

அறிவு

விண்வளியில் இலக்ராஞ்சியன் புலம்
சுரைசாமி நவந்தம்



விண்வெளியில் லக்ராஞ்சியன் புலம்

ஈர்ப்பு விசை சமன் செய்யப்பட்ட விந்தையான வெற்றிட விண்புலம்

துரைசாமி நவந்தம் பிளச்டி

கட்டுரைச் சுருக்கம்

பல விந்தைகளை உள்ளடக்கிய விண்வெளியில், அருகருகே அமைந்த இரு பருப்பொருட்களின் இடைப்பட்ட ஒரு சில பகுதிகளில் அவையிரண்டிற்குமான ஈர்ப்பு விசை சமன் செய்யப்பட்டு விடுகிறது என விளக்குகிறது லக்ராஞ்சியன் கொள்கை. ஈர்ப்பு சமன்படுத்தப்பட்டு, பார்வைக்கு வெற்றுப் புலங்களாகத் தென்படும் இவை, விண்ணில் எங்குள்ளன, இவற்றின் தன்மை, விளைவு, பயன் போன்றவை இங்கு விளக்கப்படுகின்றன.

குறிப்புச் சொற்கள்

விண்வெளி - space, ஈர்ப்புவிசை சமன்படுத்தல் - Gravitational equilibrium, லக்ராஞ்சியன் புலம் - Lagrangian point.

அறிமுகம்

விண்வெளியில் லக்ராஞ்சியன் புலம் (Lagrangian Point) என்பது இருதர்ப்பு ஈர்ப்பு விசை சமன் செய்யப்பட்ட ஒரு வெற்றிடப் பரப்பு ஆகும். சார்ந்து சுழலும் இரண்டு பெரும் விண் பருப்பொருள் கோளங்களின் (Celestial physical objects) சுற்றுப் பாதையிலோ அல்லது அதற்கருகிலோ அமைந்திருக்கும் வெற்றிடமான புலங்கள் பருப்பொருள் போன்ற தன்மையுடன் செயல்படுவது நமக்கருகிலான புழக்கடை விண்வெளியில் ஒரு பெருவியப்பு எனலாம் [1].

நூயிறு-புவி போன்ற பெரும் ஈர்ப்பு விசையை விளைவிக்கும் இருகோளங்களைச் சுற்றியுள்ள ஒருசில விண்பகுதிகளில், ஒன்றன் ஈர்ப்பு விசையை மற்றொன்று சமன் செய்யுமிடங்கள் வெற்றிடப் புலங்களாய் இருந்தும் அவ்விடத்தில் பருப்பொருள் இருப்பது போன்ற (empty space behaving as physical matter) தன்மையைப் பெற்று அவ்விடத்தைச் சுற்றிலும் செல்வாக்கு செலுத்துகின்றன. சிறிய பருப்பொருள்களைக் கவர்ந்திழுக்கும் ஆற்றல்கொண்டு இயங்கும் இவ்வகை சிறப்பு விண்புலங்களைக் கணிதக் கோட்பாடுகளின் மூலம் முதலில் விளக்கியவர் ஜோசப்-லூயி லக்ராஞ்சி (Joseph Louis Lagrange; 1736-1813) எனும் விண்ணியல் அறிஞர் ஆவார் [2]. இத்தாலியில் பிறந்து, பிரான்சு நாட்டில் வாழ்ந்த கணித மேதையான லக்ராஞ்சின் பெயராலேயே இந்த விந்தையான வெற்றிடப் புலம் அழைக்கப்படுகிறது.

நோக்கம் மற்றும் செயற்பரப்பு

விண்வெளி இரகசியங்களில் நாம் பொருட்படுத்தாத, ஊடகங்களில் அதிகம் பகிரப்படாத, விண்ணில் பருப்பொருளற்ற வெற்றிடமே பருப்பொருளைப் போன்று செயல்படும் கருத்தொன்றை, இக்கட்டுரை விளக்க முயல்கிறது. கட்டுரைக்கான தரவுகள் அமெரிக்காவின் NASA, ஐரோப்பாவின் ESA, சீனாவின் CNSA, இந்தியாவின் ISRO,

பல்வேறு பல்கலைக் கழகங்களின் இணையப் பக்கங்கள், விக்சரிபீடியா போன்றவற்றிலிருந்து சேகரிக்கப்பட்டன.

