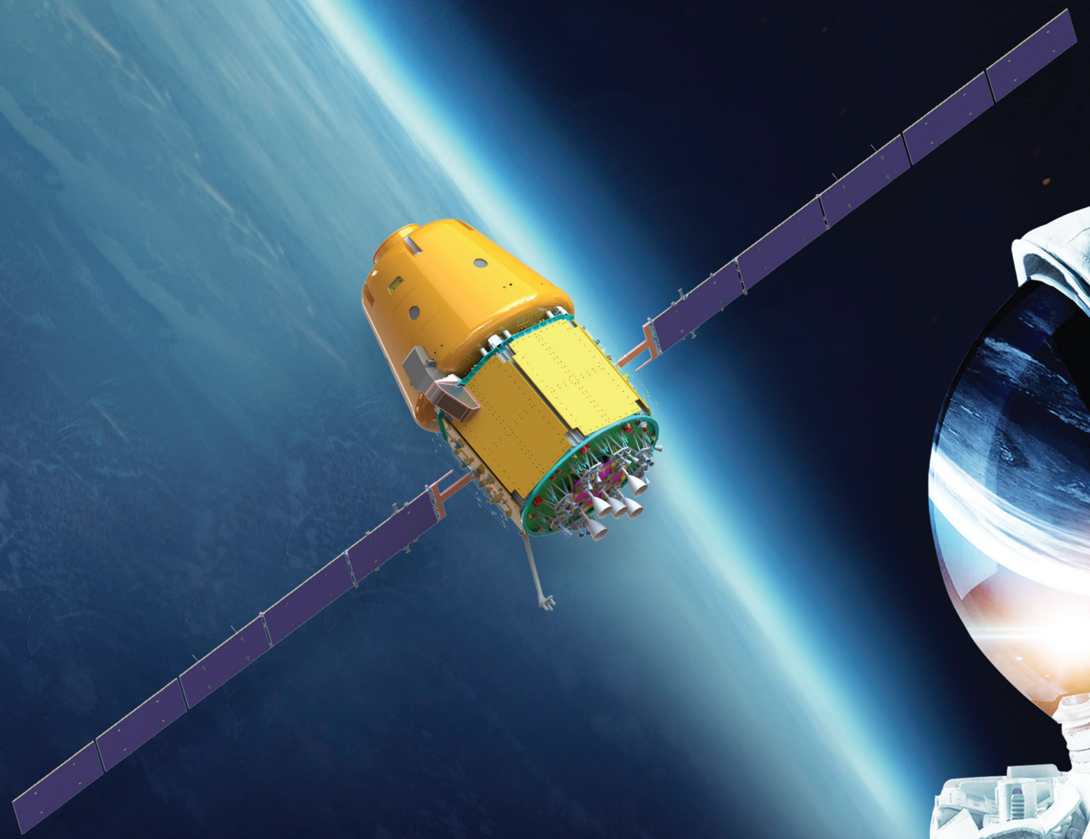
एच.एस.एफ.सी.

समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र
अंतरिक्ष विभाग, भारत सरकार, अंतरिक्ष भवन, न्यू बी.ई.एल. रोड
बेंगलूरु-560094, द्वारा प्रकाशित

तकनीकी संगोष्ठी-2023

लेख संग्रह

समानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम : गगनयान और उससे आगे



समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र
यू.आर.एस.सी. एवं लियोस
बैंगलूरु

गगनयान टीवी-डी -1 मिशन की सफलता

गगनयान टीवी-डी 1 मिशन की सफलता के साथ पहला मील का पत्थर पारः देश के समानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम के उद्देश्य को कार्यान्वित करने हेतु 30 जनवरी, 2019 को एच.एस.एफ.सी. का गठन, भारतीयों को अंतरिक्ष में ले जाने और उन्हें भारतीय समुद्री जल में उतारकर सुरक्षित रूप से पृथ्वी पर वापस लाने की परिकल्पना को साकार करने के लिए किया गया है। 'गगनयान' एच.एस.एफ.सी. की पहली परियोजना है। 21 अक्टूबर, 2023 को टीवी-डी1 मिशन के सफल परीक्षण के साथ ही इस गगनयान मिशन के पहले मील के पत्थर को पार किया गया। इस मिशन से संबंधित तैयारियाँ और इसके सफल आयोजन की कुछ झलकियाँ यहाँ प्रस्तुत है

