



इसरो की अंतरिक्ष में लम्बी छलांग: चंद्रयान अभियान

सत्य पाल सिंह

भौतिकी एवं पदार्थ विज्ञान विभाग, मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय, गोरखपुर, उत्तर प्रदेश, भारत -२७३०१०

लेखक से संवाद के लिए ईमेल: singh.satyapal.pmsd@gmail.com; singh.satyapal@hotmail.com

आलेख प्राप्त: २१ अगस्त २०२६, अंतिम संशोधन: २३ सितम्बर २०२६, स्वीकृत: २३ सितम्बर २०२६

प्रथम ऑनलाइन प्रकाशित: २३ सितम्बर २०२६

सारांश

चंद्रयान-2 एवं चंद्रयान -3 मिशन इसरो भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (ISRO) के पहले मिशन की तुलना में बहुत ही जटिल मिशन थे। इसे एक बड़ी तकनीकी छलांग माना जा सकता है। 22 जुलाई, 2019 को चंद्रयान-2 को लॉन्च किये जाने के उद्देश्य एक ही मिशन में चंद्रमा के केवल एक हिस्से का नहीं, बल्कि एक्सोस्फीयर, सतह और सतह के नीचे के सभी हिस्सों का अध्ययन करना था। लूनर ऑर्बिटर को पहले ही उसकी निर्धारित कक्षा में स्थापित कर इसके साथ जाने वाले आठ अत्याधुनिक वैज्ञानिक उपकरणों का उपयोग करके चंद्रमा के विकास और ध्रुवीय क्षेत्रों में खनिजों और पानी के अणुओं की मैपिंग के बारे में हमारी समझ में वृद्धि करना था। इसमें लगा ऑर्बिटर कैमरा अब तक के किसी भी चंद्र मिशन में सर्वाधिक रिजॉल्यूशन (0.3 मीटर) वाला कैमरा था। सटीक लॉन्च और मिशन मैनेजमेंट के कारणों से लूनर ऑर्बिटर एक साल के बजाय लगभग 7 साल तक कार्य करता रहा है। मिशन के हर चरण के लिए सफलता के मानदंड के अनुसार इस मिशन के 90 से 95% लक्ष्य पूरे हो चुके हैं। यद्यपि चंद्रयान -2 आंशिक रूप से असफल रहा, क्योंकि विक्रम लैंडर को ले जाने वाले प्रोपल्शन मॉड्यूल से चंद्रमा की सतह से लगभग 2.1 किलोमीटर ऊपर इसरो से उसका संपर्क टूट गया था और विक्रम लैंडर की हार्ड लैंडिंग हुई थी। लेकिन वर्ष 2019 में भारत ने अंतरिक्ष में बड़ी छलांग लगा दी। इसी वर्ष मानव के चंद्रमा पर कदम रखने के 50 वर्ष भी पूरे हुए थे। इस आलेख में पूर्व के चंद्र मिशनों के बारे में जानकारी देते हुए मानव की इस 50 वर्ष की यात्रा का भी उल्लेख किया गया है। चंद्रयान-3 का प्रक्षेपण चंद्रयान-2 के अपग्रेडेड सॉफ्टवेयर एवं हार्डवेयर के साथ LLM-III M4 द्वारा प्रक्षेपण यान द्वारा किया गया। इसे पृथ्वी की अतिदीर्घाकार कक्षा 170x36500 किलोमीटर में स्थापित किया गया। चूंकि चंद्रयान-3, चंद्रयान-2 की पुनरावृत्ति हेतु किया गया अतः चंद्रयान -3 मिशन की कुल लागत ₹ 615 करोड़ ही बैठी जबकि चंद्रयान-2 की कुल लागत ₹ 978 करोड़ थी। चंद्रयान-3 के प्रमुख उद्देश्य चंद्रमा के दक्षिणी ध्रुव पर विक्रम लैंडर और प्रज्ञान रोवर को उतारना और चंद्रमा की सतह पर वैज्ञानिक परीक्षण करना था। चंद्रयान-3 में आर्बिटर माड्यूल का प्रयोग नहीं किया गया और चंद्रयान-2 के ही सक्रिय आर्बिटर माड्यूल के सहारे ही पूरे अभियान को अंजाम दिया गया। जहाँ पहले विक्रम लैंडर 2m/sec की गति से चंद्रमा की सतह पर उतरने में सक्षम था, उसकी सीमा को बढ़ा कर 3m/sec कर दिया गया। लैंडर के साथ अधिक ईंधन भेजा गया। चंद्रयान-2 के लैंडर के मध्य में लगे ईजन को बेहतर कार्यक्षमता के लिए हटा दिया गया। चंद्रयान-3 में लगे सोलर पैनल का क्षेत्रफल बढ़ा दिया गया जिससे विक्रम-लैंडर को अधिक शक्ति प्राप्त हो सके। प्रज्ञान रोवर में लगी बैटरी की क्षमता को भी बढ़ा दिया गया। इस आलेख में विश्व के कई देशों यथा अमेरिका, रूस, यूरोप, चीन, एवं जापान इत्यादि के सफल एवं असफल चंद्र-अभियानों का अध्ययन कर संक्षिप्त विवरण प्रस्तुत किया गया है।

सूचक शब्द : अपोलो मिशन, लूना मिशन, विक्रम लैंडर, प्रज्ञान रोवर, दक्षिणी ध्रुव, चांग मिशन

विभिन्न देशों के चंद्रयान मिशनों के वर्षवार विवरण हेतु देखें परिशिष्ट संख्या-०१

[https://e-vigyanam.muktagyanam.com/1/\\$\\$Scall\\$\\$/api/file-api/download-file?submissionFileId=503&submissionId=76&stageId=5](https://e-vigyanam.muktagyanam.com/1/$$Scall$$/api/file-api/download-file?submissionFileId=503&submissionId=76&stageId=5)



ISRO's Giant Leap into Space: The Chandrayaan Mission

Satya Pal Singh

Department of Physics and Material Science, Madan Mohan Malaviya University of Technology, Gorakhpur,
(U.P.), India-273010

Corresponding Author Email: singh.satyapal.pmsd@gmail.com; singh.satyapal@hotmail.com

Submitted On: 21 August 2026; Final Revision: 23 September 2026, Accepted On: 23 September 2026

Published Online First: 23 September 2026

ABSTRACT

The Chandrayaan-2 and Chandrayaan-3 missions were much more complex missions compared to ISRO's earlier missions. They can be considered a major technological leap. Chandrayaan-2 was launched on 22 July 2019. The objective of the launch was to study, in a single mission, not just one part of the Moon but the entire exosphere, surface, and subsurface regions. The Lunar Orbiter was first placed in its designated orbit, and the eight advanced scientific instruments carried on board were to be used to enhance our understanding of the evolution of the Moon and to map minerals and water molecules in the polar regions. The Orbiter Camera had the highest resolution (0.3 metres) of any camera used in a lunar mission up to that time. Due to the precision of the launch and mission management, the Lunar Orbiter continued to function for nearly seven years instead of one year. According to the success criteria for each phase of the mission, 90–95% of the objectives of the mission had been achieved. Although Chandrayaan-2 was partially unsuccessful because communication with ISRO was lost from the propulsion module carrying the Vikram Lander when it was approximately 2.1 kilometres above the lunar surface, resulting in a hard landing of the Vikram Lander. However, in 2019, India made a major leap in space exploration. The same year also marked 50 years since humans first set foot on the Moon. This article also mentions this 50-year journey of humankind while providing information about earlier lunar missions. Chandrayaan-3 was launched by the LVM-3 M4 launch vehicle with upgraded software and hardware based on Chandrayaan-2. It was placed in a highly elliptical Earth orbit of $170 \times 36,500$ kilometres. Since Chandrayaan-3 was undertaken as a follow-up to Chandrayaan-2, the total cost of the Chandrayaan-3 mission was ₹615 crore, whereas the total cost of Chandrayaan-2 was ₹978 crore. The major objectives of Chandrayaan-3 were to land the Vikram Lander and Pragyan Rover at the Moon's south pole and to conduct scientific experiments on the lunar surface. No separate orbiter module was used in Chandrayaan-3; instead, the active Orbiter Module of Chandrayaan-2 was used to support the entire mission. Whereas the earlier Vikram Lander was capable of landing on the lunar surface at a velocity of 2 m/s, this limit was increased to 3 m/s. More fuel was provided with the lander. The centrally mounted engine in the Chandrayaan-2 lander was removed to improve operational efficiency. The area of the solar panels installed on Chandrayaan-3 was increased so that the Vikram Lander could receive more power. The battery capacity of the Pragyan Rover was also increased. This article also studies the successful and unsuccessful lunar missions of several countries, including the United States, Russia, Europe, China, and Japan, and presents a brief description of these missions.

Keyword: Apollo Mission, Luna Mission, Vikram Lander, Pragyan Rover, South Pole chang mission

For more details of annual efforts of moon missions by different countries, please read Annexure-1

[https://e-vigyanam.muktagyanam.com/1/\\$\\$call\\$\\$\\$api/file/file-api/download-file?submissionFileId=503&submissionId=76&stageId=5](https://e-vigyanam.muktagyanam.com/1/$$call$$$api/file/file-api/download-file?submissionFileId=503&submissionId=76&stageId=5)

लेखक परिचय

प्रोफेसर डॉ. सत्य पाल सिंह

प्रोफेसर डॉ. सत्य पाल सिंह वर्तमान में भौतिकी एवं पदार्थ विज्ञान विभाग मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय में आचार्य पद पर कार्यरत हैं। उन्होंने जुलाई 2009 में तत्कालीन मदन मोहन मालवीय इंजीनियरिंग कॉलेज के प्रयुक्त विज्ञान विभाग में सहायक आचार्य भौतिकी पद पर कार्य करना प्रारम्भ किया। उसके पूर्व डॉ. सिंह आई० आई० टी० कानपुर में विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी मंत्रालय, भारत सरकार द्वारा प्रायोजित महत्वाकांक्षी शोध परियोजना में 22 माह तक बतौर परियोजना वैज्ञानिक के रूप में शोध कार्य किया। गोरखपुर जिले के बाँसगांव में जन्मे डॉ. सिंह ने B.Sc. एवं M.Sc. की डिग्री क्रमशः दीनदयाल उपाध्याय गोरखपुर विश्वविद्यालय गोरखपुर एवं जामिया मिलिया इस्लामिया केन्द्रीय विश्वविद्यालय, नई दिल्ली से प्राप्त की। वर्ष 1999 में एम० एस० सी० भौतिकी में प्रथम स्थान प्राप्त कर ससम्मान अंकों के साथ उपाधि प्राप्त की। तदोपरान्त पी०एच०डी० शोध कार्य हेतु स्कूल ऑफ फिजिकल साइंसेज जवाहर लाल नेहरू विश्वविद्यालय में पी०एच०डी० हेतु शोध कार्य प्रारम्भ किया। पारिवारिक कारणों से पी०एच०डी० कार्य अधूरा छोड़कर आये, डॉ. सिंह ने शोध कार्य कर भौतिकी एवं इलेक्ट्रानिक्स विभाग, डॉ० राम मनोहर लोहिया अवध विश्वविद्यालय से वर्ष 2008 में पी०एच०डी० उपाधि प्राप्त की।

