अंतरिक्ष में भारत की ऊंची उड़ान

यह वर्ष भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान एवं अन्वेषण के लिए उल्लेखनीय रहा है। इसरो ने काफी पहले ही सेंटर, इनर्शियल नेविगेशन गाइडेंस और कन्ट्रोल प्रणालियों की आधुनिकतम टेक्नोलॉजी विकसित कर ली थी। मून ऑर्बिटर मिशन, आदित्य एल-1 और चन्द्रयान-3 जैसे अत्यंत महत्वपूर्ण मिशनों की सफलता का क्षेत्र इस अनूठी क्षमता को भी दिया जा सकता है।

सुधीर कुमार एन

क्षमता निर्माण और लोक संपर्क निदेशक, भारत सरकार के अंतरिक्ष विभाग के अंतर्गत भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो)। ईमेल: sudheer@isro.gov.in

1960 के दशक के मध्य के उस दौर में जब विश्वभर की अंतरिक्ष एजेंसियां अंतरिक्ष दौड़ में लगी थीं, भारत के अंतरिक्ष कार्यक्रम का विकास वैज्ञानिक अनुसंधान और प्रयोगों पर केन्द्रित था। तभी से कार्यक्रम का विस्तार सामाजिक लाभ प्राप्त करने और आत्मनिर्भर बनने के उद्देश्य से हो रहा है। भारतीय वैज्ञानिकों ने इन-हाउस और भारी संसाधनों का व्यापक उपयोग करके अनेक महत्वपूर्ण प्रौद्योगिकियां, सामग्रियां और औद्योगिक प्रक्रियाएं विकसित की हैं। विगत 50 वर्षों में प्रक्षेपण यानों और उपग्रहों के डिजाइन विकसित करके उनका निर्माण करने में आत्मनिर्भरता प्राप्त कर ली है। प्रक्षेपण यान एवियोनिक्स (वैमानिकी) और उपग्रहों से संबंधित इलेक्ट्रॉनिक्स हमेशा ही बड़ी चुनौती रही है, क्योंकि इसमें आयात और रूपांतरण की कठिनाई बराबर बनी रहीं। इसरो ने इन अड़चनों को पार कर लिया और अब उप-प्रणालियों के निर्माण, असेम्बली तथा जांच-परख की आवश्यक टेक्नोलॉजी एवं बुनियादी सुविधाएं स्वयं विकसित कर रहा है। इस प्रकार इसरो विश्व की उन पांच प्रमुख अंतरिक्ष एजेंसियों में शामिल हो गया, जिनके पास पृथ्वी के अध्ययन, संचार, नेविगेशन और ग्रह संबंधी खोजों की पूर्ण क्षमता है।

इसरो ने अपने किस्म की अनूठी अंतरिक्ष परिवहन प्रणाली विकसित कर ली है। वह अपने चार सक्रिय प्रक्षेपण यानों की सहायता से पृथ्वी की निचली, मझौली और ऊंची कक्षा में 500 किलोग्राम से 8000 किलोग्राम तक के पेलोड अंतरिक्ष में पहुंचा सकता है। इसरो की असली ताकत है पीएसएलवी (ध्रुवीय अंतरिक्ष प्रक्षेपण यान) जो 2टी श्रेणी के पेलोड अंतरिक्ष में प्रक्षेपित करने में दुनियाभर के कमर्शियल उपभोक्ताओं को इसका अत्यधिक भरोसेमंद और किफ़ायती समाधान उपलब्ध कराता है। इसका टर्न-अराउंड टाइम यानी परिवर्तन-समय बहुत सही है और उपभोक्ता की ज़रूरत के मुताबिक कई प्रकार से सेटअप किया जा सकता है। पीएसएलवी को इसकी खूबियों की वजह से ही जबरदस्त लोकप्रियता मिली है, यह रॉकेट एक ही उड़ान में अनेक उपग्रह छोड़ सकता है। इसकी ऊपरी स्टेज वाले लिक्विड इंजन शुरू और बंद किए जा सकते हैं, यह विभिन्न भू-स्थिर कक्षाओं में कक्षाएं इंजेक्ट कर सकता है और पीएस4 कक्षा प्लेटफॉर्म पर अनुसंधान किए जा सकते हैं।

