliptical orbit) பொதுவாகப் பொருத்தமானது. ஆனால், வட்டச்சுற்றுவழி என்பது நீள்வட்டப்பாதையில் அடங்கும் ஒரு குறிப்பிட்ட வகைதான். கனமான புவியானது, நீளவட்டத்தின் இருமையங்களில் (Foci) ஒன்றில் இருக்கும். (வட்டப்பாதையில், இந்த இரு நீள்வட்ட மையங்களும் ஒன்றாகச்சேர்ந்து ஒருமையமாக இருக்கும்). செயற்கைக்கோள், சுற்றுவழியில் விடப்படும் போது, அதற்குச் செலுத்தப்படும் திசையையும், திசை விரைவையும் பொறுத்துத்தான் அந்தச் செயற்கைக்கோளின் சுற்றுவழியின் செயல்வடிவம் அந்தச்சமயத்தில் தீர்மானிக்கப்படுகிறது. செயற்கைக்கோளில் பொருத்தப்பட்ட சில 'சிலிண்டர்'களில் ஜடவாயுக்களை அழுத்தமாக நிரப்பி, அவ்வப்போது திறந்து மூடுவதன்மூலம் சுற்றுவழியின் அளவுகள் விரும்பியவண்ணம் ஓரளவு மாற்றி அமைக்க இயலும். 'சிலிண்டர்'களின் 'வால்வு'களைத் திறந்து மூடுவதற்குரிய கட்டளைகள் பூமியிலிருந்து செயற்கைக் கோளுக்குச்சங்கேத சமிக்ஞைகள் வடிவத்தில் கம்பியில்லாத்தந்தி மூலம் அனுப்பப்படுகின்றன. இராணுவ உளவுகாரியங்களுக்காகப் பல இராணுவச்செயற்கைக் கோள்களைப் பெருகித்தொலைவு (Perigee) சில நூறுமைல் இருக்குமாறும், சில ஆயிரக்கணக்கில் அப்பாகித் தொலைவு (Apogee) இருக்குமாறும் வெளிநாடுகள் நீள வட்டச் சுற்றுப் பாதையில் ஏவுகின்றன.

புவியானது உருண்டையாகவும், ஒரே சீரான அடர்த்தியுள்ள (Density) ஒரு மைய வட்ட ஓடுகளாகவும் (Concentice Shells) இருக்கும் போதுதான் மேற்கண்ட ஆரம்பக்கணிதச் சமன்பாடுகள் ஒத்துவரும். இவ்வாறு உள்ள சூழ்நிலையில்தான் புவியை ஒரே பொருண்மை (Mass) கொண்டு புள்ளியாகக் கருதலாம் ஆனால், புவி ஒரு வட்டக்கோள அமைப்பாகவோ, (Spherical) ஒரே சீரான அடர்த்தியுள்ள ஒருமைய வட்ட ஓடுகள் கொண்ட அமைப்பாகவோ இல்லை; ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தாக உள்ள மூன்று பரஸ்பரத் தளங்கள் கொண்ட சுமாரான நீளவட்டக் கோளம் எனக் குறிப்பிடத்தக்க வகையிலேயே உள்ளது. வட்ட வடிவம் சுற்றுப்பாதையில் செல்லும் செயற்கைக் கோள்கள் கூட ஒரே மாதிரியான சுற்றுத்தடத்தை (Trajectory) அடுத்தடுத்துள்ள ஒவ்வொரு சுற்றிலும் பெறாதநிலை இதன் விளைவாக ஏற்பட்டுள்ளது. பின்னால்வரும் ஒவ்வொரு சுற்றுத்தளமும் பூமியின் அச்சுக்குப் பின்னோக்கி மெதுவாகச் சுற்றுகிறது. செயற்கைக்கோள் புவி

நடுக்கோட்டைக் கடக்கும். புள்ளிகளுக்கு நோட்ஸ் (Nodes) என்று பெயர். இந்நோட்ஸ்கள் புவிநடுக்கோட்டு வட்டத்தில் பின்னோக்கிய (Retrograde) இயக்கம் கொண்டவை. இதற்கு நோட்ஸ்களின் 'பின்னியக்கம்' (Precess on) என்று பெயர்; பின்னியக்க அளவை நாம் கவனிக்க இயலும்; ஆனால், இதனை துல்லியமாகக் கணக்கிட இயலாது; ஏனெனில, புவியின் உண்மையான வடிவமைப்பு, அதன் பொருண்மைப்படர்வு போன்ற விவரங்கள் நமக்குப் போதிய அளவில் தெரிவதாக இல்லை. செயற்கைக்கோள் சுற்றுவழியில் ஏற்படும் மாற்றம், செயற்கைக்கோள் சுற்றுவழியைப் பற்றிய கணிதம் மூலம் விஞ்ஞானிகள் புவியின் வடிவமைப்பு, அதன் பொருண்மைப் படர்வு ஆகிய விவரங்களைப் பெரும் அளவில் கண்டித்துள்ளனர். இந்த அறிவியில் பிரிவுக்குப் புவி அளவியல் (Geodesy) எனப் பெயர். செயற்கைக்கோள் மூலம் புவி அளவியல் பற்றிய விவரங்கள் பெரும் அளவில் தெரிய வந்துள்ளன. இதனைப்பற்றிப் பிரிதோர் அத்தியாயத்தில் காணலாம். 1000 கி.மீ. உயரத்தில் புவிக்கு மேலே சுற்றிவரும் துருவ வட்ட வழிச் செயற் கைக்கோள் ஒரு நாளைக்கு 20 டிகிரி அளவுள்ள வட்டப் பகுதி பின்நோக்கி நகர்கிறது என்றும், இவ்வகை செயற்கைக்கோள் பதினெட்டு நாட்களில் புவியை முற்றும் படம் பிடிக்கிறது என் றும் குறிப்பிடுவதோடு இந்த அத்தியாயத்தை நிறுத்திக் கொள்ளலாம் ($\frac{360}{20} = 18$).

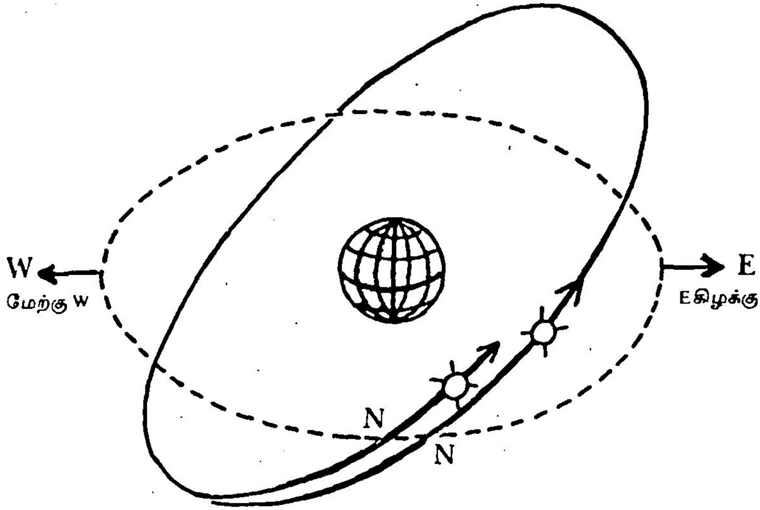
செயற்கைக்கோள் இயக்கவியல் ஒரு கடினமான கணிதப் பிரிவு ஆகும். ஆனால், இவ்வகை கணிதப்பிரிவு சென்ற நூற்றாண் டிலேயே கையாளப்பட்டது. இருப்பினும், பல எண் கணிதக் கணிப்புகளை இப்பிரிவுக் கணிதம் தன்னகத்தே பெறவேண்டி யுள்ளது. தேவைப்படும் பெரிய அளவுக் கணிப்புகளைக் குறைந்த நேரத்தில் விரைவாகச் செய்து முடிக்க முன்னேறிய மின்னியல் கணிப்பொறிகள் பெரிதும் உதவுகின்றன. முன்கூட்டித் திட்டமிடப்பட்டுள்ள சுற்றுப்பாதையில் செயற்கைக்கோளை இட்டு, அது செவ்வனே இயங்குவதற்கு அதன் திசைவேகங்களை அவ்வப்போது மாற்ற வேண்டியுள்ளது; பின்பு, குறிப்பிட்ட ஒரு இடத்தில் செயற்கைக் கோளை விண்வெளிக்கல விஞ்ஞானி சரி யாக இறக்கவேண்டும்; இச் சயல்களைத் தவறில்லாமல் துல்லிய மாகச் செய்வதற்குக் கணிப்பொறிகளின் துணை தேவைப்படு கிறது. புவியின் மேற்பரப்பில் உள்ள குறிப்பிட்ட இடங்களைத் துல்லியமாகக் குறிப்பிட்ட நேரத்தில் செயற்கைக்கோள் படம் பிடிக்க வேண்டுமானால், செயற்கைக்கோள் விண்வெளியில்

குறிப்பிட்ட நேரங்களில் இயங்கும் இடங்கள் தெரிய வேண்டும்; இதற்கான கணிப்புகளை உடனுக்குடன் செய்து முடிக்கக் கணிப் பொறிகள் பெரிதும் உதவுகின்றன. செயற்கைக்கோள் இயக்கம் பற்றிய விரிவான தகவல்களை மேலும் விவரிப்பது இந்நூலின் குறிக்கோள் அன்று. கணிதத்துறையில் ஆர்வம் கொண்டுள்ள இளம் ஆண், பெண் விஞ்ஞானிகளுக்குச் சவாலிடும் பயனுள்ள பணிகள் இங்குக் காத்திருக்கின்றன என்பதைக் குறிப்பிட வேண்டும்.

புவியைச் சுற்றிவரும் செயற்கைக் கோள் இயங்கத் தேவை யான திசைவேகம் வினாடிக்கு 3-இலிருந்து 7 கி.மீ. அதாவது, மணிக்கு 10,000 முதல் 25,000 கி.மீ. வரை இருக்கும் என முன்னரே குறிப்பிட்டிருக்கிறோம். இத்தகைய பெரும் திசை வேகத்தைச் சிறிய பீரங்கிக் குண்டுகளுக்குக் கூட இடுவது கடினமான காரிய மாகும். ஆனால், ஒரு டன் எடையுள்ள பெரும் செயற்கைக் கோள்களை விண்வெளியில் செலுத்துவதற்கு இத்தகைய பெரும் திசை வேகங்களைப் பயன்படுத்த வேண்டியுள்ளது.

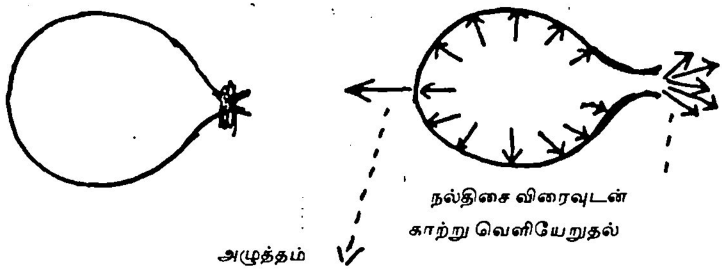
தீபாவளிப் பண்டிகையில் எரிக்கப்படும் ராக்கெட் வெடி களில் உந்து முன்னியக்க விதித் தத்துவம் (Jet propulsion) பயன் படுத்தப்படுவதை அறிவோம். இதே உந்து முன்னியக்க விதித் தத்துவம்தான் செயற்கைக்கோளை விண்வெளியில் அதிவேக மாகச் செலுத்துவதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. அதிவேக ஏவு கணைகள் தயாரிப்பதில் ஏற்படும் முன்னேற்றத்தைப் பொறுத்துத் தான் செயற்கைக் கோள்களின் வளர்ச்சி உள்ளது என்பது வெளிப் படை உண்மையாகும். பலதுறைகளில் ஏற்பட்ட அறிவியல் முன்னேற்றங்கள் இராணுவ நடவடிக்கைகளுக்குப் பயன் பட்டன; அதிவேக ஏவுகணை தயாரிப்பில் ஏற்பட்ட முன் னேற்றங்கள் இராணுவ நடவடிக்கைளுக்குப் பயன்பட்டன; அதிவேக ஏவுகணை தயாரிப்பில் ஏற்பட்ட முன்னேற்றங்கள் முதலில் இராணுவத்திற்குப் பயன்படுத்தப்பட்டன. மைசூரில் நடந்த போர் ஒன்றில், திப்பு சுல்தான் ஆங்கிலேயர்களை எதிர்த் துப் போரிட ஏவுகணை குண்டுகளைப் பயன்படுத்தியது பற்றி வரலாறுதெரிவிக்கிறது. இரண்டாம் உலகப்போர் முடியும் தறு வாயில் இலண்டன் மாநகர் மீது வீசப்பட்ட V_2 ஏவுகணைகளின் வளர்ச்சிதான், செயற்கைக்கோள் பூமியைச் சுற்றிவர ஏவப்படு வதற்குக் காரணமான ஏவுகணைகளின் வளாச்சிகளுக்கு உதவியது.

நாம் ஒரு பலூனுக்குள் காற்றை ஊதி, அதன் கழுத்துப் பகுதி யைக் கட்டிவிட்டால் பலூனுக்குள் அழுத்தம் உண்டாகும். இவ் வழுத்தம் பலூனின் உட்பரப்பு முழுதும் சீராக ஏற்படுவதால் பலூன் நகராமல் இருக்கும். பலூனின் கழுத்துப் பகுதியில் உள்ள



படம்- 2.3

சுற்றுவழியின் பின்னியக்கம். புவி சரியான உருண்டையாக இல்லாதிருக்கும்போது, சுற்றுவழி புவி நடுக்கோட்டுத் தளத்தைக் கடக்கும் புள்ளியான N, மெதுவாக மேற்கு நோக்கி நகரும்.



படம்- 2.4

தேவையான திசை விரைவுடன் காற்று வெளியேறுவதால், பலூனில் உந்து சக்தி உண்டாகிறது. நியூட்டனின் மூன்றாவது விதிப்படி, உந்து சக்தியின் திசை வெளியேறும் காற்றுத் திசைக்கு எதிராக அமையும்.

கட்டை விடுவித்துவிட்டால், உள்ளிருந்த வாயுவானது நியூட்டனின் இரண்டாவது, மூன்றாவது இயக்கச் சக்தி விதிகளுக்குட்பட்டு (Laws of Motion) பலூனுக்கு உந்து சக்தியை ஏற்படுத்துகிறது. இந்த உந்து சக்தி வெளியாகும் வாயுவின் திசைவேகத்தையும், ஒரு வினாடிக்கு வெளியாகும் வாயுவின் எடையையும் பெருக்குவதால் உண்டாகும் அளவைப் பொறுத்திருக்கும். பலூனின் உந்து சக்தி திசை வேகம், வெளியேறும் வாயுவின் திசைக்கு எதிர்த்திசையில்

இருக்கும். இந்த உந்து சக்தியின் அளவைக் குறிக்கும் கணிதச் சமன் பாடு அடியில் தரப்பட்டுள்ளது.

$$F = V.\ \frac{dm}{dt}\ \text{அல்லது}\ V.\ \frac{M_1 - M_2}{T}$$

இங்கு F = உந்து சக்தி

M_1 பொருளின் ஆரம்பப் பொருண்மை (கிராம்)

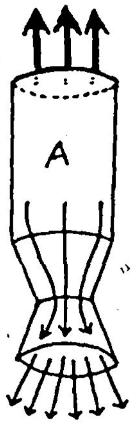
M_2 வினாடிக்குப் பிறகு (ஏற்பட்ட) பொருளின் பொருண்மை (கிராம்)

V வெளியேறும் வாயுவின் திசைவேகம் (செ.மீ/வினாடி)

$(M_1 - M_2)$ எரிந்துபோகும் வெளியேறிய வாயுவின் எடை (கிராம்)

மேற்கண்ட சமன்பாட்டின்படி இயக்கம் நடைபெறுவதற்கு வெளியேறும் வாயுவின் வாயில்புற அழுத்தமும், சுற்றுச்சூழல் வாயு மண்டல அழுத்தமும் ஒன்றாக இருக்குமாறு குறுங்குழல் (Nozzle) நல்லியல்பு (ideal) உள்ளதாக வடிவமைக்கப் பட வேண்டும்.

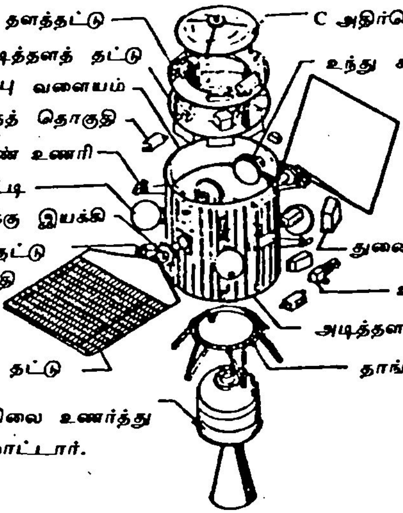
நவீன ஏவுகணை வடிவமைப்பிலும், ஏவுகணைச் செயல்திறன் மதிப்பீட்டிலும் கணிதம் இணைந்த இயற்பியல், வேதியியல் தத் துவங்கள் முதலியன பெரிதும் கையாளப்படுகின்றன. இங்கு இதனைப் பற்றி விரிவாகக்குறிப்பிடுவது இந்நூலின் நோக்கம்



படம் - 2.5

எரிபொருளும் உயிர்வளி ஏற்றியும் சேர்ந்த கலவை எரி அறை (A) வெளி யேறும் வெப்ப வாயுக்கள் அவற்றின் திசைக்கு எதிராக உந்து சக்தியை உண்டாக்குகின்றன.

அன்று. எனினும், இதனையொட்டிய அடிப்படையான கூறு பாடுகளை எளிமைப்படுத்திக் கீழ் கண்டவாறு தந்திருக்கிறோம்.



படம்-2.6

செயற்கைக்கோளின் திறந்த பாகங்களைக் காட்டும் படம்.

படம் 2.5-இல் எரிபொருள் அறையும், குறுங்குழலும் காட்டப் பட்டுள்ளன. உயிர்வளி ஏற்றி (oxidiser) க் கலந்த எரிபொருள், எரிபொருள் அறைக்குச் செலுத்தப்படுகிறது. அங்கு இக்கலவை எரிபொருள், சீராகவும் துரிதமாகவும் எரிகிறது. உயிர்வளி உருவாக்கிக் கலந்த எரிபொருள் கலவையானது, திரவ உயிர் வளியும், சுத்திகரிக்கப்பட்ட மண்ணெண்ணெயும் கலந்த திண்ம வேதியியல் பெருளாகவோ, இவற்றில் வேறு கலவைகளா கவோ இருக்கலாம். ஏவுகணையின் எடை அங்குள்ள ஆய்க் கரு விச் சுமை (payload), எரிபொருள் எடை ஆகிய இவற்றின் மொத்த எடையை M_1 என எடுத்துக்கொள்வோம். M_2 என்பது ஏவுகணையின் மொத்த எடையில் உள்ள எரிபொருள் ஒரே சீராக T செகண்டுகளில் எரிந்தபின் உள்ள எடை எனக்கொள் வோம். கீழ்நோக்கி வெளியேறும் வாயுவின் திசைவேகம் V என் றால் எரிபொருள் எரிந்த பின் உள்ள ஏவுகணையின் எடையான M_2 வின் திசை வேகமான V என்பதின் அளவு அடியிற்கண்ட சமன்பாடுகளில் தரப்பட்டுள்ளன.

$$V = v \log e \frac{M_1}{M_2} - gt \quad \text{அல்லது} \quad 2.303 v \log 10 \frac{M_1}{M_2} - gt$$

இங்கு g என்பது புவிஈர்ப்பு விசையின் விரைவு முடுக்கத்தைக் (acceleration) குறிக்கிறது. சுத்திகரிக்கப்பட்ட மண்ணெண்ணெயும், திரவ உயிர்வளியும் கலந்த கலவை எரிபொருளாகப் பயன்படுத்தப்படும்போது, சரியாக வடிவமைக்கப்பட்ட குறுங்குழலிருந்து வெளியேறும் வாயுவின் திசைவேகம் ஒரு வினாடிக்கு 2800 மீட்டர் என்று எடுத்துக் கொள்ளலாம். ஒரு குறிப்பிட்ட ஏவுகணை இயந்திரம் 425 டன் எரிபொருளை 162 வினாடிகளில் எரித்துவிடுகிறது. இதனால், 500 டன் எடையுள்ள இத்தகைய ஏவுகணை 75 டன் எடையுள்ள ஏவுகணையாகக் குறைந்துவிடுகிறது. ஒர நல்லியல்பு (ideal) ஏவுகணை செங்குத்துத் திசைவேகமான (2,303 × 2800 × log 500/75 - 1620) m/sec = 3660 மீட்டர்/வினாடியை அடைய வல்லது. 162 வினாடிகளில் 300 கி.மீ. உயரத்தை இந்த ஏவுகணை அடையும்.

அதிக வேகத்தையும், உயரத்தையும் அடைய இரண்டு மற்றும் மூன்று அடுக்கு ஏவுகணைகள் தேவைப்படுகின்றன. எரிபொருள் எரியும் பகுதிக்கு உயர்த்தி (Booster) என்று பெயர். பல அடுக்குகள் கொண்ட உயர்த்தி ஏவுகணைகள் ஒன்றன்பின் ஒன்றாகத் தொடர்ந்து வெடித்து எரியத் தொடங்குகின்றன. ஆய் கருவிச் சுமையோ (payload), செயற்கைக் கோளோ இந்தவகை உயர்த்தி ஏவுகணைத் தொடர்களால் வானில் சுமந்து செல்லப் படுகிறது. முதல் அடுக்கு உயர்த்தி ஏவுகணை முதலில் எரிந்து செயல்படுகிறது. அது எரிந்தபின், அதன் கூடு கீழே விழுகிறது. மீதியுள்ள மிகுதிப்பகுதி ஏவுகணையும் செயற்கைக் கோளும் ஒரே உறுப்பாக இணைந்து, ஏற்கனவே முதல் கட்டத்தில் ஏற்பட்ட திசை வேகத்துடன் மேல் செல்கிறது. பின், அதிக உயரத்தில் அதிக வேகத்துடன் செல்லும் இரண்டாவது கட்ட உயர்த்தி ஏவுகணையும் வெடிக்கிறது. இரண்டாவது கட்ட திசை வேகம், முதல் கட்டத் திசை வேகத்துடன் கூட மேலும் அதிக வேகம் அடைகிறது. முதல் கட்டக்கூடு விழுவதாலும், இரண்டாவது கட்ட உயர்த்தி ஏவுகணை எரிவதாலும் மீதியுள்ள செயற்கைக் கோளும் ஏவுகணை அமைப்பும் அதிவேகத்தில் மேல்நோக்கிச் செல்கின்றன. இத்தகைய படிப்படியான நிலைகள் திரும்ப திரும்ப நிகழ்ந்து இறுதிக் கட்ட உயர்த்தி ஏவுகணையும் வெடித்து எரிகிறது. இறுதிக் கட்டத் திசைவேகம் இதற்கு முந்தைய பல கட்டத் திசைவேகங்களின் கூட்டுத் தொகை அளவாகும்.

மூன்று கட்டச் செயற்கைக்கோள் ஏவுகணை அமைப்புகளின் இறுதிக் கட்டத் திசைவேகம் கணிக்க உதவும் சமன்பாடு:

$$V = 2.303\,(V_1 \log R_1, + V_2 \log R_2 + V_3 \log R_3)$$
$$- g\,(t_1 + t_2 + t_3)$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் உள்ள V_1, V_2, V_3 என்பன முதல், இரண்டாவது மூன்றாவது கட்ட ஏவுகணை வெடித்து எரிந்த போது வெளியேறிய வாயுக்களின் வேகங்களைக் குறிப்பன வாகும். R_1, R_2, R_3 என்பன மூன்று கட்ட ஏவுகணை எடை விகிதங் களைக் குறிப்பனவாகும். (ஏவுகணை எடை விகிதம், எரிபொருள் எரிவதற்கு முன்பு இருந்த ஏவுகணையின் எடையையும், எரி பொருள் எரிந்த பின் ஏற்பட்ட ஏவுகணையின் எடையையும் வைத்துக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது.

ஒவ்வொரு கட்டத்திற்குப் பிறகும் காலியாகிக் கீழே விழுந்த மிகுதிப் படுத்தி ஏவுகணையின் எடையை அடுத்த கட்டக் கணக்கில் சேர்த்துக் கொள்ளக் கூடாது என்பதை நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

t_1, t_2, t_3 என்பன மூன்று கட்டங்களில் வாயு எரிந்த நேரக் கணக்கைக் குறிப்பன. மேற்கண்ட சமன்பாட்டில் இறுதி எண் கோவை (term) யின் மதிப்புமுதல் எண்கோவையுடன் ஒப்பிடும் போது அளவில் மிகச் சிறியதாக இருப்பதால் பொதுவாக இதைக் கணக்கில் கொள்ளாது விட்டுவிடுவது வழக்கம்.

விண்வெளி ஆய்வாளர்களையும், ஆய்வுச் சாதனங்களையும் சந்திரனைச் சுற்றிய சுற்றுப்பாதையில் விடுவதற்கு (பின்னால் சந்திரனில் மனிதன் இறங்க வழி செய்வது) ஈடுபடுத்தப்பட்ட 'சாடர்ன்' (Saturn V) என்ற ஏவுகணை பற்றிய அடியிற்கண்ட சில விவரங்கள் வாசகர்களுக்குச் சுவையாக இருக்கும். சந்திரனைச் சுற்றி வந்த ஆய்வுக் கருவிகளைக் கொண்ட செயற்கைக்கோளின் எடை 45 டன் ஆகும். முதல், இரண்டாவது, மூன்று கட்ட மிகுப் படுத்தி ஏவுகணைகளின் வெற்று எடை 150 டன், 44 டன், 10 டன் என்ற முறையில் இருந்தன. (இத்துடன் 45 டன் எடையுள்ள ஆய் கருவிச் சுமையையும் ஒவ்வொரு கட்டத்திலும் சேர்த்துக் கொள்ளவேண்டும்) முதல் கட்டத்தில் 2200 டன் எரிபொருளும், இரண்டாவது கட்டத்தில் 456 டன் எரிபொருளும், மூன்றாவது கட்டத்தில் 115 டன் எரிபொருளும் எரிக்கப்பட்டன.

முன்னர்க் குறிப்பிடப்பட்டதுபோல, இந்திய விஞ்ஞானிகளா லும், பொறியாளர்களாலும் வடிவமைக்கப்பட்ட ரோகினி என்ற 45 கி.கிராம் எடையுள்ள செயற்கைக்கோள் SLV-3 என்ற ஏவுகணை மூலம் விண்வெளியில் செலுத்தப்பட்டது. இந்த ஏவு கணை SLV3 நம்மால் வடிவமைக்கப்பட்ட நான்கு கட்டத்திட எரிபொருளைக் கொண்ட ஏவுகணை ஆகும். முதல் கட்டத்தில் 8 டன் எரிபொருளும், இரண்டாவது கட்டத்தில் 3டன் எரிபொரு ளும், முன்றாவது கட்டத்தில் 1 டன் எரிபொருளும், நான்காவது கட்டத்தில் 1/4 டன் எரிபொருளும் செலவாயின, இதைவிடப்

பெரியதான துருவச் செயற்கைக்கோள் ஏவுகலம் (PSLV) என்ற ஏவுகணையை இந்தியா தயாரிக்கிறது. இது 1000 கி.கிராம் எடையுள்ள செயற்கைக் கோளைத் துருவச் சுற்றுப்பாதையில் ஏவக்கூடியது. இதுவும் ஒரு 4 கட்ட ஏவுகணை ஆகும். 177 டன் எரிபொருளை முதல் கட்டத்திலும் 33 டன் எரிபொருளை இரண்டாவது கட்டத்திலும், 7 டன் எரிபொருளை மூன்றாவது கட்டத்திலும் எரிக்க வல்லது.

இந்த வகை ஏவுகலங்கள் ஒரு முறை மட்டுமே பயன்படுவதற்குரியன. தற்சமயம் மீண்டும் மீண்டும் பலமுறை பயன்படுத்தக் கூடிய ஏவுகலங்கள் வடிவமைக்கப்பட்டுள்ளன. விண்வெளி ஓடம் (Space Shuttle) ஒரு விண்வெளிப் போக்குவரத்து ஊர்தியாகும். இது செயற்கைக் கோள்களை ஆயிரக்கணக்கான கி.மீ. உயரத்தில் சுமந்து சென்று விடக்கூடியது. இவ்விண்வெளி ஓடம் வானூர்தி போல் ஏறும்போதும், இறங்கும்போதும் விமானக்கூடங்களைப் பயன்படுத்தும். செயற்கைக் கோள்களைப்போல், இதிலும் விஞ்ஞானிகள் ஆராய்ச்சிக் கூடத்துடன் பயணம் செய்யலாம். விண்வெளியில் ஆராய்ச்சி முடிந்தபின், இவர்களை வானூர்தியைப்போல் பூமிக்குக் கொண்டு வரும் விண்வெளியில் சுற்றி வரும் செயற்கைக்கோள்களைப் பழுதுபார்க்கவும் இது உதவும்.

பிற்சேர்க்கை

(APPENDIX)

செயற்கைக் கோளின் துணைப்பாகங்கள்

செயற்கைக் கோளின் கணிதத் தத்துவங்களை விவரிக்கும் போது செயற்கைக் கோள்கள் சாதாரண கனத்த பொருளாகக் கருதப்பட்டன. இருப்பினும், குறிப்பிட்ட நோக்கங்களுக்காகத் தயாரிக்கப்பட்டு விண்வெளியில் செலுத்தப்பட்ட செயற்கைக் கோள்கள் மிகவும் சிக்கல் நிறைந்த பொருள்களாகும். சிறிய மின்னணுக்கருவிகளும் பல்வகைச் சாதனங்களும் பெருமளவில் செயற்கைக்கோளில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. சுருக்கமான விவரங்கள் அடங்கிய ஒரு மாதிரி செயற்கைக் கோளின் துணைப் பாகங்கள் பற்றிய குறிப்பு வாசகர்களுக்குச் சுவையாக இருக்கும். அவை:

ஆப்பிள் (APPLE - Aariane Pay Load Passenger Experiment); எனப்படும் ஒரு நவீனத் தொலைத் தொடர்புச் செயற்கைக் கோளினை இந்தியா உருவாக்கியது. இதனை வெற்றிகரமாக 1981-ஆம் ஆண்டு ஜூன் மாதம் 19-ஆம் நாள் பிரஞ்சு கயானாவில் (தென் அமெரிக்கா) உள்ள கவுரோரு (KOURORU) என்ற இடத்திலிருந்து இந்தியா வானில் செலுத்தியது. இந்தியா கொடுத்த ஆப்பிள் செயற்கைக் கோளின் வடிவமைப்புத் திட்டத்தை ஒப்புக்கொண்டு, ஐரோப்பிய விண்வெளி நிறுவனம் (ESA - European Space Agency) இந்த ஏவுவாகனமான ஏரியன் ஏவுகணையைத் தயாரித்தது. எனவே இச் செயற்கைக் கோள் திட்டம் ஆப்பிள் (APPLE) என்று கூறப்பட்டது. படம் 2,6-இல் இச்செயற்கைக் கோளின் உட்பாகங்கள் விவரிக்கப்பட்டுள்ளன. இது நில நடுக்கோட்டுக்கு மேலே 102 டிகிரி கிழக்கு அட்ச ரேகையின் (Longitude) புவியை ஒத்த வேகமுடைய சுற்று வழியில் விடபட்ட தொலைத் தொடர்புச் செயற்கைக் கோளாகும்.

670 கிலோ கிராம் எடையுள்ள இச்செயற்கைக் கோளின் முக்கியத் துணைப் பாகங்கள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

1) 'அப்பாகி பூஸ்ட் மோட்டார்' (APOGEE BOOST MOTOR) இது இச்செயற்கைக் கோளினை, அதனுடைய இறுதிச் சுற்று வழியில் விடக்கூடியது.

2) மூவச்சுக் கட்டுப்பாட்டு அமைப்பு: இதில் அதிக வேகத்தில் சுற்றும் இயங்கு சக்திச் சக்கரமும், ஹைட்ரசைன் எதிர் சக்திக் கட்டுப்பாட்டு அமைப்பும் உள்ளன. இவை செயற்கைக் கோளின் சுழல் அச்சின் அமைப்பினைக் (orientation) கட்டுப் படுத்துகின்றன.

3) செயற்கைக்கோள் தனது இறுதிச் சுற்றுவழியில் விடப்பட்டுச்செயல்படத் தொடங்கும் பொழுது, சூரிய ஒளியிலிருந்து சக்தி தயாரிக்கும் தட்டமைப்பு (Solar panel) விரிந்துகொள்கிறது. இத்தட்டமைப்பில் சூரியக் கதிர்வீச்சைப் பெற்று மின்சாரம் உற்பத்தி செய்யும் 'சிலிக்கான்' மின்கலங்கள் (Cells) உள்ளன. இந்தச் சக்தி, செயற்கைக்கோளினை விண் வெளியில் அனுப்புவதற்கு முன் ஏற்கனவே அதில் வைக்கப் பட்ட வேதியியல் மின்கல அடுக்குள் (Batteries) தயாரிக்கும் மின் சக்தியோடு இணைந்த செயல்படுகிறது. இறுதியில் இநதத் தட்டமைப்புகளே செயற்கைக்கோளின் செயல்பாட்டிற்குத் தேவையான சக்தி முழுவதையும் தயாரித்து அளிக் கின்றன. (சில செயற்கைக்கோள்களில் அவற்றிற் வைக்கப் பட்ட அணு உலைகள் தேவையான மின் சக்தியினை உற்பத்தி செய்கின்றன).

4) தேவையான மின்னணுச் சாதனங்கள்:

(அ) இவை செயற்கைக்கோளில் உள்ள மின்சாரச் சாதனங் கள் இயங்கத் தேவையான சக்தியினைப் பகிர்ந்தளிக் கின்றன.

(ஆ) இவை, தரைக்கட்டுப்பாட்டு நிலையங்கள் செயற் கைக் கோளுடன் தொடர்பு கொண்டு தகவல் பெற உதவுகின்றன.

(இ) தரைக்கட்டுப்பாட்டு நிலையங்களிலிருந்து விண் அலைகள் (Radio waves) மூலம் ஆணைகள் பெற்று, அதன்படி செயற்கைக்கோள் செயல்பட வைக்கின்றன.

5) உணர் கொம்புச் சாதனம் (Antenna): இது தொலைபேசி மற்றும் தொலைக்காட்சிச் சமிக்ஞைகளைப் பெற்று அனுப்பக் கூடியது.

இதுவரை குறிப்பிட்டபடி இது ஒரு தொலைத் தொடர்புச் செயற்கைக் கோளாகும். புவியிலுள்ள பொருள்கள், கடல், வளி மண்டலம் முதலியவற்றிலிருந்து பிரதிபலிக்கப்பட்ட/ஒளிரப் பட்ட, அகச் சிவப்புப் பார்வைக்குரிய, பிற நிறமாலை ஒளி யலைகளைப் பதிவுசெய்யக்கூடிய, சிறப்பு உணர்கருவிகள் (sensor) ஒளியலைகளைப் பதிவு செய்து பின் தரை நிலையத்திற்கு

அனுப்பக் கூடியன. இவ்வகை உணர் கருவிகள் வானிலை நில அமைப்பு, நிலவள அளவு, போக்குவரத்து முதலிய கூறுபாடுகளை ஆய்வதற்கான சிறப்பு வகைச்செயற்கைக்கோளில் பொருத்தப் பட்டிருக்கும்.

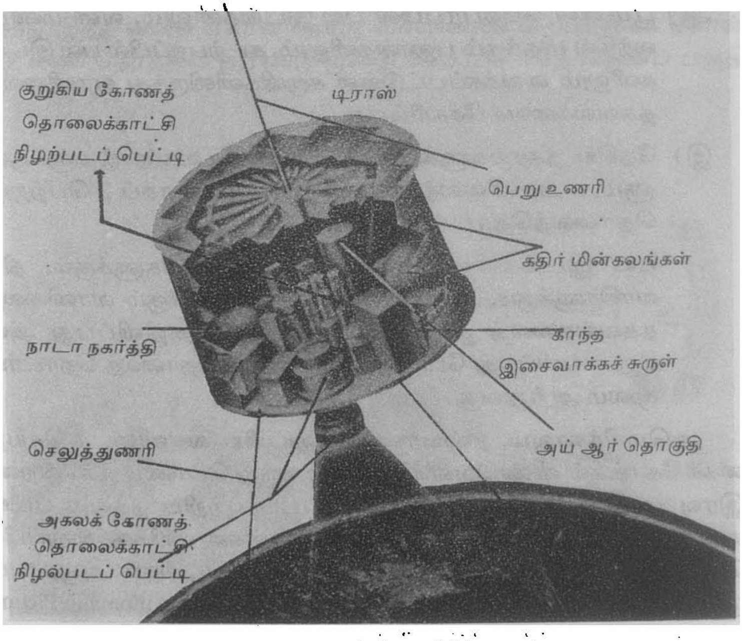
வானிலைச் செயற்கைக் கோள்கள்
(METEOROLOGICAL SATELLITES)

செயற்கைக் கோள்களை அறிவியல் முறையில் பயன்படுத்தும் போது, இருமுனைகளில், அதாவது செயற்கைக்கோளுக்குக் கீழே உள்ள உள் நோக்கியிலும் செயற்கைக் கோளுக்கு மேலே உள்ள வெளி நோக்கியிலும் பல முன்னேற்றங்கள் ஏற்பட்டுள்ளதைக் காணலாம். விண்வெளியை அடைவது, மனிதனைச் சந்திரனில் இறக்குவது, மற்றக் கோள்களை அடைவது, சூரிய கிரக அமைப்புப் பற்றிய தன்மைகளை ஆய்வது, மற்றக் கோள்களில் உயிரினம் பற்றி ஆராயும் முயற்சிகளில் ஈடுபடுவது ஆகிய ஆய்வுகளைச் செயற்கைக் கோள் உயரத்திலிருந்து மேலே ஆய்வது வெளி நோக்கியின் பயன்களாகும். புவியைப் பற்றி மேலும் அறிவதற்காகவும், மனித குலத்திற்குச் சேவை செய்யும்பொருட்டுத் தொழில்நுட்பங்களை வளர்ச்சியுறச் செய்வதற்காக்வும், செயற்கைக்கோள் உயரத்திலிருந்து கீழே பார்த்து ஆய்வது உள்நோக்கியின் பயன்களாகும். பூமியின் வளங்களைச் செயற்கைக் கோளிலிருந்து தொலை உணர்தலும், வானிலை அறிவதும், உள்நோக்கி ஆய்வைச் சேர்ந்தவையாகும்.