डा० सिंह ने 75 से अधिक आलेख राष्ट्रीय एवं अंतर्राष्ट्रीय शोध पत्रिकाओं में प्रकाशित किए हैं। इसके अतिरिक्त डा० सिंह की दो पुस्तकें "Introduction to Special Relativity and Space Science" तथा "Fundamentals of Nanoscience and nanotechnology" Wiley India Pvt. Limited, New Delhi एवं Narosa Publishing house Pvt. Limited, नई दिल्ली से वर्ष 2012 एवं 2024 में प्रकाशित हुई। मुख्यतः संघनित पदार्थ भौतिकी एवं नैनोसाइंस विषय पर केन्द्रित शोध करने वाले डा० सिंह ने अंतरिक्ष विज्ञान से सम्बन्धित कुछ आलेख भी प्रकाशित किये हैं। डा० सिंह ने आम-जन एवं छात्रों तक विज्ञान के प्रचार-प्रसार के लिए वर्ष 15 जनवरी 2026 (मकर संक्रान्ति) से हिन्दी मासिक विज्ञान पत्रिका 'ई-विज्ञानम' [ISSN- 3139-1796 (Online); <https://e-vigyanam.muktagyanam.com/1>] को प्रारम्भ किया है। वह समय-समय पर हिन्दी भाषा में लिखे अपने वैज्ञानिक आलेखों से किशोर एवं युवा छात्र-छात्राओं को प्रभावित एवं प्रेरित करते रहे हैं। उनके शोध-निर्देशन में 40 से अधिक M.Sc./M.Tech छात्रों ने अपने शोध कार्य को पूरा किया है। अभी तक डा० सिंह ने कुल 9 पी०एच०डी० शोध छात्रों का शोध निर्देशन किया है, जिसमें से तीन शोध छात्रों ने अपनी पी०एच०डी० उपाधि प्राप्त कर ली है। डा० सिंह कई दर्जन ख्याति प्राप्त अंतर्राष्ट्रीय शोध पत्रिकाओं के लिए समीक्षक के रूप में कार्य कर चुके हैं। इसके अतिरिक्त डॉ. सिंह ब्रिटेन स्थित नेचर (Nature) द्वारा प्रकाशित होने वाली प्रतिष्ठित शोध पत्रिकाओं साइंटिफिक रिपोर्ट्स (Scientific Reports) एवं साइंटिफिक रिव्यूज (Scientific Reviews) के संपादक मण्डल के सदस्य हैं।

डॉ० सिंह ने वर्ष 2013 से 2016 में यूजीसी नई दिल्ली से मिलने वाले 'मेजर रिसर्च ग्रांट' के सहयोग से विश्वविद्यालय में आण्विक भौतिकी के क्षेत्र में शोध कार्य करने के लिए एक प्रयोगशाला की स्थापना की और परियोजना को पूर्ण किया। डॉ० सिंह को भारत की तीन अग्रणी विज्ञान अकादमियों से मिलने वाला 'समर रिसर्च फेलोशिप-2012' प्राप्त हुआ, जिसके अन्तर्गत डॉ० सिंह ने दो माह तक इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ साइंस (IISc) बैंगलोर में शोध कार्य किया। डॉ० सिंह ने यू० जी० सी० विजिटिंग ग्रांट के अन्तर्गत इंटर यूनिवर्सिटी सेंटर फॉर एस्ट्रोनॉमी एंड एस्ट्रोफिजिक्स (IUCAA) में भी शोध कार्य किया है।

डॉ० सिंह को वर्ष 2023 में 'वीनस इंटरनेशनल फाउंडेशन' चेन्नई ने भौतिकी विषय में 'आउटस्टैंडिंग रिसर्च अवार्ड' से सम्मानित किया। मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय द्वारा उत्कृष्ट शोध के लिए दिए जाने वाले अवार्ड (पुरस्कार) - Commendable और Excellent Researcher Awards भी प्राप्त हो चुके हैं। समाज सेवा, विशेषकर पर्यावरण के क्षेत्र में भी उल्लेखनीय कार्य कर डॉ० सिंह ने अपनी विशेष पहचान बनाई। प्रो० सिंह ने कई बार छात्र-छात्राओं एवं अध्यापकों के ट्रेनिंग वर्कशॉप आयोजित किए हैं, जिसमें जनवरी 2013 में तीन अग्रणी विज्ञान अकादमियों (IASc, INSA, NASI) द्वारा प्रायोजित ट्रेनिंग वर्कशॉप 'नैनोप्रौद्योगिकी एवं उसके अनुप्रयोग' (Nanotechnology & Its Applications) विषयक वर्कशॉप प्रमुख रहा है। वर्कशॉप के माध्यम से प्रो० सिंह ने कार्यक्रम समन्वयक के रूप में पूर्वाचल में नैनोप्रौद्योगिकी (Nanotechnology) जैसे फ्रंटियर विषय का परिचय कराकर आम जन-मानस, छात्र-छात्राओं एवं प्राध्यापकों के मध्य व्यापक प्रचार-प्रसार किया। इसमें मदन मोहन मालवीय इंजीनियरिंग कॉलेज के तत्कालीन प्राचार्य प्रो० जे० पी० सैनी का मार्गदर्शन एवं इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ नैनोसाइंस के संस्थापक -डायरेक्टर एवं आई० आई० टी० दिल्ली के रसायन विज्ञान विभाग के वरिष्ठ एवं ख्यातिलब्ध रसायन शास्त्री आचार्य प्रो० अशोक कुमार गांगुली का विशेष मार्गदर्शन एवं सहयोग रहा। प्रो० गांगुली ने कार्यक्रम संयोजक के रूप में अपना योगदान दिया। प्रो० सिंह निरंतर विज्ञान को आम जनमानस एवं छात्र-छात्राओं के बीच लोकप्रिय बनाने में सक्रिय रहे हैं। उन्होंने वैज्ञानिक भाषा एवं तकनीकी शब्दावली आयोग के लिए भौतिकी विषय के तकनीकी शब्दों (Technical words) का हिंदी अनुवाद कर परिभाषित करने का कार्य भी किया है। डॉ० सिंह इंडियन साइंस कांग्रेस एसोसिएशन एवं इंडियन फिजिक्स एसोसिएशन के आजीवन सदस्य हैं।



1. विषय परिचय: विश्व के अभियान

अंतरिक्ष में टिम-टिमाते तारों एवं अन्य आकाशीय पिण्डों को देखकर मानव मस्तिष्क सहज ही उत्सुक हो जाता है। मानव मन में यह प्रश्न सहज ही उठते हैं, कि ये पिण्ड, ग्रह या तारों, क्या हैं? इनकी सृष्टि कैसे और कब हुई? क्या अन्य ग्रहों पर भी पृथ्वी की तरह कोई सभ्यता निवास करती है? पर-ग्रहीय जीवन कैसा होगा? क्या वह हमसे लाखों साल पीछे होंगे या वह हमसे लाखों साल पहले अवतरित हुए? उनका ज्ञान-विज्ञान हमसे आगे होगा या पीछे। मानव मस्तिष्क में उठने वाले ये प्रश्न जहां एक ओर अद्भुत रोमांच को जन्म देते हैं, वहीं मन में पर-ग्रहीय जीव (एलियंस) के पृथ्वी पर आने को लेकर एक अज्ञात

आशंका पैदा करते हैं। चन्द्रमा आकाश में दिखने वाले ग्रहीय पिण्डों में सबसे बड़ा और चमकीला है। यह पृथ्वी का एक मात्र उपग्रह है, और सदियों से मानव के कौतूहल एवं जिज्ञासा का केन्द्र रहा है। भारतीय संस्कृति एवं ज्ञान-विज्ञान में चन्द्रमा एवं सूर्य का विशेष स्थान रहा है। प्राचीन भारत में गणित एवं ज्योतिषीय गणना में विकास के साथ खगोल विज्ञान का विकास हुआ। भारतीय मनीषियों ने सूर्य, चंद्रमा, ग्रहों, नक्षत्रों तथा उनकी गतियों का व्यवस्थित रूप से अध्ययन किया। आर्यभट्ट प्राचीन भारत के एक महान गणितज्ञ और खगोलशास्त्री थे। उन्होंने ने अपनी प्रसिद्ध कृति आर्यभटीय में पृथ्वी के अपने अक्ष पर घूमने की व्याख्या की है। [1] आर्यभट्ट ने सूर्य और चंद्र ग्रहण के कारणों को वैज्ञानिक ढंग से समझाया तथा वर्ष की अवधि का अपेक्षाकृत सटीक गणना-आधारित अनुमान प्रस्तुत किया। [1] उन्होंने ग्रहों की गति और समय की गणना के लिए गणितीय विधियों का भी उपयोग किया। वराहमिहिर की पुस्तक पंचसिद्धांतिका में उस समय के पाँच प्रमुख खगोलीय सिद्धांतों का संकलन मिलता है। वराहमिहिर ने ग्रहों की स्थिति, सूर्य और चंद्रमा की गति तथा मौसम संबंधी घटनाओं का अध्ययन किया। ब्रह्मगुप्त ने ब्रह्मस्फुटसिद्धांत में ग्रहों की स्थिति, ग्रहणों तथा खगोलीय गणनाओं से संबंधित महत्वपूर्ण गणितीय नियम दिए। उन्होंने खगोल विज्ञान की समस्याओं को हल करने के लिए महत्वपूर्ण गणितीय योगदान किये। भारतीय विद्वानों ने नक्षत्रों, चंद्रमा की कलाओं, ऋतुओं और ग्रहों की गति के आधार पर पंचांग निर्माण की परंपरा विकसित की जिसे बाद के काल में सवाई जयसिंह द्वितीय ने दिल्ली, जयपुर सहित विभिन्न स्थानों पर विशाल खगोलीय वेधशालाएँ बनवाकर प्रेक्षण-आधारित खगोल विज्ञान को आगे बढ़ाया।