விரித்துரை

ஈர்ப்பு விசையே அண்டத்தின் அடிப்படை

விண்கற்கள், துணைக்கோள்கள், கோள்கள், விண்மீன்கள், அண்டங்கள் போன்றவை ஈர்ப்பு எனும் விசையின் கட்டுப்பாட்டிற்கு உட்பட்டே விண்ணில் செயல்படுகின்றன. எங்கும் பரந்து விரிந்திருக்கும் ஈர்ப்பு விசையே சூரியக் குடும்பத்தின் அனைத்து கோள்களையும் அவற்றின் துணைக்கோள்களையும் மற்றும் பிறவற்றையும் அவையவை இருக்கும் இடத்தில் நிலைநிறுத்துவதுடன், அவற்றின் முறையான இயக்கங்களையும் வரையறுக்கிறது. இக்கருத்தின் மூலம் ஈர்ப்பு விசை பரந்த வெளியெங்கும் நீக்கமற்ற நிறைந்துள்ளது என்ற முடிவுக்கு நாம் வரக்கூடும். இருப்பினும், விண்வெளியில் ஆங்காங்கே சிற்சில குறுகிய இடங்கள், அருகிலுள்ள இரு பெருங்கோளங்களின் ஈர்ப்பு விசை விதிகளின் விளைவால் தமக்கே உரித்தான கவர்ச்சி விசையினை உருவாக்கி கொண்டு இயங்கும் மாயப் புலங்கள் உள்ளன என லக்ராஞ்சியன் கொள்கை வாதிடுகிறது [3]. பேரண்டத்தின் (பிரபஞ்சத்தின்) அடிப்படை விசையான ஈர்ப்பு விசையையே மறைத்து மாயப் புலங்களாக்கியது எது?

ஈர்ப்பு விசையும் சமன் செய்யப்படலாம்

எடுத்துக்காட்டாக, நமது சூரியக் குடும்பத்தில் ஞாயிறு-புவி எனும் இரு பருப்பொருள் கோளங்களுக்கென அமைந்த ஈர்ப்பு விசையையும் அதனால் ஏற்படும் விளைவுகளையும் காண்போம். பூமி ஒருவகை நீள்வட்டப்பாதையில் (Elliptical orbit) சூரியனைச் சுற்றி வருகிறது என்பதை அறிவோம். சூரியனின் வலிமையான ஈர்ப்பு விசைக்கு ஈடுகொடுக்கும் பூமியின் சுற்றியக்க முடுக்கு விசையே அதன் நிலையான சுற்றுப் பாதையின் பின்னணியாகும். அதேசமயத்தில், சூரியனைவிட மிகச் சிறியதாக இருப்பினும் பூமிக்குத் தன்னை நோக்கி, சூரியன் உட்பட பிறவற்றையும் கவரும் ஓர் ஈர்ப்பு விசை உள்ளது என்பதனையும், அந்த விசையின் தாக்கம் பூமியைச் சுற்றிக் கணிசமான தொலைவு வரை பரவியிருக்கிறது என்பதனையும் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும்.

இதுபோன்ற சூழ்நிலையில், ஒருபுறம் சூரியன் தனது வலிய ஈர்ப்பு விசையால் பூமியைத் தன்னை நோக்கி இழுக்க, மறுபுறம் பூமி தனது ஆற்றலுக்கு ஏற்றாற்போல் சூரியனைத் தன்னை நோக்கி ஈர்க்கும் நிலை உருவாகிறது (Mutual gravitational tug).

இவ்வாறான இருதரப்பு ஈர்ப்பு விசைகளுக்கு இடையே நடைபெறும் அமைதியான 'இழுபறிப்போட்டி'யால், ஞாயிறு-புவி போன்ற இரண்டு பருப்பொருள் கோளங்களுக்கு இடைப்பட்ட, சுற்றியுள்ள பகுதியின் ஒரு சில இடங்களில் அவை இரண்டிற்குமான ஈர்ப்பு விசையில் சமநிலை ஏற்பட்டு ஈர்ப்பற்ற நிலை (Gravity neutralized regions) உருவாகும். இதனால் விண்வெளியில் இரண்டு பருவுடல்களைச் சுற்றி ஆங்காங்கே ஈர்ப்பு விசைகூட

