

# चांद्रयान-२ लेखमाला

**भारत** आता पुन्हा चंद्रावर पाऊल ठेवण्यासाठी सज्ज झाला आहे. भारताचे 'चांद्रयान-३' १४ जुलैला चंद्राकडे झेपावेल, असे 'इस्रो'ने जाहीर केले आहे.

चांद्रयान-२ संदर्भात 'वयम्' मासिकात श्रीराम शिधये यांची लेखमाला २०१९ मध्ये प्रसिद्ध झाली होती. त्याची थोडक्यात उजळणी करूया.

चंद्रावर पाणी आहे का, तिथल्या भूमीमध्ये कोणती रासायनिक मूलद्रव्यं आहेत, चंद्राचा अंतर्भाग कशाचा बनला आहे, तिथं हिलियम-३चे एकस्थ ( आयसोटोप्स) आहेत का, असे अनेक शोध आता नव्याने घेतले जाणार आहेत. हिलियम-३ हा भविष्यातील ऊर्जा तयार करण्यासाठी महत्त्वाचा आहे. चंद्राचं स्वरूप अधिक स्पष्ट करण्याचं काम या मोहिमेमधून होणार आहे. चांद्रयान-३ मुळे आपल्याला नवीन माहिती काय मिळणार, याची आपण उत्सुकतेनं वाट पाहू या. त्याबद्दल तुम्हाला 'वयम्' मासिकात वेळोवेळी वाचायला मिळेलच.



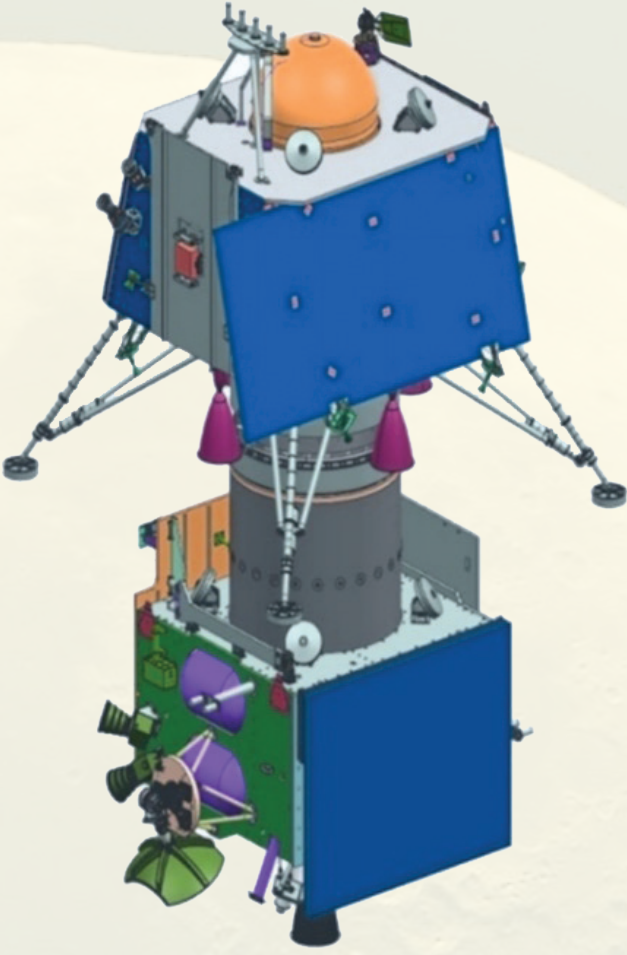
# झेपावे चंद्राफडे...

**या** महिन्यात, म्हणजे जुलै २०१९ मध्ये, भारत पुन्हा एकदा चंद्रावर स्वारी करणार आहे. ११ वर्षांपूर्वी, म्हणजे सन २००८च्या ऑक्टोबर महिन्यात, भारताचं चांद्रयान-१ हे यान चंद्राच्या दिशेनं झेपावलं होतं. आता चंद्राचा अधिक अभ्यास करण्यासाठी आपलं ३८०० किलो वजनाचं चांद्रयान-२ चंद्राच्या दिशेनं झेपावणार आहे. ते यान चंद्राभोवती फिरणारा ऑर्बिटर, चंद्रावर उतरणारा विक्रम नावाचा लँडर आणि चांद्रभूमीवर फिरून माहिती जमा करणारा 'प्रज्ञान' नावाचा रोव्हर (फिरती गाडी) घेऊन आपला चंद्राच्या दिशेनं प्रवास सुरू करेल. यान चंद्राच्या कक्षेत पोचलं आणि चंद्रापासून १०० किमी अंतरावरून चंद्राभोवती फिरू लागलं की, ऑर्बिटरपासून विक्रम हा लँडर अलग होईल आणि प्रज्ञान या रोव्हरला घेऊन चंद्राच्या दक्षिण गोलार्धात उतरेल. दक्षिण ध्रुवापासून ६०० किमी अंतरावर विक्रम हा लँडर उतरेल. तिथे उतरल्यानंतर त्यातून दोन उपकरणांनी सज्ज असलेला रोव्हर किंवा फिरती गाडी चंद्राच्या भूमीवर उतरेल. आपलं काम करण्यासाठी या गाडीवर सौरबॅटच्या आहेत. त्यातून मिळणाऱ्या ऊर्जेचा वापर करत ही गाडी आपली नियोजित कामं चंद्राच्या भूमीवर करू लागेल.

आपली ही चांद्रमोहीम ९ ते १६ जुलै या दरम्यान सुरू होईल. हा अंक तुमच्या हाती पडेल, तोपर्यंत कदाचित ही तारीख निश्चित झाली असेल.

चांद्रयानानं पृथ्वीचा निरोप घेऊन अवकाशात झेप घेतल्यापासून त्याला चंद्राच्या कक्षेत पोचण्यासाठी ३५ ते ४५ दिवस लागतील. हा मजकूर तयार होत होता, तेव्हा चंद्रावर उतरण्याची तारीख दि. ६ सप्टेंबर असेल, असं जाहीर करण्यात आलं होतं. ती कदाचित बदलूही शकेल. खरंतर ही मोहीम याच वर्षाच्या दि. ३ जानेवारी ते १६ फेब्रुवारीच्या दरम्यान सुरू करण्याची योजना होती. परंतु नंतर एप्रिल महिन्यात चांद्रयानानं अवकाशात झेप घ्यायची असं ठरवण्यात आलं. पण तोही विचार सोडून देण्यात आला. याला मुख्य कारण म्हणजे त्याच सुमारास इस्रायल या देशानं चांद्रमोहीम हाती घेतली होती. इस्रायल हा देश विज्ञान-तंत्रज्ञानामध्ये भारतापेक्षा पुढं आहे. पण त्या देशाची ही मोहीम साफ फसली. त्यामुळे आपण सावध झालो. पुन्हा एकदा सर्व चाचण्या घेण्यात आल्या. त्यामध्ये 'विक्रम' या लँडरच्या दोन पायांमध्ये काही दोष आढळले. ते दूर करण्यात आले. आता आपण जी मोहीम हाती घेत आहोत, ती कठीण आहे. त्यामध्ये मोठी जोखीम आहे, ती म्हणजे चंद्रावर 'विक्रम' हा लँडर अलगदपणे उतरवण्याची. ते काम अतिशय गुंतागुंतीचं आहे. पण आता भारताच्या अवकाश संशोधन केंद्रातील संशोधकांनी आणि तंत्रज्ञांनी त्यासाठी लागणारी सारी तयारी पूर्ण केली आहे.