चित्र-1: डेनिश खगोलशास्त्री टायको ब्राहे और उनके सहायक जर्मन खगोलशास्त्री जोहान्स केप्लर को दर्शाता है, जिनकी ऐतिहासिक साझेदारी ने आधुनिक खगोल विज्ञान और ग्रहों की गति के नियमों की नींव रखी [2, 3]।

डेनिश खगोलशास्त्री टायको ओट्टेसन ब्राहे (चित्र-1) के द्वारा मंगल ग्रह के सावधानीपूर्वक किये गए प्रेक्षणों ने केप्लर को ग्रहों की गति के अपने नियम निकालने में सक्षम बनाया। यद्यपि कि ब्राहे के पास दूरबीन नहीं थी, परन्तु उन्होंने कई प्रेक्षण उपकरण बनाए जैसे कि कई चतुर्थांश, एक आर्मिलरी गोला, एक सेक्स्टेंट, और एक बड़ा ग्लोब। उनके दो प्रसिद्ध प्रेक्षण 1572 में दिखाई देने वाले सुपरनोवा (जिसे अब टाइको का नोवा कहा जाता है) और 1577 के महान धूमकेतु के थे। जर्मन खगोलशास्त्री जोहान्स केप्लर (चित्र-1) ने कई सालों तक कक्षा से जुड़ी कठिन गणनाएँ करने के बाद ग्रहों की गति के नियम दिए [2]। केप्लर ने 1604 में एक सुपरनोवा भी देखा, जिसे अब 'केप्लर का नोवा' कहा जाता है। केप्लर के नियमों विशेषकर पहले नियम, जिसके अनुसार ग्रह अंडाकार (गोल नहीं) रास्ते पर घूमते हैं, ने ही 'यूनिवर्सल ग्रेविटेशन' (सार्वभौमिक गुरुत्वाकर्षण) के नियम की नींव रखी। चित्र-2 महान इतालवी खगोलशास्त्री गैलिलियो गैलीली और उनके द्वारा उन्नत किए गए दूरबीन को दर्शाता है, जिन्होंने ब्रह्मांड को देखने का हमारा नजरिया हमेशा के लिए बदल दिया।



चित्र-2: महान इतालवी खगोलशास्त्री और भौतिक विज्ञानी गैलिलियो गैलीली और उनके द्वारा उन्नत किए गए दूरबीन को दर्शाता है, जिन्होंने ब्रह्मांड को देखने का हमारा नजरिया हमेशा के लिए बदल दिया। (फोटो स्रोत: [Galileo | Biography, Discoveries, Inventions, & Facts | Britannica](#)) [4]

अंतरिक्ष की यात्रा करने के अपने सपनों को कितने कवियों एवं लेखकों ने अपनी साहित्यिक रचनाओं में जगह दी है। (चित्र-3) मानव की उस उड़ान को सबसे पहले अमेरिकी वैज्ञानिकों ने अपोलो मिशन के जरिये पंख लगाया। पृथ्वी की कक्षा में पहुँचकर अंतरिक्ष की यात्रा सबसे पहले रूसी अंतरिक्ष यात्री यूरी गॉगारिन ने वर्ष 1961 में की। अंतरिक्ष में पहुँचने की अंतर्राष्ट्रीय प्रतिस्पर्धा में अमेरिका ने अपोलो मिशन को शुरू किया। पहले कुछ अपोलो मिशन में चन्द्रमा की कक्षा में चक्कर लगाने के लिए ऑरबिटर यान छोड़े गये। फिर अगले अपोलो मिशन के द्वारा अमेरिका ने चन्द्रमा पर सॉफ्ट-लैंडिंग कर वहाँ की चट्टानों का अध्ययन किया। उन्होंने चन्द्रमा पर मानव को भेजने का जो अभूतपूर्व निर्णय लिया, वह यदि वास्तव में देखा जाय तो तात्कालिक विज्ञान एवं अभियांत्रिकी की दृष्टि से एक अतिमहत्वाकांक्षी परियोजना थी।

अंतरिक्ष में पहुँचने के प्रयास में जनवरी 27, 1967 को अपोलो 204 (ए0एस0 204) के उड़ान पूर्व परीक्षण में यान प्रमोचन स्थल (लॉचिंग पैड) पर ही एक दुर्घटना हो गयी।

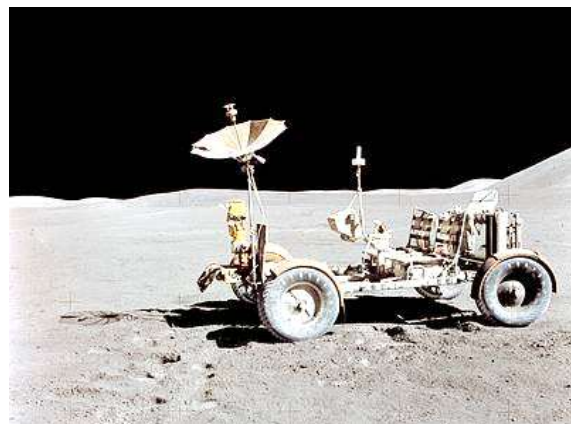


चित्र-3 मानव की चन्द्रमा पर पहुँचने की कल्पना सदियों पुरानी है (फोटो स्रोत: इसरो)

इसमें अंतरिक्ष-यात्रियों विर्जिल ग्रिसम, एडवर्ड व्हाइट एवं रोगर सैकी ने अपनी जान गवाँ दी। इसके पूर्व अपोलो-2 एवं अपोलो-3 की परीक्षण उड़ानें हुई। वर्ष 1967 में ही अमेरिकी अंतरिक्ष एजेंसी नासा ने इस बात की घोषणा किया कि अपोलो-204 को ही अपोलो-1 मिशन के रूप में जाना जायेगा। अतः अपोलो-2 एवं अपोलो-3 नाम से कोई यात्रा दर्ज नहीं हो सकी। अपोलो मिशन की पहली चार उड़ानें उपकरणों का परीक्षण करने हेतु की गई। बाद की सात उड़ानों में से छः उड़ानों में चन्द्रयात्री चन्द्रमा की सतह पर उतरे। चन्द्रमा की सतह पर पहली और अंतिम लैंडिंग क्रमशः वर्ष 1969 और 1972 में हुई। अपोलो मिशन के इन अमेरिकी प्रयासों में कुल 12 अंतरिक्ष यात्री चन्द्रमा की सतह पर कदम रखे।



(क)



(ख)

चित्र-4 (क) चाँद की सतह पर अमेरिका का ध्वज स्थापित कर चहल-कदमी करते नील आर्मस्ट्रांग (ख) 31 जुलाई 1971 को चाँद की सतह पर उतरा अमेरिकी रोवर (फोटो स्रोत: नासा)

यद्यपि की पहला मानव-युक्त मिशन अपोलो-8 था, लेकिन इसमें अंतरिक्ष यात्रियों फ्रैंक बोरमैन, बिल ऐंडर्स एवं जिम लोवेल ने केवल चन्द्रमा की कक्षा में ऑर्बिटर मॉड्यूल के सहारे चक्कर लगाए। यह अभियान क्रिसमस ईव के अवसर पर 1968 में सम्पन्न हुआ। चन्द्रमा की सतह पर मानव को ले जाने वाला अभियान अपोलो-11 था। अपोलो-11 के अंतरिक्ष यात्री नील आर्मस्ट्रांग, माईकल कॉलिन्स एवं बज ऐल्ट्रिन थे। दिनांक 25 जुलाई, 1969 को आर्मस्ट्रांग एवं ऐल्ट्रिन चन्द्रमा की सतह पर उतरे और कुछ दूर पैदल चले। (चित्र-4) कॉलिन्स चन्द्रमा की परिक्रमा कर रहे ऑर्बिटर में ही रहे। इस प्रकार नील आर्मस्ट्रांग चन्द्रमा की सतह पर उतरने वाले पहले व्यक्ति बने। ऐसा कर उन्होंने विज्ञान के विकास पथ पर एक मील का पत्थर रख दिया, जिसकी मिशाल कई सदियों तक दी जायेगी। वर्ष 2019 जुलाई माह में मानव इतिहास के उन स्वर्णिम क्षणों के पचास वर्ष पूरे हो गये। आज नील आर्मस्ट्रांग की चन्द्रमा से प्रसारित हुई उक्ति मानव मात्र के लिए प्रेरणा स्रोत बन चुकी है।

“यह मानव मात्र के लिए एक छोटा कदम है, लेकिन मानवता के लिए एक बहुत बड़ी छलांग।”

इस अपोलो मिशन में अंतरिक्षयान का प्रक्षेपण सैटर्न-5 राकेट के द्वारा किया गया। सैटर्न-5 राकेट की ऊँचाई एक 36 मंजिला इमारत के बराबर थी। यह राकेट तीन चरणों में कार्य करते थे। पहले दोनों चरणों में ईंधन का प्रयोग अंतरिक्षयान को पृथ्वी की अति दीर्घवृत्ताकार कक्षा में स्थापित करने के लिए किया गया। तीसरे चरण के ईंधन का प्रयोग अपोलो कमांड मॉड्यूल और ल्यूनर मॉड्यूल को चन्द्रमा की ओर भेजने के लिए किया गया। यद्यपि कि अपोलो 7, 8, 9 एवं 10 सभी मिशन मानव युक्त मिशन थे, लेकिन इन अभियानों में कोई यात्री चन्द्रमा की सतह पर नहीं उतरा। इन अभियानों का उद्देश्य विविध उपकरणों का परीक्षण करना एवं अंतरिक्ष वातावरण का मानव के ऊपर पड़ने वाले प्रभाव का अध्ययन करना था। अपोलो-8 अभियान में लगभग 20 घंटे की अवधि में अंतरिक्ष यात्रियों ने चन्द्रमा के 10 चक्कर लगाए एवं चन्द्रमा के विभिन्न हिस्सों को बहुत निकट से देखा। इस यात्रा के पूर्व विविध चरणों के परीक्षण हेतु अपोलो 7 मिशन का प्रक्षेपण दिनांक 11 अक्टूबर 1968 को अमेरिका ने किया। इसमें प्रारम्भिक परीक्षण हेतु सैटर्न-1 बी राकेट का प्रयोग किया गया। इसमें केवल दो चरणों का ईंधन प्रयोग में लाया गया था। यह पहला मानवयुक्त मिशन था, लेकिन इसमें सभी परीक्षण पृथ्वी की कक्षा में किए गये। इसका उद्देश्य चन्द्रमा