மனித குல வரலாற்றைக் கவனித்தோமானால், மகிழ்ச்சியாகவும், வெற்றிகரமாகவும் வாழ்க்கை நடத்தத் தேவையான மனிதத் திறமை வானிலையைப் பொறுத்தது என்பது புலனாகும். அதிக மழையால் ஏற்படும் குளிர் காலமும், குறைந்த மழையால் ஏற்படும் வெப்பநாட்களும் சமுதாயத்தின் பொருளாதாரத்தைப் பாதிப்பது பற்றி நாம் அறிவோம். தொழிற்சாலைகள் மிகுந்துள்ள சமுதாயத்தில் மனிதன் வானிலை பற்றி அறிவது மிகவும் அவசியமாகிறது. இதன் காரணமாக, ஒரு தனித்துவம் படைத்த அறிவியல் பிரச்சனை உருவாகிறது. ஆனால், அந்தப் பிரச்சனையின் தீர்வு, மனித குலத்திற்கு மிகுந்த பயனை நல்க வல்லது. இது மிகுந்த கடினமான, ஆனால் நேரடியான ஒரு பிரச்சனை ஆகும். தற்போது உள்ள வானிலைச் சூழ்நிலையிலிருந்து வரப்போகும் வானிலைத் தன்மைகளை முன்கூட்டி அறிந்துகொள்வது வருங்காலத்தின் அவசியமாகும். ஒரு நூற்றாண்டுக் காலமாக இந்தப் பிரச்சினை மனிதனால் தீர்வு காணமுடியாத அளவுக்குக் கடினமாக இருந்து வந்தது.

தற்காலத்தில், அதிவேகம் வாய்ந்த மின்காந்தக் கணிப்பொறிகளும், வானிலைச் செயற்கைக் கோள்களும் இந்தப் பிரச்சனைக்குரிய தீர்வு காண்பதற்குப் பெரிதும் உதவுகின்றன. இத்துறையில் விஞ்ஞானத் தொழில்நுட்ப ஆய்வு முன்னேற்றங்களில் பலநாடுகள் ஒத்துழைக்கின்றன.

முதல் வானிலைச் செயற்கைக்கோள், 1960-ஆம் ஆண்டு, ஏப்ரல் மாதம் முதல் தேதி அமெரிக்காவினால் வானில் செலுத்தப்பட்டது. இதன் பெயர் 'டிராஸ்' (TIROS - Television Infrared Observation Satellite) எனப்படும். வானிலைச் செயற்கைக்கோள் செயல்படுவதற்கு முன்பு வானிலை ஆய்வாளர்கள் குறைந்த தகவல்களை வைத்துக்கொண்டு வானிலையைக் கணிப்பதில் சிரமப்பட்டனர். பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டின் இறுதிப் பகுதியில் தேசிய வானிலைத் துறைகள் செயல்பட்டதிலிருந்து வானிலைத் தகவல் முறை தரையிலும், ஆகாயத்திலும் பெரும் முன்னேற்றம் அடைந்தது. குறிப்பாக, இரண்டாம் உலகப் போருக்குப் பிறகு இத்துறையின் வளர்ச்சி திறம்பட இருந்தது. இருப்பினும், வானிலை பற்றிய முக்கியமான தகவல்கள் தேவையான அளவுக்குக் கிடைக்க



படம்-3.1
அமெரிக்க டிராஸ் (TIROS) செயற்கைக் கோளின் வெட்டுத் தோற்றம்.

வில்லை. உலகத்தில் குறைந்த அளவு ஜனத்தொகை உள்ள பரந்த நிலப்பரப்பைப் பற்றியும், பரந்த நீர்ப் பரப்பைப்பற்றியும் வானிலை கணிப்பைப் பொறுத்தவரை தகவல்கள் கிடைப்பது அரிதாக உள்ளது. வானிலைச் செயற்கைக் கோள்கள் இந்தக் குறையினைப் பெருமளவு நிவர்த்தி செய்தன.

வானிலைச் செயற்கைக் கோள்கள் கீழ்க்கண்ட பயன்களுக்காகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

அ) வானிலை தகவல்கள் சேகரிப்பது, அத்தகவல்களைத தரையில் உள்ள வானிலை நிலையங்களுக்கு அனுப்புவது போன்ற பணிகளை மேற்கொள்வதாகும். வானிலைத் தகவல்களாவன : மேகப் பரப்பு, மேகத்தின் உயரம், அதன் வெப்பம், மேகமட்டத்தில் காற்றின் வேக அளவு, பூமிக்கு வரும் சூரியக் கதிர்வீச்சின் அளவு, பூமியிலிருந்து பிரதிபலிக்கும் ஒளிச்சிதைவின் அளவு, அத்துடன் புவியிலிருந்து வெளியாகும் கதிர்வீச்சின் அளவு, கடல் பரப்பு வெப்பநிலை, புவியின் வளிமண்டலத்தின் பல மட்டங்களில் உள்ள வெப்பநிலை முதலியன ஆகும்.

ஆ) பூமியின் மேற்பரப்பின் பல இடங்களிலும், வளி மண்டலத்தில் மிதக்கும் பலூன்களிலும், கடற்பரப்பில் பல இடங்களிலும் வைக்கப்பட்டுள்ள கருவிகளிலிருந்து வானிலைத் தகவல்களைச் சேகரிப்பது.

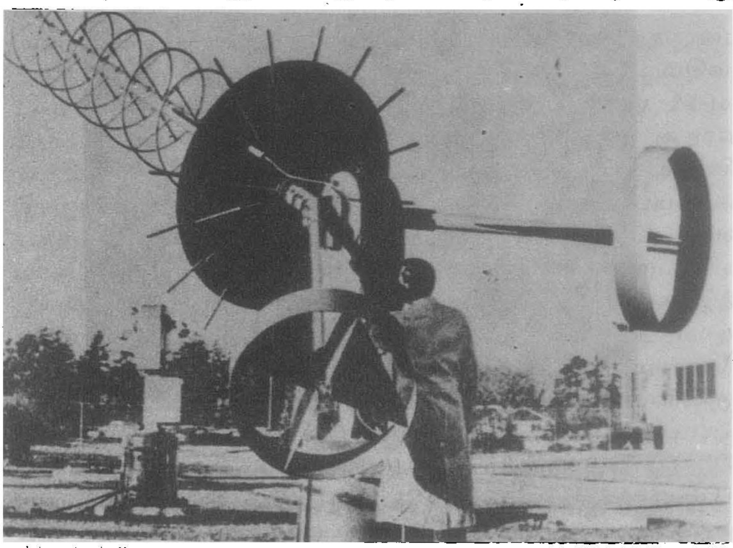
இ) தேசிய நகரங்களுக்குள்ளும் அகில உலக நாடுகளுக்குள்ளும், வானிலைத் தகவலைத்துரிதமாகப் பெற்றுத் தொலைத்தொடர்பு கொள்வது.

ஈ) பல இடங்களிலும் வசிக்கும் விவசாயிகளுக்கும், நிர்வாகிகளுக்கும், கடற்பயணம் செய்வோருக்கும் வானிலைத் தகவல்களைத் துரிதமாக முன்கூட்டி அறிவிப்பது அல்லது எச்சரிப்பது போன்ற பணிகளைத் தொலைத் தொடர்பு மூலம் ஆற்றுவது.

அமெரிக்காவும், ரஷ்யாவும் அனுப்பிய வானிலைச் செயற்கைக் கோள்கள் விண்வெளியில் வலம் வந்து கொண்டிருக்கின்றன. இரவு பகல் எந்நேரமும் மேகப்பரப்புப் பற்றிய தகவல் படங்களை இந்த வானிலைச் செயற்கைக் கோள்கள் புவிக்கு அனுப்பிக் கொண்டிருக்கின்றன. இந்த வகைத் தகவல் படங்கள் அனுப்பும் முறைக்குத் 'தானியங்கிப்பட அஞ்சல்' (APT - Automatic Picture Transmission) என்று பெயர். உலகத்தில் நூற்றுக்கணக்கிலுள்ள பல வானிலை நிலையங்கள் இந்தத் தகவல்களைச்சிக்கனமாக அதிகச்

செலவில்லாமல் பெற்றுக் கொள்கின்றன. இதைத் தவிரச் செயற்கைக் கோள்கள் சேகரித்த பிறவகைத்தகவல்களை இருநாட்டு ஒப்பந்தங்கள் (Bilateral arrangement) மூலம் ஏற்பாடு செய்து, சிறிது செலவு கூடுதலான தகவல் பெறும் தரைத் தகவல் நிலையங்கள் மூலம் பரிமாறிக் கொள்கின்றன. முன்னர்க் குறிப்பிட்டவாறு உலகத்தின் ஒரு பகுதியில் (உதாரணமாக, அமெரிக்காவின் நகரப் பகுதி, அட்லாண்டிக் கடற்பகுதி) மரபு முறைப்படியும் மற்றும் செயற்கைக் கோளின் மூலமும் சேகரிக்கப்படும் தகவல்களை, மறு பகுதிக்கு (உதாரணமாக, நியூயார்க், டோக்கியோ அல்லது மெல்போர்ன்) அஞ்சல் செய்ய இந்த வகைச் செயற்கைக் கோள்கள் சில பயன்படுகின்றன.

அமெரிக்கா அனுப்பிய வானிலைச் செயற்கைக் கோள்கள் ஏறக்குறைய வட்ட வடிவத்துருவச் சுற்றுப்பாதையைக் கொண்டவையாகும், ஒருசுற்றுக்குக் கிட்டத்தட்ட 145 நிமிடங்கள் எடுத்துக் கொண்டு இந்தச் செயற்கைக் கோள்கள் 1500 கி.மீட்டர் உயரத்தில் சுற்றி வருகின்றன. ஒவ்வொரு நாளும் ஒரே குறிப்பிட்ட அந்தப் பகுதி நேரத்தில் இந்தச் செயற்கைக் கோள்கள் சுற்றி வரும்படி அதன் நேரம் கணிக்கப்பட்டுள்ளது. அதாவது, சூரிய நேரம் ஒத்த இந்த வகை ஏதாவதொரு வானிலைச் செயற்கைக் கோள் 24 மணி நேரத்தில் இரண்டு முறை வெப்பச் சீதோஷணப் பகுதி

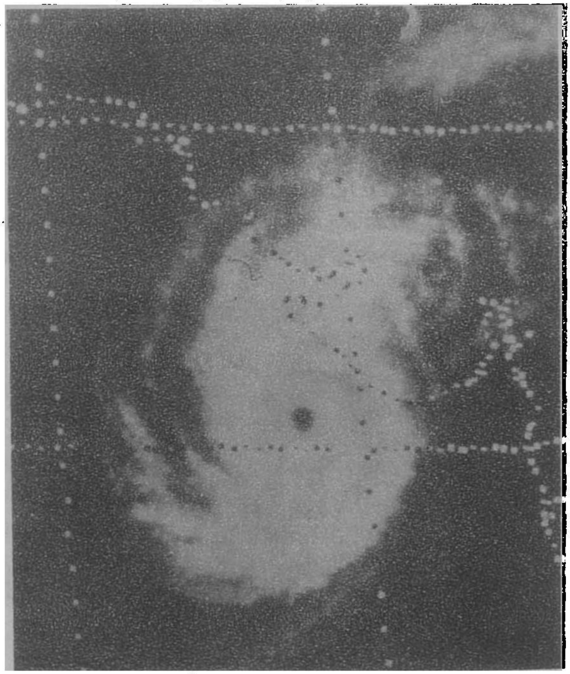


படம்-3.2

ஏ.பி.டி (APT) உணர் கொம்புத்தரை நிலையம்

மேலுள்ள வானிலை மேக நிலவரங்களைப் பற்றிப் படம் பிடித்து அனுப்புகின்றது. ஒரு படம் பகலிலும், இரண்டாவது படம் இரவிலும் எடுக்கப்பட்டதாக இருக்கும். புவியும், அதன் மேலுள்ள மேகங்களும்வெளிப்படுத்திய அகச் சிவப்புக் கதிர்கள் மூலம் இரவில் செயற்கைக்கோள் படம் பிடித்து அனுப்புவது வெளிப் படை உண்மையாகும்.

பூமியின் நிலநடுக்கோட்டுக்கு அருகிலுள்ள வெப்பப்பகுதியில் ஏற்படும் சூறாவளியைப் (Cyclonic Storm) பற்றிய வானிலைப் படங்களை எடுப்பதற்குத்தான் இந்த வகைச்செயற்கைக்கோள் கள் பெரிதும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இந்தப் புயல்கள் தனித் துவம் வாய்ந்த மேகக்கூட்ட அமைப்புப் பெற்றவை. சூறாவளி



படம்-3.3

1975-ஆம் ஆண்டு அக்டோபர் 22-ஆம் நாள் சௌராஷ்டிரா கடற்கரையைத் தாக்கிய சூறாவளியும், அதன் மேகக் கூட்டமும், அகச் சிகப்பு அலைவரிசை யில் எடுக்கப்பட்ட செயற்கைக்கோள் படம் இது. சூறாவளியின் கண்ணும் அதைச் சுற்றியுள்ள சுருள் முகில் வளையங்களும் பகுதியும் தெளிவாகத் தெரிகின்றன.

யின் நடுப்பகுதியைச் சுற்றி வட்டவளைப் பகுதிகள் காணப்படு கின்றன.

பலத்த சூறாவளிகளின் நடுவில் 20-இல் இருந்து 50 கி.மீட் டர்கள் வரை உள்ள வட்டப்பகுதியில் மேகங்கள் இரா. இந்தப் பகுதிக்குப் 'புயல் கண்' (Storm eye) என்று பெயர். இவ்வாறாக, வானிலைச் செயற்கைக் கோள்கள் பிடிக்கும் படங்களிலிருந்து சூறாவளி ஏற்படும் இடத்தையும், அதனுடைய தீவிரத் தன்மையையும் அறிய இயலும்.

வானிலைச் செயற்கைக்கோள்கள் கண்டுபிடிக்கப்படுவதற்கு முன்பு கடற்கரைகளில் ஏற்படும் மாறுதல்களைக் கொண்டு இத் தகைய சூறாவளிகளைக் கண்டுபிடித்தனர். அதாவது, கடற்கரை யிலிருந்து எத்துணை நூறு கி.மீட்டர் தூரத்தில் புயல் மையம் கொண்டுள்ளது என்பதை அவ்வப்போது அந்தப் பகுதிகளில் பயணம் செய்யும் கப்பல்களிலிருந்து வரும் தகவல்கள் மூலம் அறிந்து கொள்வார்கள். ஆனால், வானிலை செயற்கைக் கோள் கள் தரும் படங்களிலிருந்து எந்த ஒரு சிறிய சூறாவளியையும் அது கடலில் வெகு தூரத்தில் இருந்தாலும் கண்டுபிடிப்பது எளிது. வானிலைச் செயற்கைக் கோள்கள் தரும் மேகப் படங் களிலிருந்து மேகக்கூட்டத்தின் தனித்தன்மையும், அத்துடன் கூடிய வானிலை அமைப்பும் தெளிவாகத் தெரிகின்றன. நிலநடுக்க கோட்டிற்கு அருகில் ஏற்படும் சூறாவளி போன்ற வானிலை அமைப்பு ஒரு சீரான முறையில் நகரும்போது, அதனுடைய அடுத்தடுத்த நிலைகளையும், அதன் பரப்பையும் ஒவ்வொரு 12-மணி நேர இடைவெளிக்காலத்திலும், அல்லது 24-மணி நேர இடைவெளிக்காலத்திலும் தகவல் சேகரித்து சூறாவளி வரும் நாட்களில் நகரும் நிலை பற்றி முன்கூட்டி அறிவிக்க இயலும்.. இம் மாதிரி நேரங்களில் எப்பொழுது புயல் கடற் கரைப் பகுதியைத் தாக்கக் கூடும் என்று பெருமளவு துல்லிய மாக முன்கூட்டி அறிவிக்க இயலும். ஆனால், சூறாவளியின் இயக்கம், பல நேரங்களில் ஒரே சீராக இருப்பது இல்லை. இந்தப் புயல் அதனுடைய எதிர்பாராத அளவு அடிக்கடி மாற்றிக் கொள்ளும், அதனால் தான், 24 மணிநேரத்திற்கு முன்னரோ, அதற்கு மேலாகவோ, வானிலைச் செயற்கைக்கோளிலிருந்து பெறப்படும் தகவல்கள் மூலம் முன்கூட்டி வானிலையைப்பற்றி அறிவிப்பது தவறாகி விடுகிறது. இருப்பினும், புவி ஒத்த வேக முடைய நிலையான செயற்கைக்கோள் எந்தவகைப் புயல் பற்றி யும் தொடர்ந்த சரியான தகவல்களைத் தரவல்லது. இருபது நிமிடங்களில் தனக்குத் தெரியும் எல்லாப் பகுதிகளையும் படம் பிடித்துத் தரவல்லது இத்தகைய வானிலைச் செயற்கைக்கோளாகும்.

இந்த நோக்கத்தில் தான், பம்பாய்க்குத் தெற்கில் பூமத்திய ரேகைக்கு மேலே சுமார் 74 பாதை கிழக்கில் இந்தியா தனது பூமியோடு ஒத்த வேகமுடைய இந்தியத் தேசியச் செயற்கைக் கோளை, 'இன்சாட்' 1-A (INSAT 1-A) செயல்படவைத்தது. இதற்குப் பின்னர் 'இன்சாட் 1-B (INSAT 1-B) மற்றும் 'இன்சாட் 1-C (INSAT 1-C) விடப்பட்டன. இவற்றில் 'இன்சாட் 1-B சிறப்பாகப் பணியாற்றிப் பின் செயலிழந்து, தற்சமயம், INSAT 1-D திறமையாக விண்வெளியில் பணியாற்றி வருகிறது. இந்தச் செயற்கை கோள் பலநோக்குச் செயற்கைக் கோளாகும். இது வீட்டிலுள்ள தொலைக்காட்சி உணர்கொம்புக்கு (T.V. Antenna) நேரடியாக அஞ்சல் செய்யும்; இது தொலைத் தொடர்புத் தகவல்களைச் சீராக அஞ்சல் செய்யும்; வானிலைத் தகவல்களைச் சேகரித்து பூமிக்கு அனுப்பும். இந்த வகைச் செயற்கைக்கோள் தயாரிப்பில் இந்தியா முன்னேறிய நாடுகளுக்கு ஒப்பாகப் பெரும் வெற்றி அடைந்து உள்ளது. இதைப் படிக்கும் வாசகர்களுக்கு உதவியாக, நமது வானிலைச் செயற்கைக்கோளான இந்தியத் தேசியச் செயற்கைக்கோளின் வரைபடமும், விவரமும் இணைப்பு-11 இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

பிற்சேர்க்கை

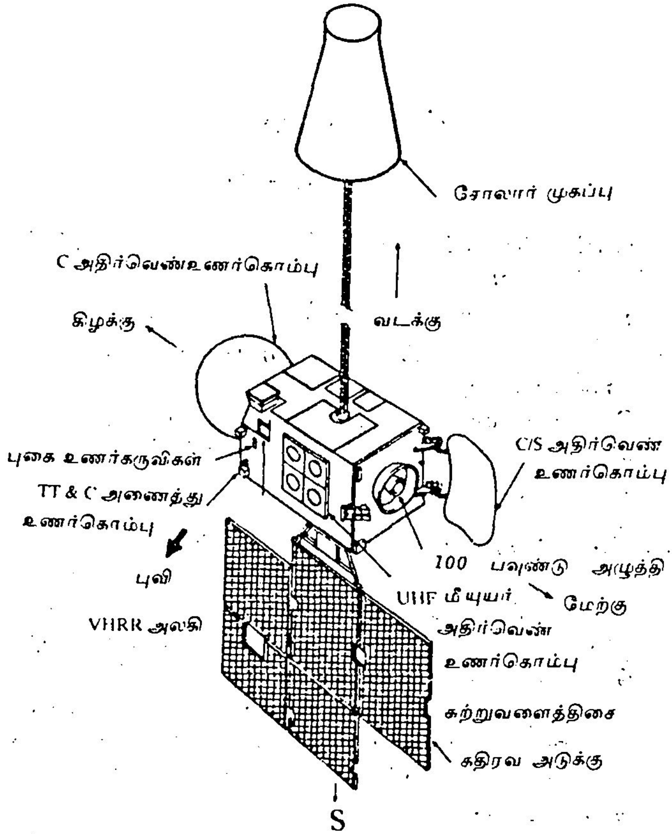
(APPENDIX - II)

இன்சாட்-I இன்சாட்-II ஆகிய தொலைத் தொடர்புச் செயற்கைக் கோளின் விவரங்கள்:

அ) 12 அலை வரிசைகள் (Channels) : ஒவ்வொன்றும் 36 MH_z அதிர்வெண் அகலம் (Band Width) கொண்டது. ஆறிலிருந்து நான்கு GH_z அலை வரிசையில் தகவல் பெற்று அஞ்சல் செய்ய வல்லது. இந்தியா முழுவதும் தொலைபேசி, தொலைக்காட்சி போன்ற தொலைத் தொடர்புகளைச் செயல் படுத்தக் கூடியது.

ஆ) இரண்டு சக்திவாய்ந்த தனியலைப் பிரிவுகள் 6 GH_z கீழ் உள்ள அலைவரிசையில் தகவல்களைப் பெற்று 2.5 GH_z அலைவரிசையில் திரும்ப அஞ்சல் செய்யக் கூடியது. இவ்விரண்டு 36 MH_z அலைவரிசைச் சாதனம் நேரடித் தொலைக்காட்சி அஞ்சலைச் செயற்கைக் கோளிலிருந்து வீடுகளிலுள்ள சிறிய உணர் கொம்புகளுக்கும் ரேடியோ இணைப்பு அமைப்புகளுக்கும் (Radio Network System) மற்றும் நேரடி எச்சரிக்கை அமைப்புக்கும் (Warning System) தகவல் அஞ்சல் செய்கின்றன.

இ) பார்வைக்குரிய மற்றும் அகச்சிவப்பு நிறமாலைப் பகுதியில் 30 நிமிடங்ளுக்கொரு முறை வானிலை ஆய்வுக்காகப் புவியின் மேற்பரப்பைப் படம் பிடிக்கவல்ல கதிராற்றல் மானி (Radiometer) நிழற்படக்கருவி (Camera) ஆகியவற்றின் நுண்ணிய சாதனம். முப்பது நிமிடங்களுக்கு ஒரு முறை புவிக்குப் படங்கள் அஞ்சல் செய்யப்படுகின்றன. இதன் பகுப்பறி திறன் (Resolution) பார்வைக் குட்பட்ட அலைவரிசைப் பகுதியில் 2.5 கி.மீட்டரும் பார்வைக்குட்படாதஅலைவரிசைப் பகுதியில் 11 கி.மீ. பார்வைக்குட்பட்ட அலைவரிசையில் பிடித்த படம் பகல் நேரங்களில் பலன் அளிக்கக்கூடியதாகவும் அகச்சிவப்பு அலைவரிசையில் பிடிக்கப்பட்ட படங்கள் இரவில் பயனளிக்கக் கூடியதாகவும் உள்ளன.



படம் - 3.4

சுற்றுப் பாதையில் உள்ள இன்சாட் செயற்கைக கோளின் படம்.

ஈ) வானிலைத் தகவல்களைச் சேகரிக்கத் தகவல் சேகரிப்பு அமைப்பு ஒன்றுள்ளது. இது 400 MH_z அலைவரிசையில் சுமார் 100 தகவல் சேகரிப்புத் தரை நிலையங்களிருந்து தகவல் பெறுகின்றது. இத்தரை நிலையங்கள் எளிதில் அணுக முடியாத அளவுக்கு உள்ள கடினமான பகுதிகளில் செயல்படுகின்றன. இவ்வாறு சேகரிக்கப்பட்ட தகவல் கள் செயற்கைக்கோள் மூலம் 4 GH_z அலைவரிசையில் மீண்டும் அஞ்சல் செய்யப்படுகின்றன.

மனிதர்கள் இயக்காத தரை வானிலை நிலையங்கள் குறிப் பிட்ட நேரங்களில் வானிலைத் தகவல்களைச் சேகரித்துச் செயற் கைக் கோளுக்கு அனுப்பவும் அத் தகவல்களைச் செயற்கைக்

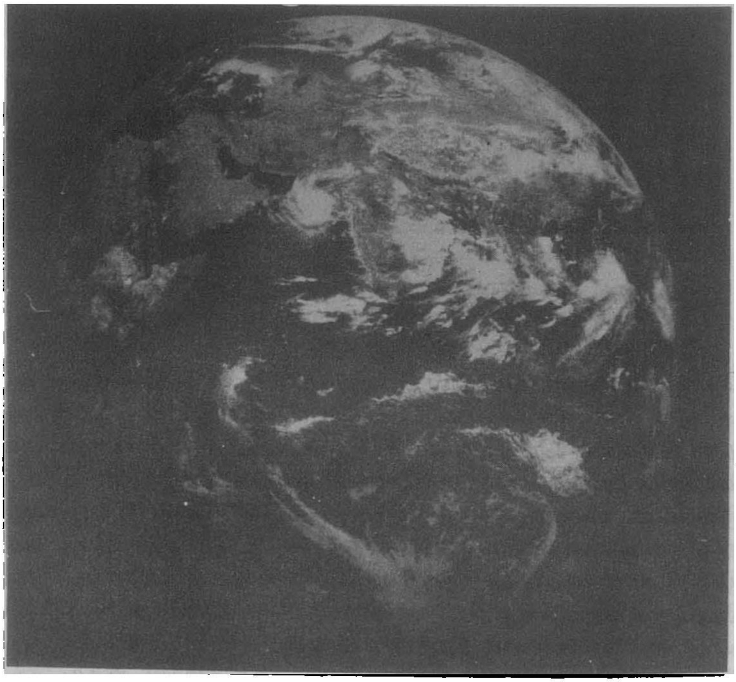
படம் 3.5

1982 ஆம் ஆண்டு ஜூன் மாதம் 15 ஆம் தேதி காலை 6 மணி 23நிமிட வேளையில் இன்சாட்-1 எடுத்த புவியின் படம் பம்பாய்க்குத் தெற்கே பருவக் காற்றுத் தீவிரமாக இருப்பது தெரிகிறது.

கோள்கள் விண்வெளியில் பெறவும் போதிய வசதிகள் செய்யப் பட்டுள்ளன. இச்செயற்கைக்கோள் எல்லா இடங்களிலிருந்தும் தகவல்களைப் பெற்றுத் தரையிலுள்ள டெல்லி பிரதான நிலை யத்திற்கு முழுமையாக அஞ்சல் செய்கின்றது. இந்தியா, தீவிரச் சூறாவளி புயல்களுக்கும் ஆட்பட்ட நாடாகும். இப்புயல்கள் நடுக்கடலில் உண்டாகி 300 முதல் 500 கி.மீட்டர் வரை அகல முள்ள கடற்கரைப்பாதைகளில் மக்கள் மரணம் போன்ற பெரும் அழிவை ஏற்படுத்துகின்றன. செயற்கைக் கோள் மூலம் 30 நிமி டங்களுக்கு ஒரு முறை கிடைக்கும் வானிலைப்படங்களிலிருந்து நாசம் விளைவிக்கும் புயல் நகரும் பாதையைத் தொடர்ந்து கண்காணித்து மக்களுக்கு ரேடியோ, தொலைக்காட்சி மூலம் எச்சரிக்கை செய்து வரக்கூடிய அபாயங்களைக் தவிர்க்க ஒரே ஓர் இந்தியச் செயற்கைக்கோள் போதும் என்பது இங்குக் குறிப் பிடத்தக்கது.

இன்சாட் *19.4* மீ. நீளமுள்ளது. இதனுடைய முக்கிய பகுதி *2.81* மீ x *1.55* மீ x *1.42* மீ அளவும் *1100* கி.கிராம் எடையும் உடையது. இன்சாட் -1 செயற்கைக்கோளை விண்வெளியில் செலுத்திய ஏவுகணை தன் பணியை முடித்து விட்டு அழிந்து போகக் கூடிய டெல்டா ஏவுகணை வகையைச் சேர்ந்ததாகும்.

இறுதி நிலையில் இது ஒருமணிக்கு *35, 470* கி.மீ. விரைவைத் தரக்கூடியது. பின்பு அப்பாகி (APOGEE) தூரமான *35,811* கி.மீட்டரிலும் பெரிகி (PERIGEE) தூரமான *167* கி.மீட்டரிலும் செயற்கைக் கோளை மாற்றுச் சுற்றுப்பாதையில் (Transfer Orbit) விடுகிறது. செயற்கைக் கோளிலுள்ள ஒரு மோட்டார் மேல் குறிபிட்ட இரண்டு அபாகி தூரத்தில் இயக்கப்படுகிறது; அதன் காரணமாகச் செயற்கைக்கோளின் சுற்று வழி அதனுடைய அதிக பட்ச உயரத்தை அடையும்போது வட்ட வடிவச் சுற்றுப்பாதையாக மாறுகிறது.



படம்-3.6

1982 ஆம் ஆண்டு ஜூலை மாதம் 15ஆம் தேதி இன்சாட் -1 எடுத்த புவியின் படம். அரபிக்கடலுக்கு வடகிழக்குப் பகுதியிலும், வடக்கு வங்காள விரிகுடாப் பகுதியிலும் பருவக்காற்றுத் தீவிரமடைந்திருப்பதைப் படம் காட்டுகிறது.

இன்சாட்-1 செயற்கைக்கோளின் இறுதிச் சுற்றுவழி நிலநடுக் கோட்டுக்கு மேலே 35,792 கி.மீட்டரிலும் 74 டிகிரி கிழக்கு அட்ச ரேகையிலும் (ஏறக்குறைய தென்பம்பாய்க்கு மேலே) இருக் கும். அதன் இறுதித்திசை வேகம் மணிக்கு 11,066 கி.மீட்டராக இருக்கும். இச்செயற்கைக்கோள் பூமியைப்போல ஒரு சுற்றுக்கு 24 மணி நேரம் எடுத்துக்கொள்ளும். அதன் காரணமாகப் பூமத் திய ரேகைக்கு மேலே ஒரே இடத்தில் நிலையாக இருக்கும் இவ் விடத்திலிருந்து இந்தியாவின் எல்லாப் பாகங்களுக்கும் வானிலைத் தகவல்களையும் தொலைத் தொடர்பு விவரங்களையும் செயற் கைக்கோள் அஞ்சல் செய்ய இயலுகிறது. படங்கள் 3.6, 3.5 ஆகி யவை இச்செயற்கைக்கோளால் எடுக்கப்பட்டதாகும். ஆனால் துரதிருஷ்டவசமான இன்சாட் -1 தொடக்கத்திலிருந்தே சிக்கல் நிறைந்திருந்தது. அதனால் அது நெடுநாட்கள் செயல்படவில்லை. அதற்குப் பிறகு இன்சாட்-1 என்ற செயற்கைக்கோள் 1983-ஆம் ஆண்டு ஆகஸ்ட் மாதம் அமெரிக்காவிண்வெளி ஓடம் (Space Shuttle) சேலஞ்சர் (Challenger) மூலம் விண்வெளியில் செலுத்தப்பட்டது. இது ஏழாண்டுக் காலம் சிறப்பாகப் பணி யாற்றியது.

இதன்பின் இன்சாட்-1 என்ற செயற்கைக்கோள் 1988-ஆம் ஆண்டு ஜூலை மாதம் ஐரோப்பிய ஏவுகணை ஏரியன் மூலம் விண்வெளிக்குச் செலுத்தப்பட்டது. ஆனால் இதனுள் ஏற்பட்ட மின்சக்திக்குறைவுப் பிரச்சனைக் காரணத்தால் முழுமையாச் செயல்பட இயலவில்லை; 1889-ஆம் ஆண்டு நவம்பர் மாதம் இது செயல் இழந்தது. 1990-ஆம் ஆண்டு நடுப்பகுதியில் இன் சாட்-1டி விண்வெளிக்குச் செலுத்தப்பட்டுத் திறமையாகச் செய லாற்றி வருகிறது. இன்சாட்-1 தொடர் செயற்கைக்கோள் எல்லாம் அமெரிக்க போர்ட் விண்வெளி நிறுவனத்தால் உறுவாக்கப்பட்டன.

1991-ஆம் ஆண்டு இன்சாட்- செயற்கைக்கோள் செலுத்தப் படத்திட்டமிடப்பட்டுள்ளது.

இராணுவச் செயற்கைக் கோள்கள்
(MILITARY SATELLITES)

செயற்கைக் கோள்களை விண்வெளி இராணுவ நடவடிக்கைகளுக்காகப் பயன்படுத்துவது இத்துறையின் தொடக்கக் காலத்திலிருந்தே தொடர்ந்து வருகிறது என்பதை நாம் அறிவோம். செயற்கைக் கோள்களில் மற்றச் செயற்கைக் கோள்களைத் தாக்கும் இயந்திரங்களையும், பிற ஆயுதங்களையும் பொருத்துவது, அமெரிக்காவுக்கும் ரஷ்யாவுக்கும் இடையே வளர்ந்து வரும் ஆயுதப் போட்டிகளின் ஓர் அங்கமாக இருந்துவருகிறது. அதற்கான மனித வளமும், நிதி வளமும் குறைவில்லாமல் தேவையான அளவு அவர்களிடம் இருக்கின்றன. இராணுவச் செயற்கைக் கோள்களின் இரகசியத் தகவல்களை, நாட்டின் பாதுகாப்பை முன்னிட்டு எவரும் வெளியிடக் கூடாது. ஆகையால், நாம் இராணுவச் செயற்கைக் கோள்களைப் பற்றிய பொதுவான விவரங்களை இங்குச் சிறிது காண்போம்.

1970-ஆம் ஆண்டில் துவக்கத்திலிருந்தே உலகில் சக்தி வாய்ந்த வல்லரசு நாடுகளான அமெரிக்காவும் ரஷ்யாவும் சுமார் ஐந்து பில்லியன் டாலர் நிதியை, விண்வெளி நடவடிக்கைகளுக்காகத் தமது பாதுகாப்பு நிதியிலிருந்து ஆண்டொன்றுக்குச் செலவழிக்கின்றன. முந்தைய ஆண்டுகளில் ஒரு கிலோ கிராம் எடையை விண்வெளிச் சுற்றுப் பாதையில் செலுத்தச் சுமார் 2 கோடி ரூபாய் (உற்பத்திச் செலவும் இதனுள் அடக்கம்) செலவாவதாக மதிப்பிடப்பட்டது. ஆனால், தற்சமயம் அதே எடையுள்ள பொருளை விண்வெளிச் சுற்றுப்பபாதைக்கு அனுப்பச் சுமார் ஆயிரம் மடங்கு குறைவாக, அதாவது 20,000 ரூபாய்தான் செலவாகும். 1972 ஆம் ஆண்டு எடுக்கப்பட்ட கணக்கின் படி விண்வெளிக்கு அனுப்பப்பட்ட ஆய்வுக் கருவிச் சுமையில் பாதிக்கு மேல் இராணுவ நோக்கம் கொண்டவை என்பதற்குப் போதிய ஆதாரம் உள்ளது. அனேகமாகத் தற்சமயமும் இதே சதவிகிதச் செலவு நிலைதான் இருந்து வருகிறது எனலாம்.

சில இராணுவப் பயன்களுக்கு உதவும் செயற்கைக் கோளின் தொழில்நுட்பம் பொதுவாகப் பலனளிக்கக் கூடியது என்பதை இங்கு நாம் குறிப்பிட்டாக வேண்டும். இது உலகப் பாதுகாப்புக்கு வழிவகுத்துப் பெரிய அளவிலான யுத்தங்களைத் தவிர்த்து வரு

கின்றது. அமெரிக்காவும் ரஷ்யாவும் இவ்வகைச் செயற்கைக் கோள்களை, அணுகுண்டுத் தாக்குதல்களை முன்கூட்டி எச்சரிக்கவும், இராணுவப் பிரிவுகள் தங்களுக்குள் தகவல் பரிமாற்றம் செய்து கொள்ளவும் கடல் போக்குவரத்துக்காவும், மற்ற நாடுகளின் இராணுவ நடவடிக்கைகளின் தகவல்களைச் சேகரிக்கவும் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. தேசிய அளவில் நாட்டில் உள்ள அமைப்பு களைக் கண்காணிக்கச் செயற்கைக் கோள்கள் அத்தியாவசிய மாகின்றன. வல்லரசுகள் ஆயுத வரையறை ஒப்பந்தப்படி (Arms Limitation agreement) ஒன்றுக்கொன்று செயல்படுகின்றனவா என்று தங்களுக்குள் கண்காணித்து வருகின்றன. ஒவ்வொரு நாடும், மற்ற நாடுகள் கடைப்பிடிக்கும் கண்காணிப்பு வழிமுறையில் குறுக் கிடாது இருக்க ஒப்புக் கொண்டுள்ளது. வேவு பார்க்கும் இராணுவச் செயற்கைக் கோள்கள் மற்ற எல்லாவற்றையும்விட உலக அமைதிக்குப் பெரிதும் உதவி வருகின்றன என்பது வியக்கத் தக்கது.