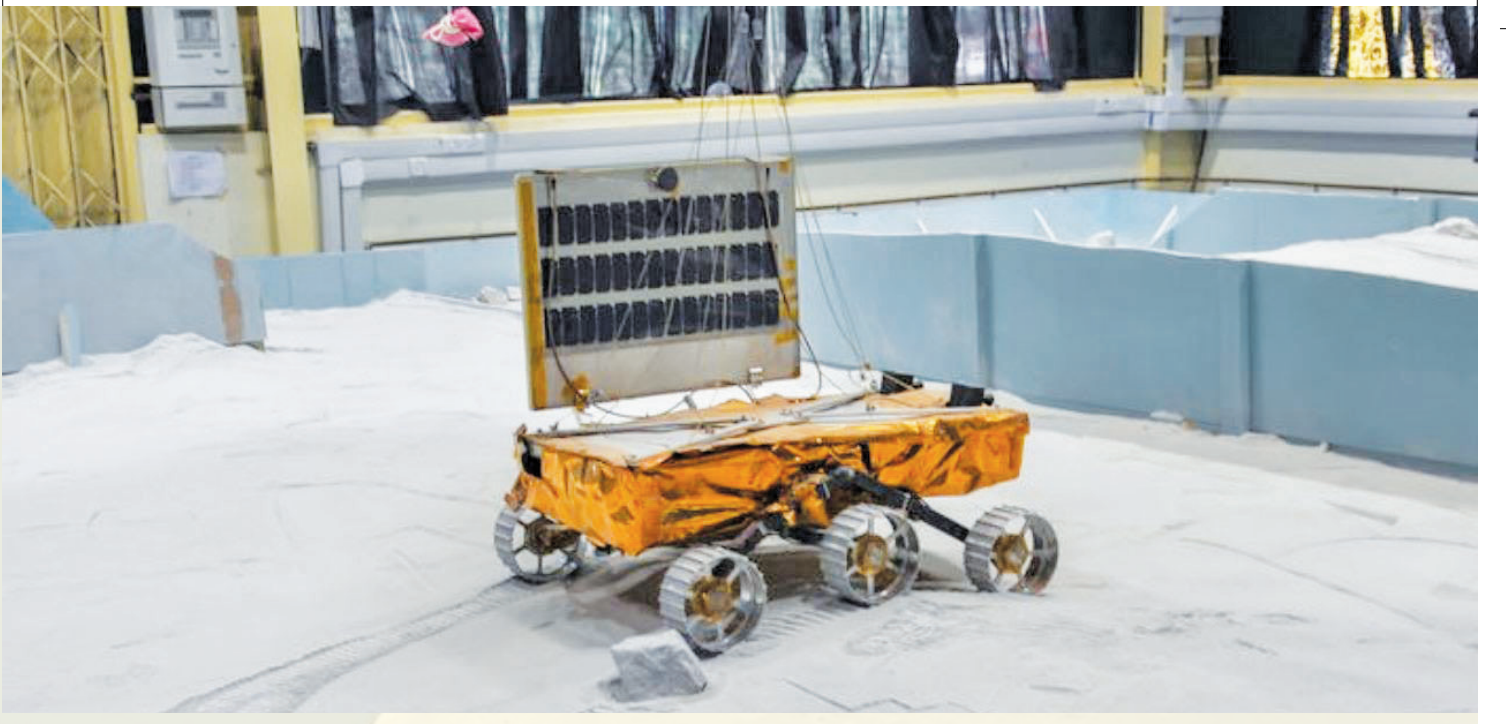
चांद्रयान-२ची मोहीम अवघड आणि



गुंतागुतीची असण्याचं कारण म्हणजे आतापर्यंत चंद्राच्या दक्षिण ध्रुवावरच्या भागामध्ये कोणत्याही देशाची गाडी किंवा यान उतरलेलं नाही. अमेरिकेनं पाठविलेली यानं चंद्राच्या विषुववृत्ताच्या जवळ उतरली होती आणि त्यांच्या अंतराळवीरांनी यानातून उतरून त्याच भागात फेरफटका मारला होता. अमेरिकेचा राष्ट्रध्वज फडकवला होता. मात्र आपण ज्या भागात (दक्षिण ध्रुवाजवळील मॉन्झिनस सी (Manzinus C) आणि सिम्पलियस एन (Simpelius N) या विवरांच्या मधील पठारावर) आपली फिरती गाडी उतरवणार आहोत, तिथं जाण्याचा आतापर्यंत कोणीही प्रयत्न केलेला नाही. त्यामुळेच दक्षिण ध्रुवापासून ६०० किमीच्या भागात संशोधन करणारी गाडी उतरवणारा भारत हा जगातला पहिलाच देश ठरेल. पृथ्वीवरच्या हिशेबात ही गाडी १४ दिवस आपलं काम करेल.

त्या काळात ही गाडी १५० ते २०० किमीचा प्रवास करेल. तसा तो करत असतानाच या गाडीला बरीच कामं करावयाची आहेत. ती करत असतानाच चंद्राभोवती फिरणारं आपलं यान आपले कॅमेरे चंद्राच्या दिशेनं सरसावून, चंद्राचा अधिक वेध घेण्याचं काम करत राहील. चंद्राच्या ध्रुवावर तुलनेनं कमी सूर्यप्रकाश पोचतो. त्यामुळं सौर बॅटऱ्यांना आपल्याजवळची ऊर्जा फार काटेकोरपणे वापरावी लागेल.

चंद्राच्या भूमीवर उतरल्यानंतर पहिल्याच दिवशी (हा पहिलाच दिवस म्हणजे चंद्राच्या त्या भागातील एक दिवस. त्या काळात आपल्या पृथ्वीवरचे १४ दिवस झालेले असतील!) ही फिरती गाडी जितकी माहिती गोळा करता येईल तितकी करणार आहे. छायाचित्रंही घेणार आहे. ती आपल्यापर्यंत पोचण्यासाठी १५ मिनिटं लागतील. त्या छायाचित्रांच्या मदतीनं आपल्याला चंद्राचा आजवर अस्पर्शित राहिलेला भाग कसा आहे याचा अंदाज येईल. या फिरत्या गाडीमध्ये सिस्मोमीटर्स असतील. ते चंद्रावरच्या भूकंपाच्या धक्क्यांच्या नोंदी करतील. सिस्मोमीटरला चंद्रावरच्या भूकंपाच्या अनेक नोंदी करता आल्या तर त्यातून आपल्याला चंद्राचा अंतर्भाग नेमका कशाचा बनला आहे याचा अंदाज लावता येईल. गाडीवर दोन स्पेक्ट्रोमीटर्सही असणार आहेत. चंद्राच्या भूमीचं रासायनिक पृथक्करण करणाऱ्या या उपकरणांच्या मदतीनं चंद्राच्या भूमीमध्ये कोणती मूलद्रव्यं आहेत, ते समजू शकणार आहे. ज्या भागात आपली गाडी फिरणार आहे, तो भाग खडकाळ असल्याचा समज आहे. ४०० कोटी वर्षांपूर्वी चंद्राच्या भूकवचाच्या अंतर्भागातल्या तप्त द्रवरूप भूरसापासून तो तयार झाला आहे, असं आज आपण मानतो. ही गाडी त्यावर अधिक प्रकाश टाकेल.