के भविष्य के अभियानों के लिए सभी उपकरणों का आवश्यक परीक्षण करना था। इस मिशन में अंतरिक्ष यात्री 11 दिनों तक अंतरिक्ष वातावरण में रहे, जो भविष्य में चन्द्रमा पर जाने और वापस आने की अवधि से बहुत अधिक था।

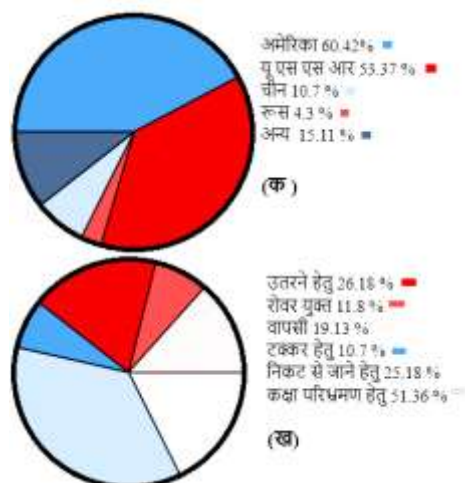
अपोलो-11 अभियान का मुख्य उद्देश्य चन्द्रमा पर मानव कदम रखने का था, लेकिन कम ही लोग जानते होंगे कि इस मिशन में विशेष क्षणों के सीधे प्रसारण हेतु अच्छी गुणवत्ता का वीडियो कैमरा भी भेजा गया था। साथ ही साथ सौर वायु (सूर्य की सतह से उच्च ऊर्जा के इलेक्ट्रॉन व प्रोटॉन निकलकर पूरे सौर मण्डल में फैल जाते हैं, इसे सोलर विन्ड या सौर वायु कहते हैं) की जांच करने, चन्द्रमा की सतह पर भूकम्प सम्बन्धी परीक्षण करने हेतु उपकरण और पृथ्वी से चन्द्रमा की दूरी के सटीक मापन हेतु एक लेजर परावर्तक उपकरण भी भेजा गया था। नील आर्मस्ट्रांग ने यहां न केवल अपने देश अमेरिका का ध्वज स्थापित किया, अपितु वहां से चट्टानों को भी साथ ले आये।

अपोलो-11 मिशन के पश्चात् इसके छः और मिशन हुए। अपोलो-12 से अपोलो-17 तक के सभी मिशन चन्द्रमा पर उतरने के उद्देश्य से भेजे गए। लेकिन अपोलो-13 मिशन में कुछ तकनीकी गड़बड़ी आने के कारण वह चन्द्रमा की सतह पर लैंड नहीं कर सका। इस अभियान का वर्णन प्रायः ही किया जाता है। अपोलो-13 मिशन में जब अंतरिक्ष यान चन्द्रमा की परिक्रमा कर रहा था तो अचानक दो ऑक्सीजन टैंकों में से एक में विस्फोट हो गया। इस विस्फोट से पहला टैंक भी क्षतिग्रस्त हो गया। इससे कमांड मॉड्यूल में विद्युत, जल एवं प्रकाश की आपूर्ति रुक गयी। एक ऑक्सीजन टैंक तो पूर्णतः खाली हो गया। दूसरे टैंक से भी ऑक्सीजन का रिसाव तेजी से होने लगा। इस घटना का आभास अंतरिक्ष यात्रियों को विस्फोट से होने वाले कम्पन के 13 मिनट पश्चात् हो गया। तब कमांड मॉड्यूल से निकल कर अंतरिक्ष यात्री ल्यूनर मॉड्यूल में प्रवेश कर गये। ल्यूनर मॉड्यूल में केवल 45 घंटे ही जीवित रहा जा सकता था। इसमें अतिरिक्त ऑक्सीजन भी उपलब्ध थी। लेकिन पानी आवश्यकता का केवल पांचवा हिस्सा रह गया था। अन्दर का तापक्रम केवल 38 डिग्री फॉरेनहाइट (3.3 डिग्री सेल्सियस) रह गया था। किसी तरह अंतरिक्ष यात्रियों की लैंडिंग पैसिफिक समुद्र में सम्पन्न हुई और उनकी जान बची। इसी अदम्य साहस और अति-विषम परिस्थितियों में तात्कालिक निर्णय लेने की इच्छा शक्ति के कारणों से यह मिशन सदैव याद किया जाता है। अंतिम तीन अपोलो मिशन में चन्द्र यात्रियों ने चन्द्रमा की सतह पर रोवर चलाया। अमेरिका ने अपोलो-16 मिशन, जो 6-19 दिसम्बर 1972 में सम्पन्न हुआ, के बाद कोई मानव-युक्त मिशन चन्द्रमा पर नहीं भेजा। जब मई 1961 में अमेरिकी राष्ट्रपति जॉन0 एफ0 कनेडी ने सन् 1970 के पूर्व चन्द्रमा पर पहुँचने के लक्ष्य की घोषणा की, तो इसे तत्कालीन यू0एस0एस0आर0 वर्तमान रूस के नेतृत्व ने किसी गम्भीर चुनौती के रूप में नहीं लिया। वित्तीय संकट के बाद भी 1962 से 1974 की अवधि में इससे सम्बन्धित कई प्रक्षेपण रूसी वैज्ञानिकों ने किये, लेकिन वह अमेरिकी वैज्ञानिकों की तरह भाग्यशाली नहीं रहे। उनके कई परीक्षण असफल हो गये। उन्होंने सोर्युज एवं प्रोटॉन लांचर का प्रयोग किया। (देखें परिशिष्ट संख्या-०१)

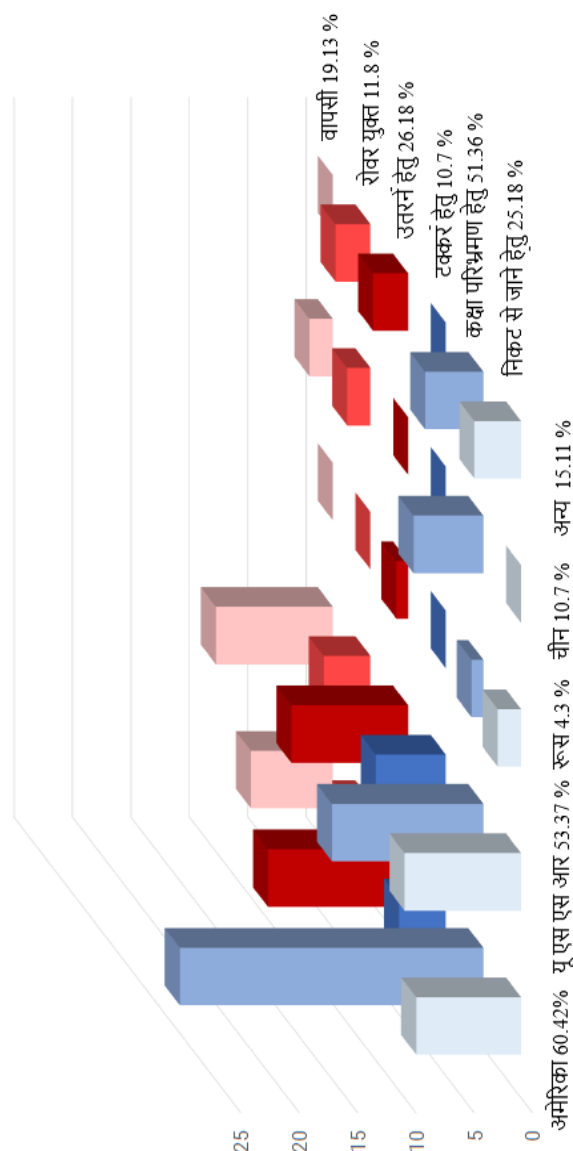
जहां तक मानव-रहित प्रयासों की बात है, रूस इसमें अमेरिकी अभियानों से आगे रहा। सन् 1959 में लूना-1 मिशन के असफल होने के पश्चात् उसी वर्ष लूना-2 मिशन में मानव द्वारा निर्मित कोई वस्तु पहली बार 13 सितम्बर 1959 को चन्द्रमा की सतह से सीधे टकराई। अभी तक अमेरिका ही एक मात्र देश है, जिसने अपने अंतरिक्ष यात्रियों को चन्द्रमा की सतह पर उतारा है। उनकी अंतिम सफल यात्रा सन् 1972 में हुई। तब से लेकर 14 सितम्बर 2013 तक चन्द्रमा की दक्षिणी

ध्रुव पर अनेकों बार यान उतारने के असफल प्रयास हुए और हार्ड-लैंडिंग हुई, लेकिन कोई भी साफ्ट-लैंडिंग के प्रयास सफल नहीं हो सके। 03 जनवरी 2019 के पूर्व जो साफ्ट-लैंडिंग हुई, वह सभी चन्द्रमा के पृथ्वी से निकट वाले भाग पर हुई। 03 जनवरी 2019 को चीन के चांग-4 अंतरिक्षयान ने चन्द्रमा के दूर वाले भाग पर सफलता पूर्वक साफ्ट-लैंडिंग कर नया इतिहास बनाया। इसके पूर्व 14 दिसम्बर 2013 को सम्पन्न चांग-3 मिशन में चीन ने एक रोवर को चन्द्रमा की सतह पर उतारा। [3, 5, 6] (देखें परिशिष्ट संख्या ०१)