पूल-बी की हिंदी तकनीकी संगोष्ठी

(समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र (एच.एस.एफ.सी.), यू.आर.राव उपग्रह केंद्र(यू.आर.एस.सी.) एवं लियोस)

2023

लेख-संग्रह

समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र,

बेंगलूरु

<u>हिंदी तकनीकी संगोष्ठी आयोजन समिति / Hindi Technical Seminar Organisation Committee</u>

S. N.	Name	Role
01	गोविंदराजू एन. एस., नियंत्रक, एच.एस.एफ.सी. Govindaraju, N S, Controller, HSFC	अध्यक्ष Chairman
02	श्री आर.हट्टन, परियोजना निदेशक, गगनयान Sri R.Hutton, Project Director, Gaganyaan	उपाध्यक्ष Vice-Chairman
03	श्री के.कुमार, उप निदेशक, एच.एफ.एम.ई. Sri K. Kumar, Dy. Director, HFME	सदस्य Member
04	डॉ.गीताईकृष्णन सी., उप निदेशक, एस.आर.क्यू. Dr.Geethaikishnan C, DD, SRQ	सदस्य Member
05	श्री ज़ेवियर राजा के., उप निदेशक, ए.एस.टी.आर.ई. Sri Xavier Raja K, DD, ASTRE	सदस्य Member
06	श्री इम्तियाज़ अली खान, निदेशक, डी.एच.एस.पी., इसरो Sri Imtiaz Ali Khan, Director, DHSP, ISRO HQ	सदस्य Member
07	श्री राजेंद्रसिंह ब्याली, समूह निदेशक, एम.एस.ए. Sri Rajendrsingh P Byali, GD, MSA	सदस्य Member
08	श्री अनुराग कुमार सिन्हा, समूह निदेशक, बी.ई.आर.सी.ए.टी. Sri Anurag Kumar Sinha, GD, BERCAT	सदस्य Member
09	श्री हरिहरन के., व.प्रधान, कार्मिक एवं सामान्य प्रशासन Sri Hariharan K, Sr. Head, P&GA	सदस्य Member
10	श्री विजय कुमार, व.प्रधान, लेखा, एवं आं.वि.स. Sri Vijaya Kumar, Sr.Head, Accts/IFA	सदस्य Member
11	श्रीमती सिंधु शैलेष, व.प्रधान, क्रय एवं भंडार Smt Sindhu Shylesh, Sr.Head, P & S	सदस्य Member
12	श्री सुधीर कुमार शुक्ला, वैज्ञा./अभि-एस.एफ., ए.एस.टी.आर.ई. Sri Sudhir Kumar Shukla, Sci/Engg SF, ASTRE	सदस्य Member
13	श्री चिरंजीवी फणींद्रा बी., वैज्ञा./अभि-एस.एफ., एच.एफ. एम.ई. Sri Chiranjeevi Phanindra B, Sci/Engg SF, HFME	सदस्य Member
14	श्रीमती डीनू रानी, उप निदेशक(राजभाषा) Smt. Dinoo Rani /DD(OL)	संयोजक Convener

संपादक समिति /Editorial Committee:

S. N.	Name	Role
01	डॉ. मनीष त्रिखा, वै./अभि.-एस.जी. Dr. Manish Trikha, Sci/Eng-SG	अध्यक्ष Chairman
02	श्री के.जी. विनोद, पी.डी., ई.सी.एल.एस.एस. Sri KG Vinod, PD, ECLSS	उपाध्यक्ष Vice-Chairman
03	श्री अरविन्द कुमार शर्मा, वै./अभि.-एस.जी.,लियोस Sri Arvind Kumar Sharma, SCi/Engr. SG, LEOS	सदस्य Member
04	श्री सुधीर कुमार शुक्ला, वै./अभि.-एस.एफ., ए.एस.टी.आर.ई Sri Sudhir Kumar Shukla, Sci/Engr-SF ASTRE	सदस्य Member
05	श्री सोम शेखरन नायर, सं.नि.(रा.भा.), अं.वि Sri Som Shekharan Niar, JD(OL), DOS	सदस्य Member
06	श्री चिरंजीवी फणींद्र बी, वै./अभि.-एस.एफ., एच.एफ.एम.ई. Sri Chiranjeevi Phanindra B, Sci/Engr-SF HFME	सदस्य Member
07	श्री विवेक कुमार खरे, वै./अभि.-एस.एफ., गगनयान परियोजना Sri Vivek Kumar Khare, Sci/Engr-SF Gaganyaan	सदस्य Member
08	श्री जयंत धाओया, वै./अभि.-एस.एफ., एच.एफ.एम.ई. Sri Jayanta Dhaoya, Sci/Engr-SF HFME, HSFC	सदस्य Member
09	श्री दीपेश कुमार जैन, वै./अभि.-एस.एफ., यू.आर.एस.सी. Sri Deepesh Kumar Jain, Sci/Engr-SF, URSC	सदस्य Member
10	श्री विनोद कुमार गुप्ता, वै./अभि.-एस.एफ., यू.आर.एस.सी. Sri Vinod Kumar Gupta, Sci/Engr-SF, URSC	सदस्य Member
11	श्री अभिषेक झा, डी.एच.एस.पी., इसरो मुख्यालय Sri Abhishek Jha, DHSP, ISRO HQ	सदस्य Member
12	श्रीमती रम्या वी., वै./अभि.-एस.ई., एम.एस.ए, एच.एस.एफ.सी Smt. Ramya V, Sci/Engr-SE MSA, HSFC	सदस्य Member
13	सुश्री पाटिल वैष्णवी प्रभाकर, वै./अभि.-एस.सी., एम.एस.जी. Ku. Patil Vaishnavi Prabhakar, Sci/Engr-SC, MSG,	सदस्य Member
14	श्री रजत कुमार, वै./अभि.-एस.सी., एम.एस.ए., एच.एस.एफ.सी Shri Rajat Kumar, Sci/Engr-SC MSA, HSFC	सदस्य Member
15	श्री बीरेश एन. गुंडूर, पुस्तकालय सहायक, एच.एस.एफ.सी Sri Beeresh N Gundur, Lib. Asst., HSFC	संयोजक Convener

क्रय और लॉजिस्टिक समिति/Purchase and Logistic Committee:

S. N.	Name	Role
01	श्री मैथ्यु जॉर्ज, वै./अभि.-जी Sri Mathew George, Sci/Eng-G	अध्यक्ष Chairman
02	श्री बोल्लिनेनी नागराजु, स.नि., एम.एस.जी. Sri Bollineni Nagaraju, GD, MSG	उपाध्यक्ष Vice-Chairman
03	श्री राजेंद्रसिह पी ब्याली, स.नि., एम.एस.ए. Sri Rajendrasingh P Byali, GD, MSA	सदस्य Member
04	श्री आनंद तीर्थ, वै./अभि.-एस.एफ., एम.एस.ए. Sri Anand Thirtha, Sci/Engr-SF, MSA	सदस्य Member
05	श्री मोहना, प्रधान, सी.एम.जी. Sri Mohana, Head, CMG, HSFC	सदस्य Member
06	श्रीमती मीनाक्षी सुंदरी, व.लेखाअधि. Smt Meenakshi Sundari, Sr A/c Off, HSFC	सदस्य Member
07	श्री सर्वनन वी, व. क्रय अधिकारी Sri Saravanan V, Sr Pur. Off, HSFC	सदस्य Member
08	श्री चंद्र शेखर एन., व.प्रशा.अधि. Sri Chandra Sekhar N, SAO, HSFC	सदस्य Member
09	श्री अभिजीत किबे, डी.एच.एस.पी., इसरो मुख्यालय Sri Abhijit Kibe, DHSP, ISRO HQ	सदस्य Member
10	श्री निकेश, कैंटीन पर्यवेक्षक, इसरो मुख्यालय Sri Nikesh, Canteen Supervisor, ISRO HQ	सदस्य Member
11	श्रीमती. सीना राजेंद्रन, उप निदेशक(रा.भा.), यू.आर.एस.सी Smt.Seena Rajendran, DD(OL), URSC	सदस्य Member
12	श्रीमती डीनू रानी उप निदेशक(रा.भा.), Smt. Dinoo Rani, DD(OL)	सदस्य Member
13	श्री सुदर्शन ए. एस., प्रशा.अधिकारी, इसरो मुख्यालय Sri Sudarshan AS, AO, ISRO HQ	संयोजक Convener