செயற்கைக் கோள்களை இராணுவ நடவடிக்கைகளுக்குப் பயன்படுத்தும் திறமையில், அமெரிக்காவும், ரஷ்யாவும் ஒன்றுக் கொன்று நிகராகிச் சமபலத்தில் உள்ளன. ஐக்கிய நாடுகள் சபை, மிகவும் இரகசியமாகப் பாதுகாக்கப்படும் அமெரிக்க இராணுவத் திட்டங்கள் பற்றிச் சில தகவல்களைப் பெற்றுள்ளது வாயு மண்டலத் தில் அணுகுண்டு வெடிப்பதைக் கண்டு பிடிக்கும் வேலா (VELA) செயற்கைக்கோள் அமைப்புப் பற்றிய தகவல் இதில் அடங்கும். 110,000 கிலோ மீட்டர் உயரத்தில் இயங்கும் மூன்று செயற்கைக் கோள்கள் இந்த வகையில் முக்கியமானவையாகும். வாயு மண்டலத்தில் வெடிக்கும் அணுகுண்டுகளிலிருந்துவெளியாகும் மின்காந்தக்கதிர் வீச்சுகளையும், நுண்ணிய பொருள்களையும், அணுகுண்டு வெடிப்பின்போது ஏற்படும் வெளிச்சத்தையும் அவை கண்டுபிடிக்க வல்லன. எரிகுண்டுகள் தரையிலிருந்து ஏவப் பட்டவுடனேயே அவற்றைப் பற்றி முன்கூட்டி எச்சரிக்கை செய்ய வல்ல செயற்கைக் கோள்வகை ஒன்று உள்ளது. ஏவுகணைகள் வானில் பாய்ந்து செல்லும்போது உமிழும் அகச்சிவப்பு அலை வரிசை வெப்பக் கதிர்களை உணரும் உணர்கருவிகள் மூலம் அந்த ஏவுகணைகளை அடையாளம் கண்டுகொள்ள முடியும். இவ்வுணர் கருவிகள் இவ்வகைச் செயற்கைக் கோள்களில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன.

விண்வெளியில் இயங்கும் எந்த ஒரு பொருளையும் அதன் இராணுவ நோக்கம் பற்றியும் அறிந்து கொள்வதற்காக அமைக் கப்பட்ட அமெரிக்க வான் பாதுகாப்பு ஆணைத்துறை (NORAD) யின் அங்கமாக இவ்வகைச் செயற்கைக்கோள் அமைப்புச் செயல் படுகிறது.

1967-ஆம் ஆண்டு அமெரிக்க ஜனாதிபதி வெளியிட்ட அறிக்கையின் படி அதுநாள் வரை அமெரிக்காவின் வெளி ஆராய்ச்சிக்குச் செலவிட்டதைவிடப் - பத்து மடங்கு விண்வெளி இராணுவப் பயன்கள் அமெரிக்காவுக்குக் கிடைத்துள்ளன. உலகெங்கிலும் உள்ள இராணுவ நடவடிக்கைகள் பற்றிய செய்திகள் துல்லியமாகச் செயற்கைக்கோள்கள் மூலம் கிடைத்ததன் காரணமாக, அமெரிக்க இராணுவப் பாதுகாப்பு வரவுசெலவுத் திட்டத்தில் பெரிதும் சிக்கனமும் சேமிப்பும் ஏற்பட்டன.

1960-ஆம் ஆண்டு ஏப்ரல் மாதம் 1-ஆம் தேதி விண்வெளியில் செலுத்தப்பட்ட டிராஸ்-1 என்ற வானிலைச் செயற்கைக்கோள் ஆய்வுக் கருவிகள் கொண்ட அறிவியல் ஆராய்ச்சிக்குரிய செயற்கைக் கோளாகக் கருதப்பட்டது. பார்வைக்குட்பட்ட மற்றும் பார்வைக்குட்படாத அகச்சிவப்பு மின்காந்த அலைவரிசையில் பூமிக்கு மேல் வியாபித்திருக்கும் மேகக் கூட்டங்களைப் பூமிக்கு மேல் 450 மைல்களிலிருந்து படம் பிடிப்பதற்காக இச்செயற்கைக் கோள் விண்வெளிக்கு அனுப்பப்பட்டது. ரஷ்யா மற்றும் சைனா நாடுகளில் உள்ள ஆகாயவிமானத்தள ஓட்டப்பாதைகள் (Runways), ஏவுகணைகள் இயங்கும் தளங்கள் ஆகியவற்றைப் பற்றியும் படம் எடுக்கும் நிழற்படக்கருவிகள் கூட டிராஸ் -1 என்ற செயற்கைக்கோளில் பொருத்தப்பட்டிருந்தன. 1960ஆம் ஆண்டு மே மாதம், அமெரிக்கா தனது மைடாஸ் (MIDAS-Missile Defence Alarm System) என்ற இராணுவச் செயற்கைக் கோளை விண்வெளிக்கு அனுப்பியது. இது, ரஷ்யா செலுத்தும் ஏவுகணைகளைப் பற்றி அவ்வப்போது தகவல் தரவல்லது. 1961 ஆம் ஆண்டு ஜனவரி மாதம் முதன் முதலாகச் 'சாமோஸ்' (SAMOS - Satellite and Missile Observation System) என்னும் இராணுவச் செயற்கைக் கோள் விண்வெளிக்குச் செலுத்தப்பட்டது. 1960-ஆம் ஆண்டு செயற்கைக் கோள்கள் விண்வெளியில் விட்ட ஆய்வுக் கருவிகளை நடுவானில் மீட்கும் பணி வெற்றி பெற்றது. மற்ற நாடுகளைப் படம் பிடித்த பிலிம்கள் (Films) நடுவானில் மீட்கப்பட்ட ஆய்வுக்கருவிகள் தொகுப்பில் இருந்திருக்கலாம் எனக் கருதப்படுகிறது. வேவு பார்ப்பதற்காகவே ரஷ்யா, பல காஸ்மாஸ் (Cosmos) செயற்கைக் கோள்களை விண்வெளியில் செலுத்தியது. இவற்றில் சில சுமார் இரண்டு மீட்டர் விட்டம் கொண்டதாகவும் 300 கி.கிராம் எடையுள்ளதாகவும் இருந்தன. அமெரிக்கா, 15 மீட்டர் நீளமும் 11 டன் எடையும் கொண்ட 'பிக் பேர்ட்ஸ்' (Big Birds) என்ற ராட்சதச் செயற்கைக் கோள்களை விண்வெளிக்கு அனுப்பியது. அவை, 150 கிலோ மீட்டர் உயரத்திலிருந்து, 30 செ.மீ. அளவு கொண்ட சிறிய பொருட்களைக் கூடப் படம் பிடிக்

கும் திறன் கொண்டவை. அறிவியல் கோட்பாட்டின்படி, 150 செ.மீ. துளையும் (Aperture) 6 மீட்டர் துவி தூரமும் (Focal length) கொண்ட நிழற்படக்கருவி, இத்தகைய உயரத்திலிருந்து 15 செ.மீ. விட்டமுள்ள பொருள்களை எளிதாகப் படம் பிடிக்க வல்லது.

இவ்வகை இராணுவச் செயற்கைக் கோள்களை வேவு பார்த்து கப்பல் போக்குவரத்து மற்றும் தொலைத் தொடர்புத் துறை களில் ஈடுபடுத்துவதால் தரைப்படைகளின் பலம் பண்மடங்கு கணிசமாக அதிகரிக்கிறது. வேவுபார்க்கும் செயற்கைக் கோள்கள் போர் அபாயச் செய்திகளை முன்கூட்டி எச்சரிக்கச் செய்தும் படைபலக் குறைப்பு ஒப்பந்தகங்கள் சரிவரச் செயல்படுத்தப் படுகின்றனவா எனச் சரிபாாக்கத் துணை செய்தும் பணிபுரிவ தால், உலகப் பாதுகாப்பும் சமாதானமும் நிலவ அவை ஏது வாகின்றன. இருப்பினும், இராணுவப்பயன்கள் காரணமாக, விண்வெளியை ஆயுதப் போட்டிக்குரிய போர்க்களமாக மாற்றும் அச்சமும் இம் முயற்சிகளில் மறைந்திருப்பதை நாம் மறக்க இயலாது. விண்வெளி ஆயுதமயமாகும் நிலை ஏற்பட் டுள்ளது . விண்வெளி ஆயுத மயம் (Space weaponsisation) என்பது வாயு மண்டலத்திற்கப்பால், பலநூறு கி.மீ உயரத்திற்கு மேல் போர்த்திறமைகளை வளர்ப்பதையும், விரோத மனப்பான்மையை ஏற்படுத்துவதையும் குறிப்பதாகும்.

இரு வல்லரசுகளும் செயற்கைக்கோள்களை அழிக்கும் எதிர்ச் செயற்கைக்கோள் ஆயுதங்களை (ASATS - Anti Satellites) தயாரித்து வருகின்றன. இரண்டு வகை இயந்திர எதிர்ச் செயற்கைக்கோள்களை இந்நாடுகள் தயாரிப்பது பொதுவாக வெளியில் தெரியும். இதில் ஒருவகையான தாக்கும் செயற்கைக்கோள், எதிரி நாட்டுச் செயற் கைக் கோளுக்கு அருகில் சென்று அதனைத் தாக்கி அழிக்கக் கூடி யது. மற்றொரு வகை இயந்திர எதிர் செயற்கைக் கோளானது, ஜெட்போர்விமானத்தில் பொருத்தப்பட்ட ராக்கட் மூலம் ஏவப் படுகிறது. இந்த ஜெட் விமானம் விண்வெளியில் ஏவுகணையை ஏவுகிறது. ஏவுகணையிலிருந்து கிளம்பும் செயற்கைக்கோள் எதிரி நாட்டுச் செயற்கைக் கோளைத் தாக்கி அதன் சுற்றுப் பாதையை விட்டு அதனை அகற்றியோ முற்றிலும் அழித்தோ நாசம் விளைவிக்கிறது. இவ்விருவகைச் செயற்கைக் கோள்களும் பல கட்டத் தயாரிப்பு நிலையில் உள்ளன. தற்சமயம், குறைந்த உயரச் சுற்றுப்பாதையில் இயங்கும் செயற்கைக் கோள் மட்டும் தாக்கப்படுகின்றது. ஆனால், போதிய நிதி வசதியும் காலமும் கிடைக்குமானால், அதிக உயரத்தில் இயங்கும் செயற்கைக் கோள்களையும் அழிக்க வல்ல எதிர் செயற்கைக் கோள்கள்

தயாரிக்க இயலும் வாய்ப்பு உள்ளது என்று கூறுகிறார்கள். லேசர் ஒளிக்கற்றை (Laser beam) மற்றும் ஒளித்துகள் கற்றைகளைப் (Particle beam) பயன்படுத்தி, எதிர் செயற்கைக் கோள்களின் திறனை அதிகரிக்கும் ஆய்வுகள் தொடர்ந்து நடைபெற்று வருகின்றன. இத்தகைய தொழில்நுட்ப ஆற்றலை அடைவது சிரமமான காரியம் ஆகும்.

நம்மைப் பொறுத்தவரை, இராணுவச் செயற்கைக் கோள் களைப் பற்றிய உறுதியான தகவல்கள் கிடைக்காததால், நமது விவாதங்கள், வெறும் அனுமானத் தன்மை பெற்றனவே. சில நூறு மெகா டன் அல்லது அதற்கு மேலும் ஆற்றல் பெற்ற பெரிய அளவுள்ள சில குறிப்பிட்ட அணுச் சாதனங்கள், 250 கி.மீ உயரச் சுற்றுப் பாதையில் வெடிக்கப்பட்டுப் பின் தரைக்குக் கொண்டு வரக்கூடிய சாத்தியக் கூறுகள் பற்றிய கருத்து ஒன்று உள்ளது. இதன் மூலம் ஏற்படும் மிகுந்த வெப்பத்தால் ஒரு குறிப்பிட்ட நாட்டுப் பகுதி தீப் பற்றி எரியக் கூடும் என்பது தெரிகிறது.

விண்வெளியில் அரைகுறையாகத் தாக்கவல்ல ஃபோப்ஸ் (FOBS - Fractional Orbital Bombardment Satellite) எனும் செயற்கைக் கோள்களைத் தயாரிக்கும் வாய்ப்பு இருக்கிறது. இந்த வகைச் செயற்கைக் கோள் 90 சதவிகிதச் சுற்று வழிப் பாதையை மட்டும் சுற்றக் கூடியது. ஆனால், அதற்குள் புவிக்கருகில் வரும்போது எதிரி நாட்டுச் செயற்கைக் கோள் மீது குண்டு வீசித்தாக்கிச் சேதம் விளைவிக்க வல்லது. இரு வல்லரசுகளும், விண் வெளியில் செயற் கைக் கோளை அணுகிப் பரிசோதிக்கவோ தேவைப்பட்டால் அதை அழிக்கவோ தேவையான திறமையுள்ள செயற்கைக் கோள்களைத் தயாரிக்கின்றன என்று அனுமானிக்கப்படுகிறது. உறுதியாகத் தாக்கவல்ல இத்தகைய விண்வெளிச் செயற்கைக் கோள்களில் மனிதனை எளிதாக ஈடுபடுத்தி இயக்க இயலும். விண்வெளிக் கப்பல் (Space ship) இவ்வகையைச் சோந்ததாகும். மேலும், திருப்பித் தாக்கக்கூடிய ஏவுகணைகளைச் சந்திரனில் வைப்பது பற்றிய திட்டமோ, சாத்தியக்கூறோ உள்ளது எனலாம். இதனால் திருப்பித் தாக்கும் அணுப்போர் சாதனைங்களைத் சந் திரனில் வைத்துள்ள எந்த நாட்டையும், அந்த நாட்டை ஆரம்பத் தாக்குதலிலேயே முழுதும் அழிக்கக் கூடிய சக்தி பெற்ற நாடு கூட அணுப்போரில் இறங்கத் துணியாது என்ற நிலை யதார்த்த மாக ஏற்பட்டுள்ளது.

மேற்கண்ட சுசப்பான உண்மைகள், விண்வெளி ஆய்வு முயற்சி களின் ஒரு பகுதியை இராணுவ நடவடிக்கைகளுக்காக இரு வல்லரசு களும் பயன் படுத்துகின்றன என்பதை எடுத்துக் காட்டுகின்றன.

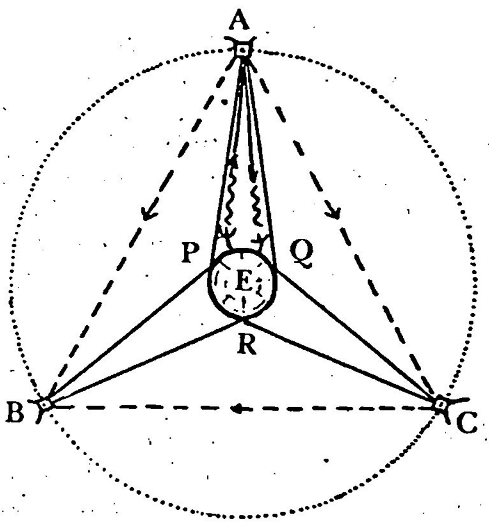
ஐக்கிய நாட்டுச் சபைக்கு இந்த நிலை தெரியும். செயற்கைக் கோள்களில், இராணுவ முக்கியத்துவம் வாய்ந்த போர்த் தள வாடங்களைப் பொருத்தி விண்வெளியை ஆயுதப் போட்டிக் கூடமாக ஆக்கக் கூடாது எனப் பெருவாரியான அங்கத்தினர் கள் தம் கவலையைத் தெரிவிக்கிறார்கள். 1982—இல் வியன்னாவில், விண்வெளியைச் சமாதானச் செயல்களுக்குப் பயன்படுத்துவது பற்றிய கருத்தரங்கை ஐக்கிய நாட்டுச் சபைத் துவக்கியது. விண் வெளியில் போர் ஆயுதங்களைப் பயன்படுத்தக் கூடாது என்று அது விவாதித்தது. மனிதக்குல மேம்பாட்டுக்கு விண்வெளியைச் சிறப்பாகப் பயன்படுத்த மனிதன் தனது அறிவைச் செலுத்த வேண்டும் என்று இத்தருணத்தில் வேண்டுவோமாக!

தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக் கோள்கள்
(COMMUNICATION SATELLITES)

விண்வெளித் தொழில்நுட்பத்தின் குறிப்பிடத்தக்கத் தொடக்க நிலை பலன்களில் முக்கியமான ஒன்று, தொலைத் தொடர்புத் துறையில் செயற்கைக்கோளினைப் பயன்படுத்தியது ஆகும். செயற்கைக் கோள் யுகத்திற்கு முன், தொலைபேசி, தந்தி தகவல்கள் கம்பி (Cable) முதலிய சாதனங்களைப் பயன்படுத்தி வானொலி மூலம் செய்தி அனுப்பப்பட்டபோது, முன்னேறி வரும் நாடுகள் பொதுவாக ஒதுக்கி வைக்கப்பட்டன, அதிக அடர்த்தியுள்ள நெருக்கமான வழித்தடங்கள் உலகத் தொடர்புக் கான பணியைச் செய்வதில் பெரும் பங்கு வகித்தன. செயற்கைக் கோள் தொலைத் தொடர்புப் பணியில் முக்கியமான பயன் என்னவென்றால் முன்னேறி வரும் நாடுகளுடன் முன்னேறிய நாடுகள் தொடர்பு வைத்துக்கொள்ள உதவுவதும்,முன்னேறி வரும் நாடுகளுக்குள்ளே தொடர்பு கொள்ள உதவுவதும் ஆகும். பூமியோடு ஒத்து இயங்கும் மூன்று செயற்கைக் கோள்கள் சரியான இடத்தில் விண்வெளியில் நிறுத்தப்பட்டுத் தக்க கருவிகளை, அவற்றில் பொருத்தப்பட்டால், அவற்றால் பூமியின் மேற்பரப் பிலுள்ள எந்தப் பகுதியுடனும் விரைவாகத் தொடர்பு கொள்ள இயலும்.

விமான நிறுவனங்களும், அனைத்துலக உணவகங்களும் முன்பதிவு சேவைக்காகத் தொலைத் தொடர்புச் செயற்கைக் கோளைப் பயன்படுத்துகின்றன. தற்போது, நேரடியாகத் தொலை பேசியின் மூலம் வெளி நாட்டிலிருப்பவர்களோடு பேசுவதும் செயற்கைக்கோளினால் சர்வசாதாரணமாகி விட்டது. தற்காலத்தில், அனைத்துலகச் செய்திகளைக்கூட "நேரடியாக" வீட்டிலுள்ள தொலைக்காட்சித் திரையில் காண்பது எளிதாகி விட்டது. மனித வரலாற்றில் முதன்முதலில் மனிதன் சந்திரனில் நடந்ததை உலகெங்கும் பலர் பார்த்த நிகழ்ச்சி முக்கியமானது. அண்மையில், ஆசிய விளையாட்டு நிகழ்ச்சிகள் (ASIAD) செய்தித் தொடர்புச் செயற்கைக்கோள் (APPLE) மூலம் ஒளிபரப்பட்டன.

அறிவையும், புதிய அறிவியல் நுட்பங்களையும் பரவச் செய்வதில் செயற்கைக்கோள் தொடர்பு பெரும்பங்கு



படம்-5.1

துருவப் பகுதியை ஒட்டிச் சிறிய பரப்புகளைத் தவிர உலகம் முழுவதும் தொலைத் தொடர்பு தேவைப்படும்போது, ABC என்ற பூமியை ஒத்து வேகமுடைய மூன்று செயற்கைக்கோள்களை நிலநடுக்கோட்டின் மேல் (பூமி E) மேற்கண்டவாறு நிறுத்த வேண்டும். PQ க்குள் உள்ள பகுதிக்குச் செயற்கைக்கோள் A யும், PR க்குள் செயற்கைக்கோள் B-யும் RQ க்குள் செயற்கைக்கோள் C-யும் தொலைத் தொடர்புக்கு உதவும். செயற்கைக் கோள்கள் A.B.C தங்களுக்குள் தகவல் அஞ்சல் செய்ய முடியும்.

வகிக்கிறது. உதாரணமாக, ஒரு நாட்டில் செய்யப்பட்ட இருதய அறுவைச் சிகிச்சையைத் தொலைக்காட்சியில், உலகில் பல வேறு பகுதியில் இருக்கின்ற மருத்துவ நிபுணர்கள் காண்கிறார்கள். செயற்கைக்கோள் தொடர்பு பற்றிய நெறிமுறை எளிதானது. சுமந்து செல்லும் விண் அலைகள் (Carrier radio waves) பொருத்தமான உணர்கொம்பின் (Antenna) மூலம் மிக அதிக அதிர்வெண் அலைவரிசையில் (பெரும்பாலும், அதிர்வெண் 4 GH_z லிருந்து 6 GH_z அலைவரிசை) செயற்கைக் கோளை நோக்கிச் செலுத்தப்படுகிறது (GH_z = 109 வட்டச் சுழற்சி/வினாடி என்பது 30 செ,மீ வானொலி அலைநீளத்தற்குச் சமமாகும்.) ஆகையால் 4GH_z வானொலி அலையின் நீளம் 7.5 செ.மீ. ஆகவும், 6GH_z வானொலி அலையின் நீளம் 5 செ.மீ. ஆகவும் இருக்கும். இந்தச் சுமக்கும் ஊர்தி அலைகள் செயற்கைக் கோளுக்கு அனுப்பும் முன், ஒலி (Voice) அல்லது மோர்ஸ் சங்கேதம் அல்லது தொலைக்காட்சிச் சைகை மூலம் தகுந்தபடி மாற்றம்

செய்யப்படுகின்றன. இது எல்லா விதமான தரை ஒளிபரப்புகளுக்கும், வானொலி அல்லது கம்பிகளினால் செய்யப்படுகின்றன. இந்தச் செயல் மாற்றம் செய்யப்பட்ட (modulated) அலைகளைச் செயற்கைக் கோளில் உள்ள மின் அணுக்கருவிகள் (electronic equipments) பெறுகின்றன. இவை, பிறகு பெரிதாக்கப்பட்டுத் திரும்பத் தரையில் உள்ள குறிப்பிட்ட ஒரு தனி வானொலி நிலையத்துக்கு அல்லது பல நிலையங்களுக்கு வெவ்வேறு GH_z அதிர் வெண் அலை வரிசையில் அனுப்பப்படுகின்றன. சாதாரண வானொலி அலைகள் புவிக்குமேலே 100-400 கி.மீ. உயரத்தில், அயனி மண்டல அடுக்குகளில் பிரதிபலிக்கின்றன அல்லது உரிஞ்சுகின்றன. ஆனால், GH_z அதிர் வெண்களில் உள்ள அலைகள் இந்த அடுக்குகளினால் பாதிக்கப்படுவதில்லை. செயற்கைக்கோளைப் பூமிக்கு மேலே 36,000 கி.மீ. தூரத்தில், பூமியை ஒத்த வேகச்சுற்றுப்பாதையில் நிலைப்படுத்தினால் அச் செயற்கைக்கோள் பூமியின் மூன்றின் ஒரு பங்குக்கு மேலான பரப்பளவை நேரடியாகக் காண முடியும். மேலும், அதே பரப்பை மட்டும் எப்போதும் கண்டு கொண்டிருக்கும். இவ்வாறு வனொலி அலைகளின் சமிக்ஞைகள் சிதைவுறும் சக்தி குறைந்த நிலையில் செயற்கைக் கோளைச் சென்றடையும், இதே போலச் சமிக்ஞைகள் செயற்கைக் கோளிலிருந்து திரும்ப அனுப்பப்பட்டுச் சக்தி குறைந்த நிலையில் பூமியை வந்தடைகின்றன.

வானொலித் தொழில்நுட்பம் மிகவும் குறைந்த (வலிமையற்ற 0.1 மைக்ரோவோல்ட்/மீட்டர்) சமிக்ஞைகளையும் கண்டறிந்து அவற்றைச் சிதைவு இல்லாமல்,கேட்கும்படி வலிமையூட்டு மளவுக்கு முன்னேற்றம் அடைந்துள்ளது. இந்த வானொலித் தொடர்புத் தொழில்நுட்ப முன்னேற்றமே செயற்கைக்கோள் தகவல் தொடர்பு பற்றிய முறையைச் சாத்தியமாக்கியுள்ளது.

செயற்கைக் கோள்களைத் தகவல் தொடர்பிற்காகப் பயன் படுத்துவதில் மிகவும் பழையதும், பெரியதுமானது அனைத்துலகத் தொலைத் தொடர்பு செயற்கைகோள் (Intelsat) அமைப்பாகும்; இது நூற்றுக்கும் மேற்பட்ட நாடுகளில் உள்ளவர்களைச் உற வினர்களாகவும், உபயோகிப்பாளர்களாகவும் கொண்ட அனைத்துலகக் கூட்டுறவுத் தொலைத் தொடர்பு அமைப்பாகும். இதில் இந்தியா வும் ஒன்று. செயற்கைக்கோள்கள், மண்டலத்தகவல் தொடர்புக் காகவும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத் துக்கான அஞ்சல் முறை, தந்தித் தொலைபேசி, தகவல் அனுப்புதல், மற்றும் வானொலி இணைப்புகள் போன்றவற்றில் உதவுவதே செயற்கைக் கோளினுடைய வணிகமுறைப் பயனாகும். அம்

மாதிரியான பயன்களில் தகவலைச் சேகரிக்கும் தரை நிலையமே (Earth Receiving Station) சக்தி வாய்ந்த அங்கமாகக் கருதப்படுகிறது (புனே அருகிலுள்ள ஆர்வி (Arvi) இந்தியச் செயற்கைக்கோள் தரை நிலையம் இது போன்றது). இருப்பினும், நவீன செயற்கைக் கோள்கள் பெரிய உணர்கருவிகளையும், சக்திவாய்ந்த தகவல் அனுப்பும் கருவிகளையும், புதுமையான அமைப்புகளையும் கொண்டவை. இவ்வாறு ஒரே சமயத்தில் பூமியிலுள்ள பல தகவல் சேகரிப்பு மையங்கள் நேரடியாகச் சக்திவாய்ந்த ஒளி, ஒலிபரப்பு களைச் சிறப்பாகச் செயற்கைக் கோள் மூலம் பெற முடிகிறது. செயற்கைக் கோள் மூலம் கிராம மக்களுக்கும் தகவல் அனுப்பு வது இப்போது சாத்தியமாகிறது. எளிதான வீட்டு மின் இணைப் புச் சாதனங்களே செயற்கைக்கோள் மூலம் தகவலைப் பெறுவதற் குப் போதுமானவை. இவ்வாறு, தகவல் தொடர்புச் செயற்கைக் கோள் மூலம் கைக்கடிகாரம் போன்ற சிறுகருவி உதவியுடன் செய்தி களைப் பெற்று உலகளாவிய அளவில் ஒருவருக்கொருவர் கலந் துரையாடும் நாள் வெகுதூரத்தில் இல்லை என்பது புலனாகும் (அருகிலுள்ள தொலைத் தொடர்பு மையங்களுடன் கைக்கடி காரக்கருவி மூலம் தொடர்பும் ஏற்படும் நிலை ஏற்படும்).

1965-இல் இருந்து "இன்டல்சாட்" செயற்கைக்கோள் வாணிப அளவில் பயன்பட்டு வருகிறது. ஆண்டுக்கு 20 சதவீதம் என்ற அளவில் தொடர்ந்து வளர்ச்சியடைந்து இப்போது ஐந் தாவது தலைமுறைச் செயற்கைக்கோளாகச் செயல்பட்டு வருகிறது. அனைத்துலகத் தொலைதூரத் தொலைபேசித் தொடர்பு கொள் வதற்கு இவை உருவாக்கப்பட்டன. தற்போது செயல் முறையில் இருக்கும் அமைப்பு, பன்னிரெண்டு புவியின் சுழற்சி வேகத்தை ஒத்துச் செயல்படும் அல்லது மாற்றுச் செயற்கைக் கோள்களைக் கொண்டுள்ளது.

புவியின் சுழற்சி வேகத்தை ஒத்துச் செயற்கைக் கோள்கள் ஆறு கண்டங்களிலுள்ள 300 தரை நிலையங்களை 800 இணைப் புகள் முலம் இணைக்கின்றன. முன்னர்க் குறிப்பிட்டபடி இந்தியா இந்தப் பன்னாட்டுக் குழுவில் ஓர் உறுப்பு நாடாகும். நிலநடுக் கோட்டின் மீது 60 பாகை கிழக்கில் (அரபிக் கடலின் மேல்) இன்டல்சாட் அமைப்பின் ஒரு புவியின் சுழற்சி வேகத்தை ஒத்துச் செயற்கைக் கோள் உள்ளது,. இந்தியாவில் வெளிநாட்டுத் தொலை பேசித் தொடர்புக்கு இந்த இண்டல்சாட் அமைப்புச் செயற்கைக் கோள் பெரிதும் உதவுகின்றது. அதற்காகும் செலவு (தொலை பேசி மின் இணைப்பு) ஒவ்வொரு அலைவரிசைக்கும் 4,000 அமெரிக்க டாலர்கள் ஆகும். இது முன்புஇருந்ததைவிட ஆறில் ஒரு பங்கு ஆகும். போதுமான தொலைபேசி அலைவரிசையைத்

தவிர, இன்டல்சாட் தொலைக்காட்சி மற்றும் எண் வடிவிலான தகவல் பரப்புதலுக்கும் அலைவரிசைகளைக் குத்தகைக்குத் தரு கிறது. இதன் மூலம் இந்த அமைப்பானது, ஆண்டு வருமான மாக 200 மில்லியன் டாலர் பெற்று அதன் மூலம் உறுப்புநாடுகள் தங்களது மூலதனத்தை 15 சதவிகிதம் இலாபம் பெறுகின்றன என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. நிலநடுக்கோட்டின் மேல் ஏற்கனவே பல நாடுகளிலிருந்து அமைதிக்காகவும் இராணுவ நடவடிக்கை களுக்காகவும் அனுப்பப்பட்ட பல செயற்கைக்கோள்கள் நிறுத்தும் இடத்தை முன்னரே பதிவு செய்து கொள்ள வேண்டியிருந்தது. விண்வெளி என்பது யாவருக்கும் பொதுவானது என்பதால், புவியின் சுழற்சி வேகத்தை ஒத்துச் செயற்கைக்கோள்களை விண்வெளியில் நிறுத்தும் தகுதியுடைய எந்த நாடும், முதலில் பதிவு செய்து கொள்வதன் மூலம் அவ்விடத்தைப் பெறமுடியும் என்பதே தற்போதைய நிலையாகும்.

அனைத்துலகு வாணிபம் செயற்கைக் கோளினால் அஞ்சல் மூலம் தகவல்களை அனுப்புதல், டெலக்ஸ் மற்றும் தொலை பேசி மூலம் செய்தி அனுப்புவதற்கென ஆண்டுதோறும் 70,000 கோடி ரூபாய் செலவிடுகிறது. செயற்கைக்கோள் கணிப்பொறி மூலமாகச் செய்தி அனுப்ப முடியும். பல்வேறு நாட்டிலுள்ள பங்கேற்பாளர்களும் தங்களுடைய நாட்டில், தங்கள், அலுவல கத்தில் இருந்துகொண்டு வேறு நாட்டில் நடக்கும் பொதுக் கூட்டத்தில் கலந்துகொள்ளும் நிலை தற்போதைய செயற்கைக் கோள் தொலைபேசி இணைப்பு மூலம் சாத்தியமாகியுள்ளது. தகவல் தொடர்பு செயற்கைக் கோள்களை உபயோகிப்பதன் மூலம் பயணமும் தகவல் அனுப்புதல் போன்ற பணிகளின் வியாபாரச் செலவுகளும் கணிசமாகக் குறைக்கப்படுகின்றன.

செயற்கைக்கோள் தகவல் தொடர்புகளின் வளர்ச்சியைக் கண்ட இந்தியா, 250 கோடி ரூபாய் செலவில், தொலைத் தகவல் தொடர்புக்கென ஒரு செயற்கைக் கோளினைத் தயாரிக்க முடிவு செய்தது. அந்தச் செயற்கைக் கோளே (INSAT) இந்தியத்தேசியத் செயற்கைக்கோளாகும்.

1965-இல் அகமதாபாத்தில் பரிசோதனை அளவில் ஒரு செயற்கைக்கோள் மூலம் தகவல் சேகரிக்கும் தரை நிலையத்தை ஏற்படுத்த முடிவெடுத்தது. இப்போது இந்தியாவின் செயற்கைக் கோள் தகவல் சகாப்தம் ஏற்படுத்துவதற்கு ஆதாரமானது எனலாம். இதைத் தொடர்ந்து, செயற்கைக்கோளைப் பயன் படுத்தித் தொலைக்காட்சி மூலம் செய்தி பரப்புவதற்கான சாத்தியக் கூறுகளையும், அதற்கு உகந்த சூழ்நிலையையும் ஆராய்

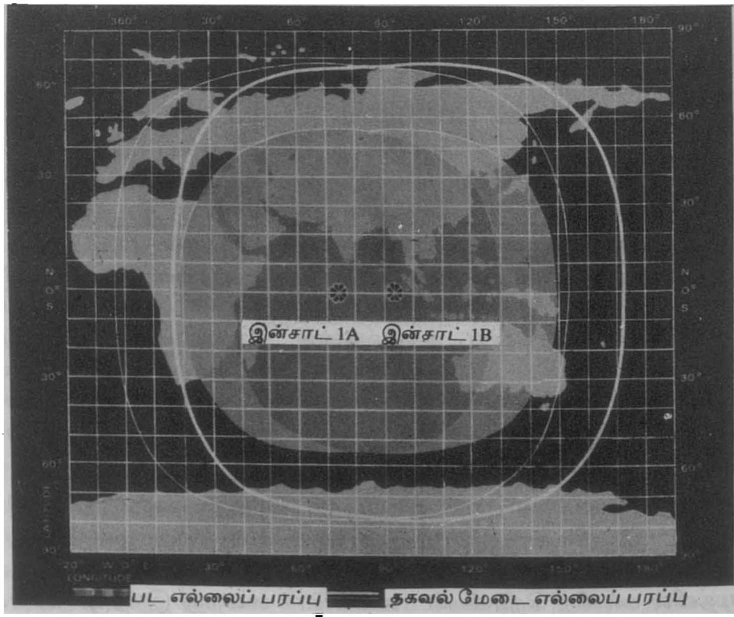
வதற்குத் தீவிர முயற்சி களையும் தொடர்ந்து மேற்கொண்டது. தொலைக்காட்சி மூலம் கல்வி பரப்ப இயலும் என்னும் கருத்தை எவரும் கனவிலும் நினைக்காத காலத்தில், அமரர் விக்ரம் சாராபாய் இந்தத் துறையை வளர்க்க முடிவெடுத்தது ஒரு பெரும்புரட்சி யாகும். செயற்கைக்கோளைப் பயன்படுத்தித் தொலைக்காட்சி மூலம் பாமர மக்களுக்குச் செய்தி தருவது ஒரு சிறந்த இலட்சிய நோக்கமுடைய முறை எனச் சாராபாய் கருதினார். குறிப்பாகக் கல்வியறிவற்ற மக்களுக்குக் காதால் கேட்டுக் கண்ணால் பார்த்து அனுபவிக்கும் தொலைக்காட்சித் தொடர்புச் சாதனம் பெரும் வரப்பிரசாதமாகும் என்று திரு. சாராபாய் எண்ணினார். இந்தியா வும், அமெரிக்காவும் கூட்டு முயற்சியால் செய்த ஆராய்ச்சிகளின் முடிவு, தொலைக்காட்சி இந்திய மக்களின் கல்வி பொருளாதார மேம்பாட்டிற்குப் பெரிதும் உதவக்கூடியது என்பதாகும். இந்த ஆராய்ச்சிகளின் முடிவு தொலைக்காட்சி மூலம் மக்களுக்குத் தகவல் பரப்புவதை வலியுறுத்தியது. **1975** ஆம் ஆண்டு ஆகஸ்டு முதல் தேதியிலிருந்து ஓராண்டிற்குச் செயற்கைக்கோள் வழியாகத் தொலைக்காட்சி மூலம் கல்வி பரப்புப் பரிசோதனை (SITE) நமதுபுதிய முயற்சியாகும். இந்தப்பரிசோதனைக்கு 35 டிகிரி கிழக்கு அட்ச ரேகையில் (கென்யா நாடு), பூமத்திய ரேகைக்கும் மேல் அமெரிக்கா அனுப்பிய பூமியோடு ஒத்தவேகம் உடைய செயற்கைக்கோள் பயன்படுத்தப்பட்டது.