लूना-2 की सफलता के पश्चात् अमेरिका ने सन् 1962 के एक मिशन में रेंजर-4 के द्वारा घटना की पुनरावृत्ति की। 1966 से 1976 की अवधि में बारह सोवियत एवं अमेरिकी अभियानों में चन्द्रमा की सतह पर साफ्ट-लैंडिंग की गयी। सन् 1966 में लूना-9 मिशन में पहली बार चन्द्रमा की सतह पर साफ्ट लैंडिंग की गई। वर्ष 1966 में लूना-9 और लूना-13 अभियानों के अन्तर्गत पहली बार चन्द्रमा की सतह की तस्वीरें खींची गई और पृथ्वी पर विद्युत चुम्बकीय तरंगों के माध्यम प्रेषित की गई। यह अभियान यू0एस0एम0आर0 द्वारा सम्पन्न किये गये। 24 सितम्बर 1960 को लूना-16 अभियान में चन्द्रमा की सतह से चट्टानों के नमूने एकत्रित कर पृथ्वी की सतह पर लाये गये। इसकी पुनरावृत्ति वर्ष 1972 एवं 1976 में क्रमशः लूना-20 एवं लूना-24 अभियानों में सम्पन्न हुई। रूस के लूना-16 एवं लूना-21 अभियान सन् 1970 एवं 1973 में हुए जिसमें चन्द्रमा की सतह पर रोवर उतारे गये। जापान के हितेन अंतरिक्षयान ने 10 अप्रैल 1993 को चन्द्रमा की सतह पर क्रैश-लैंडिंग की। योरोपियन स्पेस एजेंसी ने स्मार्ट-1 को 3 सितम्बर 2006 को क्रैश-लैंडिंग कराया। भारत ने 14 नवम्बर 2008 को (एम0आई0पी0) मून इम्पैक्ट प्रोब की टक्कर चन्द्रमा की सतह से कराई। यह भारत के चन्द्रयान-1 मिशन का हिस्सा था। चीन का चांग-1 यान मार्च 2009 को चन्द्रमा की सतह से टकराया। चीन के चांग-3 यान ने 14 दिसम्बर 2013 को चन्द्रमा की सतह पर साफ्ट-लैंडिंग कर एक रोवर को उतारा। अमेरिका ने अपने मानवयुक्त अभियानों में कुल 12 अंतरिक्ष-यात्रियों को चन्द्रमा की सतह पर उतारा। पहले मिशन में 20 जुलाई 1969 को आर्मस्ट्रांग एवं ऐल्ड्रिन ने चन्द्रमा पर कदम रखे। चन्द्रमा पर अंतिम चरण 14 दिसम्बर 1972 को जॉन सेसॅन के पड़े। उनके सहयात्री जैक स्मिट रहे। यह अपोलो का सत्रहवां और आखिरी अभियान था। [3, 5, 6] (विभिन्न देशों के चंद्रयान मिशनों के वर्षवार विवरण हेतु देखें परिशिष्ट संख्या-०१); विभिन्न देशों के चंद्र अभियान एवं उनके प्रकार प्रकार को दर्शाते (चित्र-5 एवं 6)



चित्र-5: विभिन्न देशों के प्रयास-वितरण को दर्शाता [3]



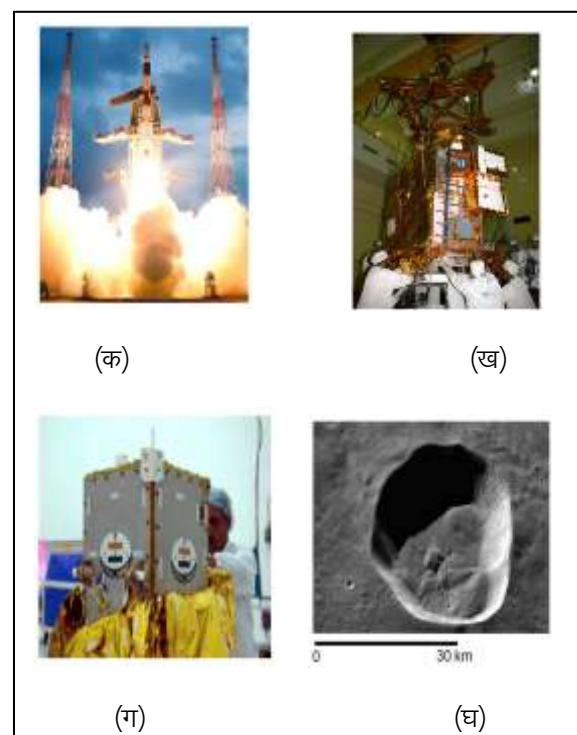
चित्र-6: विभिन्न देशों के चंद्र अभियान एवं उनके प्रकार [3]

2: इसरो के अभियान और उपलब्धियां:

इसरो की स्थापना 15 अगस्त 1969 को की गई थी जिसका मुख्य उद्देश्य अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी का उपयोग अंतरिक्ष विज्ञान शोध एवं ग्रहीय अध्ययन के द्वारा देश के विकास में करना था। विक्रम साराभाई जैसे महान वैज्ञानिक ने तत्कालीन प्रधानमंत्री जवाहर लाल नेहरू के निर्देशन में इसरो की स्थापना की। इसरो के तकनीकी ज्ञान का प्रयोग खरीफ, और रबी की फसलें जैसे- गेहूँ, चावल, सरसो, जूट, कपास, गन्ना, दाल इत्यादि के उत्पादन को भविष्यवाणी हेतु किया जाता है। रेलवे के क्षेत्र में इसरो द्वारा विकसित किये गये प्रौद्योगिकी का उपयोग कर इसे और अधिक सुरक्षित एवं बेहतर संचालन हेतु किया जा रहा है। इसरो द्वारा निर्मित एवं प्रक्षेपित किए गये उपग्रहों का उपयोग सीमाओं की निगरानी एवं बाहर से होने वाले घुसपैठ को रोकने के लिए किया जा रहा है। इसरो के सफल प्रयासों से विश्व में न केवल भारत के वैज्ञानिक प्रतिभा और क्षमता की धाक जमी है, बल्कि चन्द्रयान और मंगलयान जैसे सफल अभियानों से प्राप्त डाटा विश्व के अग्रणी के अग्रणी देशों से साझा कर संयुक्त शोध कार्य भी हो रहे हैं।

भारत ने चन्द्रमा के बारे में जानकारी एकत्रित करने और अपने तकनीकी ज्ञान के परीक्षण एवं प्रदर्शन करने के उद्देश्य से 22 अक्टूबर 2008 को श्रीहरिकोटा से चन्द्रयान-1 उपग्रह का सफलता पूर्वक प्रक्षेपण किया। चन्द्रयान-1 ने पहले 100 कि०मी० की ऊँचाई वाली कक्षा में बने रहकर चन्द्रमा के बारे में रासायनिक एवं भूगर्भ विज्ञान से सम्बन्धित परीक्षण किए। उसने चन्द्रमा पर खनिज लवण से सम्बन्धित जानकारी एकत्रित की। बाद में मई 2009 में इसकी कक्षा को बदल कर 200 कि०मी० कर दिया गया। चन्द्रयान-1 उपग्रह ने चन्द्रमा के 3400 चक्कर लगाए। 29 अगस्त 2009 को चन्द्रयान-1 से सम्पर्क समाप्त हो गया। चन्द्रयान-1 को पी०एस०एल०वी० सी 11 राकेट से चन्द्रमा की कक्षा में छोड़ा गया। इस पर स्वदेश निर्मित पांच उपकरणों सहित कुल 11 उपकरण भेजे गए। शेष छः उपकरण अन्य देशों के थे। यद्यपि कि इस मिशन का कार्यकाल कुल दो वर्षों का था, लेकिन इसने मात्र 10 माह के सक्रिय जीवन काल में ही अपने सभी परीक्षणों को पूरा कर लिया। इसका कुल प्रमोचन भार-1380 कि०ग्रा० था। इसमें भारत के पांच उपकरण इस प्रकार थे- 1. टेरेन मैपिंग कैमरा (TMC) 2. हाईपर स्पेक्ट्रल इमेजर (HySI) 3. लूनर लेज़र रेन्जिंग इंस्ट्रूमेंट (LLRI) 4. हाई एनर्जी एक्स-रे स्पेक्ट्रोमीटर (HEX) 5. मून इम्पैक्ट प्रोब (MIP)। दूसरे देशों के छः उपकरण इस प्रकार थे- 1. चन्द्रयान 1 स्पेक्ट्रोमीटर (CIXS) 2. नीयॉर इन्फ्रारेड स्पेक्ट्रोमीटर (SIR-2) 3. सब-किलो इलेक्ट्रॉन वोल्ट एंटीम रिफ्लेक्टिंग एंनालाईज़र (SARA) 4. मिनिएचर सिंथेटिक अपचर राडार (Mini SAR) 5. मून मिनिरोलॉजी मैपर (M3) एवं 6. रेडियेशन डोज़ मॉनीटर (RADOM)।