सोमनाथ. एस
SOMANATH. S

सत्यमेव जयते
भारत सरकार
GOVERNMENT OF INDIA

अध्यक्ष, अंतरिक्ष आयोग
व
सचिव, अन्तरिक्ष विभाग
Chairman, Space Commission
&
Secretary, Department of Space

संदेश

यह अत्यंत गौरव की बात है कि समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र, बेंगलूरु द्वारा 30 जनवरी, 2024 को **"समानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम गगनयान और उसके आगे"** विषय पर एक-दिवसीय हिंदी तकनीकी संगोष्ठी का आयोजन किया जा रहा है। आप सभी जानते हैं कि अंतरिक्ष विभाग में सर्वप्रथम 1986 में हिंदी में तकनीकी संगोष्ठी के आयोजन की शुरुआत हुई। अंतरिक्ष विभाग अपने अंतरिक्ष कार्यक्रम के अधिदेश के अनुसार वैज्ञानिक गतिविधियों को भलीभांति पूरा करते हुए भारत सरकार की राजभाषा नीति के अनुसरण में राजभाषा हिंदी के प्रचार-प्रसार में पूर्णतया समर्पित है। हाल ही में चंद्रयान-3 एवं आदित्य एल.-1 जैसे वैज्ञानिक मिशनों की अभूतपूर्व सफलता के बाद भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन पूरे विश्व में चर्चा का विषय बना हुआ है। आज हर वैज्ञानिक, छात्र तथा हर आम नागरिक में समानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम-गगनयान को लेकर बड़ी जिज्ञासा है और हो भी क्यों न, इसरो ने पूर्ण समर्पण और प्रतिबद्धता से अपने वैज्ञानिक मिशनों में सतत सफलता जो हासिल की है।

अंतरिक्ष विभाग में विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी के प्रासंगिक विषयों पर हिंदी तकनीकी संगोष्ठी के आयोजन का काफी लंबा सफर रहा है। इन निरंतर प्रयासों के दौरान हिंदी लेखन में गुणात्मक बढ़ोत्तरी हुई है, जिसका प्रमाण लेखकों से प्राप्त उत्कृष्ट लेख हैं, जिसे आप लेख संग्रह में देख पाएंगे।

मुझे आशा है कि इस एक-दिवसीय संगोष्ठी में समानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम गगनयान और उससे संबंधित सभी महत्वपूर्ण पहलुओं पर विस्तृत एवं गहन चर्चा होगी तथा विचारों का आदान-प्रदान होगा। सभी लेखकों एवं आयोजन समिति के सभी सदस्यों को बहुत-बहुत बधाई।

संगोष्ठी के सफल आयोजन के लिए मेरी हार्दिक शुभकामनाएं।

दिनांक: 18, जनवरी 2024

(सोमनाथ एस.)

अन्तरिक्ष भवन, न्यू बी ई एल रोड, बेंगलूर – 560 094, भारत
दूरभाष : +91-80-2341 5241, 2217 2333 • फैक्स : +91-80-2341 5328, 2351 8551
Antariksh Bhavan, New BEL Road, Bangalore - 560 094, India
Telephone : +91-80-2341 5241, 2217 2333 • Fax : +91-80-2341 5328, 2351 8551 • e-mail : secydos@isro.gov.in / chairman@isro.gov.in

भारत सरकार
अंतरिक्ष विभाग
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र
इसरो मुख्यालय
बेंगलूरु094 560-
न्यू बी. ई. एल. रोड ,बेंगलूरू- 560 094, भारत
दूरभाष (का.) : + 91 80 2217 2601
फैक्स : + 91 80 2351 3304
ई.मेल : director-hsfc@isro.gov.in