भारत में विकसित और निर्मित प्रक्षेपण यान एलवीएम3 में स्वयं को आवश्यकतानुसार एडजेस्ट करने की अद्भुत क्षमता है और इसने चन्द्रयान तथा वनवेब कमर्शियल वाहनों के प्रक्षेपण जैसे जटिल मिशनों में अभूतपूर्ण सफलता प्राप्त की है। यह अपनी परीक्षण उड़ान के समय से ही अपने वर्ग का सर्वाधिक विश्वसनीय वाहन है। विश्वभर के कमर्शियल बाजारों में इसकी बहुत शानदार साख है और चार टन क्षमता वाले एलईओ तथा 6 टन क्षमता वाले जीईओ पेलोड्स के प्रक्षेपण के मामले में यह बहुत कामयाब है।

छोटे उपग्रह प्रक्षेपण यान बाजार की ज़रूरतें पूरी करने के उद्देश्य से इसरो ने लघु उपग्रह प्रक्षेपण यान (एसएसएलवी) रिकॉर्ड समय में विकसित किया है और भारतीय उद्योग को इसरो की ओर से मांग आधारित समाधान उपलब्ध कराने की दिशा में बहुत ही उपयोगी भेंट है।

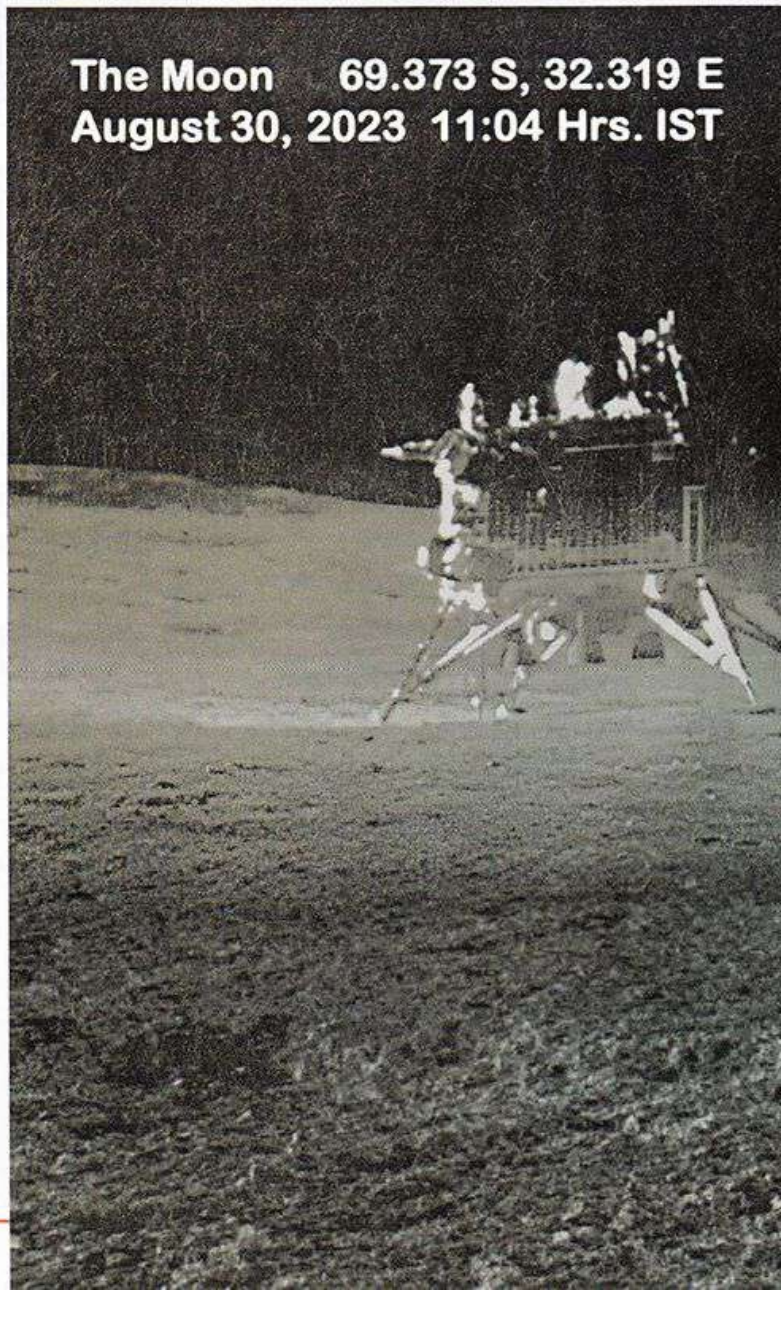
इसरो ने काफी पहले ही सेंसर, इनर्शियल नेविगेशन गाइडेंस और कंट्रोल प्रणालियों की आधुनिकतम टेक्नोलॉजी विकसित कर ली थी। मून आर्बिटर मिशन और चन्द्रयान-3 जैसे अत्यंत महत्वपूर्ण मिशनों की सफलता का श्रेय इस अनूठी क्षमता को भी दिया जा सकता है। इन-हाउस ऑप्टिक्स और ऑप्टो इलेक्ट्रॉनिक्स विशेषज्ञता होने पर ही पृथ्वी के अध्ययन और ग्रह संबंधी खोज में इस्तेमाल होने वाले विशेष पेलोड्स की व्यापक रेंज विकसित करने में सफलता मिल पाई है।