ही गाडी भूकंपाच्या ज्या नोंदी करणार आहे, त्या नोंदी आणि चंद्राच्या भूमीवरच्या मूलद्रव्यांची माहिती यांची तुलना अमेरिकेच्या अपोलो यानानं केलेल्या नोंदींशी आणि माहितीशी पडताळून पाहिली जाणार आहे. त्यातून चंद्राच्या कोणत्या भागात भूकंपाची तीव्रता किती आहे हे जसं आपल्याला समजेल, तसंच चंद्राच्या दोन वेगळ्या भागांतील जमिनीचा पोत कसा आहे, याचीही आपल्याला कल्पना येऊ शकेल. चंद्राच्या या भागात पाणी असल्याचा शोध चांद्रयान-१ने लावला होता. या मोहिमेमध्ये त्याचा अधिक शोध घेतला जाईल. त्यातून आपल्या हाती जी माहिती येईल, तिच्यातून आपल्याला चंद्रावर नेमकं किती पाणी कोणत्या स्वरूपात उपलब्ध होऊ शकेल याचा अंदाज बांधता येऊ शकेल. भविष्यामध्ये चंद्रावर वसाहत उभारण्याचं ठरलं, तर पाणी हा कळीचा मुद्दा ठरणार आहे. तिथे पुरेसं पाणी असल्याचं स्पष्ट झालं तर त्या पाण्याचा पुनर्वापर करून माणसाला तिथे प्रदीर्घ काळ राहता येऊ शकेल. पृथ्वीवरून तिथवर पाणी नेण्याचा त्रास वाचेल. रॉकेटसाठी लागणारं इंधनसुद्धा तिथेच तयार करता येऊ शकेल! त्यामुळेच आताच्या

मोहिमेमध्ये घेतला जाणारा पाण्याचा शोध फार महत्त्वाचा ठरणार आहे.

थोडक्यात काय, तर चांद्रयान-२च्या मोहिमेमध्ये चंद्रावर पाणी आहे का, तिथल्या भूमीमध्ये कोणती रासायनिक मूलद्रव्यं आहेत, चंद्राचा अंतर्भाग कशाचा बनला आहे आणि तिथं हिलियम-३चे एकस्थ (आयसोटोप्स) आहेत का, याचा शोध घेतला जाणार आहे. पैकी हिलियम-३ हा भविष्यातील ऊर्जा तयार करण्यासाठी महत्त्वाचा आहे. या साऱ्या माहितीमुळे चंद्राबद्दलच्या आजच्या माहितीत भरच पडणार असून चंद्राचं स्वरूप अधिक स्पष्ट करण्याचं कामच या मोहिमेमधून होणार आहे. सन २०२४ मध्ये अमेरिका चंद्रावर पुन्हा माणूस पाठवण्याचा विचार करत आहे, तर चीन येत्या दहा वर्षांच्या काळात चंद्राच्या दक्षिण ध्रुवप्रदेशामध्ये आपलं संशोधन केंद्र उभारण्याचा विचार करत आहे. या पार्श्वभूमीवर आपली चांद्रयान-२ ही मोहिम खूपच महत्त्वाची आहे.

—श्रीराम शिधये

shriramshidhaye@gmail.com

(ज्येष्ठ पत्रकार व विज्ञान लेखक)

# चंद्राच्या कक्षेत

या महिन्याच्या १५ तारखेला, म्हणजे १५ जुलै २०१९ या दिवशी, भारत पुन्हा एकदा चंद्रावर स्वारी करणार आहे. त्यासाठी ९७८ कोटी रुपये खर्चाची मोहीम आपण आखली आहे. त्यानुसार आपलं ३८०० किलो वजनाचं चांद्रयान-२ चंद्राच्या दिशेनं झेपावणार आहे. मात्र यावेळी एक मोठा विलक्षण योगायोग जुळून आला आहे. तो असा की ५० वर्षांपूर्वी, १६ जुलै १९६९ या दिवशी, अमेरिकेचं अपोलो-११ हे यान तीन अंतराळवीरांना घेऊन चंद्राकडे झेपावलं होतं आणि दि. २० जुलै रोजी नील आर्मस्ट्रॉंग आणि एडविन आल्ड्रिन हे दोन अमेरिकी अवकाशवीर चंद्रावर उतरले होते. पहिल्यांदा उतरले आर्मस्ट्रॉंग. चंद्राच्या भूमीवर पाय ठेवल्यावर त्यांनी 'दॅट इज वन स्मॉल स्टेप फॉर मॅन, वन जायंट लीप फॉर मॅनकाइंड' (मानवासाठी हे पाऊल लहान असले, तरी मानवजातीच्या दृष्टीनं ही एक महाप्रचंड भरारी आहे) असे अविस्मरणीय उद्गार काढले. माणसानं चंद्रावर पाऊल ठेवल्याला याच महिन्यात ५० वर्षं पूर्ण होत आहेत.

आता आपलं जे यान जाणार आहे, त्याची थोडक्यात वैशिष्ट्यं अशी-

१) या यानामध्ये १४ उपकरणं आहेत. त्यातील १३ भारताची आहेत, तर एक अमेरिकेच्या 'नासा' या संस्थेचं आहे.

२) श्रीहरीकोटाहून अवकाशात झेप घेतल्यानंतर चांद्रयान-२ पृथ्वीभोवती १६ दिवस प्रदक्षिणा घालेल. त्यानंतर ते चंद्राच्या दिशेनं आपला प्रवास

सुरू करेल. चंद्रावर जाण्यासाठी त्याला पाच दिवस लागतील. या काळात त्याने ३ लाख ८४ हजार ४०० किमीचा प्रवास पूर्ण केलेला असेल.

३) चंद्राजवळ पोचल्यानंतर हे यान २७ दिवस चंद्राभोवती प्रदक्षिणा घालेल.

४) चंद्राच्या कक्षेत यान पोचल्यानंतर विक्रम हा लँडर यानापासून वेगळा होईल. मात्र मुख्य यान चंद्राच्या भूमीपासून १०० किमी अंतरावरून चंद्राच्या भोवती प्रदक्षिणा घालत राहील.

५) दि. ५ सप्टेंबर रोजी विक्रम चंद्राच्या दक्षिण ध्रुवाच्या प्रदेशात अलगदपणे उतरेल.

६) विक्रम चंद्राच्या जमिनीवर उतरला की, त्यातून चंद्रावर फिरणारी 'प्रज्ञान' या नावाची गाडी हळुवारपणे बाहेर येईल आणि ती सुमारे ५०० मीटर अंतरापर्यंत जाईल. तिथे गेल्यानंतर ती गाडी अनेक प्रयोग करेल. या गाडीची रचना अशी केली आहे की, ती पृथ्वीवरचे १४ दिवस भरतील इतकं काम करू शकेल. हे काम करण्यासाठी लागणारी ऊर्जा, ती तिच्यावरील सौरपॅनल्समधून घेईल.

७) गोळा केलेली माहिती आणि घेतलेली छायाचित्रं प्रज्ञान पृथ्वीकडे पाठवेल.