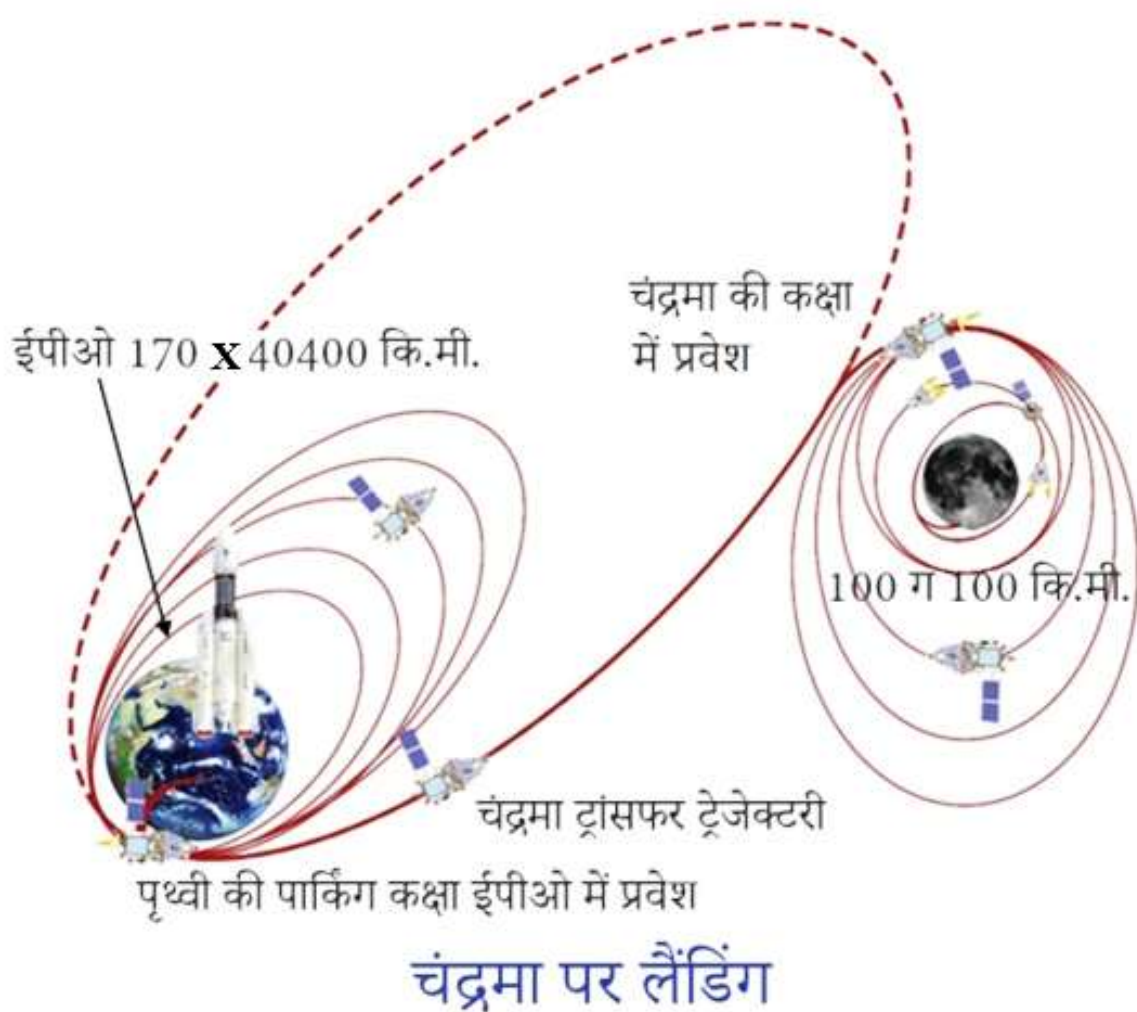
चन्द्रयान-1 द्वारा संकलित किये हुए आंकड़ों से इस बात की पुष्टि हुई कि चन्द्रमा के ऐंजोस्फीयर (ऊपरी आवरण), चन्द्रमा की सतह और इसकी सतह के नीचे (उप सतह)



चित्र-7 (क) चंद्रयान 1 का प्रक्षेपण 22 अक्टूबर 2008 को किया गया (ख) पूर्णतः तैयार चंद्रयान-1 (ग) तिरंगे इम्प्रिंट साथ मून इम्पैक्ट प्रोब (घ) चंद्रयान द्वारा ली गयी क्रेटर की तस्वीर (फोटो स्रोत: इसरो)

पानी की कुछ मात्रा उपस्थित है। चन्द्रमा के दक्षिणी ध्रुव पर गिरे मून इम्पैक्ट प्रोब से इस बात की पुष्टि हुई कि चन्द्रमा के अति विरल वातावरण में पानी के अंश मौजूद हैं। ऐसा माना जा सकता है कि तीन-चार अरब साल पहले निर्मित जल का कुछ अंश चन्द्रमा के ध्रुवों पर शेष रह गया होगा, जहाँ पर सूर्य की किरणें नहीं पहुँचती हैं और वर्ष-पर्यंत अन्धकार रहता है। चन्द्रमा की सतह से परावर्तित प्रकाश से पानी/बर्फ होने का पता मून मिनिरोलॉजी मैपर यानि (M3) उपकरण से लगा। 2-2.5 माइक्रॉन तरंगों के अवशोषण प्रक्रिया से इस बात की पुष्टि हुई। प्रयोगशालाओं में किए गए शोध से इस बात की पुष्टि

होती है कि जल/बर्फ के इंटरफेस से 1.3, 1.5 एवं 2.0 माइक्रॉन की तरंगें अवशोषित हो जाती हैं। यद्यपि कि चन्द्रयान से इसरो का सम्पर्क 29 अगस्त 2009 को कट गया था, लेकिन मार्च 2017 में अमेरिकी अंतरिक्ष एजेंसी नासा के पृथ्वी पर स्थित एक राडार से इस बात की पुष्टि हुई कि चन्द्रयान-1 अभी भी चन्द्रमा की कक्षा में 200 कि०मी० उपर चक्कर लगा रहा है। चित्र-7 एवं चित्र-8 क्रमशः चंद्रयान -१ एवं मून इम्पैक्ट प्रोब तथा चंद्रयान के पृथ्वी से चन्द्रमा तक प्रक्षेपण और पहुँचाने की प्रक्रिया को दर्शाया गया है।



चित्र-8 पृथ्वी की कक्षा से चन्द्रमा की कक्षा में प्रवेश की प्रक्रिया कई बार कक्षा बदल कर की जाती है (फोटो स्रोत: इसरो)



(क)



(ख)



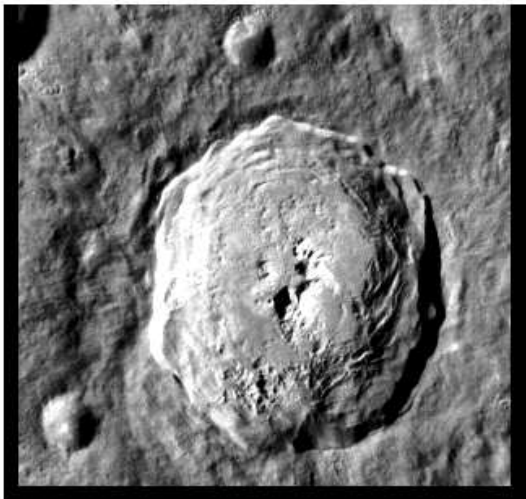
(ग)

चित्र -9 (क) चंद्रयान-२ पर लगा मून ऑर्बिटर (ख) विक्रम लैंडर (ग) प्रज्ञान रोवर (फोटो स्रोत: इसरो)

भारत ने चंद्रयान-2 का प्रक्षेपण 22 जुलाई 2019 को किया। चंद्रयान-2 मिशन का मुख्य उद्देश्य चन्द्रमा के दक्षिणी ध्रुव पर स्थित दो बड़े गड्ढों मंज़िनिस-सी और सिमपेलियस-एन के बीच वाले मैदान पर (लगभग 70° दक्षिणी अक्षांश) पर सफलता पूर्वक विक्रम लैंडर के सहारे प्रज्ञान रोवर को उतारना था। यह माना जाता है कि चांद के ध्रुवों पर तापक्रम कम होने एवं उसके कुछ हिस्सों पर सूर्य की किरणों के न पहुंच पाने के कारणों से पानी मौजूद हो सकता है और प्रज्ञान रोवर पर लगाए गये उपकरणों से इस बात की पुष्टि हो सकेगी। ऑर्बिटर चन्द्रमा की कक्षा में परिक्रमा करते हुए चंद्रमा की सतह का निरीक्षण करेगा और चंद्रयान-2 के लैंडर - विक्रम और पृथ्वी के बीच संकेत प्रेषित और प्राप्त करेगा। ऑर्बिटर का वजन 2739 किग्रा था, जबकि विक्रम लैंडर का वजन 1471 किग्रा था। लैंडर विक्रम को चंद्रमा की सतह पर भारत की पहली सफल सॉफ्ट-लैंडिंग के लिए निर्मित किया गया था। रोवर एक ए आई-संचालित 6 पहिया वाहन था। इसका नाम "प्रज्ञान" था, जिसका अभिप्राय 'विशेष ज्ञान' से है। यह संस्कृत के ज्ञान शब्द से लिया गया है। प्रज्ञान रोवर का वजन 27 किग्रा था। चंद्रयान-2 पर लगाए गये उपकरणों विस्तृत क्षेत्र सॉफ्ट एक्स-रे स्पेक्ट्रोमीटर, इमेजिंग आई आर स्पेक्ट्रोमीटर, सिंथेटिक एपर्चर रडार एल एंड एस बैंड, ऑर्बिटर हाई रेजोल्यूशन कैमरा, चंद्रमा की सतह के थर्मो-फिजिकल ताप भौतिकी प्रयोग हेतु उपकरण, अल्फा कण एक्स-रे स्पेक्ट्रोमीटर और लेजर चालित ब्रेकडाउन स्पेक्ट्रोस्कोप का उद्देश्य क्रमशः चंद्रमा की मौलिक रचना, मिनरेलॉजी मैपिंग और जल तथा बर्फ होने की पुष्टि करना, क्षेत्र मानचित्रण और उप-सतही जल और बर्फ की पुष्टि करना, हाई-रेज टोपोग्राफी मैपिंग, तापीय चालकता और तापमान का उतार-चढ़ाव मापन करना, लैंडिंग साइट के आसपास मौजूद तत्वों और खनिजों की मात्रा का विश्लेषण करना और डाटा संकलित कर पृथ्वी पर भेजना था। चंद्रयान-2 को पृथ्वी की कक्षा में परिक्रमा के दौरान इसकी कक्षा को ऊंचा किया गया। चन्द्रमा के गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव में आने के पश्चात इसकी कक्षा को परिवर्तित कर 100 किलोमीटर कर दिया गया। दिनांक 1 सितम्बर को शाम 06 बजकर 21 मिनट पर चंद्रयान-2 पांचवी कक्षा में प्रवेश कर गयी। 2 सितम्बर को ऑर्बिटर से विक्रम लैंडर को अलग किया गया। विक्रम लैंडर चांद पर उतरने से पहले चंद्रयान चंद्रमा की दो और कक्षाओं में प्रवेश किया। चंद्रयान-2 से चन्द्रमा की



(क)



(ख)