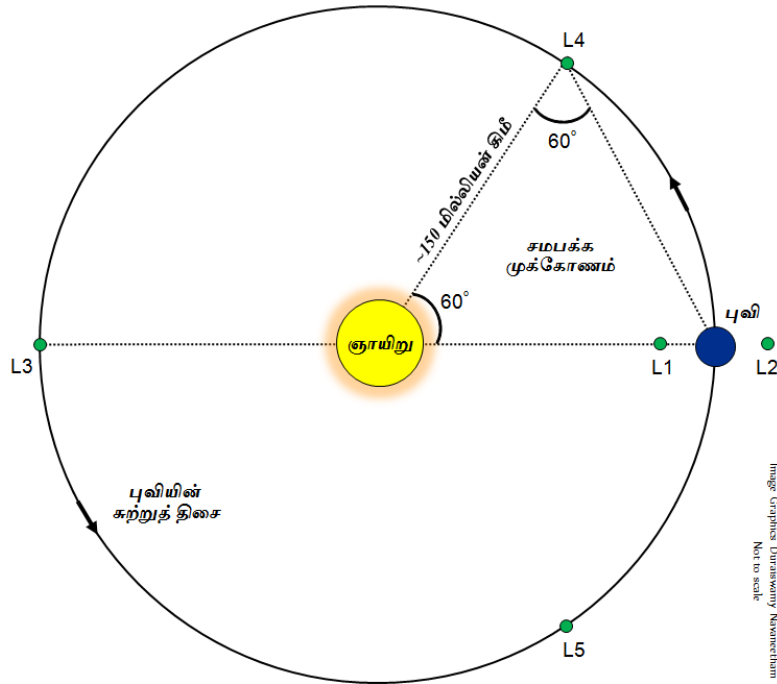


சமன் செய்யப்பட்டு விடுகிறது. அவ்வாறு பெரும் பருப்பொருட்களின் இருதரப்பு ஈர்ப்பு விசை வலுவிழந்து நிற்கும் இடமே லக்ராஞ்சியன் புலம் எனப்படுகிறது [4].

பெரும் விண் பருப்பொருள் கோளங்களுக்கான லக்ராஞ்சியன் புலத்தில் ஈர்ப்பு விசை சமன் செய்யப்பட்டிருந்தாலும், அந்த வெற்றிடப் புலமே ஒரு சிறிய பருப்பொருளைப் போன்று இயங்கி, தனக்கே உரித்தான சிறிய அளவிலான ஈர்ப்பு விசையுடன் செயல்படுவதே இப்புலத்தின் தனிச் சிறப்பாகும். இந்தச் சிறப்பின் காரணத்தால் அஸ்டிராய்டு போன்ற இயற்கையான விண்கல்லோ அல்லது செயற்கையான ஒரு விண்கலமோ லக்ராஞ்சியன் மாயப் புலத்தால் கவரப்பட்டு அதையே மையமாகக் கொண்டு சுற்றியும் வரலாம்.

லக்ராஞ்சியன் புலத்தின் வகைகளும் இருப்பிடங்களும்

ஞாயிறு-புவி மட்டுமல்லாது, விண்ணில் சில விதிகளுக்கு உட்பட்டமைந்த பிற இரு பருப்பொருள் கோளங்களிலும் லக்ராஞ்சியன் புலங்களைக் காணலாம். எடுத்துக்காட்டாக, ஞாயிறு-வியாழன், ஞாயிறு-யுரேனஸ், சனி-சனியின் நிலவுகள், புவி-நிலவு போன்றவற்றிலும், பிற இணைக்கோளங்களிலும், இவ்வகைப் புலங்கள் அமைந்துள்ளன. அவ்வாறு இணையாக எடுத்துக் கொள்ளப்பட்ட இரண்டு பருப்பொருட்களுகிடையே ஐந்து லக்ராஞ்சியன் புலங்கள் உள்ளன எனக் கண்டறியப்பட்டுள்ளது. அவை L1, L2, L3, L4 மற்றும் L5 எனும் குறியீடுகளால் அழைக்கப்படுகின்றன [4] (படம் 1.1).