८) आपल्या भ्रमंतीमध्ये प्रज्ञानवरील दोन उपकरणं (APXS - Alpha Particle induced X-ray Spectroscope आणि LIBS- Laser induced Breakdown Spectroscope) चंद्राच्या भूमीवरील खडक आणि माती यांच्यामध्ये कोणते रासायनिक घटक आणि खनिजं आहेत

१५ जुलैला भारताचे चांद्रयान-२ झेप घेईल. तुमच्यासारख्या सुमारे १५० मुलांचे मिळून जितके वजन होईल, त्या वजनाचे हे यान नेमके कसे आहे, त्याचे काम कसे चालतेय याबाद्दलची माहिती जूनच्या 'वयम्'मध्ये प्रसिद्ध झाली तीही परत वाचा; शाळेत वाचून दाखवा.

याचं विश्लेषण करेल. या मोहिमध्ये चंद्रावर पाणी आहे का आणि तिथे कोणती खनिजं आहेत, याचा शोध घेण्यात येईलच; पण भविष्यात चंद्रावर मानवी वसाहत करता येणं शक्य आहे काय याचाही अंदाज बांधता येईल, अशी आवश्यक ती माहिती गोळा करण्यात येईल. मात्र ही मोहीम सोपी नाही.

चंद्रापर्यंतचा प्रवास अचूकपणे होणं हे एक मोठं आव्हान आहेच, पण यानाबरोबरचा संवाद कायम ठेवणंसुद्धा कसोटी पाहणारंच आहे. चंद्राच्या कक्षेत शिरणं महत्त्वाचं आहेच, पण चंद्राच्या कक्षेत शिरून त्याच्याभोवती प्रदक्षिणा घालणंसुद्धा कसोटी पाहणारं आहे. सगळ्यात अवघड आहे, ते चंद्राच्या भूमीवर अलगदपणं उतरणं आणि तिथल्या तापमानाला तोंड देऊन आपलं काम करणं! या सर्वांत चांद्रयान-२ यशस्वी होईल आणि आपल्या हाती चंद्राच्या माहितीचा खजिना सोपवेल, अशी आशा करूया.

—श्रीराम शिधये

shriramshidhaye@gmail.com

(ज्येष्ठ पत्रकार व विज्ञान लेखक)



# अवकाश-मोहिमांनी दिलेल्या 'गिफ्ट' !

वायरलेस हेडसेटस, व्हॅक्युम क्लिनर, माऊस, चरे न पडणारी काच अशा अनेक गोष्टी म्हणजे अवकाश-मोहिमांनी मानवाला दिलेलं 'गिफ्ट' आहे! आपलं चांद्रयान-२ झेपावलंय, त्यामुळे आपल्याला नवीन भेटी काय मिळणार, याची आपण उत्सुकतेनं वाट पाहूया-

**चांद्रयान-२** ने २२ जुलैला अवकाशात झेप घेतली आहे. खरंतर हे यान १५ जुलैच्या पहाटे दोन वाजून २१ मिनिटांनी अवकाशात झेप घेणार होतं. परंतु काही तांत्रिक कारणांमुळे त्याचं उड्डाण थांबवून पुढे ढकलावं लागलं! चांद्रयान-२ अवकाशात झेप घेण्याची तयारी सुरू असतानाच भारत अवकाश स्थानक उभारणार असल्याचंही जाहीर झालं. त्याहीपूर्वी पंतप्रधान नरेंद्र मोदी यांनी 'गगनयान' मोहिमेचीही घोषणा केली होती. भारताच्या या दोन महत्वाकांक्षी मोहिमा आहेत.

कोणत्याही अवकाश-मोहिमेचे आनुषंगिक फायदे बरेच असतात. अशा मोहिमांसाठी वापरण्यात आलेलं तंत्रज्ञान एकंदर समाजासाठी फार उपयुक्त ठरतं. अर्थात अवकाश-मोहिमांसाठी वापरलेलं तंत्रज्ञान जसंच्या तसं वापरता येतंच असं नाही. मात्र त्यामध्ये बदल करून ते तंत्रज्ञान समाजाच्या भल्यासाठी उपयोगात आणता येतं;

याची असंख्य उदाहरणं आहेत.

अमेरिकेच्या 'नासा'ने १९७६ सालापासून ते सन २०१६पर्यंत, म्हणजे ४१ वर्षांमध्ये, अवकाश-मोहिमांसाठी विकसित झालेल्या तंत्रज्ञानाचे कसे आणि किती फायदे आतापर्यंत झाले आहेत, ते जाहीर केलं आहे. 'नासा'च्या म्हणण्यानुसार या काळात समाजोपयोगी अशी एकंदर १९२० उत्पादनं बाजारपेठेत दाखल झाली. ती अर्थातच विविध क्षेत्रांमध्ये उपयोगी पडणारी आहेत. **यांतली काही ठळक उदाहरणं आता आपण पाहूया-**

➤ तुम्ही सगळेच जण आता कॉम्प्युटर वापरता. गेल्या काही वर्षांमध्ये या कॉम्प्युटरचा आकार किती बदलला! आता छोटेखानी, अगदी सहजपणे उचलून इकडून तिकडे नेता येणारे कॉम्प्युटर दिसतात. या कॉम्प्युटरची निर्मिती अवकाश-मोहिमांमुळेच झाली. अंतराळात अवकाशवीरांना छोट्या जागेत सहजपणे वापरता येईल असा

कॉम्प्युटर तयार करण्याची गरज अवकाश-मोहिमांतूनच निर्माण झाली. आता आपण सगळेच त्याचा लाभ घेत आहोत.

➤ कॉम्प्युटरबरोबर येणाऱ्या 'माऊस'ची निर्मिती १९६०च्या दशकात नासासाठी काम करणाऱ्या संशोधकांकडूनच झाली.

➤ अवकाशात गेल्यानंतर पाण्याचा पुनर्वापर करावा लागतो. तो करताना ते पाणी शुद्ध करावं लागतं. पाण्याच्या शुद्धीकरणाची ही प्रक्रिया आटोपशीर जागेत करता यावी लागते. 'नासा'ने याची (Electrolytic Silver Iodizer) निर्मितीसुद्धा १९६०च्या दशकात केली. आज हेच तंत्रज्ञान पोहण्याच्या तलावातील पाणी सूक्ष्माणूविरहित करण्यासाठी वापरलं जातं.

➤ आता अनेक घरांमध्ये व्हॅक्युम क्लिनर असतात. आडजागी असलेली धूळ, जाळी-जळमटं काढण्यासाठी त्याचा उपयोग केला जातो. याची कल्पना कुठून आली? -नासाने एका कंपनीला १९६०च्या दशकात एक कंत्राट दिलं. ते होतं चंद्रावरची माती गोळा करण्यासाठी वजनाने हलकं असणारं, पण सहजपणे आपलं काम करणारं उपकरण विकसित करण्याचं! त्या कंपनीने 'डस्ट बस्टर' हे उपकरण तयार केलं. पुढे त्याचं रूपांतर म्हणजे अनेक घरांमध्ये दिसणारा व्हॅक्युम क्लिनर!