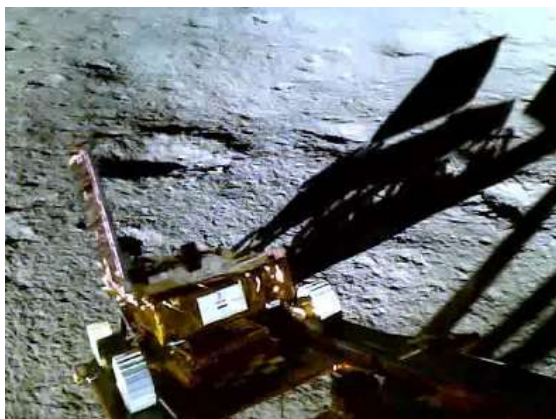
चित्र-10 (क) विक्रम लैंडर पर लगे अच्छी गुणवत्ता के कैमरे से लिया गया पृथ्वी का चित्र एवं (ख) चन्द्रमा की सतह पर दिखता क्रैटर (फोटो स्रोत: इसरो)

अद्भुत तस्वीरें प्राप्त हुईं। 2 सितंबर को चंद्रयान से लैंडर अलग हो गया। अलग होने की घटना काफी तेज गति से होती है। यह घटना उतनी ही तीव्र गति से होती है, जितनी गति से कोई सैटलाइट राकेट से अलग होता है। इंटिग्रेटेड स्पेसक्राफ्ट को अलग-अलग करने के लिए जरूरी कक्षा में चंद्रयान को स्थिर करने के बाद इसरो ने कमांड दिया, जो ऑनबोर्ड कंट्रोल सिस्टम को अपने आप प्रारम्भ दिया। एक अनुमान के अनुसार विक्रम लैंडर को 07 सितम्बर को रात में 1:55 पर चंद्रमा के दक्षिणी ध्रुव पर उतरना था, लेकिन लगभग 2.1 किलोमीटर की ऊंचाई पर विक्रम का संपर्क पृथ्वी और ऑर्बिटर से टूट गया। ऑर्बिटर पर लगे थर्मल (इंफ्रारेड) स्पेक्ट्रोमीटर से इस बात की पुष्टि हुई है कि विक्रम-लैंडर चन्द्रमा की सतह पर निर्धारित स्थान के 500 मीटर पास ही उतरा था, पर लैंडिंग हार्ड हुई थी, जिससे उसपर लगा ट्रांसमीटर काम नहीं कर सका। इसरो के वैज्ञानिक रात-दिन एक कर विक्रम लैंडर से संपर्क करने की कोशिश में जुटे रहे लेकिन कोई संपर्क नहीं हो सका। विक्रम लैंडर में रखे प्रज्ञान रोवर को एक चंद्र दिवस ही कार्य करना था। एक चंद्र दिवस पृथ्वी के 14 दिन के बराबर होता है। इसके पश्चात वहां रात्रि पहर हो जाता है और सूर्य की रोशनी नहीं मिलने से विक्रम का सोलर पैनल एक चंद्र दिवस के बाद कार्य नहीं कर सकता था। इसरो के वैज्ञानिक इस अवधि में संपर्क की कोशिश करते रहेंगे। पृथ्वी से प्रक्षेपण से लेकर प्रज्ञान के डाटा एकत्रित करने तक की पूरी टेक्नोलॉजी की गणना करें तो उस हिसाब से यह मिशन लगभग 90-95 प्रतिशत तक सफल रहा। चंद्रयान-2 मिशन इसरो (इसरो) के पिछले मिशनों की तुलना में एक बहुत ही जटिल मिशन था। इसे एक बड़ी तकनीकी छलांग माना जा सकता है। 22 जुलाई, 2019 को चंद्रयान-2 को लॉन्च किये जाने के उद्देश्य एक ही मिशन में चंद्रमा के केवल एक हिस्से का नहीं, बल्कि एक्सोस्फीयर, सतह और सतह के नीचे के सभी हिस्सों का अध्ययन करना था। लूनर ऑर्बिटर को पहले ही उसकी निर्धारित कक्षा में स्थापित किया जा चुका था। इसके साथ जाने वाले आठ अत्याधुनिक वैज्ञानिक उपकरणों का उपयोग करके चंद्रमा के विकास और ध्रुवीय क्षेत्रों में खनिजों और पानी के अणुओं की मैपिंग के बारे में हमारी समझ में वृद्धि हुई। इसमें लगा ऑर्बिटर कैमरा अब तक के किसी भी चंद्र मिशन में सर्वाधिक रिजॉल्यूशन (0.3 मीटर) वाला कैमरा है और यह

हाई-रिजॉल्यूशन वाली तस्वीरें देता रहा है। सटीक लॉन्च और मिशन मैनेजमेंट के कारणों से यह एक साल के बजाय लगभग 7 साल तक कार्य करता रहा है। मिशन के हर चरण के लिए सफलता के मानदंड के अनुसार इस मिशन के 90 से 95% लक्ष्य पूरे हो चुके हैं। अपने पहले प्रयास में इसरो के वैज्ञानिकों ने देश के लिए एक बहुत महत्वपूर्ण उपलब्धि हासिल की। इस अभियान से इसरो ने जो सीखा है, उससे भविष्य के अभियानों में काफी मदद मिलेगी।

3: चंद्रयान-1, 2 और 3 का तुलनात्मक विवरण:

वर्ष 2019 में चंद्रयान-2 के चन्द्रमा के दक्षिणी ध्रुव पर उतरने के असफल प्रयास के चार वर्ष बाद भारत ने अपना तीसरा चंद्र मिशन लॉन्च किया। चंद्रयान-1 भारत का पहला चंद्र मिशन था। चंद्रयान 1 को PSLV-C11 प्रक्षेपण यान द्वारा 22 अगस्त 2009 को प्रक्षेपित किया गया जो 29 अगस्त 2009 तक सक्रिय रूप से कार्य करता रहा। चंद्रयान 1 अंतरिक्ष अभियान से ही चन्द्रमा पर पानी के अंश उपस्थित होने के प्रमाण पहली बार मिले। चंद्रयान-1 मिशन में केवल एक आर्बिटरल मांड्यूल ही भेजा गया था, जो चन्द्रमा की सतह के हाई रेजोल्यूशन चित्र भेजने में सक्षम था, इसके साथ एक इम्पैक्ट प्रोब भी भेजा गया था जो, चन्द्रमा की सतह की ओर भेजा गया और उससे हुई टक्कर से चन्द्रमा की सतह से उठी धूल का स्पेक्ट्रोस्कोपिक (प्रक्षेपण) किया गया। भारत के दूसरे चंद्र मिशन चंद्रयान-2 को GSLV- MK III (Greashynchronous Satellite Launch Vehicle) के द्वारा 22 जुलाई 2019 को प्रक्षेपित किया गया। इसे LVM-III रॉकेट भी कहते हैं। चंद्रयान-2 के साथ एक प्रोपल्शन मांड्यूल, विक्रम-लैंडर एवं प्रज्ञान रोवर भेजे गये थे (चित्र-9 एवं चित्र-10) जबकि चंद्रयान-1 दूर से ही प्रक्षेपण कार्य कर सकता था। चंद्रयान-2 19 अगस्त 2019 को चन्द्रमा की कक्षा में प्रवेश किया। लूनर आर्बिटर चन्द्रमा की स्थाई कक्षा में घूमने लगा लेकिन विक्रम लैंडर और प्रज्ञान रोवर को चन्द्रमा की सतह पर उतरने के लिए 06 सितम्बर 2019 को विमुक्त किया गया लेकिन 2.1 Km की ऊंचाई पर विक्रम-लैंडर से सम्पर्क टूट गया और विक्रम लैंडर की चन्द्रमा की सतह से टक्कर हो गई। चंद्रयान-2 तकनीकी दृष्टि से विभिन्न चरणों के सम्पादन के आधार पर लगभग 95% सफल माना जाता है। यद्यपि विक्रम-लैंडर एवं प्रज्ञान रोवर चन्द्रमा की सतह पर नहीं उतर सकी लेकिन पूरी प्रक्रिया चन्द्रमा की सतह से टक्कर के कुछ मिनट पूर्व तक इसरो के कमान्ड सेन्टर के नियंत्रण में रही। चंद्रयान-3 का प्रक्षेपण चंद्रयान-2 के अपग्रेडेड सॉफ्टवेयर एवं हार्डवेयर के साथ LLM-III M4 द्वारा प्रक्षेपण यान द्वारा किया गया। इसे पृथ्वी की अतिदीर्घाकार कक्षा 170x36500 किलोमीटर में स्थापित किया गया। चूँकि चंद्रयान-3, चंद्रयान-2 की पुनरावृत्ति हेतु किया गया अतः चंद्रयान-3 मिशन की कुल लागत ₹ 615 करोड़ ही बैठी जबकि चंद्रयान-2 की कुल लागत ₹ 978 करोड़ थी। [7, 8] चंद्रयान-3 के प्रमुख उद्देश्य चन्द्रमा के दक्षिणी ध्रुव पर विक्रम लैंडर और प्रज्ञान रोवर को उतारना और चन्द्रमा की सतह पर वैज्ञानिक परीक्षण करना था। चंद्रयान-3 में आर्बिटर मांड्यूल का प्रयोग नहीं किया गया और चंद्रयान-2 के सक्रिय आर्बिटर मांड्यूल के सहारे ही पूरे अभियान को अंजाम दिया गया। जहाँ पहले विक्रम लैंडर 2m/sec की गति से चन्द्रमा की सतह पर उतरने में सक्षम था उसकी सामर्थ्य सीमा को बढ़ा कर 3m/sec कर दिया गया। लैंडर के साथ अधिक ईंधन भेजा गया। चंद्रयान-2 के लैंडर के मध्य में लगे इंजन को बेहतर कार्यक्षमता के लिए हटा दिया गया। चंद्रयान-3 में लगे सोलर पैनल का क्षेत्रफल बढ़ा दिया गया जिससे विक्रम-लैंडर को अधिक शक्ति प्राप्त हो सके। [7, 8] प्रज्ञान रोवर में लगी बैटरी की क्षमता को भी बढ़ा दिया गया। तीन अतिरिक्त TTC एन्टीना लगाये गए। इसके साथ ही दो लैंडर हेजार्ड डिटेक्शन एड एडवांस कैमरा (LHDAC) लगाये गये और प्रयुक्त कृतिम बुद्धिमत्ता आधारित (Artificial Intelligence) कम्प्यूटर अल्गोरिथम को भी उन्नत किया गया। कृतिम बुद्धिमत्ता आज एक नई प्रौद्योगिकी बनकर उभरी है। [9] साथ ही साथ चन्द्रमा की सतह पर विक्रम लैंडर को उतरने के लिए 500 m x 500m के क्षेत्रफल के स्थान पर 4km x 2.4km जैसे बड़े क्षेत्रफल