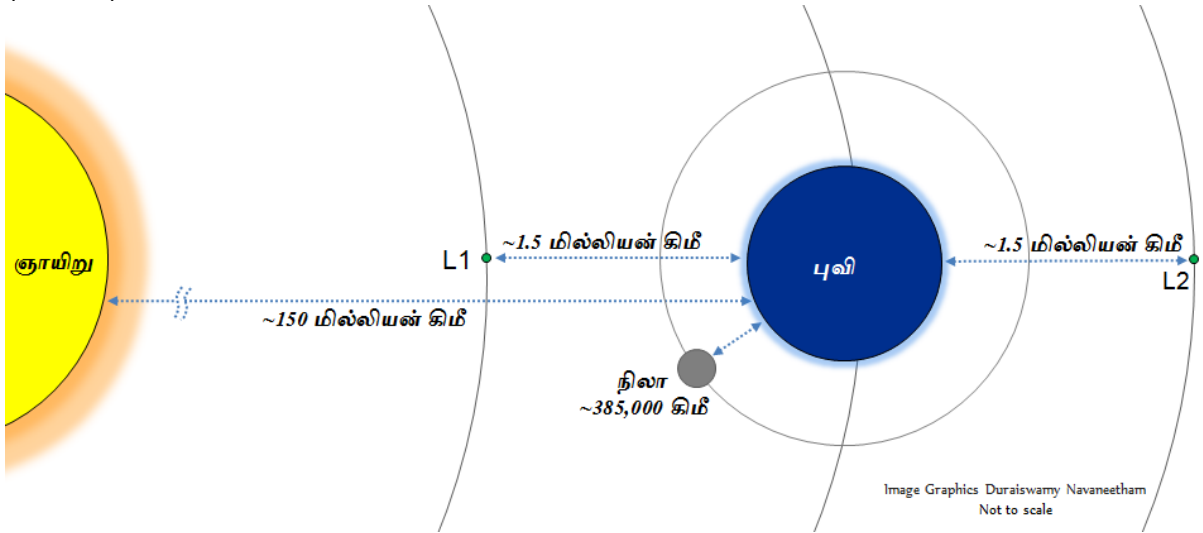
படம் 1.1. ஞாயிறு-புவி இணையின் ஐந்து லக்ராஞ்சியன் L1, L2, L3, L4 மற்றும் L5 புலங்களின் அமைவிடங்கள் பச்சை நிற வட்டங்களில் காட்டப்பட்டுள்ளன.



ஞாயிறு-புவியின் லக்ராஞ்சியன் புலங்களில் மேலும் சில நுணுக்கங்களைக் காண்போம். L1, L2, L3 ஆகிய மூன்று புலங்களும் புவி சூரியனைச் சுற்றும் பாதையின் (Orbital path) அதே சுற்றுத் தளத்தில் (Orbital plane) சூரியனிலிருந்து பூமிக்கான நேர்க்கோட்டில் அமைந்துள்ளன. இதில் L1 புலம் பூமியிலிருந்து சுற்றுத் தொலைவில் பூமிக்கும் சூரியனுக்கும் இடையிலும், L2 புலம் பூமியின் மறுபக்கத்திலும், L3 சூரியனின் மறுபக்கத்திலுமாக நேர்க்கோட்டில் அமைந்துள்ளன (படம் 1.1).

லக்ராஞ்சியன் புலங்களின் தொலைவு

ஞாயிறு-புவி இணையை எடுத்துக்கொண்டால், L1 லக்ராஞ்சியன் புலம் சூரியனுக்கும் பூமிக்குமிடையில், பூமியிலிருந்து சுமார் 1.5 மில்லியன் (1,500,000) கி.மீ. தொலைவில் உள்ளது [5]. L2 லக்ராஞ்சியன் புலம் L1க்கு நேர் எதிரில் பூமியின் மறுபக்கத்தில் சுமார் 1.5 மில்லியன் கி.மீ. தொலைவில் உள்ளது [6] (படம் 1.2). L3 புலம் சூரியனுக்கு மறுபக்கத்தில் 150 மில்லியன் கி.மீ தொலைவில் அமைந்துள்ளது (படம் 1.1). L3 புலத்தினைப்போல், L4, L5 லக்ராஞ்சியன் புலங்கள் சுமார் 150 மில்லியன் கி.மீ தொலைவில் இருப்பினும், பூமியின் சுற்றுப் பாதையிலேயே அமைந்திருப்பது ஒரு வியப்பான உண்மை (படம் 1.1).