➤ वायरलेस हेडसेट आता तुमच्यापैकी अनेकजण वापरत असतील. पण मुळात अशा सेटची गरज नासाला भासली, ती अवकाशवीरांशी संपर्क साधणं सोपं जावं यासाठी. अवकाशवीरांना आपले हात मोकळे ठेवून, लोंबणाऱ्या किंवा गुंडाळलेल्या वायरींच्या त्रासाविना नियंत्रणकक्षाशी संपर्क साधणं सोपं जावं यासाठी असे सेट्स असणं

▶▶ भारताच्या चांद्रमोहिमेबद्दल आपण अभिमान बाळगावा, अशी अनेक वैशिष्ट्ये आहेत. महत्त्वाचे म्हणजे अतिशय कमी खर्च. एक हजार कोटी रुपये बजेटची ही मोहीम! पण हॉलिवूडच्या 'अॅव्हेन्जर्स' या सिनेमाच्या खर्चापेक्षा या मोहिमेचा खर्च कमी आहे.

▶▶ कन्याकुमारी जिल्ह्यातील तरक्कनाविलाय या छोट्या गावात शेतकरी कुटुंबात जन्मलेले, पालिकेच्या शाळेत तमिळ भाषेतून शिक्षण घेतलेले डॉ. के. सिवान हे आज 'इस्रो' या प्रतिष्ठित संस्थेचे प्रमुख आहेत. मुंबई आयआयटीतून पीएचडी झालेल्या 'रॉकेट मॅन' सिवान यांनी इस्रोच्या अग्निबाणांच्या मार्गाचे सिम्युलेशन करणाऱ्या 'सितारा' या सॉफ्टवेअरची निर्मिती केली होती.

▶▶ मुथय्या वनिता आणि रितू करिधाल या दोन तरुण महिला इंजिनीअरनी या मोहिमेचे नेतृत्व केले.

आवश्यक होतं. त्यातूनच त्यांची निर्मिती झाली आणि आजची तरुणाई ते वापरत आहे.

➤ लहान वयातच तुमच्यापैकी काहीजणांना चष्मा लावावा लागतो. काहीजणांच्या डोळ्यांचा नंबरही बराच असतो. पण एकदा का वयाची १८ वर्षे पूर्ण झाली की, हा खूप मोठा असलेला डोळ्यांचा नंबर कमी करता येतो. त्यासाठी लेसरच्या मदतीनं शस्त्रक्रिया केली जाते. आज हे



तंत्रज्ञान 'लासिक' (LASIK) या नावाने ओळखलं जातं. पण यासाठी वापरलं जाणारं तंत्रज्ञानसुद्धा 'नासा'ने १९८०च्या दशकात विकसित केलं. ते होतं, लेसरचा वापर करून दोन यानांना ठरावीक ठिकाणी आणून त्यांची जोडणी (डॉकिंग) करण्यासाठी. त्यामध्ये आवश्यक ते बदल करून आज ते डोळ्यांवरील शस्त्रक्रियेसाठी वापरलं जातं.

➤ याशिवाय कृत्रिम पाय, चरे न पडणारी (चष्याची) काच, ओव्हनसाठी रिमोट कंट्रोल अशा अनेक गोष्टींची (ही यादी बरीच मोठी आहे.) देणगी आपल्याला विविध अवकाश-मोहिमांमधूनच मिळाली.

**भारताच्या 'गगनयान' मोहिमेला अनेक पैलू आहेत. या मोहिमेचे अनेक लाभ होणार आहेत-**

☛ या मोहिमेमुळे आपल्या देशातील विज्ञान आणि तंत्रज्ञानाच्या क्षेत्रातील संशोधनाला चालना मिळेल.

☛ वैद्यकशास्त्र, शेती, औद्योगिक सुरक्षा, प्रदूषण, कचऱ्याचं व्यवस्थापन, जल आणि अन्न संसाधनांचं व्यवस्थापन अशा गोष्टींसाठी आवश्यक ते तंत्रज्ञान विकसित होण्याची क्षमतासुद्धा या मोहिमेमध्ये आहे.

☛ कोणतंही तंत्रज्ञान विकसित करताना विविध प्रयोग सातत्याने करावे लागतात. त्यांच्या पुन्हा पुन्हा चाचण्या घ्याव्या लागतात. त्यांची निरीक्षणं नोंदवावी लागतात. ही एक प्रदीर्घ अशी प्रक्रिया असते. भविष्यात आवश्यक ठरू शकणारं तंत्रज्ञान आपल्याला विकसित करायचं आहे. ते करण्यासाठी आवश्यक ते प्रयोग करण्याची संधी 'गगनयान' मोहिमेमुळे आपल्याला मिळणार आहे.

☛ आपले अवकाशवीर अगदी कमी



गुरुत्वाकर्षणामध्ये करता येणारे महत्त्वाचे प्रयोग आपल्या अवकाशातील मुक्कामात करणार आहेत.

☛ या मोहिमेमुळे रोजगाराच्या नवीन १५ हजार संधी निर्माण होणार आहेत.

☛ देशाच्या एकंदर आर्थिक विकासाला या मोहिमेमुळे गती मिळू शकणार आहे.

आपल्या देशाच्या चांद्रयान-२ सह आगामी अवकाश-मोहिमा आपल्याला अशाच लाभदायक ठरणार आहेत. चांद्रयान-२ ला शुभेच्छा देतानाच आपल्याला नवीन भेटी काय मिळणार, याची आपण उत्सुकतेनं वाट पाहूया.

**-श्रीराम शिधये**

shriramshidhaye@gmail.com

(ज्येष्ठ पत्रकार व विज्ञान लेखक)

# ‘चांद्रयान-२’चे असोही यश !

अमेरिकेच्या नासाचं ‘अपोलो-११’ चंद्रावर चार दिवसांत पोचलं होतं आणि आपलं ‘चांद्रयान-२’ चंद्रावर पोचायला ४८ दिवस का लागले, ते समजून घेऊया.

**हा** अंक तुमच्या हात पडेल तेव्हा आपल्या ‘चांद्रयान-२’नं चंद्रावर सोडलेला ‘विक्रम लँडर’ चंद्रावर उतरला असेल आणि त्यातून ‘प्रज्ञान’ ही फिरती गाडी बाहेर पडून आपलं काम करू लागली असेल. त्याबद्दलच्या बातम्याही वृत्तपत्रांत येऊ लागल्या असतील. तुमच्या मनात एक प्रश्न आला असेल की, अमेरिकेच्या नासाचं ‘अपोलो-११’ चंद्रावर चार दिवसांत पोचलं होतं आणि आपलं ‘चांद्रयान-२’ चंद्रावर पोचायला ४८ दिवस का लागले ? हा प्रश्न मनात येणं स्वाभाविक आहे. त्याचं थोडक्यात उत्तर असं-

अवकाशामध्ये प्रदीर्घ प्रवास करून दूरवर जायचं तर दोन गोष्टी आवश्यक असतात. एकतर प्रवासाचा मार्ग अगदी सरळ असला पाहिजे; आणि दोन, यानाचा वेग प्रचंड असायला हवा. यानाला प्रचंड गतीने जायचं असेल, तर त्याला आपल्याबरोबर मोठ्या प्रमाणात इंधन घ्यावं लागणार. त्यामुळे यानाचं वजन वाढणार. त्या अवजड वजनाच्या यानाला अवकाशात घेऊन जायचं तर त्यासाठी लागणाऱ्या या रॉकेटची

बांधणीही अवाढव्य असली पाहिजे आणि त्या रॉकेटलाही इंधनाची मोठी टाकी असायला हवी.