இந்தச் செயற்கைக்கோள் வழி தொலைக்காட்சிக் கல்வி பரப்புப் பரிசோதனைப் பணி (SITE) மூலம் ஆந்திரம், பீகார், கர்னாடகம், மத்தியப் பிரதேசம், ஒரிசா, இராஜஸ்தான் ஆகிய மாநிலங்களில் உள்ள **2300** கிராமங்கள் பயன்பெற்றன. தொலைக்காட்சி நிகழ்ச்சி கள் செயற்கைக் கோளுக்குத் தரையிலுள்ள ஒரு இடத்திலிருந்து அனுப்பப்பட்டுப் பின்பு அவை செயற்கைக்கோள் மூலம் இந்தியா முழுதும் ஒலி, ஒளி பரப்புச் செய்யப்பட்டன. பல கிராமங்களில் ஆங்காங்கு வைக்கப்பட்டிருந்த உணர்கருவிகள் (Antennas) செயற் கைக்கோள் பரப்பிய தகவல்களை நேரடியாகப் பெற்றுத் தொலைக்காட்சிப் பெட்டிகளில் உடனடியாகக் காண்பித்தன. இதன் மூலம் நகரங்கள் முதலில் செயற்கைக்கோளிடமிருந்து தகவல் பெற்றுப் பின்பு நகரங்களிலிருந்து கிராம மக்களுக்கு அனுப்ப வேண்டிய முறை தவிர்க்கப்பட்டது.

இத்தகைய ஒலி, ஒளி பரப்புகள், வேளாண்மைத் தொழில் மேம்பாடு, விலங்கு வளர்ப்பு, குடும்பநலம், நலவாழ்வு போன்ற தேவையான தகவல்களைக் கொண்டிருந்தன. இப்பரிசோதனை முதலில் கல்வித் தொண்டை மையமாக வைத்து இதற்குச் செயல் வடிவம் கொடுக்கப்பட்டது என்றாலும், இதிகாசம் இசை, நாடகம்,

ஆடல், பாடல் போன்ற கேளிக்கை நிகழ்ச்சிகளுக்கும் இடம் கொடுக்கப்பட்டன. குழந்தைகளுக்குத் தேவையான நிகழ்ச்சிகளும் இடம்பெற்றன. உலக அளவில் பார்த்தால், இந்தியாவில் தான் ஒருவேளை முதன்முதலில் கிராமங்களுக்குத் தேவையான இத்தகைய கல்விபரப்பு நிகழ்ச்சித் திட்டம் மேற்கொள்ளப்பட்டதோ என்று எண்ணத் தோன்றுகிறது. ஓராண்டுக்குப் பின், நில நடுக்கோட்டுப் பகுதி அட்லாண்டிக் கடலுக்குமேல் நின்று செயல்படத் தனது உள்நாட்டுத் தேவைக்காக அமெரிக்கா தன்னுடைய செயற்கைக்கோளை விண்வெளியில் நகர்த்திக் கொண்டது. வருங் காலத்தில் நமது அன்றாடத் தொலைக்காட்சி நிகழ்ச்சிகளில் மேற்கண்ட கிராமக் கல்வி ஒளிபரப்புப் பணி தொடர்ந்து மேற்கொள்ளப்படும் என எதிர்பார்க்கலாம்.

1977-1979-ஆம் ஆண்டுகளில் இந்தியா செயற்கைக்கோள் தொலைத் தொடர்புப்பரிசோதனைத் திட்டம் (STEP) ஒன்றைச் செயல்படுத்தியது. அப்போது உள்ள 'இண்டல்சாட்' (INTELSAT) என்ற தொலைத் தொடர்புச் செயற்கைக் கோளைப் பயன்படுத்தி நமது நாட்டுக்குள் பலவிதத் தொலைத் தொடர்புப் பணிகளை மேற்கொள்வதே இத் திட்டத்தின் நோக்கம். இதற்காகச் சென்னை, டெல்லி அகமதாபாத் ஆகிய நகரங்களில் ஒலி, ஒளிச் செய்திகளை



படம்—5.2
இரண்டு இன்சாட் செயற்கைக் கோள்களிலிருந்து தெரியும் பரப்பளவு.

வாங்கிப் பின்பு பரப்பும் சாதனங்களை இந்தியா நிறுவியது. இதன் மூலம், ஒலி, ஒளி நிகழ்ச்சிகள் தவிரத் தொலைத் தூரத் தொலைபேசி, வானொலித் தொடர்புகளை மேற்கொள்ளவும் தீர்மானிக்கப்பட்டது. மேலும் ஒலி, ஒளித் தகவல் வாங்கிப் பின் பரப்பும் மின்சாதனங்கள் இந்தியாவுக்குள்ளும் வெளிநாட்டுக்கும் அவ்வப்போது எடுத்துச் செல்ல வசதியாக நடமாடும் ஊர்திகள் உருவாக்கப்பட்டன. உடனடியாக எடுத்துச் சென்று விரைவாகத் தொலைத் தொடர்பு வசதி இவற்றின் மூலம் பெற இயலும். இந்தியா முழுவதும் விரைவாக நம்பத் தகுந்த செய்திகளை மக்களுக்குப் பரப்ப இந்த நடமாடும் சாதனங்களால்தான் முடியுமென்றால் அது மிகையாது. ஆந்திராவிலும், சௌராஷ்டிரா மாநிலங்களிலும் ஏற்பட்ட கடும் புயல் காலங்களில், ஏதேச்சையாக இது நிறுபிக்கப்பட்ட உண்மையை யாவரும் அறிவர். கராச்சியில் நடந்த கிரிக்கெட் விளையாட்டை ஒலி, ஒளி பரப்பக் கராச்சிக்கு ஒரு முறை எடுத்துச் செல்லப் பட்டது.

1978-81 ஆண்டுகளில், இந்தியா 670 கி.கிராம் எடையுள்ள ஒரு பரிசோதனைக்கான தொலைத் தொடர்புச் செயற்கைக்கோள் ஒன்றை உருவாக்கியது. அது ஐரோப்பிய விண்வெளி மையம் தயாரித்த ஏரியன் ஏவுகணையின் மூலம் பூமத்திய ரேகையின் மேல் 102 டிகிரி கிழக்கு அட்சரேகையில் புவியின் சுழற்சி வேகத்தை ஒத்துச் சுற்றுப்பாதையில் அனுப்பப்பட்டது. அதுவே 'ஆப்பிள்' (Apple) செயற்கைக்கோளாகும். 'ஆப்பிள்' என்பது ஏரியன் என்ற ஏவுகணை மூலம் செலுத்தப்படும் பயணிகள் ஆய்வுச் சுமைப் பரிசோதனை என்பதாகும். (Aeriane Passenger Payload Experiment - APPLE). இது இந்திய விஞ்ஞானிகளாலும், பொறியாளர்களாலும் வெற்றிகரமாகச் செய்து முடிக்கப்பட்ட பெரு முயற்சியாகும். செயற்கைக்கோளை உபயோகப் படுத்திப் பின்னால் நடத்தப்பட்ட திட்டங்கள் மூலம் மிகுந்த அனுபவம் பெறப்பட்டது. திட்டத்தின் பகுதியாக 'ஆப்பிள்' செயற்கைக்கோள் மூலம் இந்தயாவின் வானொலி அமைப்புகளின் இணைப்புகளும், கல்வி பரப்பும் முறையாகத் தொலைக்காட்சி ஒளிபரப்புகளும், தகவல் அஞ்சலும் செய்யப்பட்டதை ஆப்பிள் செயற்கைக்கோளை நிர்மாணித்ததன் மூலமும், அதைப் பயன்படுத்தியதன் மூலமும் கிடைத்த அனுபவமுமே இந்தியாவிற்குத்தேசிய செயற்கைக் கோள் இன்சாட்டை (INSAT) உருவாக்கப் பயன்பட்டது.

இந்தியாவின் தேசியச் செயற்கைக்கோளான 'இன்சாட்-1' (INSAT-1) 1982—இல் ஏப்ரல் 10-ஆம் தேதியில் விண்வெளிக்குச் செலத்தப்பட்டது. துரதிருஷ்டவசமாக இது மிகுந்த பயன் தராமலே

1982 ஆகஸ்டு மாதம் செயலிழந்தது. அதே மாதிரியான செயற்கைக் கோள்களான 'இன்சாட்-1பி, 1-சி'யும் பின்னால் செலுத்தப்பட்டன. இவற்றில் 'இன்சாட்-1பி' திறம்படச் செயல்பட்டது. இதற்கு மாற்றாகத் தற்போது 'இன்சாட்-1 டி' 1990-இல் செலுத்தப் பட்டு வெற்றிகரமாகச் செயல்பட்டு வருகிறது. இந்தியர்கள் திட்ட மிட்ட வடிவமைப்பின்படி அமெரிக்கக் கம்பெனி ஒன்று இந்தச் செயற்கைக் கோள்களைத் தயாரித்தது. இதை உருவாக்குவதில் கலந்து கொண்டதன் மூலம் நமது இந்திய விஞ்ஞானிகள் செயற் கைக்கோள் தொழில்நுட்பம் பற்றி உயர்ந்த அனுபவத்தைப் பெற்றுள்ளனர்.

இந்தச் செயற்கைக்கோள் தகவல் தொடர்பு மற்றும் வானிலை அறிவிக்கும் வசதிகள் தன்னகத்தே கொண்ட முதல் அமைப்பாகும். இந்த விண்வெளிக் கப்பல் கீழ்க்காணும் சாதனங்களைக் கொண்டுள்ளது.

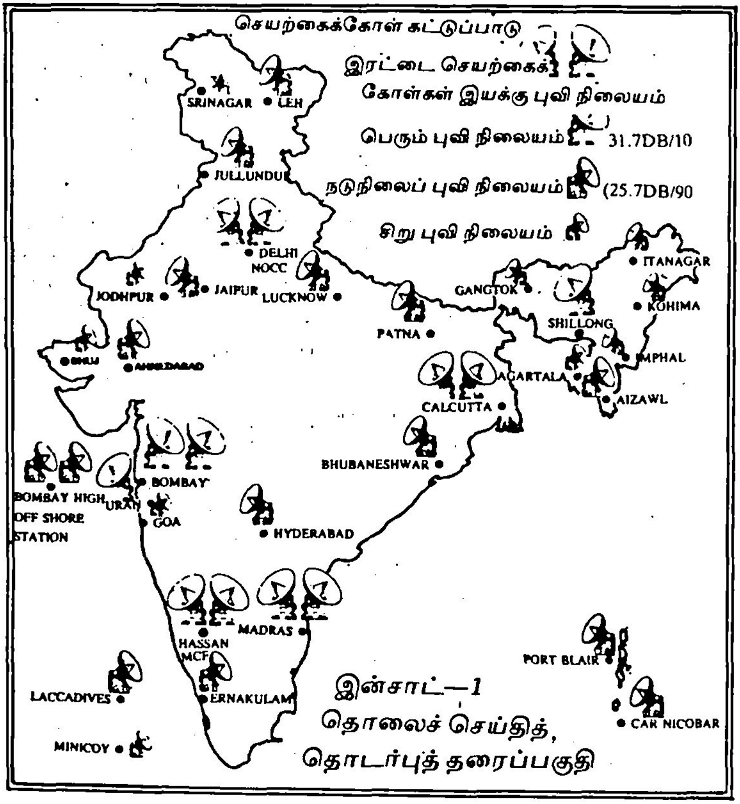
1) 4,300 இருவழித் தொலைபேசி மின் இணைப்புக்காகப் பன்னிரண்டு தேசிய அளவிலான தகவல்தொடர்பு மின் அலைபெற்றுச் செலுத்தி (Transponder) ஒவ்வொரு ட்ரான்ஸ் பான்டரும் இரு பகிர்ந்தளிக்கும் அலைவரிசைகள் (Distribution channels) அல்லது 1,332 ஒரு வழித்தொலைபேசி அலைவரிசையைக் கொண்டிருக்கும்.

2) இரண்டு அதிக சக்தி வாய்ந்த தேசிய அளவிலான மின்அலை பெற்றுச் செலுத்தி ஒவ்வொன்றும் தொலைக்காட்சி ஒளி பரப்பு அலைவரிசையை நேரடியாகப் பெறும் ஆற்றல் உடையது.

3) ஒரு மீவுயர் பகுப்புக் கதிராற்றல் மானி (Very High Resolution Radiometer - VHRR) பூமியை ஒவ்வொரு 30 நிமிடத்திற்கும் படம்பிடிப்பதற்கு (படம் பிடிக்கப்பட்ட அளவு கிட்டத் தட்ட 45 டிகிரி வடக்குத்தீர்க்க ரேகையிலிருந்து 45 டிகிரி தெற்கு வரை மற்றும் 40 டிகிரி கிழக்கில் இருந்து 150 டிகிரி கிழக்கு அட்சரேகைவரை) இந்த அமைப்பு இரவு பகலாக இந்தியா, அருகிலுள்ள நிலம் கடல் பரப்புகளையும் மேகமட்ட வெப்ப நிலையையும் பனி மூட்ட வானிலையையும் அறிய உதவுகிறது.

4) தானியங்கு தகவல் சேகரிப்பு மற்றும் தகவல் அனுப்பும் தரை நிலையங்கள் ஆகியவற்றின் மூலம் வரும் வானிலை, நீரியல் கடல் தொடர்பான தகவல்களை அஞ்சல் செய்ய ஓர் அலைவரிசை உள்ளது.

இன்சாட் அமைப்பு 31 தரை நிலையங்களையும், கணிப் பொறிப் பகுதிகளையும் கொண்டு உள்ளது. இவற்றில் ஐந்து தொலைத் தொடர்புத் தரை நிலையங்கள் பம்பாய், கல்கத்தா, டெல்லி, சென்னை, ஷில்லாங் ஆகிய முக்கியமான, தலையாய மையங்களில் உள்ளன.



படம்—5.3

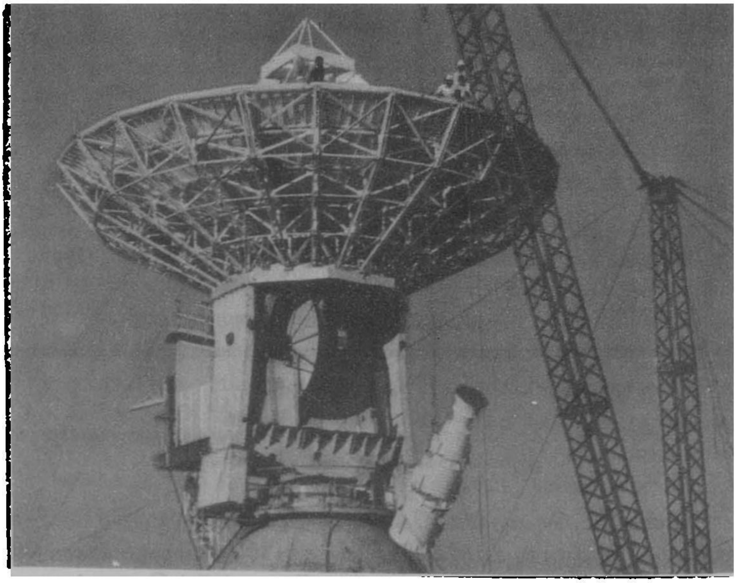
இன்சாட் செயற்கைக்கோள் தகவல்களைப் பெறுவதற்கு இந்தியாவில் நிர்மாணிக்கப்பட்ட தரை நிலையங்கள்.

இன்சாட் செயற்கைக்கோள் ஆரம்பத்தில் ஆந்திரா, பீகார், குஜராத், மகாராஷ்டிரா, ஒரிசா, உத்தரபிரதேசம் ஆகிய மாநிலங் களிலிருந்து தெரிந்தெடுக்கப்பட்ட சில கூட்டுக் கிராமங்களுக்கு 8,000 தகவல் வாங்கி நிலையங்கள் மூலம் நேரடியாகத் தொலைக் காட்சிப்பரப்புக்குத் திட்டமிடப்பட்டது. இந்தவகை சிக்கன

மான தகவல் வாங்கி நிலையங்கள் மூலம் கிராமியக் கல்வி, விவசாயம், நலவாழ்வு நிகழ்ச்சிகளைப் பரப்பத் திட்டம் தீட்டப்பட்டது.

இந்தத் திட்டங்கள், நாட்டில் இங்குமங்கும் குறுக்கும் நெடுக்குமாக உள்ள தந்தி தொலைபேசிக்கம்பிகள் மூலம் தகவல் பரப்புவதை நிறுத்திப் பிற்காலத்தில் செயற்கைக்கோள் மூலம் நேரடியாகத் தகவல் செய்ய முன்னோடிகளாய்த் திகழ்ந்தன. நேரடித் தொலைக்காட்சி மூலம் பாமர மக்கள் பெரிதும் பயன்பெற்று வருகின்றனர். கிராம மக்களின் சமுதாய பொருளாதார வளர்ச்சிக்கு நேரடித் தொலைக்காட்சி பெரிதும் உதவி வருகிறது.

தொலைத் தொடர்பு செயற்கை கோள்களுடன் தொடர்பு கொண்டு செயற்படும் தகவல் வாங்கு/பரப்பு நிலையத்தைக் கட்டிப் பராமரிப்பது ஓரளவு செலவு பிடிக்கும் தன்மையது. வானொலி தொலைத் தொடர்பு தோன்றிய ஆரம்பக் காலங்களில் கலை பயில்வோர் வகை உபயோகிப்போர் அதிக அதிர்வு எண் கூடிய ரேடியோ தொடர்பு மேம்பாட்டுக்குப் பெரிதும் உதவினர். இப்போது கூட, ஹாம் (HAM) ரேடியோவினர் தாங்கள் அனுப்விக்கும் வியத்தகு மகிழ்ச்சியோடு மக்களுக்குப் பயன் அளிக்கும் தொண்டுகளையும் செய்து வருகின்றனர்.



படம் 5-4

கர்னாடக மாநிலத்திலுள்ள ஹஸனில் இயங்கும் இரண்டு உணர் கொம்புகளில் ஒன்று (இன்சாட்டுக்காக நிர்மாணிக்கப்பட்டது).

தற்சமயம், சுமார் 25 கிலோ எடையுள்ள சிறிய அமெச்சூர் தொலைத் தொடர்பு செயற்கோள்கள் புவியைச் சுற்றிச் சுழன்று கொண்டிருக்கின்றன. கலை பயிலுநர் கேட்டுக் கொண்டதன் பேரில், பெரிய செயற்கைக் கோள்கள் மூலம் இச்சிறிய செயற் கைக் கோள்கள் வானில் ஏவப்பட்டன. உலகெங்குமுள்ள ஆயிரக் கணக்கான கலைபயில்வோர் இவ்வகைச் செயற்கைக்கோள் மூலம் தங்களுக்குள் பொழுது போக்காகத் தொடர்பு கொண்டு வருகின்றனர்.

சிறிய சிக்கனமான சாதனங்கள் கொண்ட மூன்று செயற்கைக் கோள்கள் ஆப்பிரிக்காவின் மேல் ஒன்றும், அமெரிக்க நிலப்பகுதி களின் மேல் ஒன்றுமாக ஏவத் திட்டமிடப்பட்டுள்ளது. இதன் மூலம் உலகெங்குமுள்ள கலை பயில்வோர் பல்கலைக்கழக மாணவர்கள், தொழிற் கல்லூரி மாணவாகள் போன்றவர்கள் தங்களுக்குள் பேசி, கருத்துப்பரிமாற்றம் செய்து கொள்ள இது வழிவகுக்கும். தொழில்நுட்பத் தன்மைகள் நிர்ணயிக்கப்பட்ட தகவல் வாங்கு/ பரப்பு சாதனங்கள் பற்றி உலகளாவிய ஒத்த கருத்து ஒன்று ஏற்பட்டால் நன்மை பயக்கும். இந்நூலைப் படிக்கும் ஆர்வமிக்க இளைஞர்கள், இந்த மாதிரித்திட்டங்களில் கலை பயில்வோர்களைப்போலத் தீவிரமாக ஈடுபட முன் வரலாம்; சிலர் செயற்கைக்கோள் தொலைத் தொடர்புத் துறையின் வருங் கால முன்னேற்றத்துக்குத் தங்களின் புதிய கண்டுபிடிப்புகளின் மூலம் உதவலாம்.

படம் 5.5

கர்னாடக மாநிலத்தில் உள்ள ஹஸனில் இன்சாட் தகவல் பெற நிர்மாணிக்கப் பட்டதரை நிலையம்.

புவிவளம் அறி செயற்கைக் கோள்கள்
(EARTH RESOURCES SATELLITES)

தன்னுள் எல்லாம் அமைந்த விண்வெளிக்கலம் புவி என்பதையும், அதில் வாழும் நாமனைவரும் பயணிகள் என்பதையும் விண்வெளிப் பயணங்கள் புலப்படுத்தியுள்ளன. வெளியிலிருந்து நமக்குக் கிடைக்கும் முக்கிய சக்தி சூரிய சக்தியாகும்; மற்றச் சக்திகளெல்லாம் நம்மிடமே உள்ளன எனினும், இந்தச் சக்திகள் மனித இனம் வாழும் நாட்கள் வரை நீடிக்க வேண்டும். ஆகையால் இந்தச் சக்திகளை எல்லா நாடுகளும் ஒருங்கு இணைந்து "ஓர் உலகம்" என்ற கண்ணோட்டத்தில் புத்திசாலித்தனமாக உபயோகப் படுத்துவது அவசியமாகிறது. தற்போது வெளிஉதவி இல்லாத செயற்கைக்கோளிலிருந்து நாம் செயல்படுவது போன்ற நிலையில் உள்ளோம். இந்த அறிவியல் முன்னேற்ற எண்ணமே இல்லாமல் நமது நிலவளங்களைத் தாறுமாறாக உபயோகப்படுத்தி வருகிறோம் என்பது தெரிகிறது. நாம் நமது இயற்கை வளங்களை அறிவுப் பூர்வமாக ஆராய்ந்து உபயோகிப்பதைவிட, தொன்று தொட்டு வரும் நம் பழக்க வழக்கப்படி பயன்படுத்தி வருகிறோம். சான்றாக, வீட்டுச் சாமான்கள் தயாரிக்கப் பீங்கான்கள் போதுமானவை. இருப்பினும், அவற்றைவிட விலையுயர்ந்த உலோகங்களாகிய செம்பு, தகரம் இவற்றை உபயோகித்து இன்றும் வீட்டுச் சாமான்கள் செய்கிறார்கள். டன் கணக்கில் செம்புக்கம்பிகளைக் கடலுக்கடியில் பயன்படுத்தும் தொலைத் தொடர்புச் சாதனத்தை விட, 200 கி.கிராம் எடையுள்ள உலோகமும், சிறிது எடையுள்ள செம்பும் கலந்த தொலைத் தொடர்புச் செயற்கைக்கோள் சாதனம் மிக சிறந்த முறையில் பணிபுரியும்.

1972-ஆம் ஆண்டு, ஜூலை 26-ஆம் தேதி, அமெரிக்கா புவிவளம் அறி செயற்கைக்கோள் (ERTS - Earth Resources Technology Satellite) ஒன்றை விண்வெளியில் செலுத்தியது. இந்தச் செயற்கைக் கோள் பின்னர் நில அளவு செயற்கைக் கோள் 'லேண்ட்சாட்' (Landsat) எனப் பெயரிடப்பட்டது. இதன்மூலம் உலகில் நில அளவையிலும், நிலவள ஆய்விலும் ஒரு புதிய " சகாப்தம்" படைக்கப் பட்டது. இந்த வகை செயற்கைக் கோள்கள் ஐந்து இதுவரை விண்வெளிக்கு அனுப்பப்பட்டுள்ளன. (லேண்சாட்- II, ஜூன்

1975; லேண்ட்ஸாட்-III; மார்ச், *1978;* லேண்ட்சாட்-IV ஜுலை *1982;* லேண்ட்ஸாட்-V 1985.

தொலைவிலுள்ள பொருட்கள் அல்லது பரப்பு அளவின் தன்மைகள் பற்றி விவரம் சேகரிப்பதற்கு இந்த வகைத் தொலையுணர்வு செயற்கைக்கோள்கள் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகின்றன. பொதுவாகத் "தொலையுணர்வு" என்பது சிறிய மற்றும் பெரிய அலை நீளம் உள்ள மின்காந்தக்கதிர்களான கண்ணுக்குப் புலப்படும் ஒளிக்கதிர், அகச் சிவப்புக்கதிர்கள், விண் அலைக் கதிர்கள் ஆகியவற்றைப் பதிவு செய்து ஆராய்வதைக் குறிப்பதாகும். தொலை உணர்வு என்பது புதிய சொல்லாகுமே தவிர புதிய அறிவியற்கலை ஆகாது. வானவியல் எப்போதும் அண்ட வெளிப் பொருட்களை ஆராயத் தரையில் உள்ள கருவிளையே நம்பியிருந்தது. தொலையுணர்வு செயற்கைக்கோளில் உள்ள கருவிகள் மூலம் பூமியின் மேற்பரப்பில் உள்ள பொருட்களை ஆய்ந்தறிகிறோம். ஆனால், வானவியல் ஆராய்ச்சியில் தரையில் உள்ள கருவிகள் மூலம் அண்டவெளிப்பொருட்களை ஆய்கிறோம். இதன் செயல்முறையில், பலவிதமான கருவிகளையும் தொழில் நுணுக்க முறைகளையும் பயன்படுத்துகிறோம். இது தகவல்களைக் கட்டுப்பாடாகப்பெற்று ஆய்வு செய்து, பின் கணிப்பொறிகளில் சேமித்துவைக்கும் பணிகள் செவ்வனே செய்ய நவீனத் தொடர்பு முறை அமைப்புகள் பெரிதும் உதவுகின்றன. விவசாயம், வனவியல், கடலியல், நீரியல், புவியியல் மற்றும் புவி அமைப்பியல் போன்ற துறை நிபுணர்கள் தொலையுணர்வு முறைத் தகவல்களை ஆய்ந்து பூமி வளங்களை நிர்ணயம் செய்கின்றனர். அதன் பின் மேற்கண்ட துறைகளின் பிரச்சினைகளைப் பரிசோதித்து, அதற்கான தீர்வுகளைச் செயல்படுத்திச் சமுதாயப் பொருளாதார நன்மைகளைப் பெற இதன் முடிவுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இது ஒரு புதிய கலையாக இருப்பதால் தொலையுணர்வு முறைத்தகவல்களை உரிய முறையில் புரிந்து கொண்டு கருத்தாக்கம் செய்ய மிகுந்த திறமையும் அனுபவமும் தேவைப்படுகின்றன.

ஆந்திர மாநிலத்தில் ஹைதராபாத் நகரத்தில் அமைக்கப்பட்டுள்ள தேசியத் தொலையுணர்வு அமைப்பு (NRSA - National Remote Sensing Agency) அமெரிக்க லேண்சாட், இந்திய ஐ.ஆர்.எஸ் போன்ற செயற்கைக்கோள்களிலிருந்து வரும் தகவல்களை வாங்கி அவற்றைப் பின் ஒளிப்படங்களாகவோ, கணிப்பொறி நாடாவாகவோ நாட்டுக்கு நல்கத் தேவையான எல்லா வசதிகளையும் பெற்று உள்ளது. இந்நிறுவனம் தொலையுணர்வுத் தகவல்களைக் கைகள்,

கண்கள் மற்றும் கணிப்பொறி மூலம் கருத்தாக்கம் (Interpretation) செய்து நிலவளப்படங்கள் தயாரிக்கும் வசதிகளையும் பெற்றுள்ளது. இந்நிறுவனம் கணிசமான அளவில் நிபுணர்களுக்கு இத்துறையில் பயிற்சி அளித்துள்ளது. சர்வதேசச் செயற்கைக்கோள் மற்றும் நமது தொலை உணர் செயற்கைக் கோள் மூலம் கிடைக்கும் இயற்கை வளத் தகவல்களைக் கருத்தாக்கம் செய்து நாட்டுப்பணிக்குப் பயன்படுத்த பல் துறை நிபுணர்களுக்குப் பரந்த அளவில் பயிற்சி அளிக்க வேண்டும்.

தொலையுணர் துறையில் பணிபுரிவோருக்குப்பரந்த பொது அறிவும் அறிவியல் பின்னணியும் தேவை. இத்துறையில் ஈடுபடும் ஆண், பெண் இருபாலருக்கும் குறைந்த அளவு அறிவியல், தொழில்நுட்ப இயல் பொறியியல் பட்டத் தகுதிகள் இருக்க வேண்டும்; ஒவ்வொருவருக்கும் சிறந்த இயற்பியல் அறிவும் (கதிர்வீச்சு, ஒளியியல்), கணித அறிவும் (புள்ளி விவரப் பிரிவு) இன்றியமையாதன ஆகும். தொலைத் தொடர்புத் துறையில் பயன்படும் மின் அணுவியல் பற்றிய அறிவும் விரும்பத்தக்கது.

வானூர்தி, செயற்கைக்கோள் மூலம் தொலையுணர் தகவல் களைக் கருத்தாக்கம் செய்ய விழைபவர்களுக்கு உதவியாக அடியிற்கண்ட சில கருத்துக்கள் வழங்கப்படுகின்றன:

சாதாரணப் பொது மனிதன், தனது அன்றாட அலுவல்களுக் குத் தனது கண்களைத் தொலை உணர் கருவியாகப் பயன்படுத்து வதில் பெரும் திறமை பெற்றுள்ளான். ஒரு நிகழ்ச்சியை உற்று நோக்குவது, அந்நிகழ்ச்சி சம்பந்தப்பட்ட காரண உண்மைகளை அனுமானிப்பது, பின் அனுமானித்த உண்மைகளை உறுதி செய் வது போன்ற தொடர்ந்த ஈடுபாட்டால் சிறந்த அனுபவ முதிர்ச்சி ஏற்படுகிறது. ஒருவர் ஒரு பசுவை ஒளிப் படத்தில் காணும்போது, அதனை மற்ற விலங்குகளிடமிருந்து குறிப்பாகக் காளை மாட்டி லிருந்து கூடப் பிரித்து அறிந்து, அப்பசு பால் கொடுக்கவல்லது என்றும், அப்பசுவுக்கு உரிய உணவு கொடுக்கப்பட்டு வளமாக வளர்க்கப்பட்டுள்ளதா என்றும் பகுத்தறிகிறார். ஒரு மருத்துவர் எக்ஸ் கதிர் ஒளிப் படத்திலிருந்து நோயாளியின் நுரையீரலின் ஆரோக்கியம் பற்றியும், இதயம், விலா எலும்புமுதலிய உறுப்பு களின் நிலை பற்றியும் அறிகிறார். ஒவ்வொரு உறுப்பின் நிழற்படக் குறிப்பிலிருந்தும் அவ்வுறுப்புக் குறைகளுக்கான காரணங்களைக் கண்டறிகிறார். ஒரு சாதாரணப் பொது மனிதனால் இது இயலாது. ஆனால், ஒரு மருத்துவர், எக்ஸ் கதிர் எவ்வாறு மனித உள் உறுப்பு களான நுரையீரல், இதயம், விலா எலும்பு, எலும்புருக்கி நோயின் தன்மை, புற்றுநோய்த் தன்மை ஆகியவற்றை நிழற்படத்தில்

காட்டுகிறது என்னும் தன் அறிவைப் பயன்படுத்துகிறார். முதிய மருத்துவர்கள், மருத்துவ ஆசிரியர்கள், சக மருத்துவர்கள் அறுவை சிகிச்சை செய்த அனுபவ அறிவைக் கேட்டறிவதின் மூலமும், மருத்துவ இதழ்களில் வெளியிடப்படும் புதிய சிகிச்சைமுறைச் செய்திகளைப் படித்தறிவதின் மூலமும் ஒரு மருத்துவர் தமது தொழிலுக்குத் தேவையான நம்பிக்கையைப் பெறுகிறார். இது போன்ற அனுபவ அறிவு தொலையுணர் துறையில் வானூர்தி மற்றும் செயற்கைக்கோள் ஒளிப் படங்களிலிருந்து நில வளத் தகவல்களைச் சேகரிப்போருக்கும் தேவைப்படுகிறது.

மேற்கண்ட அனுபவ அறிவின் கூறுபாடுகளாவன:

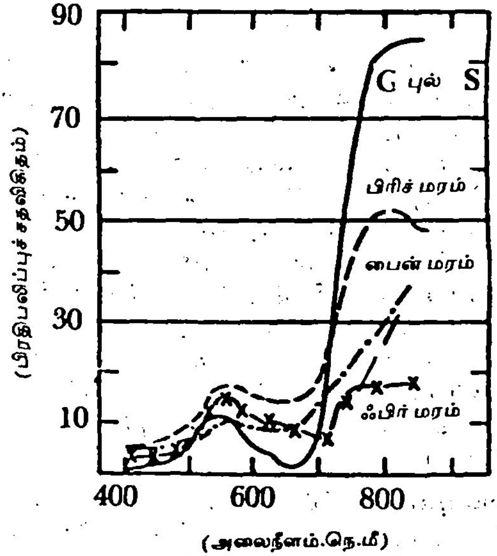
அ) மின் அணு அலைகள், தரையிலுள்ள பொருட்களின் மீது பட்டு, அவை எவ்வாறு மாறுதல் அடைகின்றன என்னும் அறிவியல் அறிவு தேவை. தொலையுணர் துறைக்குத் தேவையான நிறமாலை அலைவரிசைகள் 400 நெனோ மீட்டரில் இருந்து 600 நெனோ மீட்டர் வரை உள்ள பார்வைப் பகுதி; 700 நெனோ மீட்டரிலிருந்து 3000 நெனோ மீட்டர் வரையுள்ள அண்மைப்புற ஊதா பகுதி; 8 மைக்ரோ மீட்டரிலிருந்து 15 மைக்ரோ மீட்டர் வரையுள்ள நடு அக—சிவப்புப் பகுதி; சிறிய அளவு சென்டி மீட்டரிலிருந்து சிறிய அளவு மீட்டர் வரை உள்ள விண் அலைகள் (1 நெனோ மீட்டர் = $/10^9$ மீட்டர் அல்லது $/10^7$ செ.மீ; 1 மைக்ரோ மீட்டர் = $/10^6$ மீட்டர் அல்லது $/10^4$ செ.மீ).

ஆ) தொலையுணர் ஒளிப் படத்தில் உள்ள பொருட்களை, அப்பொருள் உள்ள நிலப் பகுதிக்குச் சென்று உண்மை நிலை கண்டறிதல் (Ground Truth Verification).

இ) தரைப்பகுதிகளில் நேரில் கண்ட பொருட்களைக் கொண்டு நில உண்மை அறிந்து, ஒளிப் படங்களிலிருந்து அனு மானித்த பொருட்களை உறுதி செய்வது. தரைமீது படும் பார்வைப் பகுதி, புற ஊதாப்பகுதி, வானொலி அலைப் பகுதி நிறமாலை மின் காந்த அலைகள், கண்ணாடிப் பிரதி பலிப்பு (Specular Reflection) போன்றோ, பரவு நிலை பிரதிபலிப்பு (Diffused Reflection) போன்றோ பிரதிபலிக்கப் படுகின்றன. கதிர்வீச்சு, பெரும்பாலும் ஒரு சிறிதளவே தரைக்குள் ஊடுறுவுகிறது. அதனால், பொருட்களையும், அவற்றின் தன்மைகளையும், அவை பிரதிபலிக்கும் மின் காந்தக் கதிர்வீச்சின் மூலம் அறியலாம். இது தவிரப் பொருள்கள் தாமாகவே அகச் சிவப்பு அலைநீளத்திலும்,

வானொலி கதிரலைகளிலும் மின்காந்தச் சக்தியை வெளியிடுகின்றன. அம் மின்காந்தக் கதிர்கள் பொருட்களின் தன்மையைப் பொறுத்தன. ஆகையால், இந்தக் கதிர்களை ஆராய்வதன் மூலம், அக்கதிர்களை வெளியிடும் பொருட்களின் தன்மையை அறியலாம்.

6.1 இல் இருந்து *6.3* வரையிலான படங்கள், வெவ்வேறு விதமான தாவரங்கள் பல்வேறு ஒளி அலைகளில் தம் தனிப்பட்ட பிரதிபலிப்புத் திறன்களைக் காட்டுகின்றன.



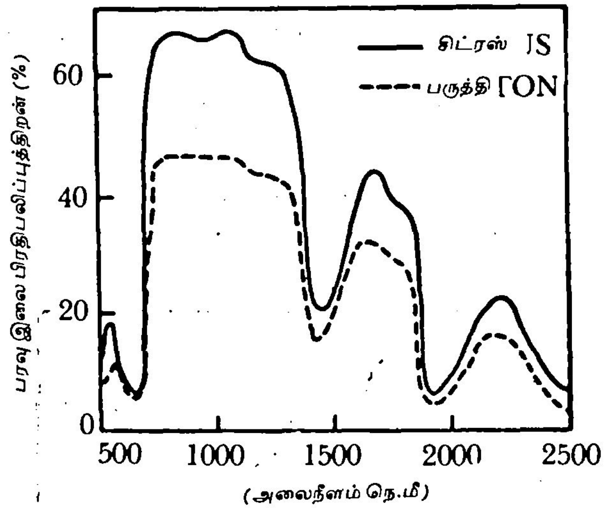
படம்—6.1

பலவித இலைகளின் ஒளிப் பிரதிபலிப்புத் தன்மைகள்

(நன்றி: பிரிட்ஸ். எல்.சுற்றுச் சூழல் தொலை உணர் நூல்)

ஏற்கெனவே, அறிந்தது போல், செழிப்பான தாவரங்கள் கண்ணுக்குப் புலப்படும் பச்சை நிறத்தைப் பிரதிபலிக்கின்றன. இருப்பினும், தாவரங்கள் அண்மை அகச்சிவப்பிலும் அலைநீளத்தில் மிகுதியாகப் பிரதிபலிக்கின்றன. மேலும், இந்தப் பிரதிபலிப்பு அளவு, தாவரத்திற்குத் தாவரம் மாறுபடும். மேலும், தாவரத்தின் வளர்ச்சித் திறன், தாவர நோய்கள் உணவுச்சத்துக் குறைவு, நீர் குறைவு ஆகியவற்றைப் பொறுத்துத் தாவரங்களின் பிரதிபலிக்கும் அளவு அகச்சிவப்பு அலைவரிசையில் பெரிதும் மாறுபடும். அகச்சிவப்பு அலைவரிசையில் தெரியும் மாறுபாடுகள் கண்ணுக்குப் புலப்படும் பச்சை நிற அலைவரிசையில் தெரியும் மாறுபாடு

களைவிட அதிகமாகும். தாவரக் குடும்பத்தின், அதாவது பயிர் மற்றும் மரங்களின் இந்தத் தனித் தன்மையே, செயற்கைக்கோள் மூலம், தொலையுணர்வு முறையில் அத்தாவரங்கள் பற்றி அறிய உதவியாக உள்ளது. பெரிய நிலப்பரப்புகளும் செயற்கைக் கோள் உயரத்திலிருந்து ஒரே படமாக எடுக்கப்படுகின்றன. உலகைச் சுற்றிவரும் தன்மையுடைய செயற்கைக்கோள் மூலம் உலகின் பல பகுதிகளும் படமாக்கப்படுகின்றன.