Government of India
Department of Space
Indian Space Research Organisation
Human Space Flight Centre
ISRO Headquarters
New BEL Road, Bengaluru-560094, INDIA
Tel: +91 80 2217 2601
Fax: +91 80 2351 3304
e-mail: director-hsfc@isro.gov.in

मोहन म / Mohan M
विशिष्ट वैज्ञानिक एवं निदेशक
Distinguished Scientist & Director

संदेश

भारत के अंतरिक्ष कार्यक्रम के जनक डॉ. विक्रम साराभाई ने यह स्वप्न देखा था कि "भारत को आम जनता के लाभार्थ अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के उपयोग में किसी भी देश से पीछे नहीं रहना चाहिए....."। उनके इस दूरदर्शी लक्ष्य की पूर्ति में अंतरिक्ष विभाग, सदा से ही अपने अंतरिक्ष अभियानों के जरिए समाज के लिए कल्याणकारी कार्यों में लगा हुआ है।

आज, हम, अन्य ग्रहों में जीवन की संभाव्यता, पृथ्वी से परे अन्यत्र मनुष्य के रहने लायक स्थान तलाश रहे हैं और अन्य ग्रहों पर बस्तियाँ बसाने पर भी विचार कर रहें हैं। भारत कहीं अन्य देशों से पिछड़ न जाए इसलिए हम भी अत्याधुनिक प्रौद्योगिकी में स्वायतत्ता हासिल करना चाहते हैं।

अंतरिक्ष विभाग के भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो), के तहत समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र (एच.एस.एफ.सी.) की स्थापना 30 जनवरी 2019 को हुई। इसका मुख्य उद्देश्य है : मानव को अंतरिक्ष में ले जाना और सुरक्षित रूप से उसे पृथ्वी पर वापस लाना। इसी को साकार करने में "गगनयान परियोजना" की संकल्पना की गई है और जल्द ही, एच.एस.एफ.सी., अपने गगनयान मिशन में भारतीय को अंतरिक्ष में भेजेगा। भारत सरकार ने भी हाल ही में, वर्ष 2035 तक भारतीय अंतरिक्ष स्टेशन तैयार कर, अभिचालित करने और वर्ष 2040 तक भारतीय को चंद्रमा पर भेजने की घोषणा की है। आने वाले कुछ वर्षों में, इन लक्ष्यों को हासिल करने हेतु एच.एस.एफ.सी. इन मानव केंद्रित मिशनों के लिए अपेक्षित सुविधाओं को स्थापित करने एवं मानव संसाधन जुटाने में मुख्य भूमिका निभाएगा ताकि अंतरिक्ष में मानव की दीर्घकाल तक उपस्थिति बनाये रखने में भारत को सक्षम बनायेगा।

आज, समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र हिंदी तकनीकी संगोष्ठी का आयोजन कर रहा है, जिसका विषय है : "समानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम – गगनयान और उससे आगे "। हिंदी में तकनीकी संगोष्ठी के आयोजन का प्रचलन इसरो की एक अद्वितीय परंपरा रही है। इस लेख-संग्रह में संगोष्ठी में प्रस्तुत किए जाने वाले लेखों का संग्रह है। हिंदी में इस प्रकार के आयोजन से न केवल भाषा का प्रचार-प्रसार होगा बल्कि इससे हिंदी में तकनीकी लेखन भी बढ़ेगा जिससे देश-भर के विद्यार्थियों तथा युवाओं लिए अधिक अवसर बनेंगे। मुझे प्रसन्नता है कि यह केंद्र इस वर्ष 30 जनवरी को हिंदी तकनीकी संगोष्ठी का आयोजन कर रहा है जो कि और भी ज्यादा हर्ष का विषय है क्यों कि केंद्र अपने गठन की पाँचवीं वर्षगाँठ भी मना रहा है।

वर्तमान संदर्भ में संगोष्ठी का विषय "समानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम : गगनयान और उससे आगे" बहुत समीचीन लगता है।