படம் 1.2. பூமியின் இருபுறமும் நேர்கோட்டில் லக்ராஞ்சியன் புலங்கள், அவற்றின் தொலைவுகள். நிலவின் இருப்பிடம் ஒப்பீட்டுக்காகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. 1 மில்லியன் கிமீ = 1,000,000 கிமீ.

லக்ராஞ்சியன் புலங்களின் இயக்கம்

பூமி எவ்வாறு சூரியனைச் சுற்றி தனக்கே உரிய தனித்த சுற்றுப் பாதையில் பயணிக்கிறதோ, அதுபோல, L1 மற்றும் L2 லக்ராஞ்சியன் புலங்களும் சூரியனைச் சுற்றிவர பூமியின் சுற்றுப் பாதையில் பங்கெடுக்காமல் தத்தமக்கே உரிய தனித்த சுற்றுப் பாதைகளைக் கொண்டுள்ளன. எனினும் L3, சூரியனின் மறுபுறத்தில் பூமி சூரியனைச் சுற்றும்



நீள்வட்டத்திற்கான விட்டத்தின் இறுதியில், L1, L2 உடனான நேர்கோட்டில் பூமியின் பாதையை ஒட்டி அமைந்துள்ளது.

அதற்கு மாறாக, L4 மற்றும் L5 புலங்கள் பூமிக்கான சுற்றுப் பாதையில் பங்கெடுக்கின்றன. ஞாயிற்றிலிருந்து புவிக்கான கோட்டினைத் அடித்தளமாகக் (Base) கொண்டு அமைந்த சமபக்க முக்கோணம் (Equilateral triangle), பூமியின் சுற்றுப் பாதையைத் தொடுமிடத்தில், பூமிக்கு முன்னும் பின்னுமாக இந்த லக்ராஞ்சியன் புலங்கள் அமைந்துள்ளன. L4 புலம் பூமி சூரியன் சுற்றும் பாதையில், பூமிக்கு முன்னும், L5 புலம் பூமியின் பின்னும் அமைந்து அப்பாதையைப் பங்கிட்டுக்கொண்டு சூரியனை வலம் வருகின்றன (படம் 1.1).

லக்ராஞ்சியன் புலங்களின் விளைவு

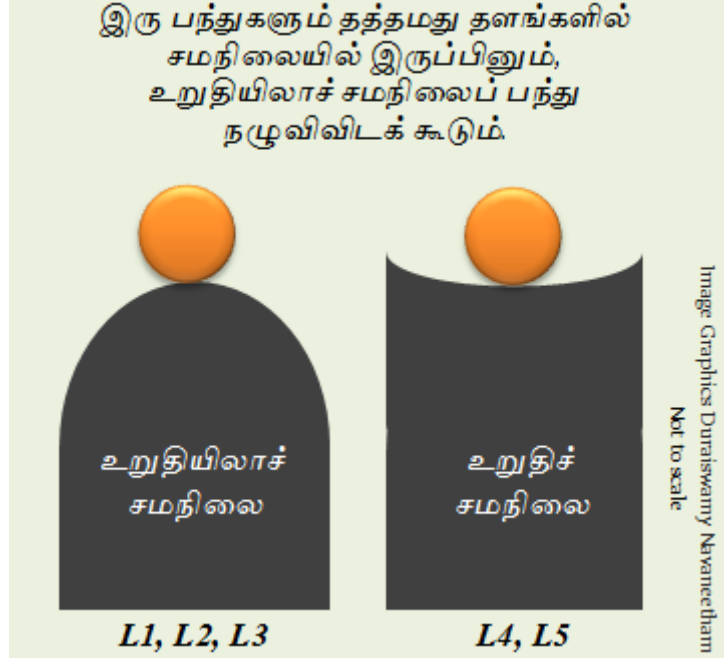
லக்ராஞ்சியன் வெற்றிடப்புலம் ஒரு மாயமான பருப்பொருளைப் போன்று செயல்படுவதே அப்புலத்தின் தனிச்சிறப்பென மேலே கண்டோம். இருபெரும் பருப்பொருட்களின் ஈர்ப்புவிசை சமன் செய்யப்பட்ட இந்த லக்ராஞ்சியன் புலங்கள், அவ்விடத்தில் தமக்கே உரிய ஒருவகை வலுவற்ற கவர்ச்சித் தன்மையை உருவாக்கிக்கொள்கின்றன. வேறு விதத்தில் கூறினால், ஈர்ப்புவிசை சமன் செய்யப்பட்ட இப்புலங்களில் பருப்பொருளே துமற்ற மாய வெற்றிடப் புலங்களாயினும், அப்புலங்களே தம்மிடத்தில் கண்களுக்கோ, கருவிகளுக்கோ புலப்படாத பருப்பொருள் இருப்பதைப் போன்ற விளைவுகளை ஏற்படுத்தி, பிற சிறிய பருப்பொருட்களை ஈர்த்து தம்மைச் சுற்றிவர வைக்க முடியும்.