படம்—6.2

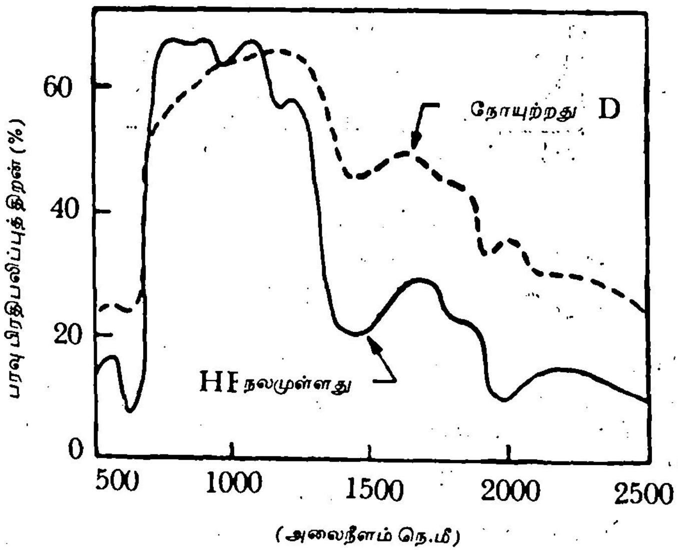
சிட்ரஸ் மற்றும் பருத்தி இலைகளின் ஒளிப் பிரதிபலிப்புத் தன்மை

(நன்றி: மையர்ஸ் வி.1. — தொலை உணர் தேசிய அறிவியல் கழக வெளியீடு, அமெரிக்கா)

லேண்சாட் செயற்கைக்கோள்களுக்கு முழு உலகையும் படம் பிடிக்கப் பதினெட்டு நாட்களே ஆகின்றன. 185 கி.மீ பரப்பள வுள்ள பூமியை ஒரே படமாகப் பிடிக்க 25 விநாடிகள்தான் ஆகின்றன. சிறு தரைப்பகுதியின் அளவு 80 மீட்டர் பக்கம் கொண்ட சதுர மாகும்; அதாவது 80 மீட்டர் பக்கம் கொண்ட சதுரத் தரைப் பகுதியிலிருந்து ஒளி பிரதிபலிப்பது ஒரு தனித் தகவலாகக் கருதப்படுகிறது. நான்கு நிறமாலை ஒளிக்கற்றைப் பகுதிகளில் இப்படங்கள் எடுக்கப்படுகின்றன. (தற்போது உள்ள அமெரிக்க லேண்ட்சாட்கள் வெப்ப அலை உள்பட ஏழு நிறமாலை ஒளிக் கற்றைப் பகுதிகளில் படம் பிடிக்கின்றன; 30 மீட்டர் சதுரப் பரப் பைப் படம் பிடிக்க வல்லது. இப்போதுள்ள பிரஞ்சு நாட்டு ஸ்பாட் (SPOT) செயற்கைக்கோள் 10 மீட்டர், 20 மீட்டர் சதுர

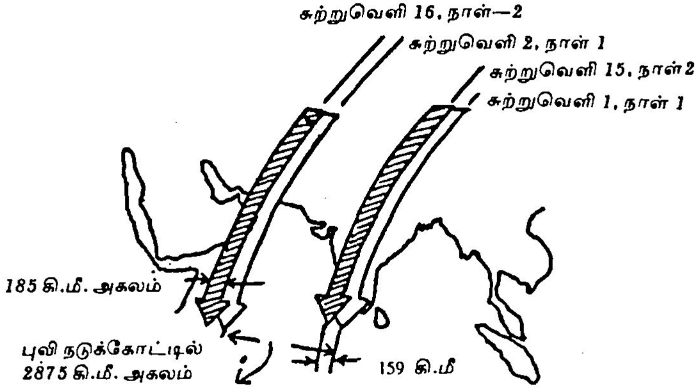
அளவுள்ள பூமிப் பகுதியைத் துல்லியமாகப் படம் பிடிக்கும்; மேலும், இது பொருள்களின் முப்பரிமாணங்களையும் (3-dimensional or stereovision) காட்டும் திறன் பெற்றது).

இந்த அமெரிக்கச் செயற்கைக்கோள் சுமார் 900 கி.மீ. உயரத்தில் 103 நிமிடங்களுக்கு ஒரு முறை துருவச் சுற்றுப் பாதையில் பூமியைச் சுற்றவல்லது. வானில் ஒரு சுற்றுப் பாதையிலிருந்து அடுத்த சுற்றுப் பாதைக்குச் செயற்கைக்கோள் செல்லும்போது, அதற்கு ஒத்த அளவில் பூமியில் படம் பிடிக்கப்படும் பகுதியும் மாறுகிறது. 14—சுற்றுகள் முதல் நாளில் சுற்றிய பின், மறுநாள் முதல் நாளது சுற்றுப் பாதையை ஒட்டி 14—சுற்றுகள் சுற்றும். முதல் நாள் முதல் சுற்றுக்கும், இரண்டாவது நாள் முதல் சுற்றுக்கும் இடையில் உள்ள தூரம் நிலநடுக்கோட்டுப் பகுதியில் 159 கி.மீ. ஆகும். பூமியின் மேற்கிலிருந்து கிழக்காகச் சுற்றும் தன்மை, இந்த நிகழ்ச்சிக்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது 18 நாட்களுக்குத் தொடர்கிறது; அதற்குப் பிறகு 252—ஆவது சுற்றுத் திரும்பவும் முதல் சுற்றுக்கு வருவது.



படம்—6.3
நலமுள்ளதும், நோயுற்றதுமான பைன் மர ஒளி பிரதிபலிப்புத்திறன்
(நன்றி: சர்வதேசத் தொலை உணர்வு கருத்தரங்கு - அமெரிக்கா)

பிரதிபலிக்கப்பட்ட ஒளிக்கற்றைகள் செயற்கைக்கோளிலுள்ள மின் உணர்கருவிகளில் (Detectors) பட்டு, மின் அணு சமிக்ஞை



படம்—6.4
'லாண்ட்சாட்' செயற்கைக்கோள் பூமி மீது படம் எடுக்கும் தன்மை. நாள் ஒன்றுக்கு 14 சுற்றுகள் சுற்றி 18 நாட்களின் பூமி முழுவதும் படம் எடுக்கும்.

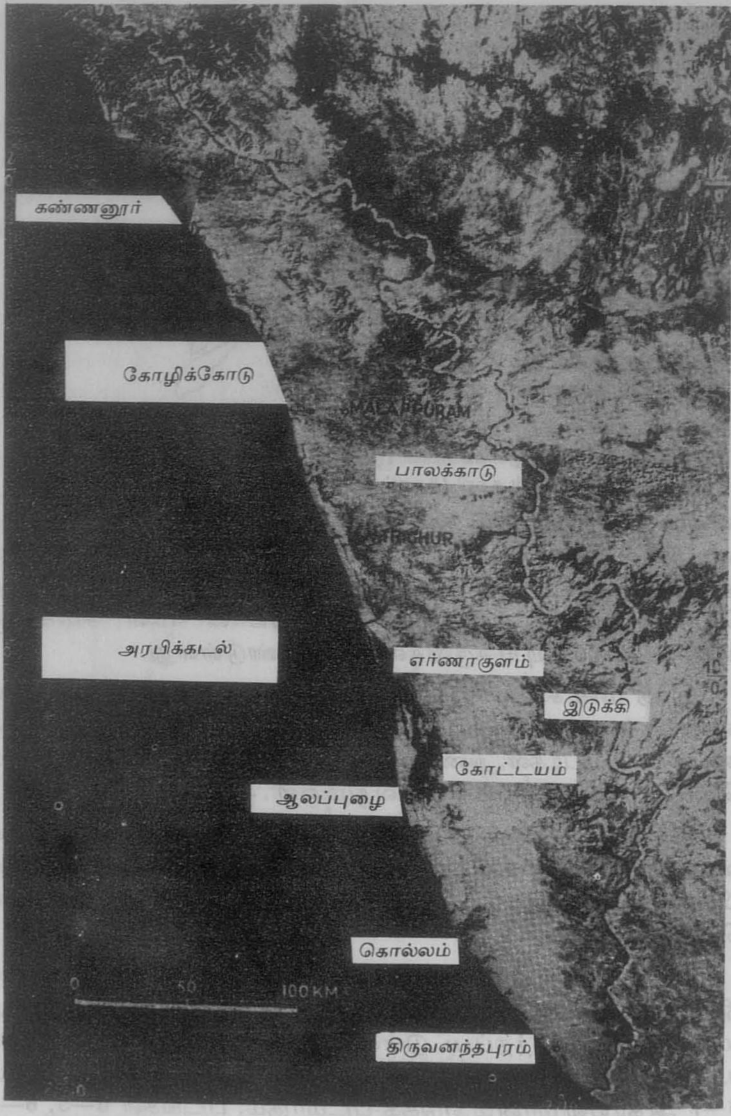
களைத் தோற்றுவிக்கின்றன; மின் அணு சமிக்ஞைகள் மின்காந்த நாடாவில் பதிவு செய்யப்பட்டுப் பின் தரை நிலையங்களுக்கு அனுப்பப்படுகின்றன. ஹைதராபாத்தில் உள்ள தேசியத் தொலையுணர்வு நிறுவனம், தேவையான மின் சமிக்ஞை களைப் பெறக்கூடிய கருவிகளைக் கொண்டுள்ளது.

இந்த மின் சமிக்ஞைகள் பிறகு தொலைக்காட்சித் திரையில் காண்பதற்காக ஒளிப் படங்களாக மாற்றப்படுகின்றன. தொலைக் காட்சிப் பெட்டிகள் அண்மையில் நடந்த ஆசிய விளையாட்டுப் போட்டிகளை இந்தியா முழுவதும் ஒளி, ஒலி பரப்பின.

இந்தப் படங்கள், கருப்பு, வெள்ளைப் படங்களாகவோ, வண்ணப் படங்களாகவோ படம் பிடிக்கப்பட்டுப் பின்னர்ப் படப் பிடிப்பு இல்லாத நேரத்தில் மேற்கொண்ட கருத்தாக்கங்கள் செய்யப்படுகின்றன.

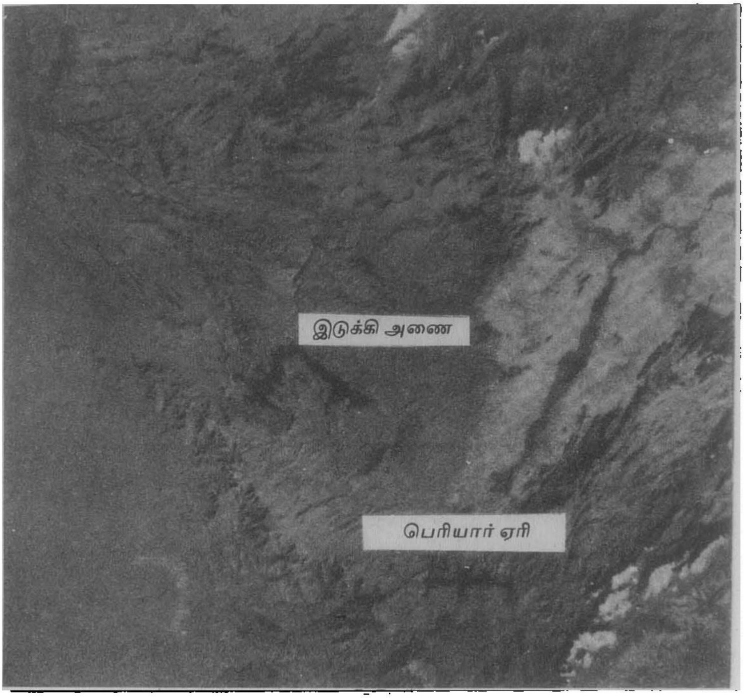
இந்தப் படங்கள் வேளாண்மை, நீர் வளம், கனிம வளங்கள், நிலப்பட வரைவு, கடல் வளம் முதலிய துறைகளில் வெற்றிகர மாகப் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன. இந்த ஆய்வுகள் இந்தியா உட்படப் பல நாடுகளிலும் மேற்கொள்ளப்பட்டுள்ளன. படம் 6—7 ஆகாயவிமானம் எடுத்த படமாகும்; படங்கள் 6—5, 6—6 'லேண்ட்சாட்' எடுத்த படங்களாகும்.

இந்தியாவின் முதல் செயற்கைக்கோளான 'ஆர்யபட்டா' (Aryabhatta) 1975—ஆம் ஆண்டு, ஏப்ரல் மாதம் 19—ஆம் தேதி வானில் விடப்பட்டது. இது சோவியத்தின் 'இண்டர்காஸ்மாஸ்'



படம்—6.5
விண்வெளியிலிருந்து கேரளாவின் தோற்றம் ('லாண்ட்சாட்' செயற்கைக்கோள் படம்)

(Intercosmos) ஏவுகணை மூலம் பூமத்திய ரேகைத் தளத்திலிருந்து 50 டிகிரி சாய்வாகக் கிட்டத்தட்ட வட்டச்சுற்று வழியில்



படம்—6.6

'லாண்சாட்' காட்டும் இடுக்கி மாவட்டம் மற்றும் அதைச் சுற்றியுள்ள பரப்புப்படம் (பொய் வண்ணக் கலவைப் படம்).

செலுத்தப்பட்டது. இந்தத் திட்டத்தின் முக்கிய குறிக்கோள்களாவன:

(1) விண்வெளியில் இயங்கக்கூடிய அளவில் திறனுடைய செயற்கைக்கோளை உள் நாட்டிலேயே தயாரித்து, வடிவமைத்து, அதனுடைய சுற்று வழியில் செயல்திறனை மதிப்பிடுதல்.

(2) சுற்று வழியில் உள்ள செயற்கைக்கோளில் தொடர்ச்சியான சிக்கலான பணிகளை நடத்துவதற்காகச் செயல்முறைகளை உருவாக்குவது.

(3) சமிக்ஞைகளைப் பெறுவது, செயற்கைக்கோள் இயக்கத்தைக் கண்காணிப்பது ஆகிய பணிகளைச் செய்யத் தரை நிலைய அமைப்புகளை அமைப்பது.

(4) விண்வெளிச் செயற்கைக்கோள் நிர்மாணிப்பதற்குத் தேவையான வசதிகளை அமைப்பது.

படம்—6.7A

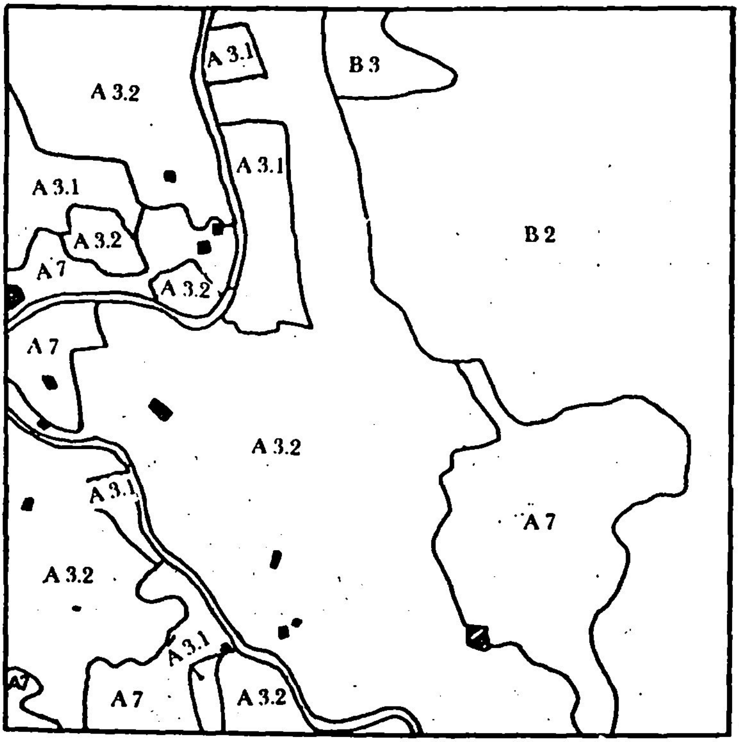
ரப்பர், தேக்கு, கலவைப் பயிர்கள் கொண்ட பரப்பின் படம் (அகச்சிவப்பு வண்ணக் கலவைப் படம்)

விண்வெளி அறிவியல் துறைகளில் ஆராய்வதற்கான வாய்ப்புகளை இம்முயற்சிகள் தந்துள்ளன. இந்தச் செயற்கைக்கோள் எக்ஸ் கதிர் வானவியல், சூரிய பௌதிகம், வானிலை அறிவியல் ஆகிய ஒவ்வொன்றிலும் ஒவ்வொன்றாக மூன்று பரிசோதனைகளை நடத்தியது. விண்வெளியில் இயங்கிய சுமார் ஒரு வாரம் வரை தான் அறிவியல் பரிசோதனை செய்ய முடிந்தது. இருப்பினும், 1981—ஆம் ஆண்டு, மார்ச் மாதம் இதன் செயல்பாடுகள் நிறுத்தப்படும்வரை மற்றச் செயற்கைக்கோள் பகுதிகள் திருப்திகரமாகச் செயல்பட்டன. இது தன் செயல்பாட்டை நிறுத்திக் கொண்டபோதும், விண்வெளியைச் சுற்றி வந்து கொண்டிருந்தது. ஆண்டுகள் ஆக ஆக இது தொடர்ந்து தனது உயரத்தை இழந்து, பூமியின் வாயு மண்டலத்திற்கு வந்து அங்கு எரிந்து போயிற்று.

முதலாவதான 'ஆர்யபட்டா' என்னும் இந்தியச் செயற்கைக் கோள் 26 பக்கங்கள் கொண்ட பலபக்க அரைகுறை வட்ட

வடிவ உருவமாகும். அதன் எடை சுமார் 360 கிலோ கிராம; உயரம் 1.2 மீட்டர்; இதன் விட்டம் 1.55 மீட்டர், அதன் மொத்த மின் சாரச் சக்தி வெளிப்பாடு 45 வாட்டுகள். நிக்கல், காட்மியம் பாட்டரியும் சூரியனிடமிருந்து மின்சாரம் உண்டாக்கும் பலகை களும் (Solar Panels) தேவையான மின்சக்தியை இந்தச் செயற்கைக் கோளுக்குக் கொடுத்தன.

இந்தியா உருவாக்கிய அடுத்த செயற்கைக்கோள் 'பாஸ்கரா — I' (Bhaskara-I). இதுவும் 1979—ஆம் ஆண்டு ஜூன் மாதம் 7—ஆம் தேதி சோவியத் ஏவுகணை மூலம் விண்வெளிக்கு அனுப் பப்பட்டது. இதனுடைய சுற்றுப்பாதை நிலநடுக்கோட்டுத் தளத்திற்கு 50.7 டிகிரி அளவு வளைந்து ஏறக்குறைய வட்ட வடிவப் பாதை யைக் கொண்டது. இதனுடைய சுற்றுப் பாதையின் (பூமிக்கு மேல் உள்ள) உயரம் சுமார் 500 கி.மீட்டர். இதனுடைய மற்ற அம்சங் கள் 'ஆர்யபட்டா' செயற்கைக்கோள் போன்றவை.



படம்—6.7B
படம் 6.7A உள்ள இடத்தின் நிலப்பயன் தோற்றம்

இதுதான் இந்தியாவின் முதல் தொலையுணர் செயற்கைக் கோளாகும். இதன் நோக்கங்கள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன:

அ) 0.6 மைக்ரோ மீட்டர் அலை நீளத்தில் ஒன்றும், 0.8 மைக்ரோ மீட்டர் அகச்சிவப்பு அலை நீளத்தில் ஒன்றுமாகச் செயல் படும் இரண்டு தொலைக்காட்சிப் புகைப்படப் பெட்டி யைப் பயன்படுத்தி நீர் வளம், வன வளம், கனிம வளம் ஆகிய வளங்களைப் பற்றியதகவல்களைத் தொலையுணர் கருவி மூலம் சேகரித்து நாட்டுக்கு உதவுவது. 0.8 மைக்ரோ மீட்டர் அலை நீள ஒளிப் படத்தில் நீர்ப்பகுதிகள் ஒளிக் கற்றையை அதிக அளவில் உட்கொண்டு குறைந்த அளவு பிரதிபலிப்பதால் கறுப்பு — வெள்ளைப் படத்தில் மிகவும் கறுப்பாகத் தெரியும்.

ஆ) 19 GH_Z அதிர்வெண்ணில் ஒன்றும், 22 GH_z அதிர்வெண்ணில் மற்றொன்றும் ஆக இரண்டு அதிர்வெண்களில் செயல் படும் நுண்ணலைக் கருவிகள் மூலம் கடல் பரப்பைப் பற்றி ஆய்வது. இந்த இரண்டு நுண்ணலைக் கருவிகளும் கடல் மேற்பரபபுப் பற்றியும், நீர்த் திவிலைகள் பற்றியும், வாயுமண்டலத்தில் உள்ள நீரளவு பற்றியும் சிறந்த தகவல் களைத் தந்தன.

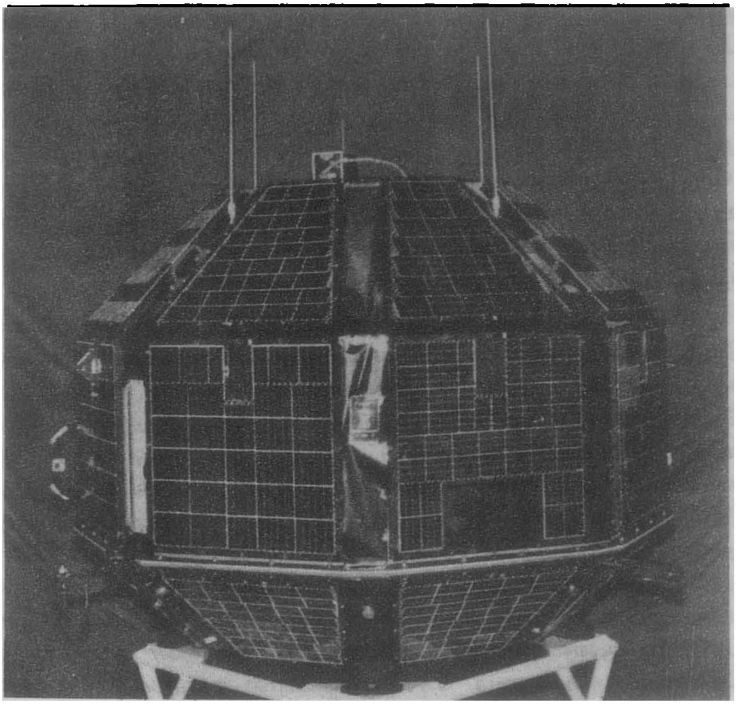
தொலைக்காட்சி நிழல் படக் கருவிகள் இயங்குவதில் ஆரம் பத்தில் சில பிரச்சனைகள் இருந்தபோதிலும், ஒரு நிழற்படக் கருவி பதினொரு மாதங்களுக்குப் பிறகு பணியைத் தொடங்கியது.

புவியியல் துறை, பனிமலைப் புகுதி, வனவளம் போன்ற துறைகளில் நல்ல தகவல்களைப் 'பாஸ்கரா — I' செயற்கைக் கோளின் தொலைக்காட்சி தந்தது.

தனது திட்டக்குறிக்கோள்களை முடித்துக் கொண்டு 'பாஸ்கரா' செயற்கைக்கோள் 1981—ஆம் ஆண்டு, மார்ச் மாதம் தன் செயல் பாட்டை நிறுத்திக் கொண்டது.

'பாஸ்கரா — II' செயற்கைக்கோள் 'பாஸ்கரா— I' செயற்கைக் கோளை விடச் சிறிது முன்னேற்றம் பெற்றது. இது 1981—ஆம் ஆண்டு, மார்ச் 20—ஆம் தேதி சோவியத் விண்வெளி தளத்தி லிருந்து செலுத்தப்பட்டது.

அமெரிக்கச் செயற்கைக் கோள்களிலிருந்து நிலவளத் தகவல் களைச் சேகரிக்க ஹைதராபாத்தில் சாதன வசதிகளை நிறுவியது தவிர, இந்தியா தனது சொந்த தொலையுணர் செயற்கைக்கோளை விண்வெளிக்கு அனுப்பத் திட்டமிடப்பட்டது. இத்திட்டப்படி



படம்—6.8

பாஸ்கரா — II செயற்கைக்கோள் படம் (இந்தியா)

1988-ஆம் ஆண்டு, மார்ச் மாதம் இந்தியத் தொலையுணர் செயற்கைக்கோள் 'ஐ.ஆர்.எஸ்' (IRS–1A) விண்வெளிக்கு அனுப்பப்பட்டது.

'ஐ.ஆர்.எஸ்' செயற்கைக்கோள், பார்வைக்குப்பட்ட நிறமாலை அலைவரிசையிலும், அகச்சிவப்பு அலை நீளத்திலும் செயல்படும் தொலையுணர் கருவிகளைக் (Sensors) கொண்டு உள்ளது. இது 72.5 மீட்டர் சதுரமுள்ள பகுதியையும் 36.25 மீட்டர் சதுரமுள்ள நிலப் பகுதியையும் தனித்தனியே பதிவு செய்யக்கூடியது. ஒவ்வொரு சுற்றும் 146 கி.மீ அகலமுடையது. 'ஐ.ஆர்.எஸ்' செயற்கைக்கோள் 900 கி.மீ. உயரத்தில் சூரியனை ஒத்த நேரமுடைய வட்டச்சுற்று வழிப்பாதையில் இருக்கும். இச்செயற்கைக்கோள் சரியாகக் காலை பத்து மணிக்குப் பூமத்திய ரேகையைக் கடக்கும்போது, அதே நேரத்தில் அப்பகுதியைப் பற்றிய தகவல்கள் சேகரிக்கப்படுகின்றன. 22 நாள் இடைவெளியில் பூமியின் அதே இடத்தை அதே நேரத்தில் படம் பிடிக்கின்றது. (307 சுற்று வழிகள்), அதாவது, செயற்கைக்கோள் திரும்பவும் அதே இடத்

திற்கு வருவதற்கு 22 நாட்களாகும். இத்தகைய செயற்கைக் கோள்கள் திரும்பத்திரும்பச் சுற்றி வந்து படம் பிடிப்பதால் பயிர்கள், காடுகள், கடலோரப் பகுதிகள், வெள்ளத்தில் பாதிக்கப் பட்டப் பகுதிகள் ஆகியவை அடிக்கடி மாறுகின்ற தன்மைகளை அறிவது எளிதாகிறது. கறுப்பு—வெள்ளை நிற வேறுபாடுகளின் (Grey Levels) எண்ணிக்கைகள் — அதாவது ஒவ்வொரு படத்திலும் உள்ள தகவல்கள் 128 விதமான நிறபேதங்கள் (shades) அடை கின்றன. இந்த அனைத்து நிறங்களையும் மனிதனால் பார்க்க முடியாவிட்டாலும், கணிப்பொறியால் கணிக்க முடியும்.

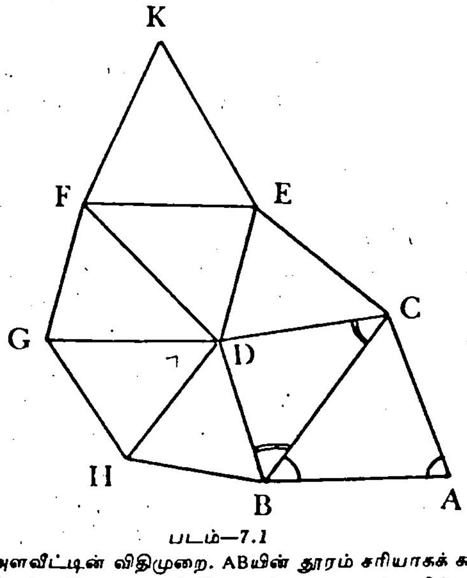
இத்தகைய தகவல்களைப் பயன்படுத்த ஆயத்தமாகும் பல் வேறு அமைப்புகள் வேளாண்மை, நீரியல், புவி அமைப்பியல் சுற்றுச்சூழல் ஆகிய துறைகளைச் சார்ந்தவை. செயற்கைக் கோள் தகவல்களை வெள்ளத்தால் பாதிக்கப்பட்ட இடங்களை வரைபடமாக்கவும் (Mapping), பனி மூட்டத்தையும், வனப் பகுதி களையும், ஒவ்வொரு மண்டல நிலத் தன்மைகள் (Regional Geological Features) கடலோர மண்ணரிப்பு, நிலத்தின் பயன் பற்றி அறியவும், செயற்கைக்கோள் படங்களை இந்நிறுவனத்தினர் பயன்படுத்துகிறார்கள். மேலும், பயிர்களில் உள்ள ஈரத் தன் மையைப் பற்றியும், சத்துகளைப் பற்றியும் அறிவது, மற்றும் பயிர் மகசூலை அதன் அறுவடைக்கு முன்னரே கண்டறிவது போன்றவற்றிற்காகவும், செயற்கைக்கோள் தகவல்களைப் பயன் படுத்துகிறார்கள்.

'ஐ.ஆர்.எஸ்.'-இல் கிடைத்த தகவல்கள், சிறப்பு வானூர்தி அளவைகள், (speical aerial surveys) களநில உண்மை அளவுகள் ஆகியவற்றிலிருந்து பெறும் தகவல்கள் மூலம் நாம் நம் இயற்கை வளங்களை விரிவாகவும் நுணுகி அறியும் முறையிலும் ஆராயலாம்.

செயற்கைக்கோள் நில அளவியல்
(SATELLITE GEODESY)

நில அளவியல் என்பது பூமியின் சரியான வடிவம், அளவு அல்லது பரிமாணங்களைக் (Dimensions) கண்டறிவதாகும். சூரியன் மற்றும் நட்சத்திரங்கள் மூலம், புவியில் உள்ள சில புள்ளி இடங்களின் அட்ச, தீர்க்க ரேகைகளைக் கணக்கிட்டுப் பின் அவற்றின் மூலம் மேலும், பல புள்ளி இடங்களின் தீர்க்க ரேகை, அட்ச ரேகைகளைத் தீர்மானிக்க இந்த முறை பயன்படுகிறது. ஒரு நூற்றாண்டிற்கும் மேலாக முக்கோண அளவீடு (Triangulation) என்ற விரிவான நெறிமுறை மூலமே இது செய்யப்பட்டது; தற்போது நடைமுறையில் உள்ள வரைபடங்கள் இம்முக்கோண அளவீட்டு விதிமுறையைப் பின்பற்றியே தயாரிக்கப்பட்டன.

முன்கோண அளவீடு என்ற சொல் இந்த அளவீட்டு விதிமுறையைக் குறிக்கிறது.



படம்—7.1

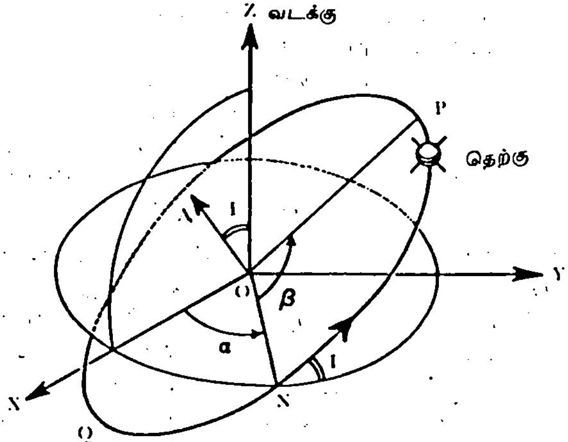
முக்கோண அளவீட்டின் விதிமுறை. ABயின் தூரம் சரியாகக் கணக்கிடப்படுகிறது. மீதியுள்ள தொலைவுகள் கோணங்களை அளந்து பின் கணக்கிடப்படுகின்றன.

ஒரு பக்கம், இரு கோணங்கள் அல்லது இரண்டு பக்கங்கள் அதற்கிடையில் உள்ள கோணம், ஒரு முக்கோணத்தின் மூன்று பக்கங்களையும், மற்றும் மூன்று கோணங்களையும் கண்டுபிடிக்கப் போதுமானவை. ஆகையால், AB–இன் தூரமும், ABC மற்றும் BAC–இன் கோணங்களும் அளவெடுக்கப்பட்டால், அதிலிருந்து BC மற்றும் AC–இன் தூரங்கள் கணக்கிடப்படுகின்றன. B மற்றும் C–யிலிருந்து, கோணங்கள் CBD–யும், BCD–யும் அளவிடப்படு கின்றன; பிறகு, BC–ஐ அறிவதன் மூலம் BD, CD–யின் தூரங்களைக் கணக்கிடலாம். இந்த விதமான முக்கோணங்களில் ஒரு முழு நாட்டையோ, கண்டத்தையோ அடக்கலாம். இந்த முழு அளவீடும் ஒரு தூரத்தை அளவெடுப்பதையும் மற்றும் ஒரு புள்ளியின் தீர்க்க ரேகை, அட்ச ரேகை ஆகியவற்றின் விவரங்கள் முன்கூட்டித் தெரிவதையும் பொறுத்தே உள்ளது.

இந்தியாவில், இந்திய நில அளவு நிறுவனம் (Survery of India) என்கிற மிகப் பழமையான, திறமையான நிறுவனம் நல்ல முறையில் பணி ஆற்றியுள்ளது. இந்திய நில அளவையின் தொடக்கநிலை இடம் சென்னையிலுள்ள நுங்கம்பாக்கம் வானிலை ஆராய்ச்சி நிலையத்தில் உள்ளது என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. தற்செயலாக, மலைச் சிகரங்களின் உயரமும் முக்கோண அளவீடு மூலம் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது (எவரெஸ்ட் சிகரத்தின் உயரத்தைக் கண்டுபிடித்தபோது திரு.எவரெஸ்ட் என்பவர் இந்திய நில அளவை நிறுவனத்தின் பொது இயக்குநராக இருந்ததால், அவரது இந்திய நாட்டுச் சேவையின் நினைவாக அச்சிகரத்திற்கு அவரது பெயர் இடப்பட்டது).

மற்ற இந்திய நிலையங்களின் இருப்பிடத்தைக் கண்டுபிடிப்பது போல 'போர்ட் ப்ளெயர்' (Port Blair) போன்ற தீவு நிலையங்களின் இருப்பிடங்களைத் துல்லியமாக மாற்றத் தெரிந்த இந்திய நிலையங்களுடன் ஒப்பிட்டுக் கண்டுபிடிப்பது இயலாதது என்பது வெளிப்படை ஆகும். நூற்றாண்டைக் கொண்டு கண்டுபிடிக்கப்பட்ட உள்ளூர் செங்குத்துக் கோடு (Local Vertical) மூலம் ஒப்பிட்டுச் சூரியன் மற்றும் நிலையான நட்சத்திரங்களின் கோண அளவுகளை அறிந்து ஓர் இடத்தை அளவிட்டுக் குறிப்பிட வேண்டியுள்ளது. இந்த முறையினால், ஓர் இடத்தின் அட்ச ரேகை, தீர்க்க ரேகைகளை அறியலாம். புவியை உண்மையான உருண்டை வடிவக் கோளமாகப் பாவித்து அதனுடைய சரியான ஆரத்தினை அறிந்து இருக்கும் பட்சத்தில், சென்னையிலிருந்து 'போர்ட் ப்ளெயரின்' இடத்தைக் கண்டுபிடிக்க இயலும்.

உண்மையாகப் புவி முறையான உருண்டை வடிவக் கோள மாக இல்லாததாலும், நூற்றாண்டு புவியின் மையப் பகுதியை நோக்கி அமையாததாலும் புவியின் சரியான ஆரம் தெரியாத தாலும் சிக்கல்கள் ஏற்படுகின்றன. எவரெஸ்டின் (EVEREST) காலத்தில் அளவெடுக்கப்பட்ட நில அளவும், இந்தியாவில் எடுக்கப்பட்ட வானவியல் அளவுகளும் (Astronomical Measurements) புவி உருண்டை வடிவமானது அல்ல என்பதை நிரூபிக்கின்றன. நீள்வட்டக் கோளமாக (Ellipsoid) புவி இருப்பதாகக் கணக்கெடுக்கப்பட் டுள்ளது. அதற்கு எவரெஸ்ட் நீள்வட்டக்கோளம் என்று பெயர். ஐரோப்பிய நாடுகளின் கூட்டுறவு முயற்சியால் ஐரோப்பியக் கண்டம் முழுவதும் எடுக்கப்பட்ட அளவுகள், நீளவட்டக் கோளத் திற்குப் பலவிதமான பரிமாணங்களைத் தந்தன. அதேபோல அமெரிக்க நாட்டில் எடுக்கப்பட்ட அளவுகளும் பலவிதமான பரிமாணங்களைக் கணித்தன. இந்த நாடுகள் கூடிக் கலந்துரை யாடிப் புவியின் பரிமாணங்களைப் பற்றித் துருவ ஆரம் 6356.912 கி.மீ. எனவும், நிலநடுக்கோட்டின் ஆரம் 6378.388 கி.மீ. எனவும் முடிவுகள் செய்தன. (அதாவது, துருவத்தைவிட 21.4 கி. மீ. அதிக ஆரம் கொண்டது நிலநடுக்கோட்டுப் பகுதி என்பதால் துருவப்பகுதித் தட்டையாக இருக்கும்).