मुझे, आशा और विश्वास है कि इस संगोष्ठी में बहुत महत्वपूर्ण व सार्थक चर्चा होगी तथा कई प्रौद्योगिकियों पर विचार-मंथन होगा जिससे विभिन्न नए विचार एवं संकल्पनाएँ उजागर होंगी। मैं, संगोष्ठी के आयोजकों को इस कार्यक्रम की सफलता के लिए हार्दिक शुभकामनाएँ देता हूँ।

धन्यवाद,

म. मोहन
निदेशक

भारत सरकार
अंतरिक्ष विभाग
समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
इसरो मुख्यालय
न्यू बी ई एल रोड, बेंगलूरु – 560 094, भारत
दूरभाष : +91-80-2217 2132(O)
फैक्स : +91-80-2341 5229
ई–मेल : govind-hsfc@isro.gov.in

Government of India
Department of Space
Human Space Flight Centre
Indian Space Research Organisation
ISRO Headquarters
New BEL Road, Bengaluru - 560 094, INDIA
Tel(Off) : +91-80-2217 2132(O)
Fax : +91-80-2341 5229
e-mail : govind-hsfc@isro.gov.in

गोविंदराजु एन. एस. भा.प्र.से.
GOVINDARAJU N S, I.A.S
नियंत्रक / Controller

संदेश

भारत सरकार के अनुदेशों तथा राजभाषा नीति के अनुसार, इसरो के केंद्र/यूनिट नियमित रूप से हिंदी में तकनीकी संगोष्ठियों का आयोजन करते हैं ताकि हिंदी में तकनीकी साहित्य का सृजन हो सके जिससे भविष्य में उच्च शिक्षण में विज्ञान की पुस्तकें हिंदी में तैयार की जा सकें। कहने की आवश्यकता नहीं कि इससे देश भर के विद्यार्थियों तथा युवाओं में वैज्ञानिक प्रवृत्ति बढ़ेगी क्योंकि हिंदी भाषा देश में सर्वाधिक बोली जाने वाली भाषा है।

भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम का मुख्य लक्ष्य है समाजार्थिक लाभ प्रदान करना और इस उद्देश्य की पूर्ति की दिशा में, इसरो निरंतर अग्रसर है। यह भी आवश्यक हो जाता है कि समाज के लाभार्थ किए जा रहे कार्यों से संबंधित जानकारी समाज अर्थात्, आम जनता तक पहुँचे।

मुझे अतीव प्रसन्नता है कि इसी उद्देश्य को ध्यान में रखते हुए और अंतरिक्ष विभाग की परंपरा का निर्वहन करते हुए समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र में, आज, 30.01.2024 को हिंदी में "***भारत का समानव अंतरिक्ष कार्यक्रम – गगनयान और उससे आगे***" विषय पर तकनीकी संगोष्ठी का आयोजन किया जा रहा है। साथ ही, संगोष्ठी में प्रस्तुत लेखों का संग्रह भी प्रकाशित किया गया है। इसे आम जनता के लिए केंद्र एवं विभाग की वेबसाइट पर अपलोड किया जाएगा ताकि आम जनता को समानव अंतरिक्ष संबंधी गतिविधियों की जानकारी उनकी आपनी भाषा में, सरल रूप में परोसी जा सके क्यों कि पहले तो विज्ञान ही एक जटिल विषय है और उस पर भी अंतरिक्ष विज्ञान! इसलिए जब तक आम जनता को सामग्री उनकी अपनी भाषा में प्राप्त नहीं होगी, वह इन जटिल विषयों से और वैज्ञानिक उपलब्धियों से अनभिज्ञ ही रहेगी क्यों कि हमारे देश की अधिकांश आबादी हिंदी अथवा अन्य प्रादेशिक भाषाओं के माध्यम से ही प्राथमिक व मध्यमकि शिक्षा ग्रहण करती है भले ही, उच्च शिक्षा का माध्यम अंग्रेजी हो। भारत सरकार का भी यह प्रयास है कि वैज्ञानिक विषयों और उपलब्धियों की जानकरी आम जनता तक सरल भाषा में पहुँचाई जाए।