चित्र 11: इसरो ने प्रज्ञान रोवर के विक्रम लैंडर से उतरने के तस्वीर 25 अगस्त 2023 को जारी की।

में से सुरक्षित क्षेत्र को चिन्हित कर उतारने का प्राविधान किया गया। विक्रम लैंडर और प्रज्ञान रोवर को चंद्रयान-3 से अलग कर चंद्रमा की सतह पर उतारने के लिए एक प्रोपल्शन मॉड्यूल की सहायता ली गई। चंद्रयान-3 को LVM-III M4 राकेट से श्री हरिकोटा आंध्रप्रदेश स्थित सतीश धवन अंतरिक्ष केन्द्र से 14 जुलाई 2023 को प्रक्षेपित किया गया जिसके द्वारा भेजे गये विक्रम लैंडर और प्रज्ञान रोवर को 23 अगस्त 2023 को 69.37°E, 32.35°E पर चंद्रमा के दक्षिणी ध्रुव सफलतापूर्वक पर उतारा गया। इसरो ने प्रज्ञान रोवर के विक्रम लैंडर से उतरने के तस्वीर 25 अगस्त 2023 को जारी की चित्र 11।

चंद्रयान -३ के प्रक्षेपण कार्य को विभिन्न चरणों में पूरा किया गया

1: पृथ्वी केंद्रित चरण (प्रथम चरण): यह चरण पृथ्वी क्रेन्ड्रित चरण था जिसमें पृथ्वी से प्रक्षेपण से लेकर पृथ्वी की कक्षा में प्रक्षेपित किये जाने तक की प्रक्रिया पूर्ण की गई।

2: संक्रमण कक्षा स्थानान्तरण (द्वितीय चरण): इस चरण में चंद्रयान -३ को पृथ्वी की कक्षा से चंद्रमा की ओर भेजने के लिए अत्यधिक ऊंची संक्रमण कक्षाओं में बूस्टर दहन कर स्थानान्तरित किया गया।

3: चंद्रमा केंद्रित चरण: इसमें कुल छह चरण थे। तृतीय चरण में चंद्रयान -3 को चंद्रमा की कक्षा में प्रवेश कराया गया। यह एक उपग्रह की तरह चौथे चरण में चंद्रमा की कक्षा में चक्कर लगाना प्रारम्भ कर दिया। पांचवें चरण में प्रोपल्शन एवं लूनर मॉड्यूल को अलग-अलग किया गया। छठवें चरण में लैंडर की गति को धीमा करने की प्रक्रिया की गई। सातवें एवं आठवें चरण में प्रोपल्शन मॉड्यूल की सहायता से विक्रम लैंडर की सॉफ्ट लैंडिंग की प्रक्रिया पूर्ण की गई। नवें एवं दसवें चरण में विक्रम लैंडर पर सवार प्रज्ञान रोवर को चंद्रमा की सतह पर उतरा गया एवं उसके सतह की पहली बार सजीव चित्र भेजे गए।

विक्रम लैंडर के साथ चंद्रमा की सतह की जाँच करने के लिए निम्न उपकरण लगाए गए थे -

1: रम्भा (RAMBHA-LP; Langmuir Probe): इसका उद्देश्य चंद्रमा के सतह पर उपस्थित प्लाज्मा कणों (उच्च ऊर्जा के आवेशित कणों जैसे आयन एवं इलेक्ट्रॉन कण इत्यादि) की उपस्थिति का पता लगाना था।

2: Char's Surface Thermo-Physical Experiment (ChaSTE): इसका उद्देश्य चंद्रमा के सतह के ताप -भौतिकीय गुणों का अध्ययन करना था।

3: Instrument of Lunar Seismic Activity (ILAS): इसको चंद्रमा की सतह पर भूकम्पीय गतिविधि का पता लगाने के लिए किया गया था।

प्रज्ञान रोवर पर निम्न उपकरण लगाए गए थे -

4: Alpha Particle X-ray Spectrometer (APXS): इसका उद्देश्य चंद्रमा की सतह की रासायनिक बनावट एवं खनिज-लवणों का पता लगाना था।

5: Laser Induced Breakdown Spectroscope (LIBS): इसके द्वारा चंद्रमा की चट्टानों में उपस्थित तत्वों का पता लगाना था।

6: प्रोपल्शन मॉड्यूल में Spectro-Polarimetry of Habitable Planet Earth (SHAPE) उपकरण लगाया गया था, जिसका उद्देश्य पृथ्वी के वातावरण में 1-1.7 माइक्रोन तरंगदैर्घ्य के द्वारा पृथ्वी के वातावरण का अध्ययन करना था। चंद्रयान -3 का LLM-4 राकेट के द्वारा 14 जुलाई 2023 को दोपहर 2 बजकर 35 मिनट पर सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र श्रीहरिकोटा से किया गया था। यह 05 अगस्त 2023 को चंद्रमा के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र में प्रवेश किया और दिनांक 23 अगस्त 2023 69 डिग्री दक्षिण पर चंद्रमा की सतह पर सांय 6 बजकर 04 मिनट पर उतरा। इसके साथ एक प्रोपल्शन मॉड्यूल, लैंडर मॉड्यूल एवं रोवर मॉड्यूल भेजा गया, लेकिन चंद्रयान -2 के साथ भेजे गए ऑर्बिटर मॉड्यूल के सक्रिय होने के कारण इसके साथ कोई ऑर्बिटर मॉड्यूल नहीं भेजा गया।

4: उपसंहार

इस आलेख में इसरो द्वारा अंतरिक्ष विज्ञान में विशेष कर चंद्रयान अभियानों में मिली असफलता एवं सफलता पर प्रकाश डाला गया इसरो के चंद्रयान एवं मंगलयान अभियानों से यह बात प्रमाणित होता है कि भारत अंतरिक्ष विज्ञान के क्षेत्र में एक अग्रहरि देश के रूप में उभर कर सामने आया है कभी बैलगाड़ियों और साइकिलों पर सामान ढोने वाले वैज्ञानिकों की मेहनत एवं उनके निर्गमि दृष्टि का लाभ आज पूरे भारत को प्राप्त हो रहा है। चंद्रमा के दक्षिणी ध्रुव पर पानी के अंश उपस्थित होने के प्रमाण चंद्रयान अभियानों से मिले हैं। भविष्य के चंद्रयान और मंगलयान जैसे अंतरिक्ष अभियानों से अन्य ग्रहों एवं उपग्रहों पर प्रारंभिक जीवन होने के संकेत भी मिल सकते हैं। [10, 11] मंगल ग्रह पर नासा के भेजे गए रोवर से जो चित्र प्राप्त हुए हैं, उनसे मंगल ग्रह की सतह पर कभी पूर्व में नदियों में जल प्रवाहित होने के भूगर्भीय प्रमाण मिले हैं [2]। यद्यपि की बाद में वहां की भौगोलिक परिस्थितिया जीवन के अभ्युदय एवं विकास के अनुकूल नहीं रही होगी। चंद्रयान-3 के दिनांक 23 अगस्त 2023 को चंद्रमा के दक्षिणी ध्रुव पर सफलतापूर्वक उतरने की घटना के उपलक्ष में भारत सरकार ने 23 अगस्त को राष्ट्रीय अंतरिक्ष दिवस मनाने का फैसला लिया।

धन्यवाद ज्ञापन: उपरोक्त आलेख अंशतः लखनऊ से प्रकाशित पत्रिका साइंटिफिक वर्ल्ड (Scientific World) में २०१९ में प्रकाशित हो चुका है। लेखक मूल आलेख (मानव के चंद्रमा पर पहुंचने के 50 वर्ष: रोमांचक फिल्म सा है ये सफर | Scientific World) को आवश्यक परिवर्तनों एवं अपडेटेड संशोधनों के साथ पुनः प्रकाशित करने की अनुमति देने के लिए साइंटिफिक वर्ल्ड पत्रिका के मुख्य संपादक श्री जाकिर हुसैन के प्रति आभार व्यक्त करते हैं।

संदर्भ ग्रंथ सूची (Bibliography/References)

- 1: चंद्र ह., & भट्ट ब. (2026). आर्यभट्ट- महान भारतीय गणितज्ञ और उनके योगदान. *ई-विज्ञानम्*, 1(1), 52-56. <https://doi.org/10.66346/ev.v1i1.2026.7>
- 2: Satya Pal Singh, Introduction to Special Relativity and Space Science, Wiley India Pvt. Ltd., 1 st ed., New Delhi, India
- 3: https://www.deepspace.ucsb.edu/wp-content/uploads/2020/05/01_history-of-lunar-exploration.pdf
- 4: <https://www.britannica.com/biography/Galileo-Galilei>
- 7: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20250007939/downloads/MoonMissions.pdf>
- 5: B R Guruprasad et al., Moon Missions: The Way ahead, National Institute of Advanced Studies, http://eprints.nias.res.in/2539/1/Moon_Missions-The_Way_Ahead.pdf
- 6: <https://www.lpi.usra.edu/lunar/missions/>
- 7: Anand Kumar Sharma, Chandrayaan 3 (India's Quest for the Moon), Science Reporter, 14-19, August 2023
- 8: Agastya Vineet Mittal, Literature Review on A Comparative Study on Chandrayaan Missions (Lunar Space Exploration by Indian Space Research Association), 11(4), 110-113, 2023.
- 9: कुमार र. (2026). कृत्रिम बुद्धिमत्ता में उभरती प्रवृत्तियाँ: मशीन लर्निंग, डीप लर्निंग, जनरेटिव एआई और एजेंटिक सिस्टम. *ई-विज्ञानम्*, 2(1), 44-51. <https://doi.org/10.66346/ev.v2i1.2026.6>
- 10: Singh, S. P. (2011). Asteroids, comets and meteorites: The Source of life on earth? *Space Research Today*, 182, 51–56, <https://doi.org/10.1016/j.srt.2011.11.017>
- 11: Singh S.P, Singh A.K. (2023). Formation of liquid structures and investigation of its interfacial properties using lattice based liquid-gas model. *Results in Physics*, 50, 106554, <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2023.106554>