படம்—7.2

செயற்கைக்கோளின் சுற்று வழி இயல்பு அளவுகள். NSPQ என்பது (S) செயற்கைக்கோளின் சுற்று வழி: P என்பது சேய்மை நிலை; O-பூமியின் மையம்; N-ஏறு முகம்; OX-திசையில் ON ஏற்படுத்தும் கோணம் X ஆகும். B சுற்றுத் தளக் கோணம். இது அண்மைத் திசையைக் குறிக்கும். புவி நடு நிலைக் கோட்டுத் தளத்திற்கும், சுற்றுவழித் தளத்திற்கும் வரையப்பட்ட செங்குத்துக் கோடுகளுக்கு இடையே உள்ள கோணம் I என்பது. பூமியின் வடிவத்தைப் பொறுத்து இவை மாறும்.

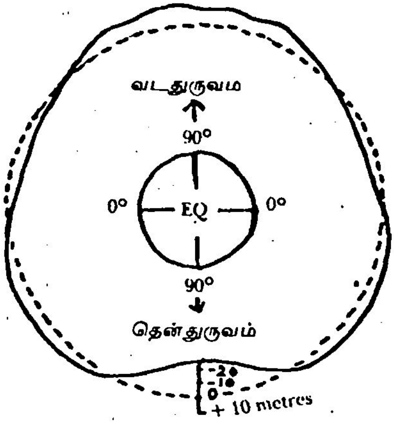
கொள்கை அளவில் பூமி முழுமையான உருண்டைக் கோள மாகவும், அவ்வுருண்டைக் கோளத்துக்குள்ளே சமமான அடர்த்தி யும் (Density), ஒரு புள்ளி மைய வளைய அடுக்குப் பகுதிகளாகவும் (Concentric Shells) இருக்குமானால், செயற்கைக் கோளானது நாளுக்கு நாள் அல்லது ஆண்டுக்குஆண்டு ஒரே சுற்று வழியில் சுற்ற முடி யும். இல்லையென்றால் செயற்கைக்கோளின் சுற்று வழி மாறுபட வாய்ப்புள்ளது. நிலநடுக்கோட்டுக்குத் தளத்தோடு சாய்வாக உள்ள சுற்று வழி அப்பாகித் (Apogee) தொலைவு, நிலநடுக்கோட் டைச் செயற்கைக்கோளின் சுற்று வழி கடக்கும் புள்ளிகள் (Nodes), இவையாவும் நேரத்திற்கு ஏற்ப மாறும். நேரத்தை ஒட்டி மாறும் (Parameters) செயற்கைக்கோளைப் பல தரை நிலையங்கள் மூலம் அதன் சுற்றுப் பாதையைப் பின்தொடர்ந்து கண்காணித்து இவ் வியல்புகளை கணக்கிடலாம். இதைச் செயல்படுத்த பிரத்யேகப் பிரதிபலிக்கும் கருவிகள் (Reflectors) பொருத்தப்பட்ட சிறப்புச் செயற்கைக்கோள்கள் செயல்பட்டு வருகின்றன. இந்தப் பிரதி பலிக்கும் கருவிகளை நோக்கிக் 'குறுகிய ஒளிக்கற்றைகள் பாய்ச்சப் படுகின்றன. இவை செயற்கைக்கோளில் பிரதிபலிக்கப்பட்டுத் திரும்பவும் பூமிக்கு வருகின்றன. இம்முறையில் செயற்கைக் கோளின் இடம் கணக்கிடப்படுகிறது. இந்த முறைக்கு 'லேசர் ஒளிக்கற்றை வழி அறிமுறை' (Laser Beam Tracting) என்று பெயர். பல நிலையங்களிலிருந்து பிரத்யேகமான 'பேக்கர்-நண்-காமிராக் களை (Baker–Nun–Cameras) இயக்கி விண்வெளி விண்மீன் பின்னணி யில் செயற்கைக்கோளைப் படம் பிடிப்பதன் மூலமும் செயற் கைக்கோளின் இருப்பிடம் கணக்கிடப்படுகிறது. அம்மாதிரி யான நிலையங்கள் இந்தியாவில் 'நைனி டால்' (Naini Tal-U.P.), 'காவலூர்' (தமிழ்நாடு) ஆகிய இடங்களில் உள்ளன.

இக் கண்காணிப்பு விவரங்களைக் கொண்டு பூமியின் வடிவம் மற்றும் பரிமாணங்களைக் கண்டறியக் கணித வாய்பாடுகள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. பொதுவாகப் புவி உருண்டை வடிவ மாக இருந்தால், அதனுடைய ஆரம் மட்டுமே புவியின் வடிவம் பற்றிய முழுத் தகவலையும் கணக்கிடப் போதுமானது. புவி, வட்டக்கோளமாகவோ (Spheroid) நீள்வட்டக் கோளமாகவோ இருந்திருந்தால், அதாவது, அதன் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றப் பகுதி, (Cross Section) நிலநடுக்கோட்டில் வட்டமாக இருந்தால், புவியின் பூமத்திய ரேகை ஆரமும், மையத்திலிருந்து துருவத்தின் தூரமும், புவியின் வடிவத்தை அறியப் போதுமானவை ஆகும். இப்படித்தான் செயற்கைக்கோள் வருவதற்கு முன் அறிவிய லாளர்கள், புவியின் வடிவம் பற்றி எண்ணியிருந்தனர். புவி ஒரு முழு நீள் வட்டக் கோளமாக இருந்தால், மூன்று இடங்களின்

தூரங்களை அறிவதன் மூலம் புவியின் வடிவத்தை அறிவது எளிதாக இருக்கும்.

பல ஆண்டுகளாகப் புவியின் பல பாகங்களில் இருந்து செயற்கைக்கோள்களின் விண்வெளி இடங்களைச் சரியாகக் கணித்து, தகவல்கள் சேகரிக்கப்பட்டுள்ளன. ஜப்பான், அமெரிக்கா, ஐரோப்பா முதலிய நாடுகளின் நிறுவனங்கள் ஏராளமான தகவல்களைச் சேகரித்து ஆராய்ந்ததில் ஐம்பதுக்கும் மேற்பட்ட இயல்பு அளவுகள் (Parameters) பூமியின் சரியான வடிவத்தைக் கணிக்கத் தேவைப்படுகின்றன என்று தெரியவருகிறது. பூமி உருண்டைக் கோளமாக இல்லாமல், மேடு பள்ளமாக உள்ளது. மேலும், வடதுருவமும், தென்துருவ மும் பூமியின் மையத்திலிருந்து வெவ்வேறு தொலைவில் உள்ளன. கடல் மட்டச் சராசரி உயரமும், பூமியைப்போல மேடு பள்ள மாக உள்ளது. இவ்வாறு பூமி, சரியான வடிவமில்லாத உருவ மாக இருப்பதால், இதனை 'ஜியாய்ட்' (Geoid) என்று அழைக்கின்றனர். பூமியின் வடிவமும், பரிமாணங்களும் நுட்ப மாகத் தெரிந்தால்தான், வரைபடங்களைத் துல்லியமாகத் தயாரிக்க முடியும். நில அமைப்புச் செயற்கைக் கோளைப் பயன் படுத்துவதற்கு முன், உலகின் டெல்லி, மாஸ்கோ, நியூயார்க், லண்டன், மெல்போன் முதலிய இடங்களுக்கு இடையே உள்ள தூரங்களைக் கணக்கிடுவதில் சில கி.மீ. தூர அளவுக்குப் பிழை இருந்தது. (முக்கியமாக இடையே கடல் இருந்ததால், இந்தப் பிழை சில கி.மீ. அளவில் இருந்தது). ஆனால், நில அமைப்புச் செயற்கைக்கோள்கள் உபயோகத்திற்கு வந்தபின் (சில மீட்டர் பிழை வேறுபாட்டில்) துல்லியமாகத் தூரங்களைக் கணிக்க முடிந்தது. செயற்கைக்கோளின் தகவலிலிருந்து கணக்கிடப்பட்ட மண்டல வாரியான சராசரி முடிவுகள் படம் 7.3—இல் கொடுக்கப்பட் டுள்ளன.

படத்திலுள்ள முழுக்கோடு (Full Line) புவியின் மண்டலச் சராசரி அளவைக் குறிக்கும் புள்ளிக்கோடு (Dotted Lines) நீள்கோள் வடிவத்தின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றத்தைக் குறிக்கும். புவி நில நடுக்கோட்டின் ஆரம் 6,378.165 மீட்டர்; துருவ ஆரம் 6,356.780 மீட்டர். இவை இரண்டும் புவி அளவுக்கு உகந்த வகை யில் செய்யப்பட்ட நீள்வட்டக் கோளத்தின் அளவுகளாகும். செயற் கைக்கோள் உபயோகத்திற்கு முன் இந்த அளவுகள் 6,378,388 மீட்டர், 6,356,912 மீட்டர் என முறையே ஒப்புக் கொள்ளப்பட் டிருந்தன. இயல்பான அல்லது உண்மையான புவியின் வடதுருவம் புவியின் மையத்தில் இருந்து 14 மீட்டர் அதிகமாக இருப்பதாக



படம்—7.3

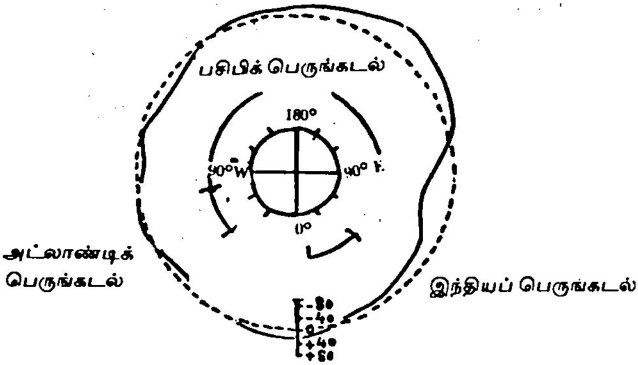
சராசரி புவி பரப்புப் பகுதியில் மையவரைக் குறுக்குத் தோற்றத்தை முழுக் கோடு குறிக்கிறது. புள்ளிக்கோடுகள் நீள்வட்டக் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றத்தைக் குறிக்கிறது. வடதுருவம், நீள்வட்டக் கோளப் பரப்பு அளைவை விட 14 மீட்டர் அதிகமாகவும், தென்துருவம் 25 மீட்டர் குறைவாகவும் உள்ளது.

முழுக் கோட்டிலிருந்து (Full Line) தெரியவருகிறது. ஆனால் தென் துருவம் 25 மீட்டர் குறைவாகத் தோன்றுகிறது. இந்த வித்தியாசங்கள் வரைபடத்தில் அதிகப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. இந்த மாதிரியான சிறு வித்தியாசங்களை மிகைப்படுத்தாவிட்டால், அவற்றை வரைபடத்தில் நன்றாகக் காண்பிக்க இயலாது (முழுக் கோடே 50 கி.மீ. தடிமன் (Thickness) நீள்வட்டப் பட அளவைப் படி (Scale) இருக்கும் என்பது குறிப்பிடத்தக்கது). புவி ஓரளவு ஆப்பிளைப் போன்ற வடிவம் கொண்டது.

படம் 7.4, புவியின் கடல் மட்டம், நிலநடுக்கோட்டின் சராசரி வட்டத்திலிருந்து எவ்வளவு வேறுபடுகிறது என்பதைக் காட்டுகிறது. நிலநடுக்கோடு, மேடுபள்ளங்கள் அதிகப்படுத்தப் பட்டுப் பார்ப்பவர் மனத்தில் படியும்படி காண்பிக்கப்பட்டுள்ளன. குறிப்பிடத்தக்க முக்கிய அம்சம் என்னவென்றால், இந்தியாவிற்குத் தெற்கே 120 மீட்டர் ஆழமுள்ள பள்ளம் உள்ளது என்பதும், நியூகினியா நாட்டுக்கருகில் 80 மீட்டர் உள்ள மேடு இருப்பதும் ஆகும்.

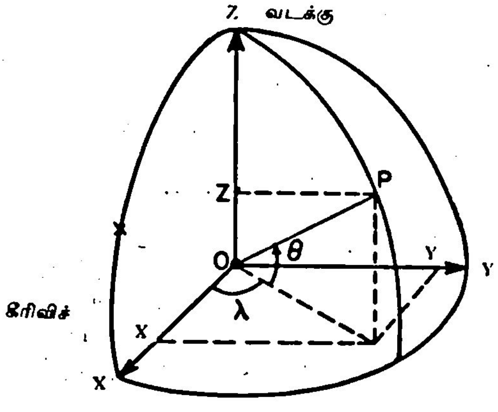
சிறிய மேடு பள்ளங்களைக் கடல்மட்டங்கள் புவி முழுவதும் பரவலாகக் கொண்டுள்ளன என்பது பூமியின் உண்மையான நிலையாகும். இவ்வகையான நில அமைப்புத் தகவல் செயற்கைக்கோளின் கடல் போக்குவரத்துக்குப் பெரிதும் உதவுகிறது.

எடுத்துக்காட்டாக ஒரு விண்வெளி மனிதன் உலகில் எங்கு இறங்குவது என்பது பற்றி முன்கூட்டிக் கணக்கிட இது உதவுகிறது.



படம்—7.4

உள்ளூர் இடவிளக்கம் இல்லாத நிலையில் உள்ள நிலப்பரப்புகளில் உண்மைக் கடல் அதன் விரிவுகள் ஆகியவற்றில் நிலநடுக்கோட்டுக் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பை முழுக்கோடு குறிக்கிறது. (ஆங்காங்குள்ள நிலத் தோற்றம் காட்டப்படவில்லை). புள்ளிக்கோடு வட்டப் பாதையின் குறுக்குத் தோற்றத்தைக் காண்பிக்கிறது. இந்தியப் பெருங்கடலில் 120 மீட்டர் பள்ளம் உள்ளது. இந்தோனிசியாவுக்கு மேல் 80 மீட்டர் உயரம் உள்ளது. வேறுபாடுகள் மிகுதிபடுத்தப்பட்டுள்ளன. புவியின் சராசரி நிலக்கோட்டு ஆரம் 6,378,165 மீட்டர் ஆகும்.



படம்—7.5

P என்ற தரை நிலையத்தைக் குறிப்பிடும் OX, OY, OZ என்ற அச்சுத் தொலைவுகளைக் குறிக்கும் அச்சுத்தூர அமைப்பு. XOZ என்பது மையவரை (Meridion) தளம் கிரின்விச்சு வழியாகச் செல்கிறது. X- அட்ச ரேகை தூரம், O- தீர்க்க ரேகை தூரம்.

செயற்கைக்கோள் தகவலின் மூலம் பூமியின் மையத்திலிருந்து பல நிலையங்கள் உள்ள தூரங்கள் பொதுவாக ஒப்புக் கொள்ளப்பட்ட அச்சுத் தொலைவு அமைப்பின்படி (Co-ordinate System) கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. நைனிடாவில் உள்ள ஒரு கணிப்பு நிலையம், அனைத்துலகப் பணிவலை (Network) நிலையங்களில் ஒன்றாகும். படம் 7.5—இல் அச்சுத்தூர அமைப்பு விவரிக்கப்பட்டு உள்ளது.

இந்திய நிலக்கணக்கெடுப்பு அமைப்பு, ஐரோப்பிய நிலக்கணக்கெடுப்பு அமைப்பு மற்றும் செயற்கைக்கோள் ஆகியவற்றின் உதவியால் கணக்கிடப்பட்ட நைனிட்டால் நிலையத்தின் X-அச்சு, Y-அச்சு மற்றும் Z-அச்சுத் தூரங்கள், கீழ்க்கண்ட பட்டியலில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

மாறுபட்ட நில அமைப்பு அச்சுகள் திட்டம் மூலம் புவியின் மையத்திலிருந்து கணக்கிடப்பட்ட நைனிடால் நிலையத்தின் X-அச்சு, Y-அச்சு மற்றும் Z-அச்சுத் தூரங்கள்:

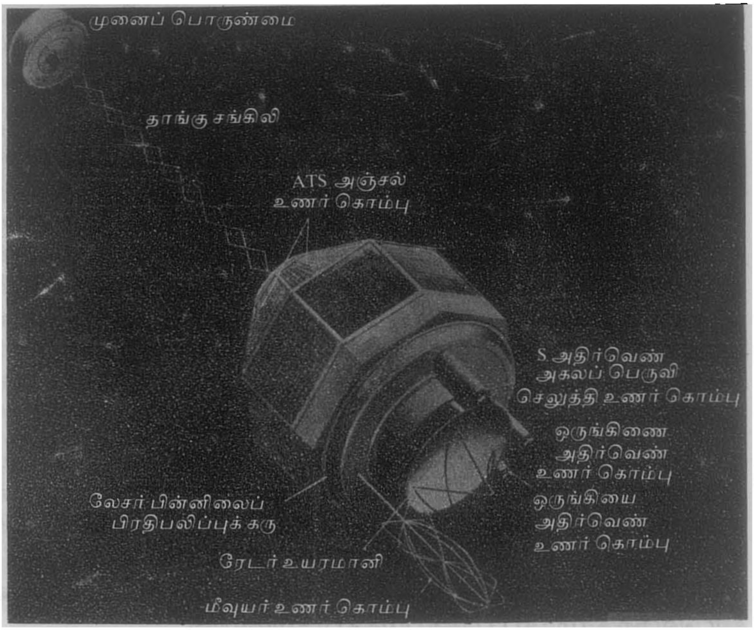
நைனிடால் நிலையம்	செயற்கைக் கோள் அமைப்பின் படி	இந்திய நில அளவு அமைப்பின் படி	ஐரோப்பிய நில அளவி அமைப்பின் படி
X	1018207	1017912	1018270
Y	5471109	5470401	5471237
Z	3109619	3109385	3109767

செயற்கைக்கோள் தகவல்கள் 10 மீட்டர் அளவு வரை சரியான தூரங்களைத் தந்துள்ளன. இம்மாதிரியான தகவல்கள் கண்டம் விட்டுக் கண்டம் பாயும் அணுக்குண்டுகளை ஏற்றிச் சென்று ஏவுபடைக் கலன்களைப் பயன்படுத்தும் இராணுவ நடவடிக்கைகளுக்குத் தேவை என்பதை யாரும் புரிந்து கொள்ளலாம். இன்றும்கூடக் குறிப்பிட்ட பட அளவைவிடத் துல்லியமான அளவுகளைக் கொண்ட புவி வரைபடங்களை எல்லா அரசாங்கமும் இரகசியமாக வைத்துப் பாதுகாக்கின்றன.

பிற்சேர்க்கை

(APPENDIX) – III

நில அளவு செயற்கைக்கோள்களைப் பற்றி மேலும் அறிய விரும்புவோருக்காக இந்தப் பிற்சேர்க்கையில் சில தகவல்கள் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.



படம் 7.6

புவி இயக்க ஆய்வுப் பெருங்கடல் பரிசோதனை சமுத்திரச் செயற்கைக்கோள்

'ஜியோஸ்' (GEOS–3–Geodynamics Experimental Ocean Satellite) என்னும் செயற்கைக்கோள் அமெரிக்கா செலுத்திய நவீன நில அளவு செயற்கைக்கோள்களில் ஒன்றாகும். இதனுடைய எடை 345 கி.கிராம். நிலநடுக்கோட்டுக்கு 115 டிகிரி சாய்ந்து வட்டச் சுற்றுப் பாதையில் சராசரி 843 கி.மீ. உயரத்தில் இது இயங்கி வருகிறது. 1975—ஆம் ஆண்டு ஏப்ரல் மாதம் இது விண்வெளி

யில் செலுத்தப்பட்டது. செயற்கைக்கோளின் உள்பாகங்களைப் பராமரிக்கும் கருவிகளைத் தவிர அடியில் கண்ட ஆய்வுக் கருவிகளையும் இச்செயற்கைக்கோள் தன்னகத்தே கொண்டுள்ளது:

1) ரேடார் உயரமானி (RADAR ALTIMETER)
2) ரேடார் செலுத்திப் பெறுவி (RADAR TRANSPONDER)
3) லேசர் அமைப்பு (LASER SYSTEM)
4) டாப்ளர் அமைப்பு (DOPPLER SYSTEM)

ரேடார் உயரமானி கடல் மட்டத்திலிருந்து செயற்கைக்கோள் உயரத்தை (20 செ.மீ. முதல் 50 செ.மீ. வரை துல்லியமாக)ச் சரியாகக் கணக்கிடுகிறது. ஒவ்வொரு 5 விநாடிக்கும், தேவைப்பட்டால் ஒவ்வொரு விநாடிக்கும்கூடக் கடல் அலை உயரத்தை இச் செயற்கைக்கோள் கணக்கிடுகிறது.

இந்தச் செலுத்திமாபெறுவி அமைப்புகளும், அவற்றை ஒட்டித் தரையில் உள்ள கருவிகளும் செயற்கைக்கோளுக்கும் கரையில் உள்ள இடங்களுக்கும் இடையில் உள்ள தூரத்தையும் செயற்கைக் கோளின் உயரக் கோணத்தையும் கணக்கிடுகிறது. தரையிலுள்ள லேசர் அமைப்புச் செயற்கைக்கோளிலுள்ள பிரதிபலிப்புக் கருவிகளின் தொகுப்போடு செயல்பட்டுத் தூரங்களைச் சரியாகக் கணக்கிட உதவுகிறது. டாப்ளர் அமைப்பு, தரையிலுள்ள கருவிகளுடன இயங்கி அயனி மண்டலத்தினால் ஏற்படும் ஒளிச் சிதைவு காரணமாக உண்டாகும் அளவுத் தவறுகளைச் சரி செய்ய உதவுகிறது.

புவி ஈர்ப்புச் சக்தியைப் பற்றியும், பூமியின் அளவு மற்றும் வடிவம் பற்றியும், ஆழமான கடல் அலைகள் பற்றியும் கடல் நிலை பற்றியும், பூமியின் மேற்பரப்பு அமைப்புப் பற்றியும், புவியின் திண்ம அமைப்பு மாறுபாடுகள் பற்றியும், மனிதன் விவரமாக மேலும் அறிவியல் முறையில் அறிந்துகொள்ள இத்தகவல்கள் வெற்றிகரமாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

கப்பல் போக்குவரத்துச் செயற்கைக்கோள்கள்
(Navigational Satellites)

நடுக்கடலில் பயணம் செய்யும் ஒரு கப்பலின் மாலுமி தனது கப்பலின் இயங்குமிடம் பல கிலோ மீட்டர் அளவிற்கு கூடத் துல்லியமாகக் குறிப்பிட முடியாத நிலை இதுவரை இருந்து வந்தது. கப்பல் பயணம் செய்பவர்க்கு இச்செய்தி ஆச்சரியம் அளிக்கக் கூடியது. செயற்கைக்கோள் மூலம் கப்பல் போக்குவரத்தில் ஏற்பட்ட கப்பலோ, நீர்மூழ்கிக் கப்பலோ தம் இராணுவ நோக்கங் இயங்குமிடத்தை *0.1* கி.மீ. வரை துல்லியமாகக் கூற முடியும்.

டிரான்ஸிட் (Transit) என்ற அமெரிக்கக் கப்பல் போக்குவரத்துச் செயற்கைக்கோள் அமைப்புத் திட்டம் உருவாவதற்கு ஆதாரமாக இருந்த ஆரம்பத் தூண்டுதல் (Stimulus) இராணுவ நோக்கங்களுக்காக ஏற்பட்டது. ஏவுகணைகள் பொருத்தப்பட்ட கப்பலோ நீர்மூழ்கிக் கப்பலோ தம் இராணுவ நோக்கங்களைச் சரியாக அடைவதற்கு அவை கடலில் இயங்கும்போது, அவற்றின் இயங்குமிடங்கள் துல்லியமாக மாலுமிகளுக்குத் தெரிய வேண்டிய அவசியம் உள்ளது. இது தவிர, இக்கப்பலில் பொருத்தப்பட்ட ஒலிபரப்புச் சாதனங்கள், கடல் பிரயாணத்தின் போது இராணுவக் காரணங்களை முன்னிட்டுச் செய்திகளை அனுப்பக்கூடாது. அதாவது கப்பல் தன்னுடைய இயங்கும் இடத்தைத் தெரிந்துகொள்வதற்கு வேண்டிய எவ்விதத் தகவலையும் வெளியில் பகிரங்கமாக அனுப்பக்கூடாது. ஏனெனில், இக்கப்பல் அப்படித் தகவல் பரிமாறிக் கொள்ளும்போது, அதனுடைய இருப்பிடம் எதிரிகளுக்குத் தெரிய வாய்ப்புண்டு.

தற்சமயம் அமெரிக்கக் கப்பல் போக்குவரத்துச் செயற்கைக் கோள் அமைப்பு, வணிகத்துறைக் கப்பல் போக்குவரத்துச் சேவைகளுக்கும் உதவுகிறது. உலகம் எங்கிலும் உள்ள கப்பல்களுக்கும் மற்றும் விமானங்களுக்கும் சேவை புரிவதற்கு இவ்வமைப்பு ஐந்து செயற்கைக்கோள்களை அமர்த்தியுள்ளது. செயற்கைக்கோளில் இருந்து ஆயும் கருவிகள் பொருத்தப்பட்ட கப்பல்கள் தங்கள் இயங்குமிடங்களைச் சில பத்துமீட்டர் தூர அளவுக்குள் துல்லியமாக நிர்ணயித்துக்கொள்ள இயலும். ரஷ்யர்கள்

தங்களுக்கென வைத்திருக்கும் இத்தகைய கப்பல் போக்குவரத்துத் தொலைத் தொடர்பு அமைப்புப் பற்றிய எவ்வித விவரங்களும் இந்நூல் ஆசிரியருக்குத் தெரியாது. கப்ப்ல் போக்குவரத்திற்கும், செயற்கைக்கோள்களுக்கும் பின்னணியாக உள்ள நெறிமுறை மிகவும் எளிமையானது. டிரான்ஸிட் அமைப்பில் துருவச் சுற்றுப் பாதையில் இயங்கும் ஐந்து கப்பல் போக்குவரத்துச் செயற்கைக்கோள்கள் துல்லியமாகப் பராமரிக்கப்படும் இரண்டு அதிர்வெண்களில் தொடர்ந்து ஒலிபரப்பிக் கொண்டு இருக்கின்றன. கடலிலுள்ள கப்பல் அல்லது நீர்மூழ்கிக் கப்பல்கள் இவ்வதிர்வெண் குறியீடுகளைப் பெற்று இவற்றின் 'டாப்லர் நகர்வு'களைத் (Doppler Shifts) துல்லியமாகக் கணக்கிடுகிறது. இது ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் செயற்கைக்கோளில் இருந்து கப்பல்கள்/நீர்மூழ்கிக் கப்பல்கள் இயங்கும் இடங்களைத் துல்லியமாகத் தெரிந்து கொள்ள ஏதுவாகிறது. தரையிலுள்ள தகவல் நிலையங்கள் மூலம் செயற்கைக்கோளின் இயங்குமிடம் தொடர்ந்து கணக்கிடப்பட்டு ஒவ்வொரு மணி அல்லது அதுபோன்ற நேர இடைவெளியில் செயற்கைக்கோள்களுக்கு அது திருப்பி அனுப்பப்படுகிறது. பின்னர்ச் செயற்கைக்கோள்களும் இச்செய்திகளை ஒலிபரப்புகின்றன. அவற்றைக் குறிப்பிட்ட கப்பல்கள் பெற்றுக்கொள்கின்றன. இவ்வாறுதான் தீவிரமாகச் செயல்படாமலேயே செயற்கைக்கோள் மூலம் தனது இருப்பிடத்தை கப்பல்/நீர்மூழ்கிக் கப்பல் குறிப்பிட்ட நேரத்தில் தெரிந்துகொள்கிறது. இந்தத் தகவல்களிலிருந்து கப்பல்/நீர்மூழ்கிக் கப்பல் தனது இயங்கும் இடத்தை, சில 10 மீட்டர் தூர அளவிற்குத் துல்லியமாகக் கணக்கிட்டுக் கொள்கிறது. பெருங்கடல்களில் பயணம் செய்யும் நமது கப்பல்களும், தற்சமயம் செயல்பட்டு வரும் கப்பல் போக்குவரத்துச் செயற்கைக்கோள்கள் அமைப்பு மூலம் தகவல் பெறும் கருவிகளைக் கொண்டிருக்க வேண்டும் என்று இந்திய அரசாங்கம் தீர்மானித்திருப்பதாகத் தெரிகிறது.

தற்சமயம், கப்பலுக்கும் செயற்கைக்கோள்களுக்கும் இடைப்பட்ட தூரத்தை நேரடியாகக் கணக்கிடக்கூடிய வேறுவகைக் கப்பல் போக்குவரத்துச் செயற்கைக்கோள் திட்டங்களும் செயல்பட்டு வருகின்றன. இவ்வமைப்புகள் ஆகாய விமானங்களின் போக்குவரத்துக்குப் பெரிதும் உதவுகின்றன.

கப்பல் போக்குவரத்துப் பயன்களைத் தவிர, இயங்கும் ஓர் இயந்திரத்தின் இருப்பிடத்தை ஒருகுறிப்பிட்ட நேரத்தில் கணக்கிடும் தொழில்நுட்பம் கப்பல் போக்குவரத்து மற்றும் விமானப் போக்குவரத்துக்கு (இதற்கு அதிக அளவில்) பயன்படுகிறது.

இருபதாம் நூற்றாண்டின் முடிவில் உலகில் ஒரு கோடி கப்பல் களும், அதற்குச் சமமான எண்ணிக்கை அளவுடைய, விமானங் களும் இயங்கி வரும். இந்நிலையில் கடல் மற்றும் ஆகாயப் போக்குவரத்துக் கட்டுப்பாடு பெருமளவில் தேவைப்படும். ஆதலால், இப்போது இருப்பதைவிடச் செயற்கைக்கோளின் போக்குவரத்துக் கட்டுப்பாட்டுப் பயன், மிகுந்த முக்கியத்துவம் வாய்ந்திருக்கும்; அச்சமயம் வாணிப அளவில் இவ்வமைப்புப் பெருமளவு செயல்படும். இந்திய, அமெரிக்க அல்லது ரஷ்ய கப் பல் போக்குவரத்துச் செயற்கைக்கோள்களைப் பயன்படுத்து வதற்குச் செலவு செய்ய வேண்டி இருக்கும். விரைவில் இது மறைமுக அரசியல் முக்கியத்துவத்தை உண்டாக்கும் நிலை ஏற்பட நேரிடும்.

பிற்சேர்க்கை

(APPENDIX)–IV

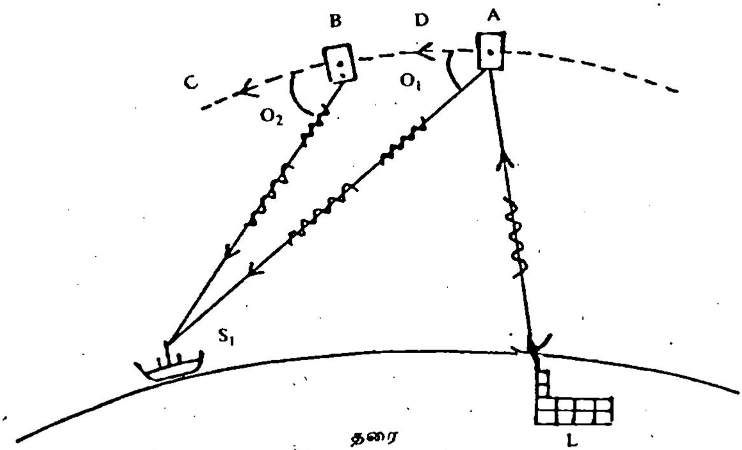
டாப்ளர் விளைவு: (Doppler Effect)

ஒரு பொருள் *1* என்ற மாறாத அலை நீளத்துடனும் n என்ற அதிர்வெண்ணோடும் ஒலி எழுப்பிக்கொண்டு ஒருவரை நோக்கி நகர்ந்து வரும்போது அவர், அந்தப் பொருள் நிலையாக ஓரிடத்தில் இருக்கும்போது பெறும் ஒலியலையை விட அப்பொருள் தம்மை நோக்கி நகர்ந்து வரும்போது அதிக ஒலியலைகளைப் பெறுகிறார். அதாவது, ஒலி அதிர்வெண் அதிகரிக்கிறது. அதிர்வெண்ணின் அதிகரிப்பு (அல்லது டாப்லர் நகர்வு) V/1 என்ற விகிதத்தில் இருக்கும். இதில் V என்பது இப்பொருளின் திசை வேகத்தைக் குறிக்கிறது. இதே நிகழ்ச்சி, ஒலியைப் பெறுபவர் ஒலிவிடும் பொருளோ, ஒலியைப் பெறுபவரோ எதிர்த் திசையில் நகரும்போது ஒரு நிமிடத்திற்குக் குறைந்த அளவு ஒலியலைகளைப் பெறுகின்றார். அப்போது அதிர்வெண் V/1 என்ற விகிதத்தில் குறைந்து வருகின்றது. இதனை டாப்ளர் விளைவு எனக் கூறுவர். இந்நெறிமுறை ஒளியலைகளுக்கும் பொருந்தும்.

விண்வெளிச் சுற்றுப்பாதையில் இயங்கும் செயற்கைக் கோள் ஒன்று, கடலில் செல்லும் கப்பலை நோக்கியோ, கப்பலை விட்டு எதிர்த் திசையிலோ நகர்ந்து செல்ல நேரிடும். இச்செயற் கைக்கோளின் திசை வேகங்களை வெவ்வேறு நேரங்களில் துல் லியமாக அறியலாம். கடலில் செல்லும் கப்பலின் திசை வேக அளவு, செயற்கைக்கோளின் திசை வேகத்தோடு ஒப்பிடும் போது மிக மிகக் குறைவாக இருக்கும்.

செயற்கைக்கோள் மூலம் கப்பல் போக்குவரத்து

படத்தில் செயற்கைக்கோள் T_1 மற்றும் T_2 என்ற நேரங்களில் A மற்றும் B என்ற இடங்களில் நகர்ந்து செல்கின்றது. டாப்ளர் விளைவின் (அதிர்வெண் மாறுதல்கள்) மதிப்புகளான V cos O1 மற்றும் V cos O2 என்பவை கப்பலில் இருந்து அளவிடப்படு கின்றன. செயற்கைக்கோளின் தெரிந்த திசை வேக அளவான V இல் இருந்து O_1, O_2 என்ற கோணங்கள் கணக்கிடப்படுகின்றன. தெரிந்த $(T_2 - T_1)$ என்ற நேர இடைவெளியைக் கொண்டு A, B யின் தூரம் கணக்கிடப்படுகிறது. பிறகு SAB என்ற முக்கோணத்தில்



படம் 8.1

தரை நிலையம் (L) செயற்கைக்கோளின் (A) இருப்பிடத்தைச் செயற்கைகோளுக்குத் தெரிவிக்கிறது. செயற்கைக்கோளின் திசைவேகம் தெரிந்த ஒன்று. இரண்டு அதிர்வெண்களில் கப்பல் (S) சமிக்ஞைகளைத் தொடர்ந்து பெற்றுக் கொண்டிருக்கிறது. செயற்கைக்கோளின் இருப்பிடம் A. B. C-ஐ குறித்த நேரங்களில் இடைவெளி விட்டுக் கப்பல் அறிகிறது. கப்பல் (S) டாப்லர் நகர்வு தத்துவ மூலம், SAB மற்றும் SBC கோணங்களைக் கணக்கிடுகிறது. பின் கப்பல் S-இன் இருப்பிடம் கணக்கிடப்படுகிறது. தேவையான அளவு செயற்கைக் கோள்கள் விண்வெளியில் இருப்பதால் மணிக்கு ஒருமுறை திரும்பக் கணக்கிடலாம்.

இருந்து SA மற்றும் SB பக்கங்களின் நீள அளவுகளை எளிதாகக் கணக்கிடலாம்.

செயற்கைக்கோளின் ஒலிபரப்பிலிருந்து A அல்லது B இடங்களை விண்வெளியில் கணக்கிட்டுத் தெரிந்துகொண்டு S என்ற புள்ளியின் (கப்பலின்) இடத்தை அறியலாம்.