इस प्रकार के आयोजन हिंदी भाषा के प्रचार-प्रसार में और राजभाषा के उद्देश्य व लक्ष्य प्राप्ति में भी सहायक होंगे। मैं, संगोष्ठी की सफलता की मंगल कामना करता हूँ।

शुभकामनाओं सहित,

गोविंदराजू एन.एस., भारतीय प्रशासनिक सेवा

भारत सरकार
अंतरिक्ष विभाग
यू.आर. राव उपग्रह केन्द्र
पोस्ट बॉक्स नं. १७९५, हवाई पत्तन मार्ग
विमानपुरा डाक घर, बेंगलूर - ५६० ०१७. भारत
दूरभाष : + 91 80 2520 5252
+ 91 80 2508 2102
फैक्स : + 91 80 2520 5251

सत्यमेव जयते

Government of India
Department of Space
U.R. RAO SATELLITE CENTRE
Post Box. No. 1795, Airport Road, Vimanapura Post
Bangalore - 560 017. India
Telephone : + 91 80 2520 5252
+ 91 80 2508 2102
Fax : + 91 80 2520 5251

एम. शंकरन
M.SANKARAN
विशिष्ट वैज्ञानिक/DISTINGUISHED SCIENTIST
निदेशक/DIRECTOR

संदेश

गगनयान मिशन की सफलता, अंतरिक्ष में निरंतर समानव उपस्थिति स्थापित करने के भारत के दीर्घकालिक लक्ष्यों को प्राप्त करने का मार्ग प्रशस्त करेगी। गगनयान मिशन भविष्य के भारतीय समानव अन्वेषण मिशन के लिए आवश्यक प्रौद्योगिकी, अवसंरचना और विशेषज्ञता के विकास के लिए आधार तैयार कर रहा है। जैसे-जैसे हम सीमाओं को आगे बढ़ाते जा रहे हैं, इसरो 2035 तक भारतीय अंतरिक्ष स्टेशन (BAS) स्थापित करने और 2040 तक भारत के चंद्रमा पर उतरने की दिशा में कदम उठा रहा है।

डॉकिंग और बर्थिंग प्रणाली, रोबोटिक्स और स्वचालन, नोदन प्रणाली, पावर प्रणाली, उन्नत प्रमोचन यान, कक्षीय समाकलन और उत्पादन, प्रतिचयन वापसी प्रणाली, हैबिटेंट मॉड्यूल, पर्यावरण नियंत्रण और जीवन समर्थन प्रणाली, विकिरण और मलबा संरक्षण प्रणाली इत्यादि जैसे क्रांतिक अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी का विकास स्वास्थ्य और चिकित्सा, सामग्री विज्ञान, ऊर्जा प्रणाली, परिवहन, संचार आदि जैसे अन्य क्षेत्रों में स्पिन ऑफ करने की भारत की वैज्ञानिक प्रगति में योगदान देने की क्षमता रखते हैं। ये विकास न केवल अंतरिक्ष अन्वेषण में महत्वपूर्ण मील का पत्थर है, बल्कि देश की आर्थिक वृद्धि, भारतीय अंतरिक्ष उद्योगों को बढ़ावा देने और स्टेम (STEM) शिक्षा और अनुसंधान को प्रोत्साहित करने पर भी गहरा प्रभाव डालती हैं।

जैसा कि हम गगनयान और उससे आगे चंद्रमा पर उतरने की दृष्टि के साथ इस यात्रा पर निकल रहे हैं, आइए भारत की अंतरिक्ष यात्रा में इस महत्वपूर्ण कदम का जश्न मनाएं जो विभिन्न वैज्ञानिक और प्रौद्योगिकी क्षेत्रों में विकास के रास्ते खोलेगा और इस प्रकार वैश्विक क्षेत्र में भारत की स्थिति को मजबूत करेगा। इस संदर्भ में **"मानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम - गगनयान और उससे आगे"** विषय पर हिंदी तकनीकी संगोष्ठी एक प्रशंसनीय प्रयास है। स्वभाषा में स्वदेशी मिशनों का कार्यान्वयन एवं प्रचार प्रसार सराहनीय उपलब्धि है। तकनीकी संगोष्ठी के आयोजन समिति एवं लेखकों को शुभकामनाएं।