उपग्रहों और उनके सम्बद्ध पेलोड के अनुसंधान और डिजाइन तैयार करने के लिए इसरो के समर्पित समूह हैं। एंटीना, रिफलेक्टर और रेडियो फ्रीक्वेंसी प्रणालियों सहित विभिन्न उपग्रह प्रणालियों को लगातार सुधार करके आधुनिकतम बनाया जाता है, ताकि तकनीकी प्रगति की दृष्टि से वह वैश्विक मानकों के स्तर तक रहे और हो सके तो उससे भी ऊपर रहे।

देश में पूर्वी और दक्षिणी दोनों मार्गों पर प्रक्षेपण के लिए इसरो की अपनी ग्राउंड, (जमीन) प्रणालियां हैं। मास्टर कंट्रोल सुविधा तथा ट्रेकिंग और टेलीमीट्री सुविधा से सभी ईओ, संचार, नेविगेशन और वैज्ञानिक उपग्रहों पर चौबीसों घंटे निगाह रखी जाती है। इसरो अब अंतरिक्ष पारिस्थितिक जागरुकता (स्पेस सिचुएशनल अवेयरनेस) जैसी नये क्षेत्र में प्रवेश करने जा रहा है, जिसमें उपग्रह, कचरे और अन्य आकाशीय पिंडों जैसी अंतरिक्ष वस्तुओं के व्यवहार और स्थिति सहित अंतरिक्ष के वातावरण की व्यापक समझ और जानकारी मिल सकेगी। इसरो इन प्रक्रियाओं को पूरा करने की बुनियादी सुविधाएं जुटाने की योजना बना रहा है।