‘अपोलो-११’ यानाला अवकाशात घेऊन गेलं ते ‘सॅटर्न-५’ हे रॉकेट. त्या रॉकेटची क्षमता तासाला ३९ हजार किमी अंतर कापण्याची होती ! शिवाय एकावेळी ४३ टन वजन अवकाशात घेऊन जाण्याची क्षमताही त्याच्याकडे होती. या रॉकेटने अवकाशात झेप घेतल्यानंतर पृथ्वीभोवती एक फेरी मारली. दुसरी फेरी मारतानाच ‘सॅटर्न-५’ या रॉकेटनं, आपल्या तिसऱ्या टप्प्यामध्ये, कमांड मोड्युल आणि ल्युनार मोड्युल यांना चंद्राच्या मार्गावर सोडून दिलं. चंद्राच्या दिशेनं त्या यानाचा प्रवास सुरू झाल्यानंतर त्यांनी आपली प्रचंड शक्तिशाली अशी इंजिनं सुरू केली आणि ३८ लाख किमीचं अंतर चार दिवसांत पार केलं. मात्र यासाठी नासाला १८५ अमेरिकी डॉलर (सन २०१६च्या किमती लक्षात घेता हाच खर्च १२० अब्ज अमेरिकी डॉलर) खर्च करावे लागले. (एक मिलियन म्हणजे १० लाख) या १८५ अमेरिकी डॉलरपैकी ११० मिलियन डॉलर हे १११ मीटर



उंचीच्या (३६ मजली इमारतीच्या उंची इतकी उंची!) आणि ६४१ टन वजनाच्या 'सॅटर्न-५' या रॉकेटवरच खर्च झाले.

**भारतीय अवकाश संशोधन संस्थेनं (इस्रो)** आपलं यान चंद्राच्या मार्गावर सोडण्यासाठी लांब वळणाचा मार्ग निवडला. तो निवडल्यामुळे यानाला हव्या त्या दिशेनं मार्गस्थ करण्यासाठी पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षण शक्तीचा उपयोग करून घेता येणार होता. त्याप्रमाणे चार टन वजन अवकाशात घेऊन जाण्याची क्षमता असणारं आणि ४३.४ मीटर उंचीचं (१४ मजली इमारतीच्या उंचीइतकी उंची) 'जीएसएलव्ही-एमके ३' हे रॉकेट ३.८ टन वजनाच्या 'चांद्रयान-२'ला घेऊन अवकाशात झेपावलं. या रॉकेटने त्याला 'जिओसिन्क्रोनस ट्रान्सफर ऑर्बिट'मध्ये नेऊन सोडलं. या भूस्थिर कक्षमध्ये पृथ्वीभोवती अंडाकृती प्रदक्षिणा घालणाऱ्या या यानाला चार टप्प्यांमध्ये पृथ्वीपासून अधिकाधिक दूर नेण्यात आलं. प्रदक्षिणा घालताना एकदा पृथ्वीच्या सर्वांत जवळ यायचं आणि नंतर अधिकाधिक लांबवर जायचं. अशा कक्षमध्ये फिरता फिरता, यान पृथ्वीपासून सर्वांत दूरवरच्या टप्प्यापर्यंत गेलं आणि तिथून चंद्राकडे जाण्याचा सरळसोट मार्ग लागला की, यानाला अधिक गती

देऊन चंद्राकडे मार्गस्थ करायचं, अशी योजना इस्रोने आखली.

अवकाशात झेप घेतल्यापासून ते चौथ्या टप्प्यापर्यंत यानाला नेण्यासाठी त्यावरची इंजिन थोडा थोडा वेळ चालू करण्यात आली आणि यानाला आवश्यक ती गती देण्यात आली. यान चंद्राजवळ पोचल्यानंतरसुद्धा चंद्राच्या गुरुत्वाकर्षणाचा उपयोग करून यान चंद्राच्या कक्षेत नेण्यात येईल, असं इस्रोने सांगितलं आहे. या साऱ्या मोहिमेसाठी आपल्याला ९७८ कोटी रुपये खर्च आला आहे. त्यातील ३७५ कोटी रुपये जीएसएलव्ही-एमके ३ रॉकेटसाठी खर्च झाले आहेत. नासाला आलेल्या खर्चाच्या मानानं आपण खूपच कमी पैसे खर्च केले. आज आपल्याकडे असलेल्या रॉकेटचा प्रभावी वापर, पृथ्वी आणि चंद्र यांच्या गुरुत्वाकर्षणाचा करून घेतलेला वापर आणि कमीत कमी खर्च हीसुद्धा या मोहिमेची वैशिष्ट्यं आहेत. हाती असेल त्याचा परिणामकारक वापर करण्याचं कौशल्य 'चांद्रयान-२' मोहिमेनं दाखवलं आहे.

–श्रीराम शिधये  
shriramshidhaye@gmail.com  
(ज्येष्ठ पत्रकार व विज्ञान लेखक)

# अनंत अमुची श्रुत्याश्रयता...

चांद्रयान-२ चंद्रावर उतरताना आलेल्या अपयशाने नाउमेद का व्हायचं नाही, या मोहिमेचं यश कशात आहे, हे जरा समजून घेऊया.

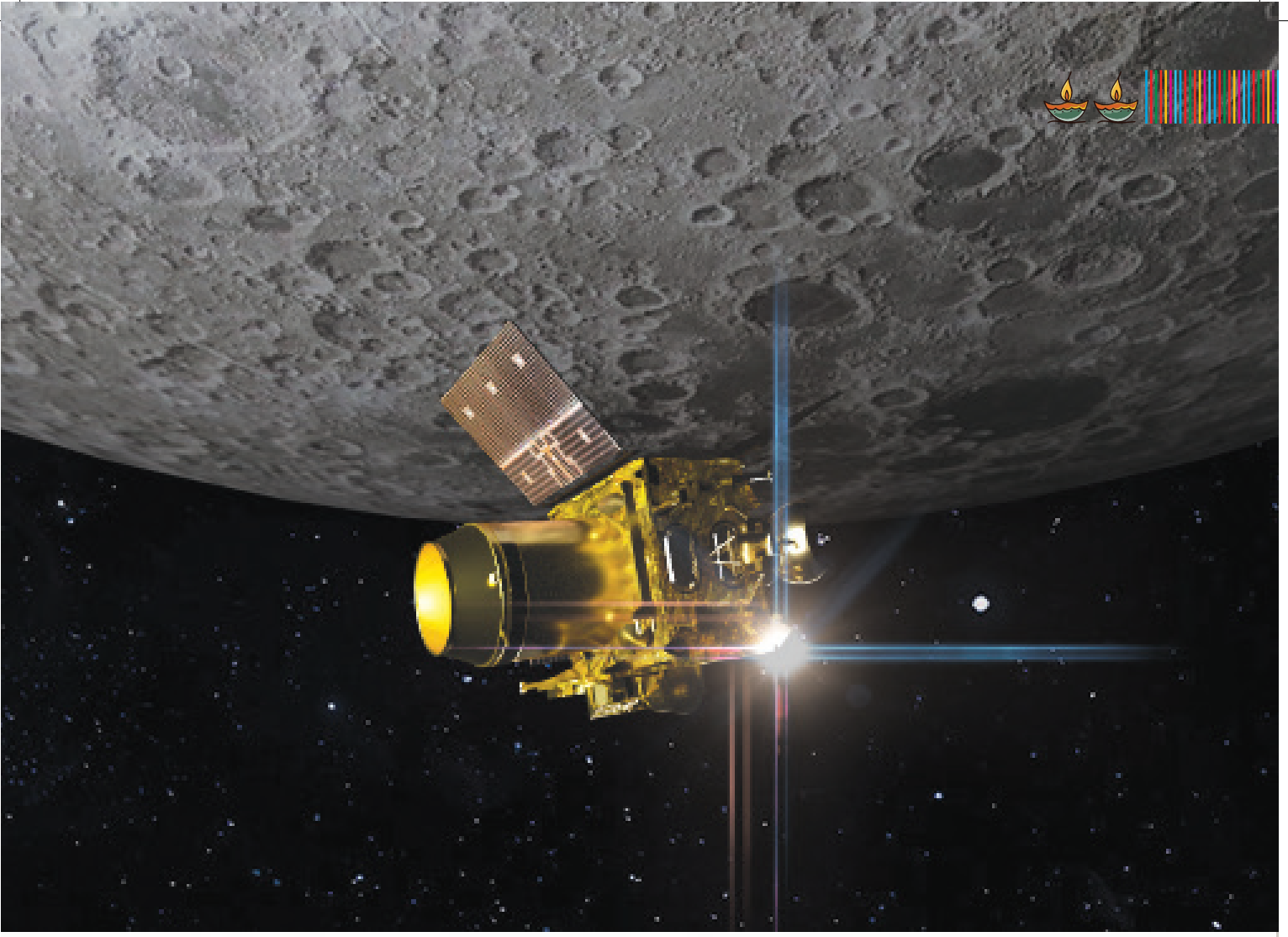
**चांद्रयान-२**च्या संदर्भात या काही महत्त्वाच्या गोष्टी लक्षात घेऊया-