கப்பல் போக்குவரத்துச் செயற்கைக்கோளினைப் பற்றிய சில விவரங்கள்:

சராசரி உயரம் (Polar Orbit)	*1100 கி.மீட்டர்*
கட்டுப்பாட்டுக்குள்ள அலைவியின் நிலையான ஆசிலேட்டரது (Oscillator)	399.968 MHz
இயல்பான அதிர்வெண் மற்ற அதிர்வெண்	மேற்கண்ட அளவில் எட்டில் மூன்று பங்கு (3/8)

பிற்சேர்க்கை

(APPENDIX) – V

'நேவ் ஸ்டார் ஜி.பி.எஸ். அமைப்பு' (Naustar GPS System) அமெரிக்கா, செயற்கைக்கோளைப் பயன்படுத்தி உலகளாவிய அளவில் புதிய கப்பல் போக்குவரத்துக் கண்காணிப்பு அமைப்பு ஒன்றை உருவாக்கியுள்ளது. இதற்கு 'நேவ் ஸ்டார் ஜி.பி.எஸ்.' (Naustar GPS – Global Positioning System) என்று பெயர். 1987 ஆம் ஆண்டிலிருந்து இவ்வமைப்புச் செயல்பட்டு வருகின்றது. இவ் வமைப்புஇதன் மூன்றச்சுத் தூரங்களையும் திசை வேகங்களையும் தகவல் நேரத்தையும் பூமியிலுள்ள பலருக்கு (தகவல் பெறும் கருவிகள் வைத்திருப்போர்) அவ்வப்போது தகவல் தரக்கூடியது. இது எப்போதும் 10—25 மீட்டர் அளவு வரை, துல்லியமாக ஓர் இடத்தின் அமைப்பைத் தெரிவிக்கக்கூடியது. ஆனால், அமெரிக்கப் பாதுகாப்புத் துறை அனுமதியளித்த உபயோகிப்பாளர்களுக்கு மட்டும்தான் இவ்வமைப்பின் வசதி கிட்டும்.

இவ்வமைப்பு விண்வெளிப் பிரிவில், 17540 கி.மீ. உயரத்தில் 12 மணி நேர இடைவெளியில் வட்டச் சுற்றுப் பாதையில் இயங்கும் 18 செயற்கைக்கோள்கள் உள்ளன. இச்செயற்கைக்கோள்கள் 6 சுற்றுப்பாதைத் தளங்களில் சமமான இடைவெளியில் இயங்கும். ஒவ்வொன்றும் நிலநடுக்கோட்டுத் தளத்திற்கு 63° சாய்வாகச் செயல்படும். ஆகாய விமானம், செயற்கைக்கோள், கப்பல் மற்றும் தரைக் கருவிகள் சார்ந்த இராணுவ நடவடிக்கைகளுக்கு இவ்வகைச் செயற்கைக்கோள்கள் பெருமளவில் உதவுகின்றன. மக்கள் நலத்துறைக்கும் இவை உதவக்கூடியவை. கடலுக்கடியில் எண்ணெய் வள ஆய்வுக்கு இது குறிப்பாக உதவுகிறது. அதாவது, எண்ணெய்க் கிணறுகளையும் எண்ணெய்க் கிணறு தோண்டும் துரப்பணக் கருவிகளையும் கடலில் சரியான இடத்தில் நிறுவ இவை உதவுகின்றன.

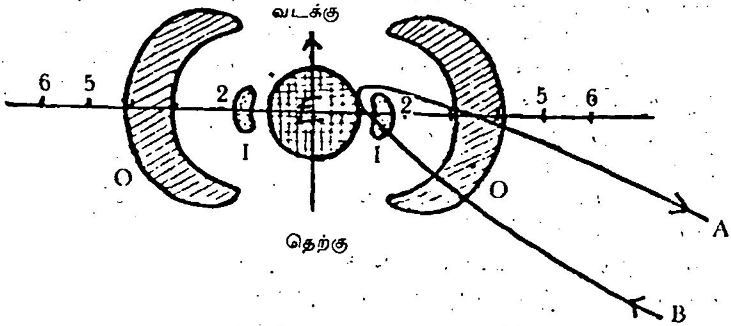
விண்வெளி அறிவியல் செயற்கைக்கோள்
(SPACE SCIENCE SATELLITE)

முன்னுரையில் குறிப்பிட்டது போல 1957-ஆம் ஆண்டு அக்டோபர் மாதம் ரஷ்ய நாடு 'ஸ்புட்னிக் 1'(Sputnik-1) என்ற முதல் செயற்கைக்கோளை விண்வெளி ஆய்வுக்காகச் செலுத்தியது. இது, ஆகஸ்ட் 1957—ஆம் ஆண்டு முதல் 1958 ஜூலை வரை கொண்டாடப்பட்ட சர்வதேச பூமி இயற்பியல் ஆண்டு செலுத்தப்பட்டது. அமெரிக்கா செலுத்திய 'எக்ஸ்புளோரர் 1' (Explorer – I) என்ற அந்நாட்டின் முதல் செயற்கைக்கோளும் விண்வெளி ஆய்வைத் தன் பயண நோக்கமாகக் கொண்டது. புவியின் காந்த சக்தி ஈர்ப்புக்கு உட்பட்ட விண்வெளியில் வேகமாக இயங்கும் எலக்ட்ரான் மற்றும் ஹீலியம் அணுத்திறன்களை ஆராய்வதற்குரிய ஒரு பெரும் புதிய துறையைத் தோற்றுவிக்க இம்முயற்சிகள் ஏதுவாயின.

விண் அண்ட வெளிக்கதிர்கள் (Cosmic rays) ஒரு விநாடிக்கு 30 அலகுகள் என்னும் அளவில் தரையில் உள்ள சாதனங்களை வந்தடையும். ஆனால், அவை, 'எக்ஸ்புளோரர்' (Explorer) என்ற செயற்கைக் கோளின் சுற்றுப் பாதை உயரத்தில் ஒரு விநாடிக்கு 1,00,000 அலகுகள் என்ற அளவில் வியத்தகு வண்ணம் வந்தடைவதை விஞ்ஞானிகள் கண்டனர். இதனுடைய சுற்றுப் பாதை நிலநடுக் கோட்டுக்கு வடக்கே 33 டிகிரிக்கும், தெற்கே 33 டிகிரிக்கும் இடைப்பட்ட பகுதிக்கு மேலே 2500 கி.மீ. உயரத்தில் அமைந்துள்ளது. காந்தச் சக்தியை ஒட்டி மின்சக்தி வாய்ந்த துகள்கள் ஏராளமாகச் சுற்றிக் கொண்டிருக்கின்றன. மேலும், இவை புவியின் காந்தச் சக்தியின் எல்லைக்குள் தற்காலிகமாக அடைக்கப் பெற்றுள்ளன. இவை பூமத்திய ரேகைப் பகுதிக்கு அண்மையில் நிகழ்கின்றன என்பதைப்பற்றி இதுவரை ஒரு குறிப்பும் இல்லை. உட்பகுதி, ெளிப்பகுதி என்ற இரண்டு தனிப்பகுதிகள் இருக்கின்றன என்பது கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு பகுதியும் புவியின் காந்த அச்சை (Magnetic Axis) மையமாகக் கொண்டு ஏற்பட்ட தோராயமான சுழற்சிப் பகுதிகள் எனலாம். காந்தக் கோட்டு (Meridional) குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றத்தில் இவ்விரண்டு பகுதிகளும் முந்திரிப்பருப்புப் போன்ற வடிவம் கொண்டவை. இதன் குழிப்பகுதியின் ஓரங்கள் புவியை நோக்கி இருக்கும்.

இம்முழுப் பகுதிகள் மிகத் தளர்ந்து சேர்க்கப்பட்ட வளையங்கள் போலவோ, புவி காந்த நடுக்கோட்டுப் பகுதியில் இறுக்கமாக உள்ள வளையம் போலவோ உள்ளன. காந்தச் சக்திகள் வேகமாக இயங்கும் துகள்கள் கொண்ட இவ்விரண்டு வளையங்களும் பூமியோடு இறுக்கமாக இணைக்கப்படுமளவுக்குப் பூமியின் மெத்தன சக்திகளைக் (INERTIA) கட்டுப்படுத்துகின்றன. அவை புவியோடு இணைந்து சுழல்கின்றன; பூமியோடு சேர்ந்து சூரியனைச் சுற்றி விண்வெளியில் இயங்கி வருகின்றன. உள்பகுதி வளையத்தின் அடி ஓரம் 400 கி.மீ. உயரத்தில் தென் அமெரிக்கா கடற்கரைக்கு மேலும், இந்தோனேஷியாவுக்கு மேல் 1300 கி.மீ. உயரத்திலும் அமைந்துள்ளது. இம்மதிப்பீடு பூமியின் மையத்திலுள்ள காந்தம் பூமத்தியிலிருந்து 450 கி.மீ. (அரை வித்தியாசம்) அளவுக்கு நகர்த்தப்படுவதைத் தீர்மானிக்கிறது. பூமியின் காந்தவெளியைப் பற்றிய விவரங்களைச் செயற்கைக் கோள் சேகரித்துக் கொடுப்பதால், இந்நிகழ்ச்சிகளை இங்ஙனம் கணிக்க முடிகிறது.

இவ்விரண்டு பகுதிகளில் ஒன்று 'வான் ஆலன் கதிர்வீச்சு வளையம் (Van alan Radiation Belt) என்னும், இதைக் கண்டுபிடித்த விஞ்ஞானியின் பெயரால் அழைக்கப்படுகிறது. செயற்கைக் கோளினைப் பயன்படுத்தி விண்வெளியில் நடத்திய அறிவியல் ஆய்வின் முடிவுகளை வாசகர்கள் பகிர்ந்து கொள்ளச் சில இங்குக்



படம்-9.1

வான் ஆலன் கதிர் வீச்சு வளையங்களின் மைய வரைப் பகுதியின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம்.

1.1-உள்புற வளையம் பெல்ட்; 0.0 வெளிப்புற வளையம் பெல்ட் எண்கள் பூமி மடங்கு ஆரங்களைக் குறிக்கின்றன. கோடுகள் செயற்கைக் கோள் சுற்றுப்பாதையைக் குறிக்கின்றன. சக்திவாய்ந்த துகள்கள் வளையங்களின் இடையில் அடைக்கப்பட்டிருப்பதையும், பின்பு இவை வெளி மண்டலத்திலும், விண்வெளியிலும் கலந்து விடுவதைப் பற்றிய தகவல்களையும் செயற்கைக் கோள்கள் கண்டுபிடித்தன.

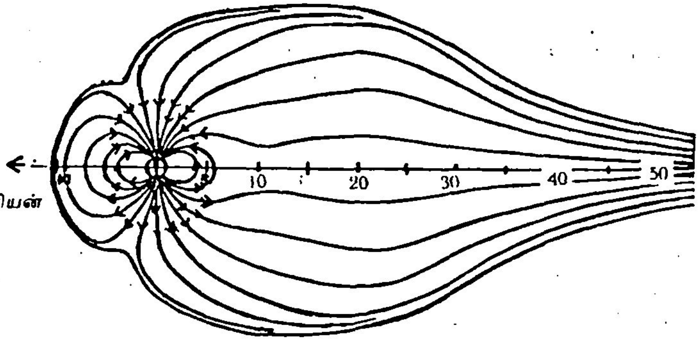
கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. இந்த ஆய்வுகள், வானிலை, தொலைத் தொடர்பு, போக்குவரத்து நிலவள ஆய்வு முதலிய மனித வள பயன்பாட்டு வகையைச் சார்ந்தவை அல்ல.

புவியின் காந்தவெளி வெகு தூரத்திற்கு வெளிப்புறத்தில் நீட்டிக்கப்படவில்லை என்பதனை இன்னொரு செயற்கைக் கோளின் ஆய்வுகள் வெளிப்படுத்தின. இக்காந்தவெளி ஒரு முப்பரி மாணக்கூடு, காந்த எல்லைக்குள் (Magneto Pause) அமைந்திருக்கிறது. இதற்குள் இருக்கும் கொள்ளளவு, 'காந்தக் கோளம்' (Magnetosphere) என்று அழைக்கப்படுகிறது. 'காந்த எல்லை' (Magneto pause) பூமியின் ஆரத்தைப் போன்று பத்து மடங்கு தூரம் வரை சூரியத் திசையில் வியாபித்துள்ளது. ஆனால், சூரியனுக்கு எதிரான திசையில் நூறு மடங்கு பூமியின் ஆரத்திற்குச் சமமான தூரம் வரை வால் வடிவத்தில் பரவியுள்ளது. பூமியினையும், சந்திரனை யும் இணைக்கும் கோட்டுக்குச் செங்குத்தான திசையில் பூமியின் காந்தவெளி பூமியின் ஆரத்தைப் போன்று 20 மடங்கு தூரத்திற்குப் பரவியிருக்கும்; மேலும் காந்த அச்சுத் திசையில் கணிசமான பள்ளங்கள் இருக்கும்.

இவ்வாறாகப் பூமியின் காந்தவெளி, சூரியன் வெளியிடும் சக்தி வாய்ந்த மின்சக்தித் துகள் கூட்டத்தால் ஏற்படுகிறது. இம் மாதிரியான துகள்களின் வேகம் சில நேரங்களில 1000 கி.மீ./ விநாடி அளவாக இருக்கும். ஆனால் பல நேரங்களில்இவற்றின் வேகம் 400 கி.மீ./வினாடி ஆக இருக்கும். 'சூரிய வளி' (Solar wind) என்று அழைக்கப்படும் சூரியத் துகள் கூட்டத்தின் வேகத்தைச் செயற்கைக் கோளிலுள்ள கருவிகள் அளவிடுகின்றன. சூரியவளி விண்வெளியில் எல்லா நேரங்களிலும், எல்லா இடங்களிலும் ஒரே சீராய் இருப்பதில்லை. இத்துகள்களில் காந்தச் சக்தியும் உள்ளது. இந்தக் காந்தவெளிச் சக்திகள் சூரியனை நோக் கியோ, சூரியனுக்கு எதிர் திசையிலோ அமைந்திருக்கும், இக் காந்த வெளிகள் நான்குப் பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டு விண் வெளியில் பரவியுள்ளன. செயற்கைக் கோள்கள் எதிர்க் காந்தச் சக்திப் பகுதிகளுக்கு இடையிலுள்ள எல்லைக் கோட்டை எளி தாகக் கண்டுபிடிக்கின்றன. இதன் மூலம் ஒரு பகுதியிலிருந்து பூமியின் மேல் எப்பொழுது சூரிய வளி வீசும் என்று திட்டவட்ட மாகக்கூற முடியும். புவியின் காந்தவெளி, காலை வெளிச்சம் (Aurora). வானொலி அலை, வானிலை முதலிய அம்சங்கள் மேற்கண்ட பகுதி மாற்றச் செயல்களால் பாதிக்கப்படும்.

விண்வெளி ஆய்வுக்கருவிகள் கொண்ட செயற்கைக் கோள் கள். புதன், சுக்கிரன், செவ்வாய், குரு, சனி, புதன், யுரேனஸ் முத

லிய கோள்களுக்கு அண்மையில் சென்று அவற்றைப் படம் பிடித்துள்ளன. இந்தக் கோள்களின் அமைப்புப் பற்றியும் அவற்றின் வளி மண்டலம் பற்றியும், அவற்றைச் சுற்றியுள்ள துணைக் கோள் பற்றியும் படங்கள் மூலம் நன்றாகத் தகவல் தெரிந்து கொள்கிறோம்.



படம்-9.2

புவியின் காந்த வெளியின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்ற வெளி உறையானது காந்த வெளி எல்லையைக் குறிக்கிறது. உள்பக்க அம்புக்குறியிட்ட கோடுகள் அடைக்கப்பட்ட காந்த வெளியைக் குறிக்கிறது.

உள்பக்க எண்கள் புவி மடங்கு ஆரத்தைக் குறிக்கின்றன. சூரியனை நோக்கிப் பத்து மடங்கு பூமி ஆரத்தையும் சூரியனை விலகி 100 மடங்குக்கு மேல் புவி ஆரத்தையும் கொண்ட எல்லைவரை காந்த வெளி பரவியுள்ளது.

1969-ஆம் ஆண்டு சந்திரனில் மனிதன் இறங்கிய புகழ் பெற்ற நிகழ்ச்சியைப் பற்றி யாவரும் அறிவர். உலகம் எங்கும் ஐம்பது கோடி மக்களுக்குமேல் தொலைக்காட்சி வாயிலாக ஒரே சமயத்தில் நேரடியாக இவ்வரலாற்று நிகழ்ச்சியைக் கண்டு களித்தனர். இந்நிகழ்ச்சிகள் தொலைத் தொடர்பு செயற்கைக் கோளால் அஞ்சல் செய்யப்பட்டன. இது ஒரு மிகப்பெரிய சாதனை ஆகும். 'அப்போலோ' செயற்கைக் கோளில் பிரயாணம் செய்த விண்வெளி ஆய்வாளர்கள் சில நூறு கிலோ கிராம் எடையுள்ள திங்கள் கற்களைத் தரைக்குக் கொண்டு வந்தனர். மேலும் திங்களில் ஆய்வும் நடத்தினர்; சில அறிவியல் ஆய்வுக் கருவிகளை மேலும் விவரங்கள் சேகரிப்பதற்காகத் திங்களிலேயே விட்டு வந்தனர்.

அகமதாபாத்திலுள்ள தேசிய இயற்பியல் ஆய்வுக் கூடத்தில் பேராசிரியரும் அவருடைய சகாக்களாகிய இந்திய அறிவியலாரும் இந்தத் திங்கள் கற்களை ஆய்வதில் பெரும் பங்காற்றினர் என்பது குறிப்பிடத்தக்கது. அவர்கள் திங்களின் வயது, உலோக அமைப்பு, ஆயிரக்கணக்கான ஆண்டுகளுக்கு முன்னால்

ஏற்பட்ட சூரிய வெடிப்புப் போன்ற விஞ்ஞானத் தகவல்களை இத்திங்கள் கற்களின் ஆய்வின் மூலம் கண்டுபிடிக்கும் பணியில் சாதனை புரிந்தனர். முதன் முதலில் மனிதனைச் சந்திரனில் இறக்கிப் பிறகு அவனைப் பத்திரமாகப் புவிக்கு அழைத்து வந்தது. மேலும் இது போன்ற அப்போலோ சாதனைகள் அமெரிக்கா வின் பெருமையையும், அந்நாட்டுக் குடிமக்களின் கௌரவத் தையும் பெரிதும் உயர்த்தின. அறிவியல் சாதனைக்குக் கிட்டிய புகழ் இதைவிடக் குறைவுதான். இருப்பினும், அப்போலோ திட் டத்தின் குறிப்பிடத்தக்க சாதனை, பெரிய அளவில் தொழில் நுட்ப அறிவைப் பெருக்கியதாகும். வளர்ச்சியடைந்த தொலைத் தொடர்புச் செயற்கைக் கோள் நிலவளச் செயற்கைக் கோள், புதிய தலைமுறை வானிலை செயற்கைக் கோள்கள் ஆகியவை இத்திட்டத்திற்குப் பிறகு பெரிதும் வளர்ச்சியடைந்தன. திடநிலைப் பௌதிகம், மைக்கிரோ எலக்டிரானிக்ஸ் முதலிய துறைகளில் ஏற்பட்ட முன்னேற்றங்கள் உலகம் முழுவதும் பின்னால் ஏற் பட்ட வாணிக நிறுவனங்களுக்கும் பெரும் அளவில் உதவிபுரிந் தன. இம்முன்னேற்றங்களுக்கும் அப்போலோத் திட்டம் ஊக்கம் தந்தது. முற்காலத்தில் தரையில் நிறுவப்பட்ட தொலை நோக்கி களைக் கொண்டு பார்வைக்குட்பட்ட மின்காந்த ஒளி அலை யைப் பயன்படுத்தி விண்வெளி ஆய்வுகள் நடத்தினர். ஒர விண் மீன் வெளிப்படுத்தும் கதிர்வீச்சின் அலை நீளம் அந்நட்சத்திரப் பரப்பின் வெப்பத்தைக் கொண்டு அளவிடப்படுகிறது. ஒரு நட்சத்திரத்தின் வெப்பம் சுமார் 6000° K என்று இருக்குமானால் (சூரியனின் வெப்ப அளவைப் போன்றது), கதிர்வீச்சின் சக்தி வாய்ந்த பெரும்பகுதி பார்வைக்குட்பட்ட ஒளிப்பகுதியில் நமது வளிமண்டலம் ஊடுருவிச் செல்லக்கூடியது. இருப்பினும், நட்சத்திரப் பரப்பு 10,000° K அல்லது அதற்கு மேலான வெப்பமிருந்தால், கதிர்வீச்சின் பெரும்பகுதியான புற ஊதாப் பகுதி மின்காந்த அலைவரிசை வளிமண்டலத்திற்குள் ஊடுருவ முடியாது. இம்மாதிரி நட்சத்திரங்களை நாம் காண முடியாது.

10,00,000° K அளவில் வெப்பம் உள்ள அண்டவெளி நட்சத்திரங்கள் கதிர்களை (X-Rays) வெளியிடுகின்றன. வெப்பம் 10,00,000° K இருக்கும்போது கதிர்வீச்சின் பெரும்பகுதி 'காமாக்கதிர்களில்' (Gamma Rays) இருக்கிறது. இத்தகைய எல்லாக் கதிர்வீச்சுகளும் நமது வளிமண்டலத்திற்குள் ஊடுருவ இயலா. எனவே, ஒரு பிரகாசமான நட்சத்திரம் X கதிர்களை அதிக அளவில் வெளியிடும்போது ஒரு சக்தி வாய்ந்த தொலை நோக்கி அதனைக் கண்டுகொள்ள இயலாத அளவிற்கு அது சக்தி குன்றி இருக்கும். அதனைப் பற்றிய ஒரு தகவலும் பதிவு செய்ய

இயலாது. இவ்வாறு நம்முடைய சூரியனுக்கு ஒப்பான வெப்ப நிலை கொண்ட நட்சத்திரங்கள் மற்றும் பிற அண்டவெளிக்கிர கங்கள் பற்றித்தான் பெரும் விண்வெளி ஆய்வாளர்கள் ஆராய்ந் துள்ளனர். (இருப்பினும் விண்வெளிக் கொள்கை வகுப்பாளர் கள் புவியின் வளிமண்டலத்தைக் கடந்தும் சிந்தனை செய்யக் கூடியவர்கள்).

30,000 மீட்டர் உயரத்தில் மிதக்கும் பலூன்களில் பொருத் தப்பட்ட கருவிகள் மூலம் சில நட்சத்திரங்களின் 10,00,000° K வெப்பம் பற்றியும் அந்நட்சத்திரங்கள் வெளியிட்ட X கதிர்கள் பற்றியும் சில குறிப்புகள் கிடைத்துள்ளன. புறஊதா, X கதிர் மற்றும் காமா கதிர்களைக் கண்டறியத் தேவையான கருவி களைச் சுமந்து சென்ற செயற்கைக் கோள்கள் நடைமுறைக்கு வந்தபின், ஆயிரக்கணக்கில் இதுவரை கண்ணுக்குப் புலப் படாத நட்சத்திரங்கள்கண்டுபிடிக்கப்பட்டு அவை ஆராயப் பட்டுள்ளன. வெகு தூரத்தில் உள்ள நட்சத்திரக் கூட்டங்கள் மற் றும் விண்வெளி அமைப்புகளில் ஏற்படும் நிகழ்வுகளைப் பற்றி அளவிடற்கூரிய தகவல்கள் கிடைத்துள்ளன.

இதுகாறும் குறிப்பிட்ட உதாரணங்களில், மறுமுறை மீண்டும் உபயோகிக்க முடியாத சக்தி வாய்ந்த பலநிலை ஏவுகணைகளால் (Multistage Rocket) செயற்கைக்கோள்கள் விண்வெளியில் செலுத் தப்பட்டன. இக்குறையைச் சரிசெய்யும் முகத்தான், அமெரிக்கா விண்வெளிக் கப்பலை (Space shuttle) தயாரித்தது. இது ஆகாய விமானத்தைப் போல விமானத் தளத்திலிருந்து புறப்பட்டுப் புவி யைச் சுற்றியபின் மீண்டும் விமானத் தளத்தில் இறங்கக்கூடிய இயல்பு கொண்ட விண்வெளிக் கப்பலாகும். இந்தியா 'இன்சாட்-1A' என்ற செயற்கைக் கோளை ஏவுகணை மூலம் விண்வெளிக்குச் செலுத் திய செலவைவிட 1B என்ற செயற்கைக் கோளை 1983-இல் இவ் விண்வெளிக்கப்பல் மூலம் அனுப்பிய செலவு மிகக் குறைவாகும்.

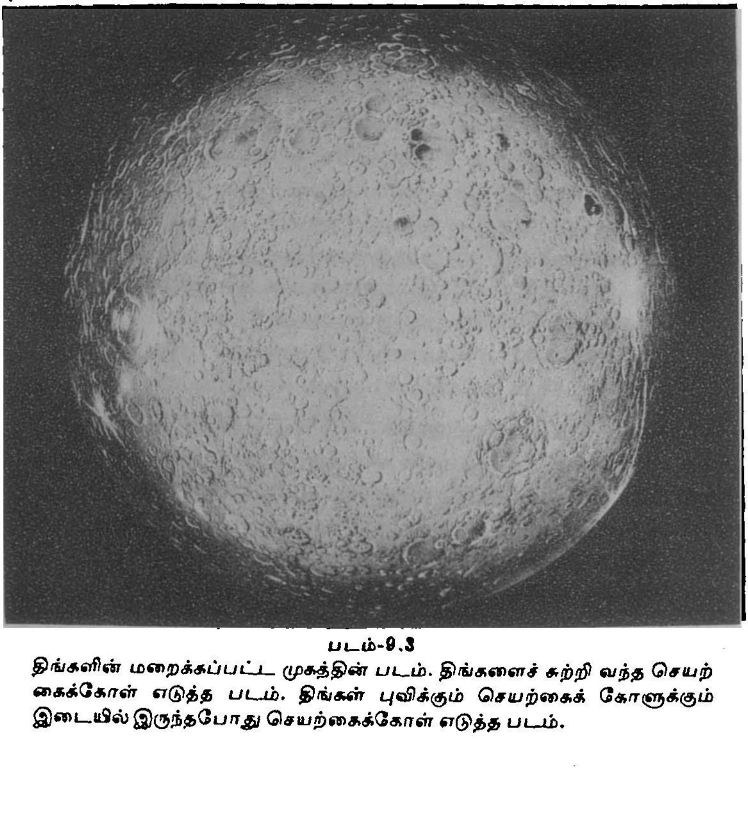
இதுவரை விண்வெளிக்கு அனுப்பப்பட்ட செயற்கைக் கோள்கள் மூலம் நமது கிரகங்கள் விண்வெளி அமைப்பு, நம்மு டைய சூரியன், நட்சத்திரங்கள், நட்சத்திரக் கூட்டங்கள் பற்றிய புதிய அறிவு நமது விஞ்ஞானிகளுக்கு ஏற்பட்டுள்ளது. இதனைப் பற்றிப் பல நூல்கள் எழுதலாம். விண்வெளிக்கப்பலும், விண் வெளி ஆய்வுக்கூடங்களும் மேலும் பல அறிவியல் தகவல்களைக் கொடுக்க இருக்கின்றன. ஆனால், இத்தகவல்களைப் பற்றிய நூல்கள், இத்துறையில் உயர்நிலை பெற விரும்புபவர்களுக்கு மட்டும் பெரிதும் உதவும். தேசிய விண்வெளி ஆராய்ச்சிக் குழு (COSPAR - The International Committee for Space Research)

இரண்டாண்டுக்கு ஒரு முறை (முன்பு ஓராண்டுக்கு ஒரு முறையாக இருந்தது) மாநாடு கூட்டி விண்வெளி ஆய்வின் முன்னேற்றம் பற்றி விவாதிக்கிறது. வெளியிடப்பட்ட மாநாட்டு நூல்கள் இதுவரை விண்வெளி ஆய்வில் ஏற்பட்ட அறிவியல் சாதனைகளை உள்ளடக்கியுள்ளன. இந்நூல்கள், விண்வெளி ஆராய்ச்சிநூல் I, II.... என்று அவ்வப்போது வரிசையாக வெளியிடப்படும் போது வழங்கப்படுகின்றன.

பிற்சேர்க்கை

(APPENDIX-VI)

சூரிய அமைப்பில் உள்ள சில பொருட்களைப் பற்றிய படங்களைக் கீழே தந்துள்ளோம். இவை விண்வெளி ஆய்வுக்காகச் செலுத்தப்பட்ட செயற்கைக் கோள்கள் மூலம் படம் பிடிக்கப் பட்டவை. படம் 9-3இல் திங்களின் மறைக்கப்பட்ட மறுபகுதி காட்டப்படுள்ளது. ஆண்டு முழுவதும் சூரியனின் ஒரே அரைக் கோளம் புவியை எப்போதும் பார்த்துக் கொண்டிருக்குமாறு திங்களின் இயக்கம் அதனுடைய அச்சில் அவ்வாறு இயற்கையாக ஒழுங்குபடுத்தப்பட்டுள்ளது. ஆகையால், செயற்கைக் கோள்கள் திங்களைச் சுற்றி வந்து அதன் மறைக்கப்பட்ட மறுபகுதியைப்படம் பிடிக்க வேண்டியது அவசியமாகிறது. திங்களின்



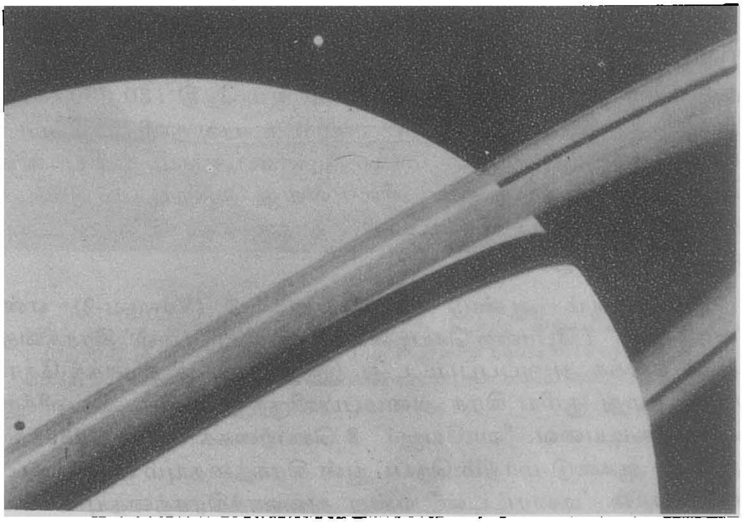
படம்-9.3

திங்களின் மறைக்கப்பட்ட முகத்தின் படம். திங்களைச் சுற்றி வந்த செயற்கைக்கோள் எடுத்த படம். திங்கள் புவிக்கும் செயற்கைக் கோளுக்கும் இடையில் இருந்தபோது செயற்கைக்கோள் எடுத்த படம்.

மேற்பகுதியில் அண்டவெளிப் பகுதியின் தாக்குதலால் ஏற்பட்ட வெடிப்புகள் காணப்படுகின்றன. மனிதன் திங்களின் முயற்சியை மேற்கொள்ளுமுன் அதன் பரப்பை அளவிட்டறிவது அவசியமாயிற்று.

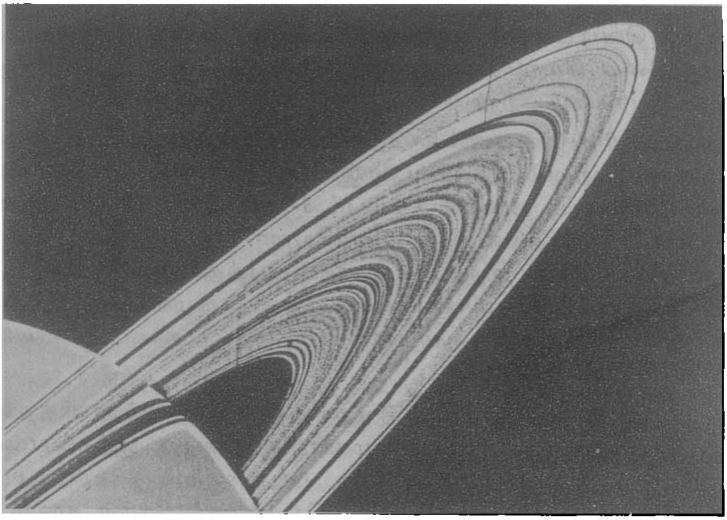
படம் 9-4-இல் சனிக் கிரகத்தின் படமும் அதனுடைய வளையங்களும் மற்றும் அதனுடைய இரண்டு திங்கள்களும் தெரிகின்றன. 1980-ஆம் ஆண்டு நவம்பர் 3-ஆம் தேதி 13 மில்லியன் கி.மீட்டர் தூரத்திலிருந்து "வாயேஜர்" 1 (Voyager-1) என்ற செயற்கைக் கோள் இந்தப் படத்தைப் பிடித்துள்ளன. சனிக்கிரகத்தின் மூன்று பிரகாசமான வளையங்களின் நிழல்களும் மற்றும் அதனுடைய ஒரு சந்திரனும் சனிக் கிரகத்தின் மேகக்கூட்டங்களுக்கு மேல் தெரிகின்றன.

படம் 9-5-இல் சனிக் கிரகத்தின் சுமார் 95 தனித்தனி ஒருமைய வளைவுகளின் தன்மைகள் தெரிகின்றன. இந்தப் படம் கணிப்பொறி கோத்து அளித்த படமாகும். இந்தப் படம் "வாயேஜர்"1 (Voyager - 1) என்ற செயற்கைக் கோள் மூலம் 8 மில்லியன் கிலோ மீட்டர் தூரத்திலிருந்து 1980-ஆம் ஆண்டு நவம்பர் 6-ஆம் தேதி எடுக்கப்பட்டது.



படம்-9.4

சனிக் கிரகத்தைச் சுற்றிவரும் இரு திங்கள்கள்! சனிக் கிரகம், மற்றும் சனிக் கிரக வளையங்கள். சூரியன் மூலம் ஏற்பட்ட நிழல் சனிக்கிரகத் தட்டில் கரும்புள்ளியாகத் தெரிகிறது. (சனிக்கிரகத்திலிருந்து 13 மில்லியன் கி.மீ. தூரத்தில் கேமரா படம் பிடித்துள்ளது).

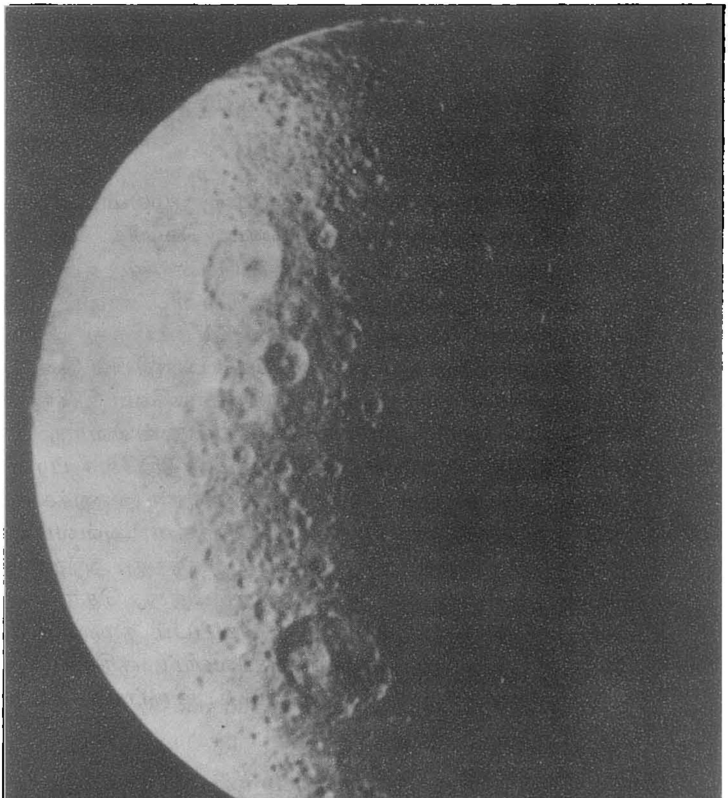


படம் - 9.5

சனிக் கிரகமும் அதனுடைய தனித்தனி வளையங்களும், 8 மில்லியன் கி.மீ. தூரத்திலிருந்து படம் எடுக்கப்பட்ட போது தெளிவாகத் தெரிகின்றன.

படம் 9-6-இல் சனிக் கிரகத்தின் ஒரு சந்திரனாகிய 'டயோனின்' (Dione) மேற்பரப்புத் தரப்பட்டு உள்ளது. இது "வாயேஜர்" 1 ஆல் 1980-ஆம் ஆண்டு நவம்பர் 12-ஆம் தேதி 120,000 கிலோ மீட்டர் தூரத்தில் இருந்து எடுக்கப்பட்ட பல தனித்தனிப்படங் களின் தொகுப்புப் படம் (Composite picture) ஆகும். 'டயோனின்' மேற்பரப்பிலும் நமது சந்திரனில் உள்ளது போலப் பல வெடிப்பு கள் அண்டவெளிப் பொருட்களின் தாக்குதலினால் ஏற்பட்டவை எனத் தெரிகிறது.

1986-ஆம் ஆண்டு "வாயேஜர்" 2 (Voyager-2) என்ற "வாயேஜர்" 1 போன்ற செயற்கைக் கோள் 'யுரேனஸ்' கிரகத்தைப் படம் எடுக்க அனுப்பப்பட்டது. இந்த இரு செயற்கைக் கோள் களும் நமது சூரிய கிரக அமைப்பிலிருந்து அண்ட வெளிக்குச் செல்லக்கூடியவை. "வாயேஜர்" 2 செயற்கைக் கோள் 1989-ஆம் ஆண்டு ஆகஸ்டு மாதம் நெப்ட்யூன் கிரகத்தையும் அதனுடைய சந்திரனான 'டிரைட்டன்' என்ற துணைக்கிரகத்தையும் படம் பிடித்துப் புவிக்கு அனுப்பியது.