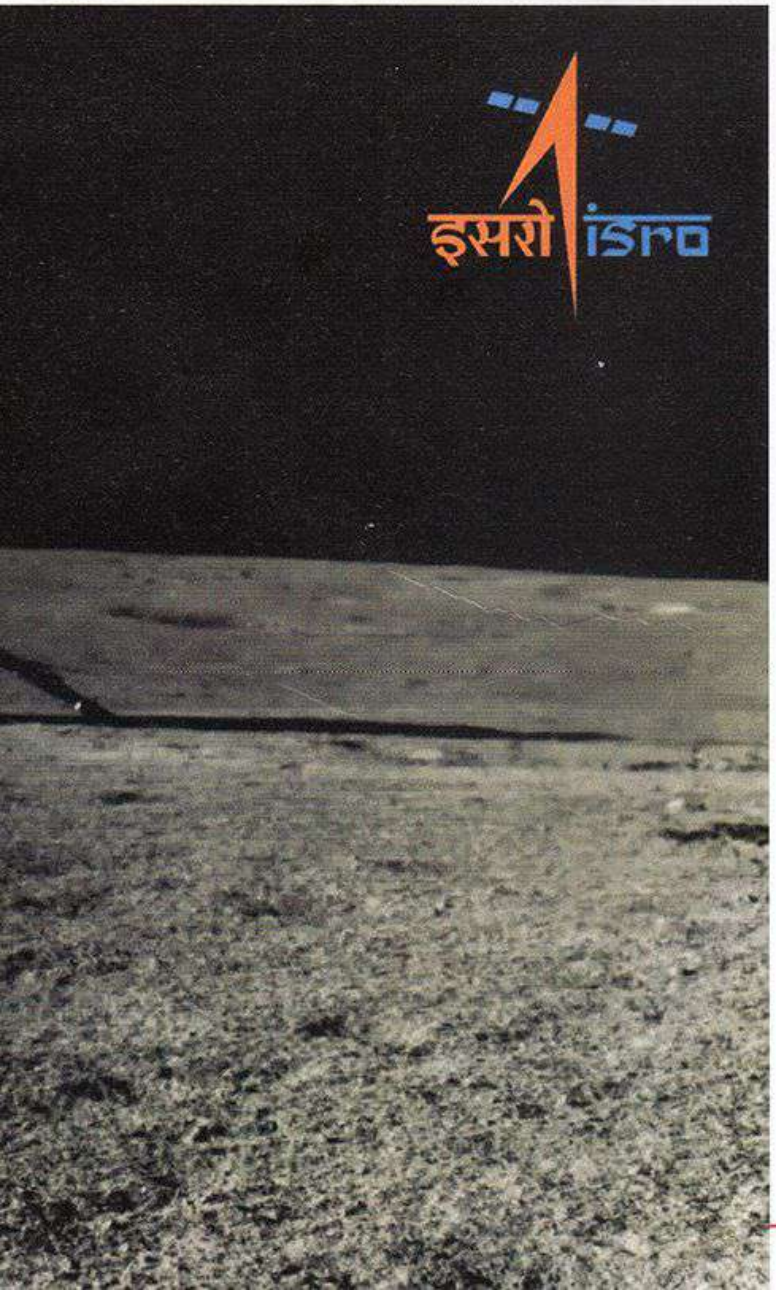
इसरो ने हाल के वर्षों में अपने आधारभूत ढांचे (इंफ्रास्ट्रक्चर) का बड़ा विस्तार करके अनेकानेक महत्वपूर्ण अंतरिक्ष मिशन और प्रौद्योगिकी से जुड़े विकास में अहम सफलता प्राप्त की है। इनमें से कुछ प्रमुख सुविधाएं हैं :

ट्रायसोनिक विंड टनल, हाई-एल्टिच्यूड टेस्ट फेसिलिटीज, सेमी-क्रायो टेस्टिंग और इंटिग्रेशन फेसिलिटीज़, गगनयान सुविधाएं



और कुछ वक्त के अंतराल पर प्रक्षेपण यान एक साथ प्रक्षेपित करने की क्षमता। भारत के दक्षिणी छोर पर एक नए प्रक्षेपण पैड का निर्माण किया जा रहा है, जिससे निजी तौर पर विकसित प्रक्षेपण यान को पृथ्वी की निचली कक्षाओं में पहुंचाने की सतत् सुविधा कमर्शियल उद्योगों को प्राप्त होती रहेगी।

राष्ट्रीय स्तर पर जीआईएस एप्लिकेशंस में ईओ डेटा प्रयोग करने के उद्देश्य से 1980 के दशक के शुरुआती दौर में एनएनआरएमएस की आधारशिला रखी गई थी जिसमें लगभग सभी मंत्रालयों और विभागों का सहयोग लिया गया था। इसे ध्यान में रखते हुए ही इसरो ने आईआरएस कार्यक्रम तैयार किया जिसमें पहली पीढ़ी के उपग्रह शामिल थे। अनेक विशिष्ट क्षेत्रों में प्रगति भी हुई है जैसा कि कार्टोसेट, आरआईएसएटी (रडार इमेजिंग सेटेलाइट्स), रिसोर्ससेट, ओशियनसेट और कई अन्य उपग्रहों के प्रक्षेपण से स्पष्ट पता चलता है। ये उपग्रह विभिन्न उपभोक्ताओं को हाई रेज़ोल्यूशन डेटा उपलब्ध कराते हैं। इसरो निरंतर कवरेज करने की दृष्टि से बड़ी संख्या में ईओ उपग्रह बनाए रखता है। ईओ डेटा के व्यापक प्रयोग से मनरेगा, प्रधानमंत्री ग्राम सड़क योजना, प्रधानमंत्री कृषि सिंचाई योजना, अमृत योजना, प्रधानमंत्री फसल बीमा योजना, स्वामित्व और यूआईडीआईए जैसी विभिन्न योजनाओं को ईओ डाटा से बहुत फायदा पहुंचा है।