- २२ जुलै २०१९ या दिवशी चांद्रयान-२ने आकाशात झेप घेतली. तिथपासून ते चंद्रापासून १०० किमी अंतरावर पोचण्यासाठी त्यानं अवकाशातील जवळपास चार लाख किमीचा प्रवास यशस्वीपणे केला.

- या मोहिमेनं संपूर्ण देशभरातल्या नागरिकांमध्ये कमालीची उत्सुकता निर्माण केली. ज्यांचा अवकाशविज्ञानाशी संबंध नाही केवळ असेच लोक नाहीत, तर ज्यांचा एकंदरच विज्ञानाशी संबंध नाही, अशा लोकांमध्येसुद्धा या मोहिमेनं कुतूहल जागं केलं. त्यांच्यामध्ये सजगता

निर्माण केली. विज्ञानाबद्दलची जाणीवजागृती हे या मोहिमेचं सर्वात मोठं यश आहे.

- चंद्राभोवती फिरत राहणारा ऑर्बिटर (भ्रमणयान), त्याच्या पोटात असणारा विक्रम हा लँडर (अवतरणयान) आणि त्याच्या पोटात असणारा प्रज्ञान हा रोव्हर (संचारयान) हे पृथ्वीपासून निघून चंद्राभोवतीच्या १०० किमीच्या कक्षेत पोचेपर्यंतच नाही, तर त्यानंतर भ्रमणयानाच्या पोटातून विक्रम हे अवतरणयान यशस्वीपणे बाहेर पडून त्याचा चंद्रापासून ३३५ मीटर अंतरावर पोचेपर्यंतचा प्रवास बिनचूक झाला. (भ्रमणयान, अवतरणयान, संचारयान हे शब्द आपले लेखक डॉ. बाळ फोंडके यांचे आहेत.)



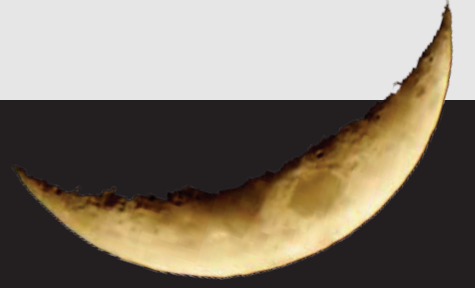
• भ्रमणयान चंद्राच्या भोवती फिरत राहणार आहे आणि त्याच्यामध्ये असणारी विविध उपकरणं, चंद्राचे नकाशे, त्याच्यावरील खनिजं, पाणी आदी गोष्टींचा शोध घेत राहणार आहे. ती माहिती आपल्याला पाठवत राहणार आहे.

या चार गोष्टी आपल्याला सांगतात की, चांद्रयान-२ मोहिमेने मोठंच यश आपल्या पदरात टाकलं आहे. विक्रम हे अवतरणयान (लँडर) त्याच्या पोटातल्या 'प्रज्ञान' या संचारयानासह (रोव्हर) चंद्राच्या दक्षिण ध्रुवप्रदेशात अलगदपणे उतरलं असतं, तर त्यानं या मोहिमेच्या यशाचा कळस गाठला असता. त्यात आपल्याला यश मिळालं नसलं, तरी वरील चार गोष्टींचा विचार

करता आपल्याला मिळालेलं यश हे नाउमेद होण्यासारखं नाही.

काही गोष्टींची उजळणी केली की, आपल्याला अभिमान बाळगाव्यात अशा गोष्टी आठवतील. म्हणजे असं की, या मोहिमेची आखणी करण्यात आली तेव्हा आपल्याकडे असणाऱ्या साधनसंपत्तीची स्पष्ट कल्पना आपल्या शास्त्रज्ञांना होती. त्यामुळेच चांद्रयान-२ चंद्राकडे पाठवण्याच्या योजनेपासूनच आपल्या शास्त्रज्ञांनी कमीत कमी खर्चात अधिकाधिक यश कसं मिळवता येईल याकडे लक्ष दिलं होतं आणि ते तंतोतंत अमलातही आणलं होतं. म्हणजे असं की, भारताकडे आजमितीला तरी आपलं चांद्रयान

# फिर मिलेंगे, चंद्रामामा!



**प्रेक्षकांचा** जीव डोळ्यांत गोळा झाला होता. सचिन तेंडुलकरच्या नव्याण्णव धावा झाल्या होत्या. आता फक्त एक धाव आणि शतक पुरं होणार...! इतक्यात... सचिन आउट झाला!

सचिनच्या चाहत्यांना अतिशय दुःख झालं. पण आंतरराष्ट्रीय सामन्याच्या खडतर कसोटीत नव्याण्णव धावा करणं हादेखील फार मोठा पराक्रम होता. तो सामना जिंकण्यातही त्या धावा मोलाच्याच होत्या.

‘चांद्रयान-२’ चंही तसंच आहे. विक्रम-प्रज्ञान दुक्कल चंद्रावर स्थानापन्न होणं अत्यंत कठीण होतं. वैज्ञानिकांना ते अपयश अनपेक्षित नव्हतं. काही महिन्यांपूर्वी इस्राएलचं चंद्रावतरण त्याच टप्प्यावर फसलं होतं. पण त्या थोर अपयशाची उत्तुंग पायरी गाठणं हेच केवढं असामान्य यश आहे, हे विसरून चालणार नाही. पृथ्वीभोवतीची लंबवतुर्ळाकार भ्रमणकक्षा वाढवत नेऊन नेमक्या वेळी चंद्राकडे झेप घेणं, चंद्राभोवती फिरताफिरता उतरत जाणं, भ्रमणयानातून चंद्रभूमीकडे उडी घेणं हा अनेक टप्प्यांचा अवघड प्रवास होता. त्यातला प्रत्येक टप्पा हा तंत्रज्ञान, व्यवस्थापन आणि देशप्रेमही पणाला लावून मिळवलेला महान विज्ञानविजय होता. त्यांच्यातले बाकी सगळे टप्पे इस्राएलने जिंकले आहेत. विक्रम-प्रज्ञानबरोबर गेलेलं भ्रमणयान चंद्राभोवती फिरत राहून पृथ्वीकडे सतत माहितीही पाठवणारच आहे. यशाचं पारडं जड आहे. या अनुभवाच्या जोरावर पुढची चांद्रमोहीम आखायची आहे. प्रत्येक अपयशातून सकारात्मक धडा घेत पुढे जाणं हेच विज्ञानाचं ब्रीद आहे.