படம்-9.6

சனிக் கோள் சந்திரன்களுள் ஒன்றான 'டயோன்' திங்களின் படம். 1,20,000 கி.மீ. தூரத்திலிருந்து 1980-ஆம் ஆண்டு நவம்பர் 12-ஆம் தேதி வாயேஜர்-1 என்ற செயற்கைக் கோள் மூலம் எடுக்கப்பட்ட படம்.

முடிவுக் கருத்து
(CONCLUSION)

விண்வெளித் தொழில்நுட்ப ஆய்வு மூலம் மனிதன் அடைந்த அறிவானது, அவனை அண்ட வெளித் தோற்றம் பற்றிய கோட்பாட்டுக்கு அழைத்துச் சென்றது. சுமார் 20 பில்லியன் ஆண்டுகளுக்கு முன் விண்வெளி, காலம், சக்தி ஆகிய பரிமாணங்கள் ஒரு புள்ளியாக ஆரம்பித்து அண்ட வெளித் தோற்றம் பெற்றது என்பர். ஆரம்பப் புள்ளியில் வெப்பம் 10 பாகை என்ற அளவிலோ, அதற்கு அதிகமாகவோ இருந்திருக் கலாம்; பத்தாயிரம் கோடி பாகை வெப்பம் ஒவ்வொரு 10^{-9} விநாடிக்கும் அல்லது அதற்குக் குறைந்த நேரத்திலோ பரவியி ருக்கலாம். இத்தகைய மிகுந்த வெப்பத்தில் எல்லா அணுக்களும், மற்றும் அணுக் கருக்கள்கூட உடைந்து இருந்தன; அவ்வமயம், சடப்பொருள் பற்றிய கருத்தே இல்லாமல் இருந்தது. அந்தக்கண நேரத்திலிருந்து அண்டவெளி வளர ஆரம்பித்து, தொடர்ந்து விரிவடைந்து கொண்டே இருக்கிறது. வெப்பம் நாளடைவில் குறைய ஆரம்பித்து விண்வெளியின் வெளிப்பகுதியில் இப் பொழுது வெப்பம் சுமார் 3° K (−270° C) இருப்பாக உறுதி செய்யப்பட்டுள்ளது.

ஆரம்பக் காலத்திலிருந்து பருப்பொருள் (Matter) பெருமளவு விரிவடைந்து, பின் ஹைட்ரஜன் அணுக்கருவாக மாறியது. சடப் பொருட்கள், பெரும்பாலும் இப்பொழுதுகூட, ஹைட்ரஜன் அணுக்கருவாகப் பரந்த விண்வெளிக் கிரக அமைப்புகளில் இருக் கிறது என்பார்கள். இவ்வாறு, முதலில் சடப்பொருள் ஹைட்ரஜன் வளியாக மாறியது; பின்பு ஹீலியம் உண்டாகியது. அதன்பின் பரந்த வாயுக் கூட்டங்கள் நட்சத்திரக் கூட்டங்களாக மாறின; சில மூலப்பொருட்கள் நட்சத்திரங்களாக அங்கே மாறின. இந்த நட்சத்திரங்களில் சில, மிகவும் சுருங்கி மிகுந்த வெப்பமுடையன வாக மாறின. இக்கால வேதியல் வல்லுநர்களுக்குத் தெரிந்த பல சடப்பொருட்கள் இந்தச் செயலில் தோன்றின. இந்த நட்சத்திரங் களில் சில இறுதியில் வெடித்து இந்தச் சடப்பொருட்களைச் சிதைத்து, பரந்த விண்வெளியைத் தோற்றுவித்தன. வெடிக்கும் நட்சத்திரங்கள் தோற்றுவித்த அதிர்ச்சியலைகள் மேலும் வாயுப் பொருட்களைச் சூரியன் போன்ற பெரிய நட்சத்திரங்களாக

மாற்றின; மிக அபூர்வ வினையாற்றலாகப் பூமிகிரகத்தை உள்ள டக்கிய சூரியகிரகத்துடன் நமது கிரக அமைப்பு ஏற்பட்டது.

இடத்தாலும், காலத்தாலும் வேறுபட்டு வெகு தூரத்தில் இருக்கும் நட்சத்திரக் கூட்டங்கள் அடங்கிய அண்டவெளி முழு வதிலும் உள்ள பொருட்கள் ஒரே மாதிரியான மூலக்கூறுகளைக் கொண்டவை என்பதை மேற்கண்ட கண்டுபிடிப்புகள் தெரிவிக் கின்றன. இருபது ஆயிரம் மில்லியன் ஆண்டுகள் வயதான அண்ட வெளியில் உயிருள்ள மற்றும் உயிரற்ற இனங்களில் ஒரேவித சகோதரத்துவம் நிலவுகிறது என்ற உண்மையை இயற்கை உணர்த்துகிறது. ஆதிசங்கரரும், இராமானுசரும் உலகுக்கு அறி வித்த தத்துவ உண்மைகள் இதையே வலியுறுத்துகின்றன என் பது புலனாகிறது.

जगश्च सकल चिन्माल विस्तारितम् — ஆதிசங்கரர்
त्रिविद्य चेतना अचेतना स्वरूप — இராமானுஜர்

புவியைத் தவிர மற்றக் கிரகங்களில் உயிரினம் இருப்பதற் கான ஆதாரங்கள் நமக்கு இதுவரை கிடைக்கவில்லை. அப்படியே அண்டவெளியில் எங்காவது உயிரினம் வாழ்வது என்பது ஒரு அபூர்வ நிகழ்ச்சியாகும். ஆகையால், விண்வெளி, காலம், பொருண்மை, சக்தி இவை பரந்து வியாபித்திருப்பதை மனித மூளை கண்டுபிடித்தது பாராட்டுக்குரியது. இத்தகைய மூளை யைக் கொண்ட மனித இனம் மதிக்கத் தகுந்ததாகும். "எதையும் நீ கொல்லக் கூடாது" என்பது போன்ற தேவக் கட்டளைகள் நீதி நிறைந்த முக்கிய அறிவுரைகளாகும். இவை, இன்றைய வாழ்வில் நாம் காணும் விண்வெளி அறிவியல் தரும் மெய்யறிவு உண்மை களாகும்.

உலகியல் வாழ்விற்குத் தேவையான தொலைத் தொடர்பு, வானிலை அறிவியல், நிலவள அளவு, கப்பல் போக்குவரத்து முதலிய துறைகளில் விண்வெளித் தொழில்நுட்பம் பயன்படு வது பற்றி இதுவரை கண்டோம். பெருமளவில், இதில் வெற்றி யும் கண்டு உள்ளோம். எதிர்கால நடப்புப் பற்றி எந்த விஷயத்தி லும் முன்னறிவுப்புச் செய்வதில் சிரமம் உள்ளது என்பதை யாவ ரும் அறிவர். இதற்குப் பல உதாரணங்களை இங்கு மேற்கோள் காட்டலாம். சில உதாரணங்கள் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளன:

அ) "இரயில் பெட்டிகளை இயந்திரங்கள் மணிக்கு 15 மைல் வேகத்தில் துரிதமாகத் தண்டவாளத்தில் இழுத்துச் செல் கின்றன. அவ்வாறு செல்லும் இரயில் பயணத்தில் பயணி களின் உயிருக்கும், உடலுக்கும் ஆபத்து உண்டு. இரயில்

தான் செல்லும் வழிகளில் சத்தம் விளைவித்தும் மேலும் நிலக்கரி எரிவதால் வரும் தீப்பொறியினால் கால்நடைகளும், பெண்களும், குழந்தைகளும் பயத்துக்குள்ளாவார்கள். இறைவன், இத்தகைய கழுத்தை முறிக்கும் வேகத்தில் ஒருபோதும் மக்கள் பயணம் செய்யக் கூடாது என்று கருதுகிறார்" - **1829**-ஆம் ஆண்டு நியூயார்க் கவர்னரான 'ட்யூரன்' என்பவர் எழுதிய அறிக்கை. (இவர் பின்னர் அமெரிக்க ஜனாதிபதி ஆனார்).

ஆ) "பிரபல மனிதர்களின் மனத்தில் பெரிய பறக்கும் இயந்திரங்கள், அட்லாண்டிக் கடல் மீது பல பயணிகளை ஏற்றிக் கொண்டு (இந்நாளைய கப்பல் பயணம் போன்ற சூழ்நிலையை) விண்ணில் பறக்கும் காட்சியை மனக்கண் முன் காண்கிறார்கள். இம் மாதிரி எண்ணங்கள் வெறும் கனவுகள் என்று சொல்வதே பொருத்தமாக இருக்கும்."

-புகழ் பெற்ற டாக்டர் பிக்கரின், **1910**-ஆம் ஆண்டு விடுத்த அறிக்கை

இ) "அணுவிலிருந்து உபயோகரமான சக்தி பிரித்தெடுக்கப் படும் என்று நான் நம்பத் தயாராக இல்லை."

-ருதர்ஃபோர்ட் பெருமகனாரால் வெளியிடப்பட்டது.

ஒருவேளை, இதே மாதிரி, விண்வெளித் தொழில்நுட்பம் கூட நிச்சயமற்ற தன்மையை எதிர்காலத்தில் அடைய நேரிடலாம். மனிதக் குலத்தின் நல்வாழ்விற்கான சாத்தியக் கூறுகள் அதிகமுள்ளன. விண்வெளியில் நவீனத் தொலைத் தொடர்புக் கருவிகளை ஈடுபடுத்த இயலும்; மக்கள் உலகத்தில் எந்த மூலையிலிருந்தும் தங்களுக்குள் கலந்துரையாட முடியும், ஏழை, பணக்காரர் என்ற வேறுபாடு இல்லாமல் மக்கள் எல்லோரும் கைக்கடிகாரம் போன்ற வகையைச் சேர்ந்த தொலைத் தொடர்பு நுண்ணிய கருவிகள் மூலம் இவ்வாறு தொலைத் தொடர்புச் செயற்கைக் கோளைப் பயன்படுத்திச் செய்திகளைத் தங்களுக்குள் பரிமாறிக் கொள்ள இயலும்.

தொலைத் தொடர்பு, நிலவள ஆய்வு போன்ற துறைகளைப் பொறுத்தவரை, விண்வெளித் தொழில்நுட்பம் தேசிய எல்லைக் கோடுகளைத் தாண்டிச் செயல்படவல்லது. நவீன ஆய்வுச் செயற்கைக் கோள்களை வேவு பார்க்கும் செயற்கைக் கோள்கள் என ஒருவர் கருதலாம். இச்செயற்கைக் கோள்கள் பார்க்க கூடியவற்றை மட்டும் பார்க்கின்றன. இரு வல்லரசுகளும் இம்மாதிரிச் செயற்கைக் கோள்களைத் தங்கள் ஒப்புதலுடன் இயக்கி வருகின்றன.

ஆனால், மற்ற எந்த நாடும் இதனைச் செய்ய இயலாது என்ற திருப்தியுடன் இருக்கிறார்கள். இந்தச் செயற்கைக் கோள் தொழில் நுட்பத்தைப் பிற நாடுகளுடன் பகிர்ந்துக் கொள்ளமாட்டோம் என்று இருவல்லரசுகளும் தங்களுக்குள் ஒப்பந்தம் செய்து கொண்டுள்ளனர். உண்மையிலேயே இந்த வேவு பார்க்கும் செயற்கைக் கோள்கள் ஆயுதப் போட்டியைக் கட்டுப்படுத்து வதில் பெரும் பங்கு வகிக்கின்றன. ஏனெனில், வெவ்வேறு நாடு களின் கைவசம் உள்ள போராயுதங்கள் பற்றிய செய்திகளை இவை அவ்வப்போது கண்டுபிடிக்கின்றன. மோட்டார் கார் களிலுள்ள பெயர்ப்பலகை விவரங்களை இந்தவகை வேவு பார்க் கும் செயற்கைக் கோள்கள் கண்டுபிடிக்க வல்லன என்று கூறுகி றார்கள். மேலும், இராணுவ அணிகள் உடுத்தும் வெவ்வேறு சீருடைகளைப் பற்றி இந்தச் செயற்கைக் கோள்கள் அறியக் கூடி யனவாகும்.

விண்வெளியில் இயங்கும் பூமி முழுவதிலும் ஒரேவிதத் தன்மை இருப்பதை "அப்போலோ" போன்ற செயற்கைக் கோள்கள் படம்பிடித்துக் காட்டியுள்ளன. மனித உறவில் இந்த மாதிரி ஒற்றுமை நிலவுவதை எல்லா நாடுகளும் புரிந்துகொள்ளும் என்று நாம் நம்புவோமாக, மேலும் பன்னாட்டு மக்கள் தங் களைச் சகோதரிகளாகவும், சகோதரர்களாகவும் பாவித்து ஒரு வரையொருவர் நேசித்து, மதித்து, இயற்கைச் செல்வங்களைச் சமமாகப் பகிர்ந்து அனுபவிப்பார்கள் என்று நம்புவோமாக. விண்வெளி அறிவியல் இந்த வெளிப்படை அம்சங்களை மக்களுக்குத் தெரிவிக்கின்றன. ஆனால், மனோநிலை மாற்றங்கள் தான் பரஸ்பர அச்சத்தையும், பொறாமையையும் உண்டு பண்ணி உலகளாவிய நேசத்தையும், சகோதரத்துவத்தையும் கெடுக்கின்றன.

புவி ஒத்த வேகமுடைய செயற்கைக் கோள்களைச் சில பத்து கி.மீட்டர் உயரத்தில் நிறுத்தி, (சூரிய ஒளியை மின்சக்தியாக மாற்றுவது போன்ற) சக்திவளத்தைப் பெருமளவில் விண் வெளித் தொழில்நுட்பம் நமக்குத் தரவல்லது. இவ்வகையில் விண்வெளியில் தயாரிக்கப்பட்ட சக்தியை மீண்டும் பூமிக்கு நுண்ணலை (Microwave) வடிவத்தில் கொண்டுவந்து பல இடங்களுக்குப் பகிர்ந்தளிக்கலாம். ஒவ்வொரு செயற்கைக் கோள் சக்திநிலையமும் எளிதாக 1000 மெகாவாட் சக்தியைத் தயாரிக்க இயலும். இந்த அளவு சக்தியை எந்த ஒரு தனி அணுமின் நிலையமும் தயாரிக்க இயலாது. மேலும், அணுமின் நிலையத் தில் உண்டாகும் கழிவுப் பொருட்களை வெளியேற்றுவதில் பல பிரச்சனைகள் உண்டு.

இம்மாதிரி முயற்சிகளில் வெற்றி பெற விண்வெளிச் செயற்கைக் கோள்களை நிறுவவும், பழுதுபார்த்துப் பராமரிக்கவும், விண்வெளிக்குப் பயணம் மேற்கொள்ள வேண்டியிருக்கும். வாணிக நிமித்தமாகவோ, உல்லாசப் பயணக் காரணத்திற்காகவோ, புவியின் ஒரு பக்கத்திலிருந்து மறுபக்கத்திற்குப் பயணம் மேற்கொள்ள வேண்டியிருக்கும். இவையெல்லாம் நடக்கக்கூடியவை என்று நிச்சயமாக நம்பலாம்.

இவையெல்லாம் நடவா என்னும் தாழ்வு மனப்பான்மை பலரிடம் இருப்பதற்குகூட வாய்ப்புகள் உண்டு. மேற் குறிப்பிட்ட உயர்வுமனப்பான்மை வாய்ப்புகளும், வசதிகளும் நடைபெற எதிர்பார்த்ததற்கு மேலாகக் காலம் கூடுதலாக ஆகலாம். வல்லரசுகள் அழிவு நோக்கத்திற்காகச் செயற்கைக் கோளைப் பயன்படுத்தலாம். அணு ஆயுதங்களை விண்வெளிச் சுற்றுப் பாதையில் இயங்கும் செயற்கைக் கோள்களில் பொருத்தி நேச நாடுகளின் செயற்கைக் கோள்களை அழிக்கவோ, போர்க்களத்தில் எதிரி நாடுகளை அழிக்கவோ முன்னேறிய நாடுகள் முயற்சி செய்யக்கூடும். செயற்கைக்கோள் மூலம் ஒரு அணு ஆயுதத்தை விண்வெளியில் வெடிக்கும்போது ஏராளமானமின்காந்த வெடிச் சக்தி உண்டாகிறது; இச்சக்தி, தெரிந்தோ, தெரியாமலோ, மற்றத் தொலைத் தொடர்பு, வானிலைத் தொடர்பு, கப்பல் போக்குவரத்து, நிலவள ஆய்வுச் செயற்கைக் கோள்களில் உள்ள மின் அணுக் கருவிகள் ஆகியவற்றை செயலிழக்கச் செய்ய வல்லது. இம்மாதிரி ஒரு சூழ்நிலை ஏற்படும்போது விண்வெளியை அமைதிக்காகப் பயன்படுத்தும் நோக்கம் நிறைவுபெறாமல் போகும். அறிவியலை, தரையில் சமாதானத்துக்கும், இராணுவ நடவடிக்கைக்கும் பயன்படுத்துவது ஒன்றுக்கொன்று ஒத்துப் போகலாம். ஆனால், விண்வெளிச் செயற்கைக் கோள் விஷயத்தில் இது சாத்தியமில்லை.

மனிதக்குலம் தற்சமயம் செய்ய முடிவதெல்லாம், சமாதான சகவாழ்வின் முக்கியத்துவம் பற்றிய அறிவு ஞானம் பெறும் முயற்சியில் ஈடுபடுவதேயாகும். இது பேராசிரியர் சி.வி.இராமன் கூறியப்படி அறிவியல் சாதனைகளிலிருந்து முற்றிலும் மாறுபட்டது. பட்டது.

நிறைவுரை
(Epilogue)

காலம் சென்ற நமது பெரும் விஞ்ஞானி டாக்டர் விக்ரம் ஏ.சாராபாய், "இந்தியாவின் தொழில்நுட்பத் தந்தை" என்று கருதப்படும் பேறு பெற்றவர். அவர் ஒருமுறை தம் சொற்பொழிவின்போது நமது இந்தியா போன்ற வளரும் நாடு செயற்கைக்கோள் தயாரிப்புச் சம்பந்தப்பட்ட விண்வெளித் திட்டத்தில் போதிய நிதி செலவழிக்க வேண்டிய அவசியம் பற்றிக்கீழ்கண்டவாறு கூறினார்:

"வளர்ந்து வரும் ஒரு நாட்டுக்கு விண்வெளி ஆய்வின் தேவையைப் பற்றிச் சிலர் ஐயவினாக்கள் எழுப்புகிறார்கள். நம்மைப் பொறுத்தவரை நமது நோக்கம் பற்றி இருவிதக் கருத்துகள் இல்லை. விண்வெளிச் செயற்கைக் கோள்களைப் பயன்படுத்திச் சந்திரன் போன்ற கிரகங்களை ஆய்வதில் பொருளாதாரத்தில் முன்னேறிய நாடுகளுடன் போட்டி போடும் விநோதக் கேளிக்கை கற்பனை எண்ணம் நமக்கு இல்லை. தேசிய அளவிலும் சர்வதேச அளவிலும், அர்த்தமுள்ள பங்கினை நாம் வகிக்க வேண்டுமானால் நம் நாட்டில் நாம் காணும் தனிமனித மற்றும் சமுதாயப் பிரச்சனைகளைத் தீர்க்க நவீனத் தொழில்நுட்பங்களைப் பயன்படுத்தியே ஆக வேண்டும். இந்த முயற்சியை மேற்கொள்வதில் நாம் யாருக்கும் சளைத்தவரல்லர் என்பதை நன்றாக உணர்ந்திருக்கிறோம். நவீன தொழில்நுட்பங்களையும், பல்வேறு ஆராய்ச்சி முறைகளையும் நடைமுறையில் கடைப்பிடித்து, நமது நாட்டுப் பொருளாதாரப் பிரச்சனையைத் தீர்த்துப் பொருளாதாரச் சமுதாயத் துறைகளில் முன்னேற்றம் அடைவதற்கன்றி, வெறும் பெருமை அடித்துக் கொள்வதற்காக நாம் செயற்கைக்கோள் தொழில்நுட்பத்துறையில் ஈடுபடவில்லை."

"நாட்டு அபிவிருத்தி என்பது, நவீனத் தொழில்நுட்ப வளர்ச்சியையும், இயந்திர உற்பத்தியையும் மட்டும் சார்ந்தது அன்று. வறுமையிலும், பிற்படுத்தப்பட்ட நிலையிலும் உள்ள சமுதாயத்தை மேம்படுத்தப் பொருள் உற்பத்தி, பகிர்ந்தளிப்பு மற்றும் நுகர்வுத் துறைகளைப் பராமரிக்கும் சமுதாய நிறுவனங்களை வளர்த்து நவீனப்படுத்துவதையும் உள்ளடக்கிய மொத்தப் பல்துறை அபிவிருத்தியைத் தீர்க்க தரிசனத்துடன் திட்டமிடுவதுமாகும்."

கலைச் சொற்கள்

(Glossary)

1.	Acceleration	- முடுக்கம்
2.	Atmosphere	- வளிமண்டலம், வாயுமண்டலம்
3.	Assignment	- பணிக்கடமை, செயல் ஒதுக்கீடு
4.	Astronomy	- வான நூல், வானியில்
5.	Agriculture	- வேளாண்மை, பயிர்த் தொழில்
6.	Altitude	- உயரம்
7.	Apogee	- அப்பாகி (புவி சேய்மைத் தொலைவு)
8.	Astronaut	- விண்வெளிப் பயணி
9.	Antenna	- உணர் கொம்பு, ஆன்டென்னா
10.	Aircraft	- வானூர்தி, வானவெளி இயந்திரம், ஆகாய விமானம்
11.	Audio-visual	- காட்சி, கேள்விகள் ஒருங்கிணைந்த
12.	Animal Husbandry	- கால்நடைப் பராமரிப்பு, விலங்கு பராமரிப்பு
13.	Automatic	- தானியங்கி
14.	Arms	- போர்க்கருவி
15.	Amateur	- கலைத் தொழில் சாராக் கலைஞன்
16.	Analogous	- அதே மாதிரியான, அதையொத்த, ஒற்றுமையுள்ள
17.	Axis	- அச்சு
18.	Aurora	- காலை வெளிச்சம்
19.	Booster	- மிகு உந்தி, பூஸ்டர்
20.	Band width	- அலை வரிசை
21.	Broadcast	- ஒலிபரப்புதல், அஞ்சல் செய்தல்
22.	By-Pass	- புறக்கணி, மாற்றுவழி
23.	Black and White	- கறுப்பு - வெள்ளை
24.	Centrifugal	- மையவிலகு விசை
25.	Centripetal	- மைய நோக்கு விசை
26.	Celestial bodies	- அண்ட வெளிக் கோள்கள் வான்வெளிக் கோள்கள்
27.	Coded words	- குழுவுக் குறிச் சொற்கள்

28. Conclusion - முடிவு
29. Circle - வட்டம்
30. Cross section - குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம்
31. Concentric shells - பொதுமைய அடுக்குகள்
32. Cosmic Rays - விண்கதிர்கள்
33. Cosmonaut - அண்ட வெளிப் பயணி, விண் வெளிப்பயணி
34. Communication Satellite - தொலைத் தொடர்புச் செயற்கைக் கோள்
35. Coordinate system - அச்சுத் தொலைத் தொகுதி
36. Computer - கணிப்பொறி
37. Cyclone - சூறாவளி
38. Channel - அலைப்பகுதி
39. Chemistry - வேதியயில், இரசாயனம்
40. Coverage - பணிமுடிப்பகுதி, செயலுறு பகுதி, எல்லைப் பிரிவு
41. Coordinates - அச்சுத் தொலைவுகள்
42. Crater - வெடிப்பு, எரிமலை வாய்
43. Detection - கண்டறிதல்
44. Disarmanent - போர் ஆயுத ஒழிப்பு ஒப்பந்தம்
45. Domain - எல்லைப்பரப்பு
46. Density - அடர்த்தி
47. Digital data - எண்வடிவத் தகவல்
48. Dimension - பருமன்
49. Day-to-day - அன்றாட
50. Depression - பள்ளம், தாழ் வழுத்தம்
51. Dotted Data - புள்ளியிட்ட தகவல்
52. Equator - நடு நிலக்கோடு
53. Extra terrestrial radiation - அண்டவெளிக் கதிர்வீச்சு
54. Earth - பூமி, புவி
55. Electromagnet - மின்காந்தம்
56. Electronics - மின் அணுவியல்
57. Emeritus Professor - ஓய்வுத் தொண்டுப் பேராசிரியர்
58. Engineering - பொறியியல்
59. Escape Velocity - விடுபடு திசை வேகம்
60. Exaggeration - மிகுதிப்படுத்தல், மிகைப்படுத்தல்
61. Exploration - ஆய்வு
62. Earth station - தரை நிலையம்

63. Ellipse - நீள்வட்டம்
64. Epilogue - இறுதியுரை, நிறைவுரை
65. Frequency - அதிர்வெண்
66. Forecast - முன்னறிவிப்பு
67. Forestry - வனவியல்
68. Geo-stationary/ Gepsynchronous - பூமி ஒத்த வேகமுடைய புவி நிலைத் தன்மை
69. Geography - நிலநூல், பூகோளம்
70. Geology - நிலவியல்
71. Geodesy - நில அளவியல்
72. Gravitation - புவியீர்ப்பு
73. Geoid - ஒழுங்கற்ற கோளம்
74. Groundtruth - தரை உண்மை நிலை
75. Grey level - நிற மட்டங்கள்
76. Galaxy - விண்மீன் கூட்டம்
77. Geophysics - பூமி இயற்பியல்
78. Hydrology - நீரியல்
79. Homogenous - ஒரே சீரான
80. Hump - மேடு
81. Infrared - அகச்சிவப்பு
82. Image - ஒளிப்படம்
83. Interpretation - கருத்தாக்கம்
84. Interaction - உள் செயல்பாடு
85. Ideal - நல்லியல்பான
86. Indigenous - உள்நாட்டு
87. Intertia - மெத்தனம், செயலற்ற தன்மை
88. Infinite - அளவிடற்கரிய
89. Knowledge - அறிவு
90. Landmark - நிலக்குறியீடு, சாதனை
91. Longitude - அட்ச ரேகை
92. Latitude - தீர்க்க ரேகை
93. Light beam - ஒளிக்கற்றை
94. Launch - ஏவு, செலுத்து
95. Live television - நேரடி தொலைக்காட்சி
96. Landsat - நிலை ஆய்வு செயற்கைக்கோள்
97. Layman - பாமரன்
98. Line - கோடு
99. Land cover - நில மூடி, நிலமறைப்பு, நில அடைப்பு

100. Light beam - ஒளிக்கற்றை
101. Landuse - நிலப்பயன், நில உபயோகம்
102. Mapping - பட ஆக்கம்
103. Motion - இயக்கம்
104. Magnet Axis - காந்த அச்சு
105. Meteorology - வானிலை அறிவியல்; வானியியல்
106. Methodology - முறையியல்
107. Multi-discipline - பல்துறை
108. Malter - பருப்பொருள்
109. Multistage - பல்நிலை
110. Medridan - மையவரை
111. Mass - பொருண்மை
112. Monsoon - பருவக்காற்று
113. Military satellite - இராணுவச் செயற்கைக் கோள்
114. Modern - நவீன, புதிய
115. Methodology - செய்முறையியல்
116. Missile - ஏவுகணை, எறி குண்டு
117. Magentic field - காந்தவெளி
118. Magnetosphers - காந்த மண்டலம்
119. Magneto pause - காந்த எல்லை
120. Nozzle - குறுங்குழல்
121. Node - சுற்றுப்பாதை நிலநடுக் கோட்டைக் கடக்கும் புள்ளி,
122. Nuclear Rector - அணு உலை
123. Net work - பணி அலை
124. Nuclear war - அணுப்போர்
125. Navigation - கப்பல் போக்குவரத்து
126. Orientation - இசை வாக்கம்
127. Orbit - சுற்றுப்பாதை, சுற்றுவழி
128. Obsolescence - காலத்திற்கொவ்வாத
129. Ocenography - சமுத்திரவியல் கடலியல்
130. Oscillator - அலைவி
131. Operational - செயல்பாட்டு
132. Observatory - ஆய்வுக்கூடம்
133. Oxidiser - ஆக்ஸிஜன் ஏற்றி
134. Planet - கோள், கிரகம்
135. Pole - துருவம்
136. Perigee - புவி அண்மைத் தொலைவு, பெருகித் தொலைவு

137. Precession - முன்னியக்கம்
138. Payload - ஆய்கருவிச் சுமை
139. Propellant - உந்து எரிபொருள், முன்னியக்கி
140. Physics - இயற்பியல், பௌதிகம்
141. Periodicity - தொடர்பருவக் காலம், பருவ நிகழ் திறன்
142. Proceeding - நடப்புகள், நடவடிக்கை, நிகழ்ச்சி
143. Photographs - ஒளிப்படம்
144. Polyhedron - பல்பக்க வடிவம்
145. Plumb line - செங்குத்துக் கோட்டுக் குண்டு நூல்
146. Parabola - பரவளைவு
147. Parameter - இயல்பளவு
148. Qualitative - பண்பு சார், தன்மை சார்ந்த
149. Quantitative - அளவு சார்
150. Resource - வளம்
151. Rocket - ஏவுகணை, ராக்கெட்
152. Radiation - கதிர்வீச்சு
153. Reconnaissance - உளவு ஆய்தல், வேவு பார்த்தல்
154. Retrograde motion - பின்னியக்கம்
155. Revolution - சுற்று
156. Remote sensing - தொலை உணர்வு
157. Resolution - பகுப்பு திறன்; அளவிடும் குறைந்த பரப்பு
158. Radio - வானொலி
159. Reflection - பிரதிபலித்தல், பிரதிபலிப்பு
160. Radiation - கதிர் வீச்சு
161. Radio meter - கதிராற்றல் மானி
162. Recognise - நினைத்தறிதல்
163. Radius - ஆரம்
164. Rig - துரப்பணக் கருவி
165. Round the clock - எந்நேரமும், இராப்பகலாக
166. Seminar - ஆய்வரங்கு, கருத்தரங்கு
167. Shades - நிறத்தன்மை
168. Shifts - நகர்ச்சி
169. Sphere - கோளம்
170. Signal - சமிக்ஞை, குறியீடு
171. Spin - சுழற்சி
172. Spheroid - வட்டக் கோளம்

173.	Storm	- புயல்
174.	Stormeye	- புயற் கண்
175.	Space platform	- விண்வெளி ஊர்தி, விண்வெளிமேடை
176.	Space craft	- விண்வெளி இயந்திரம், செயற்கைக்கோள், விண்வெளிக்களம்
177.	Space shuttle	- விண்வெளி ஓடம்
178.	Space Ship	- விண்வெளிக் கப்பல்
179.	Security	- பாதுகாப்பு
180.	Sensor	- உணர்கருவி, உணர்வி
181.	Surveillance	- வேவு பார்த்தல், உளவு பார்த்தல்
182.	Spectrum	- நிறமாலை
183.	Solar panel	- சூரிய சக்தி மாற்றுத் தட்டமைப்பு, கதிரவன் தட்டு
184.	Sophisticated	- நூதன, அரிய, நுண்ணிய
185.	Spatial	- ஒளி சார்
186.	Spectral	- இடம் சார்
187.	Symposium	- கருத்தரங்கு
188.	Solar winds	- சூரியவளி
189.	Super powers	- வல்லரசுகள்
190.	Satellite geadry	- செயற்கைக்கோள் புவி அளவியல்
191.	Satellite	- செயற்கைக்கோள்
192.	Scale	- அளவரை
193.	Stimulus	- தூண்டுகோள், தூண்டல்
194.	Space	- விண்வெளி
195.	Survey	- அளவெடுப்பு, அளவை
196.	Survey of India	- இந்திய அளவைத் துறை
197.	Sun synchronous	- சூரியனை ஒத்த நேரமுடைய
198.	Speed	- வேகம், விரைவு
199.	Spectral	- ஒளிசார்
200.	System	- அமைப்பு
201.	Tangent	- தொடு கோடு
202.	Telecommunication	- தொலைத் தொடர்பு
203.	Technology	- தொழில் நுட்பம்
204.	Telephone	- தொலை பேசி
205.	Television	- தொலைக்காட்சி
206.	Telegram	- தந்தி
207.	Technology	- தொழில் நுணக்க இயல்

208.	Telecast	- ஒலி மற்றும் ஒளி பரப்பு
209.	Thrust	- அழுத்தம்
210.	Tropic	- வெப்ப மண்டலம்
211.	Target	- இலக்கு
212.	Temporal	- காலம் சார்ந்த
213.	Trajectory	- செல்வழி, பயணவழி
214.	Track	- வழிகண்காணிப்பு
215.	Transmission	- செலுத்துணரி
216.	Triangulation	- முக்கோண அளவீடு
217.	Transponder	- ஒளி பெற்றனுப்பி, டிரான்ஸ் பாண்டர்
218.	Universe	- அண்டம், பிரபஞ்சம், விண்ணகம்
219.	Ultra violet	- புற ஊதா
220.	Velocity	- திசை வேகம், திசை விரைவு
221.	Visible light	- பார்வைக்குட்பட்ட ஒளிப்பகுதி பார்வை ஒளி
222.	Vegetation	- தாவரம்
223.	Weapon	- ஆயுதம், போர்க்கருவி, படைக் கருவி
224.	Wisdom	- ஞானம்
225.	Warhead	- எரிப்படைப்பகுதி
226.	Weather satellite	- காலநிலை செயற்கைக்கோள் வானிலைச செயற்கைக்கோள்
227.	Wave length	- அலை நீளம்
228.	Weightlessness	- எடையின்மை.

தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகம்...

தமிழ்மொழியின் வளர்ச்சி ஒன்றையே குறிக்கோளாகக் கொண்டு நிறுவப்பட்டது தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகம். திரு. தி.சு. அவினாசிலிங்கம் அவர்கள் தமிழகக் கல்வி அமைச்சராக இருந்தபோது 1946 டிசம்பர் மாதம் இக்கழகத்தைத் தோற்றுவித்தார்கள். அதுமுதற்கொண்டு 1982 பிப்ரவரி மாதம் வரை இக்கழகத்தின் தலைவராக இருந்து இதை வளர்த்து வந்தார். 1982 பிப்ரவரியில் முன்னாள் மாநில அமைச்சரும், மைய அமைச்சருமான திரு. சி. சுப்பிரமணியம் அவர்கள் தலைவர் பொறுப்பை ஏற்றார்கள். அவர் மராட்டிய மாநில ஆளுநராகப் பொறுப்பேற்ற பின், டாக்டர் வா.செ. குழந்தைசாமி அவர்கள் மார்ச் 1990-இல் தலைவர் பொறுப்பை ஏற்றுக் கொண்டார்கள்.

தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகம் ஒரு கலைக்களஞ்சியம் வெளியிடும் பணியை 1946-இல் மேற்கொண்டது. திரு. ம.ப. பெரியசாமித்தூரன் அவர்கள் இதற்கு ஆசிரியராகப் பொறுப்பேற்றார்கள். ஒவ்வொன்றும் சுமார் 750 பக்கங்கள் கொண்ட 10 தொகுதிகள் அடங்கியது தமிழ்க் கலைக்களஞ்சியம். இந்திய மொழிகளில் முதன்முதலாகத் தமிழில் மேற்கொள்ளப்பட்ட இம்முயற்சி 1968-இல் முழுமையடைந்தது.

பின்னர் குழந்தைகள் கலைக்களஞ்சியம் வெளியிட, தலைவர் திரு. தி.சு. அவினாசிலிங்கம் அவர்கள் விரும்பினார்கள். சிறுவர்கள் விஞ்ஞான உலகின் புதுமைகளை இளமையிலேயே அறிந்துகொண்டு, எதிர்காலத்தில் பல துறைகளிலும் சிறந்து விளங்க வேண்டுமென்பதே இத்திட்டத்தின் நோக்கம். குழந்தைகள் கலைக்களஞ்சியம் வெளியிடுவதிலும் இந்தியாவிலேயே இதுதான் முதல் முயற்சியாகும். ஒவ்வொன்றும் சுமார் 100 பக்கங்கள் கொண்ட 10 தொகுதிகள் அடங்கியது குழந்தைகள் கலைக்களஞ்சியம். இப்பணி 1976-இல் முடிவுக்கு வந்தது.

தமிழ் மக்கள் தொடர்ந்து அளித்துவரும் ஆதரவின் பயனாகக் குழந்தைகள் கலைக்களஞ்சியத்தின் இரண்டாவது பதிப்பு அவசியமாயிற்று. அதனால் திருந்திய இரண்டாம் பதிப்பு 10 தொகுதிகளாக மீண்டும் வெளியிடப்பட்டது. இப்பணி 1981-இல் தொடங்கப்பட்டு 1988-இல் முடிவுற்றது.

தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகம் தற்போது 'அறிவியல் நூல்கள்' வெளியிடும் பணியில் ஈடுபட்டுள்ளது. இவ்வரிசையில் 'பாரதீய வித்யா பவன்' ஆங்கிலத்தில் வெளியிட்டுள்ள 'Biological Rhythms' என்ற நூல் தமிழாக்கம் செய்யப்பட்டு, 'உயிரியல் தாளமுறை' என்ற தலைப்பில் வெளியிடப்பட்டது. இதை அடுத்து இரண்டாவது நூலாக, "செயற்கைக்கோளின் கதை" என்ற நூலை இப்போது வெளியிடுகிறோம்.

தமிழ் வளர்ச்சிக் கழகம் 'அறிவியல் கலைச்சொல் அகராதி' தயாரிக்கும் மற்றுமோர் முக்கிய பணியிலும் ஈடுபட்டுள்ளது. இதன் ஆரம்பப் பணிகள் நடைபெற்று வருகின்றன.