उपग्रह क्षमता की जबरदस्त मांग पूरी करने के वास्ते इसरो के पास हाई-थ्रूपुट वाले और परंपरागत संचार उपग्रहों का बहुत बड़ा बेड़ा है।

अपने संचालित नाम 'नाविक' से जानी जाने वाली भारतीय क्षेत्रीय नेविगेशन उपग्रह प्रणाली (आईआरएनएसएस) भारतीय तारामंडल के नेविगेशन की भूमिका निभाती है। यह प्रणाली भारत की मुख्य भूमि से लगभग 1500 किलोमीटर के घेरे में भारत और इस क्षेत्र के लिए एकदम ठीक सही-समय वाली पोजिशनिंग और टाइमिंग (स्थिति और समय का आकलन) सेवाएं उपलब्ध कराती है। नाविक से मिलने वाली विभिन्न सेवाओं में यान ट्रेकिंग और फ्लीट प्रबंधन, मोबाइल फोनों में उपलब्ध लोकेशन आधारित सेवाएं, यात्रियों के लिए पृथ्वी संबंधी नेविगेशन सहायता, समय विभाजन, आपदा प्रबंधन और अन्य कई सेवाएं शामिल हैं। हमारे विशेष उपभोक्ताओं को दी जाने वाली सेवाएं भी इस प्रणाली से मिलती हैं। आईआरएनएसएस के तीन घटक हैं : अंतरिक्ष, जमीन और उपभोक्ता। अंतरिक्ष घटक में जीईओ और जीएसओ सतहों (प्लेन्स) में सात उपग्रहों के समूह की आधार परत होती है। इस उपग्रह-समूह में अभी हाल में एनवीएस-01 उपग्रह जोड़ा गया है, जो दूसरी पीढ़ी की उपग्रह शृंखला का पहला उपग्रह है। एनवीएस-01 मानक 1-2 के बस स्ट्रक्चर पर आधारित है और इसका भार 2,200 किलोग्राम से ज्यादा है। इस एनवीएस-01 उपग्रह में एल-1, एल-5 और एस फ्रीक्वेंसी बैंड्स में काम करने वाले नेविगेशन पेलोड हैं। पहली पीढ़ी की उपग्रहशृंखला के मुकाबले दूसरी पीढ़ी की उपग्रहशृंखला में एल-1 नेविगेशन बैंड शामिल है और इसमें देश में ही विकसित रुबिडियम परमाणु घड़ी भी है। एल-1 नेविगेशन बैंड की मदद से पोजिशनिंग, असैनिक (आम आदमी) उपभोक्ताओं के लिए नेविगेशन और टाइमिंग सेवाओं में बड़ा सुधार आता है तथा अंतर-ध्रुवीय और अन्य जीएनएसएस सेवाएं भी उपलब्ध हो जाती हैं। अहमदाबाद के स्पेस एप्लिकेशन सेंटर द्वारा डिजाइन की गई और देश में ही विकसित यह अंतरिक्ष रुबिडियम परमाणु घड़ी बहुत महत्वपूर्ण टेक्नोलॉजी का उदाहरण है जो केवल कुछेक देशों के पास ही है। उपग्रह दो सौर चक्रसमूहों से ऊर्जा प्राप्त करता है और 2.4 किलोवाट तक की बिजली का उत्पादन करता है। एनवीएस-01 उपग्रह लगभग 12 वर्ष की मिशन अवधि के लिए डिजाइन किया गया है।

भारत की पहली अंतरिक्ष वेधशाला एस्ट्रोसैट 28 सितंबर, 2015 को लॉन्च की गई थी, 1515 किलोग्राम भार की यह वेधशाला श्रीहरिकोटा के सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र से पीएसएलवी-सी30 (एक्सल) रॉकेट द्वारा अंतरिक्ष में भेजी गई