லக்ராஞ்சியன் புலங்களின் இருவகை

இதன் அடிப்படையில், சிறிய பருப்பொருள்களை நிலையாகத் தக்க வைத்துக் கொள்ளும் தன்மையைப் பொறுத்து லக்ராஞ்சியன் புலங்கள் இருகூறுகளாக வகைப் படுத்தப்பட்டுள்ளன. L4, L5 இரண்டும் உறுதிச் சமநிலைப் புலங்கள் (Stable equilibrium) எனவும், L1, L2, L3 மூன்றும் உறுதியிலாச் சமநிலைப் புலங்கள் (Unstable equilibrium) எனவும் கணிக்கப்பட்டுள்ளன [3] (படம் 1.3). அதாவது, அஸ்டிராய்டுகள் எனப்படும் இயற்கையான விண்கற்கள், உறுதிச் சமநிலைப் புலங்களான L4 அல்லது L5ஐ நெருங்குமாயின், அவ்விடத்தில் விண்கற்கள் ஈர்ப்புவிசையால் 'நிலையாகப்' பிடித்து வைக்கப்பட்டு, அப்புலங்களைச் சுற்றிவரும். மாறாக, உறுதியிலாச் சமநிலைப் புலங்களான L1, L2, L3 போன்றவற்றில் விண்கற்கள் அகப்பட்டாலும் அவை நழுவிச் சென்றுவிடலாம் [3].



இங்கு அஸ்டிராய்டுகள் எனக் கூறப்படுபவை 'டிரோஜன்' (Trojan) எனப்படும் ஒருவகைச் சிறப்பு விண்கற்களாகும். இவை செய்வாய்-வியாழன் கோள்களுக்கு இடையில் மிதக்கும் முதன்மை விண்கற்களின் (Main belt asteroids) வகையைச் சேர்ந்தவை அல்ல என்பதனைக் கருத்தில் கொள்க.



படம் 1.3. லக்ராஞ்சியன் சமநிலைத் தன்மையில் வேறுபாடு. L1, L2, L3 ஆகிய மூன்றும் உறுதியிலாச் சமநிலை (Unstable equilibrium) புலங்கள். L4, L5 ஆகிய இரண்டும் உறுதிச் சமநிலைப் (Stable equilibrium) புலங்கள்.

லக்ராஞ்சியன் புலங்களின் பயன்

இயற்கையான விண்கற்கள் L1, L2 புலங்களில் நிலையாகப் 'பிடிபடா' விட்டாலும், பல நாடுகள், ஆராய்ச்சிக்கான செயற்கை ஆய்வு விண்கலங்களை அப்புலங்களில் தற்காலிகமாகப் பிடிபட வைத்து ஆய்வுகள் மேற்கொண்டுள்ளன. சூரியனை ஆய்வு செய்யப் பல நாடுகள் சேர்ந்து 1978ல் அனுப்பிய, 'ஐஎஸ்இஇ' (ISEE; International Sun-Earth Explorer) எனப்படும் விண்கலமே, இவ்வகை விண்வெளி ஆராய்ச்சிக்கான விண்கலங்களில் முதன்மையானதாகும் [8].