यावेळी चंद्रामामाच्या वाड्याच्या दारावर आपण टकटक केलं. पुढच्या वेळी घंटा वाजवून मुक्कामाला जायचं आहे.

-डॉ. उज्वला दळवी

ujjwalahd9@gmail.com

थेट चंद्राच्या मार्गावर सोडण्यासाठी लागणारं प्रचंड शक्तिशाली रॉकेट नाही. त्यामुळेच इस्राएलने आपलं यान चंद्राच्या मार्गावर सोडण्यासाठी लांब वळणाचा मार्ग निवडला. तो निवडल्यामुळे यानाला हव्या त्या दिशेने मार्गस्थ करण्यासाठी पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणशक्तीचा उपयोग करून घेता येणार होता. त्याप्रमाणे चार टन वजन अवकाशात घेऊन जाण्याची क्षमता असणारं आणि ४३.४

मीटर उंचीचं (१४ मजली इमारतीच्या उंचीइतकी उंची) जीएसएलव्ही-एमके ३ हे रॉकेट ३.८ टन वजनाच्या चांद्रयान-२ला घेऊन २२ जुलैला अवकाशात झेपावलं. या रॉकेटने चांद्रयान-२ला ‘जिओसिन्क्रोनस ट्रान्सफर ऑर्बिट’मध्ये नेऊन सोडलं. या भूस्थिर कक्षेमध्ये पृथ्वीभोवती अंडाकृती प्रदक्षिणा घालणाऱ्या यानाला चार टप्प्यांमध्ये पृथ्वीपासून अधिकाधिक दूर नेण्यात

आलं. प्रदक्षिणा घालताना एकदा पृथ्वीच्या सर्वांत जवळ यायचं आणि नंतर अधिकाधिक लांबवर जायचं. अशा कक्षेमध्ये फिरता फिरता यान पृथ्वीपासून सर्वांत दूरवरच्या टप्प्यापर्यंत गेलं आणि तिथून चंद्राकडे जाण्याचा सरळसोट मार्ग लागला की, यानाला अधिक गती देऊन चंद्राकडे मार्गस्थ करायचं, अशी योजना इस्रोने आखली होती. ती पूर्णपणे यशस्वी झाली. अवकाशात झेप घेतल्यापासून ते चौथ्या टप्प्यापर्यंत यानाला नेण्यासाठी त्यावरची इंजिन थोडा थोडा वेळ चालू करण्यात आली आणि यानाला आवश्यक ती गती देण्यात आली. यान चंद्राजवळ पोचल्यानंतरसुद्धा चंद्राच्या गुरुत्वाकर्षणाचा उपयोग करून यान चंद्राच्या कक्षेत नेण्यात आलं.

याचाच अर्थ सगळं कसं ठरल्याप्रमाणं होत होतं. ४ ऑगस्टला चंद्रयानाने काढलेलं पृथ्वीचं पहिलं छायाचित्र आपल्याला पाहायला मिळालं. २० ऑगस्टला यान चंद्राच्या कक्षेमध्ये पोचलं. २२ ऑगस्टला चंद्रयानाकडून चंद्राची छायाचित्रं पृथ्वीकडे पाठवण्यात आली. हळूहळू यान चंद्राच्या अधिकाधिक जवळ जाऊ लागलं. त्यासाठी त्याची चंद्राभोवती प्रदक्षिणा घालण्याची कक्षा बदलण्यात येत होती. लाखो किमी दूरवरच्या 'कक्षांतरा'ची ही अवघड, गुंतागुंतीची कामगिरीही नीटपणे पार पडली. अखेरीस यान चंद्राच्या अगदी जवळ पोचलं आणि भ्रमणयानाच्या पोटातून 'विक्रम' हे अवतरणयान बाहेर काढण्यात इस्रोला यश आलं. याच विक्रमच्या पोटात 'प्रज्ञान' नावाचं संचारयान आहे. त्या गाडीसह विक्रमचा प्रवास चंद्राच्या दिशेने सुरू झाला. चंद्राच्या भूमीवर तो सुखरूपपणे उतरावा यासाठी त्याचा वेग कमी कमी करण्यात येत होता. त्यासाठी विक्रममध्ये असलेल्या कॉम्प्युटरच्या आज्ञेनुसार सारी कामं सुरू होती. आता विक्रम चंद्रापासून जवळपास दोन किमी

अंतरावर आला. आता त्याचा वेग अधिक कमी करणं आवश्यक होतं. त्यासाठी त्याच्यावरची यंत्रणा जागी करण्यात आली. बूस्टर प्रज्वलित केली गेली. दुर्दैवाने याच टप्प्यात काहीतरी गडबड झाली आणि विक्रम चंद्रापासून ३३५ मीटर अंतरावर असताना तो एकाएकी त्याच्या ठरलेल्या मार्गापासून दूर झाला. एका बातमीनुसार तो डुगडुगू लागला. त्याच्या झोकांड्या जाऊ लागल्या.

त्यामुळे अनपेक्षितपणे त्याची स्थिती 'खाली डोकं, वर पाय' अशी झाली. परिणामी, प्रज्वलित केलेल्या बूस्टरने त्याचा वेग कमी होण्याच्या ऐवजी वाढला आणि चंद्रावर अलगदपणे उतरण्याच्या ऐवजी तो वेगाने जाऊन आदळला. 'विक्रम' आपल्या मार्गापासून काढला, त्याच्या झोकांड्या का गेल्या, याचा शोध घेण्यात येईल आणि यापुढच्या मोहिमांमध्ये आवश्यक त्या सुधारणा केल्या जातील.

सहाशे वर्षांपूर्वीपर्यंत माणूस अथांग सागराच्या मोहिमा आखत होता, त्या नवीन जमिनीच्या शोधात. कुसुमाग्रजांच्या कवितेतील-

चला उभारा शुभ्र शिडे ती गर्वांने वरती।

कथा या खुळ्या सागराला।

अनंत अमुची ध्येयासक्ती अनंत अन् आशा।

किनारा तुला पामराला!

या वृत्तीनं शोध-ध्यास घेणाऱ्या कोलंबसाला अमेरिका गवसली आणि वास्को-द-गामाला भारतात येण्याचा सागरीमार्ग सापडला. एकविसाव्या शतकात खरोखरीच्या अथांग अवकाशाचा मागोवा घेतला जात आहे. तसा तो घेताना आपण हीच वृत्ती बाळगली पाहिजे.

-श्रीराम शिधये

shriramshidhaye@gmail.com

(ज्येष्ठ पत्रकार व विज्ञान लेखक)