थी। 54 देशों के करीब 2000 लोगों ने सितंबर 2022 में एस्ट्रोसेट डेटा इस्तेमाल करने के समझौते पर हस्ताक्षर किए हैं। एस्ट्रोसेट डेटा की मदद से 275 से अधिक शैक्षिक पत्रिकाएं और 500 से अधिक जीएसएन सर्कुलर, एस्ट्रोनोमर्स टेलीग्राम और सम्मेलन से जुड़ी सामग्री प्रकाशित की जा चुकी हैं।

5 नवम्बर, 2013 को मंगल ग्रह के लिए मार्स ऑर्बिटर मिशन भेजा गया था। ग्रहों के बीच 300 दिन का सफ़र पूरा करने के बाद 24 सितंबर, 2014 को मंगल की कक्षा में स्थापित कर दिया गया था। 8 वर्ष के जीवनकाल वाले इस मिशन में कुल पांच वैज्ञानिक पेलोड भेजे गए थे, जिनसे हमें मंगल ग्रह के वातावरण (वायुमंडल), बाहरी वातावरण (एक्सोस्फीयर) और उसकी सतह की खूबियां तथा अन्य बातें जानने में बहुत मदद मिली। अप्रैल, 2022 में मंगल ग्रह की कक्षा में करीब आठ वर्ष बिताने के बाद लम्बी अवधि के ग्रहण के कारण, मंगल और सौर कोरोना पर अनेक वैज्ञानिक लक्ष्य पूरे करने के बाद इस मिशन का पृथ्वी से संपर्क समाप्त हो गया।

7,200 से ज़्यादा उपभोक्ताओं ने एमओएम डेटा तक पहुंच पाने के लिए आईएसएसडीसी पोर्टल पर पंजीकरण कराया था और इन उपभोक्ताओं ने 2700 से ज़्यादा वैज्ञानिक डेटा डाउनलोड किए हैं। 50 से अधिक देशों में ऐसे लगभग 400 पंजीकृत उपभोक्ता हैं।

भारत का पहला अंतरिक्ष यान 'चन्द्रयान-1' 22 जुलाई, 2008 को छोड़ा गया था और उसने 100 किलोमीटर की दूरी वाली कक्षा में चंद्रमा की परिक्रमा की। इसमें ग्यारह हाईटेक उपकरण लगे थे। हमारी टेक्नोलॉजिकल क्षमता का यह शानदार कारनामा था और इसने चंद्रमा के अध्ययन के भारत के प्रयासों को हमेशा के लिए नया मोड़ दे दिया। चन्द्रयान-1 के परिक्रमा कर रहे अंतरिक्ष यान ने चंद्रमा के प्रभाव के अध्ययन की प्रक्रिया आरंभ की जिसे चंद्रमा की एल्टिट्यूडिनल कंपोजिशनल एक्सप्लोरर नाम दिया गया अर्थात् इसका उद्देश्य चंद्रमा की सतह की संरचना और ऊंचाई का अध्ययन करना था। 'मैन इन द मून' यानी चंद्रमा पर मानव के तहत पहली बार कोई कृत्रिम वस्तु चंद्रमा के दक्षिण ध्रुव पर पहुंचाई गई थी। इसी के साथ भारत का चंद्र अभियान विविधत शुरू हुआ था।

22 जुलाई, 2019 को भारत ने सफलतापूर्वक अपना फॉलोअप मिशन चंद्रयान-2 लांच किया था। इस मिशन में एक ऑर्बिटर-(लैंडर) और एक रोवर भेजा गया था। असफल सॉफ्ट लैंडिंग के बावजूद आर्बिटर अभी तक सक्रिय है और डेटा भेज रहा है। ऑर्बिटर पर अपनी किस्म के पहले कई उपकरण लगे हैं, जिनमें चंद्रमा पर पहली बार सक्रिय हुआ एल-बैंड एसएआर, 12.5 किलोमीटर के दायरे में बुनियादी नक्शे तैयार करने की क्षमता वाला एक्स-रे स्पेक्ट्रोमीटर और नोबल गैसों की वैश्विक एक्सोस्फीयरिक डायनामिक्स के अध्ययन के लिए एक विशेष उपकरण शामिल है। यह अध्ययन पांच वर्ष से बराबर चल रहा है।