இந்தியாவிலிருந்து விரைவில் சூரிய ஆய்விற்காக விண்ணில் ஏவப்படவிருக்கும் 'ஆதித்யா L1' எனும் விண்கலத்தை லக்ராஞ்சியன் L1 புலத்திலேயே சில ஆண்டுகள் நிலைநிறுத்தி, சூரியனை ஆராய இந்திய விண்வெளி ஆய்வுக் கழகமான 'இஸ்ரோ' (ISRO; Indian Space Research Organization) திட்டமிட்டிருக்கிறது. இந்தியாவிலிருந்து விண்ணில் ஏவப்படும்



தகவல் தொடர்பு, தொலையுணர்வு செயற்கைக் கோள்கள் (Communication, and Remote sensing satellites), புவியை மையமாகக்கொண்டு சுற்றி வரும் வகை (Geocentric orbit). மாறாக, ஆதித்யா L1 ஆய்வு விண்கலம், ISEE விண்கலத்தைப் போன்று சூரியனை மையமாக வைத்து அதனை வலம் வரும் (Heliocentric orbit) வகையைச் சேர்ந்தது.

இவ்வளவு வியப்புக்களையும் உள்ளடக்கி, ஆரவாரமின்றி நமக்கருகிலேயே சுற்றி வரும் லக்ராஞ்சியன் மாயப்புலங்கள் விண்வெளியில் விந்தைதானே?

முடிவுரை

விண்வெளியில், இணையான இரு பருப்பொருட்களின் ஆதிக்கத்தால் ஈர்ப்புவிசை ஆங்காங்கே சமன் செய்யப்பட்டு, அவ்வாறு ஈர்ப்பு சமன் செய்யப்பட்ட புலம் பிற சிறிய பருப்பொருட்களையும் கவர்ந்திழுத்துச் சுற்றவைக்கும் ஆற்றலுள்ளவை எனக் கண்டோம். லக்ராஞ்சியன் எனப்படும் இவ்வகைப் புலங்கள் விண்ணில் எங்கெங்கே நிலைபெற்றுள்ளன, அவற்றின் கவர்ந்திழுக்கும் தன்மை, அப்புலங்களில் செயற்கை விண்கலங்களைச் செலுத்திக் கதிரவனை ஆய்வு செய்வது பற்றியும் இக்கட்டுரை ஆராய்ந்தது.

மேற்கோள்கள் மற்றும் மேல்வாசிப்பு

1. Lagrange Points: Parking Places in Space. <https://www.space.com/30302-lagrange-points.html>
2. Joseph-Louis Lagrange. https://en.wikipedia.org/wiki/Joseph-Louis_Lagrange
3. Lagrange point. https://en.wikipedia.org/wiki/Lagrange_point
4. What are Lagrange points? http://www.esa.int/Enabling_Support/Operations/What_are_Lagrange_points
5. L1, the first Lagrangian Point. http://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/L1_the_first_Lagrangian_Point
6. L2, the second Lagrangian Point. http://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Herschel/L2_the_second_Lagrangian_Point
7. What is a Lagrange Point? <https://solarsystem.nasa.gov/resources/754/what-is-a-lagrange-point/>
8. International Cometary Explorer. https://en.wikipedia.org/wiki/International_Cometary_Explorer



துரைசாமி நவநீதம் PhD

durainava@gmail.com

Foundation for Research on Rare Diseases and Disorders

C252 Kandasamy Salai

Periyar Nagar

Chennai 600 082

ஆசிரியர் குறிப்பு



சென்னைப் பல்கலையில் உயிர்வேதியியலில் முதுகலைப் பட்டமும், புது தில்லி அகில இந்திய மருத்துவ அறிவியல் கழகத்தில் (AIIMS) முனைவர் பட்டமும் பெற்றவர். மூலக்கூறு உயிரியலில் அனுபவமுள்ள இவர், ஃபிலடெல்ஃபியா டெம்பிள் பல்கலையில் துணைப் பேராசிரியராய்ப் பணியாற்றிய பின், தற்போது அரிய நோய்கள் பற்றிய ஆய்வில் ஈடுபட்டு வருகிறார். அறிவியல் கொள்கைகளை எளிமைப்படுத்தி, பொதுமக்களிடம் கொண்டு சேர்ப்பது மற்றும் தமிழ் இலக்கியம், வேளாண்மை ஆகியவற்றிலும் ஆர்வமுள்ளவர்.