चन्द्रयान-3 मिशन का उद्देश्य यह सिद्ध करना था कि भारत चंद्रमा पर सॉफ्टलैंडिग और रोविंग करने की क्षमताएं रखता है। चंद्रमा के लिए यह मिशन 14 जुलाई, 2023 को भेजा गया था और इसने 23 अप्रैल, 2023 को चंद्रमा के दक्षिण ध्रुव पर सफल सॉफ्ट लैंडिंग की। वहां उतरने के बाद वैज्ञानिक पेलोड चंद्रमा के 14 दिनों तक वहां रहा और आसपास के वातावरण तथा स्थितियों का अध्ययन किया। प्रारंभिक चरण-एसटीई परीक्षण से चंद्रमा की सतह की 10 सेंटीमीटर तक की गहराई वाली परत की संरचना और उसके व्यवहार की जानकारी मिली। एलआईवीएस से चंद्रमा की सतह पर सल्फर (गंधक) मौजूद होने का पता चला। फिर, आईएलएसए ने रोवर की गतिविधियों से होने वाले कंपन रिकॉर्ड किए जबकि रंभा-एलपी ने सतह के नज़दीक मौजूद प्लाज्मा की मात्रा को मापा। इस मिशन के लक्ष्य सफलतापूर्वक पूरे किए जा चुके हैं।

आदित्य एल-1 मिशन पूरी तरह सौर विज्ञान पर केंद्रित भारत का पहला मिशन है। पृथ्वी से लगभग 15 लाख किलोमीटर की दूरी पर पहुंचने पर यह अंतरिक्ष यान सूर्य-पृथ्वी प्रणाली में लैगरेंज प्वाइंट एल-1 के प्रभामंडल में प्रवेश करेगा। यह उपग्रह इस प्रभामंडल में प्रवेश करके सुनिश्चित करेगा कि ग्रहण जैसी प्रक्रियाओं का सूर्य के अध्ययन के उसके लक्ष्य पर कोई प्रभाव नहीं पड़ेगा। साथ ही, यह अंतरिक्ष के मौसम या परिस्थितियों पर सौर (सूर्य की) गतिविधियों का प्रभाव समझने की संभावना भी खोजेगा। सूर्य के फोटोस्फियर, क्रोमोस्फियर और कोरोना की खोजबीन तथा अध्ययन करने के उद्देश्य से इस अंतरिक्ष याना में बाहर की तरफ सात यंत्र लगे हैं, जो इलेक्ट्रोमैग्नेटिक फील्ड, सौर कणों और उसके चुंबकीय क्षेत्रों का अध्ययन करेंगे। लैगरेंज़ प्वाइंट की विशेष उपयुक्त स्थिति से चार पेलोड सूर्य का सीधे अध्ययन करेंगे और शेष तीन पेलोड सौर कणों और सौर क्षेत्रों का वहीं से अनुसंधान करेंगे जिससे सौर गतिशीलता के अंतर-ग्रह माध्यमों पर पड़ने वाले प्रभावों का वैज्ञानिक अध्ययन हो पाएगा।

इसरो ने वैज्ञानिक अनुसंधान का एक्सपोसेट मिशन और नासा-इसरो सिंथेटिक अपरेंट टेम्प्रेचर राडार (एनआईएसएआर) पहल शुरू कर दी है जिसके अंतर्गत दोनों संगठन मिलकर कार्य करेंगे। इस समय इसरो मैन ऑन द मून और गगनयान सहित चंद्रमा के मिशनों की शृंखला पर तेज़ी से कार्य कर रहा है जिसका वास्तविक परिणाम भारत अंतरिक्ष स्टेशन का निर्माण होगा। अपेक्षाकृत कम समय में ही लक्ष्यों की प्राप्ति की दृष्टि से आवश्यक टेक्नोलॉजी और हैवी लिफ्ट लांच (भारी प्रक्षेपण) वाहनों की योजना तैयार करने की प्रक्रिया चल रही है। ❑