एम. शंकरन

एम. शंकरन
निदेशक, यू.आर.एस.सी

भारत सरकार
अंतरिक्ष विभाग
विद्युत - प्रकाशिकी तंत्र प्रयोगशाला (लियोस)
पहला क्रास, पहला स्टेज, पीण्या औद्योगिक एस्टेट
बेंगलूर - 560 058. भारत
दूरभाष : +91-80-28396470, 28371286-87
फैक्स : +91-80-28392304

Government of India
Department of Space
Laboratory for Electro-Optics Systems (LEOS)
1st Stage, 1st Cross, Peenya Industrial Estate,
Bangalore - 560 058. India
Telephone : +91-80-28396470, 28371286-87
Fax: +91-80-28392304

डॉ.के.वि.श्रीराम / Dr. KV Sriram
निदेशक / Director

संदेश

****

मुझे यह कहते हुए अत्यंत खुशी हो रही है कि अन्तरिक्ष विभाग के पूल -बी के केन्द्रों में से इस बार एच. एस. एफ .सी., बेंगलूरु को हिन्दी तकनीकी संगोष्ठी के आयोजन का अवसर प्राप्त हुआ है । जिसमें एच.एस.एफ.सी. के साथ यू.आर.एस.सी. तथा लियोस की प्रतिभागिता है । संगोष्ठी का विषय **" समानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम – गगनयान और उससे आगे "** रखा गया है जो वर्तमान परिपेक्ष में अत्यंत प्रासंगिक एवं उपयुक्त है । इस संगोष्ठी में तकनीकी आलेखों पर चर्चा की जाएगी । यद्यपि तकनीकी लेख हिन्दी में लिखना कठिन है परंतु असंभव नहीं है । इसरो की गतिविधियों का मूल केंद्र आम आदमी है अस्तु हिन्दी हीं वह माध्यम है जिसके द्वारा संस्था की गतिविधियों को जन-जन तक पहुंचाया जा सकता है ।

मुझे आशा और पूर्ण विश्वास है कि लेखों के प्रस्तुतीकरण के दौरान रोचक एवं ज्ञानवर्धक चर्चा होगी जिससे प्रतिभागियों के साथ श्रोतागण भी लाभान्वित होंगे ।

मैं सभी लेखकों को उनके सराहनीय प्रयास हेतु बधाई देता हूँ तथा संगोष्ठी के सफल आयोजन की कामना करता हूँ ।

शुभकामनाओं के साथ ।

(डॉ.के.वि.श्रीराम)
निदेशक, लियोस

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन Indian Space Research Organisation

भारतसरकार
अंतरिक्षविभाग
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन
समानवअंतरिक्षउड़ानकेंद्र
इसरो मुख्यालय
न्यूबी.ई.एल.रोड ,बेंगलूरू-560 094,भारत
दूरभाष (का.): + 91 80 2217 2602
ईमेल :rhutton-hsfc@isro.gov.in

इसरो isro

Government of India
Department of Space
Indian Space Research Organisatio
Human Space Flight Centre
ISRO Headquarters
New BEL Road, Bengaluru-560094,
INDIA
Tel: +91 80 2217 2602
e-mail: rhutton-hsfc@isro.gov.in

आर.हट्टन
परियोजना निदेशक
गगनयान

संदेश

यह अत्यंत हर्ष का विषय है कि समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र हिंदी में तकनीकी संगोष्ठी आयोजित कर रहा है। संगोष्ठी का विषय *"समानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम : गगनयान और उससे आगे"* बहुत प्रासंगिक है। प्रासंगिक इसलिए क्योंकि हाल ही में, सरकार ने घोषणा की है कि वर्ष 2035 तक भारतीय अंतरिक्ष स्टेशन की स्थापना की जानी है और तदुपरांत भारतीय को चंद्रमा पर भेजा जाना है। ऐसे में यह लाज़मी है कि मानव को अंतरिक्ष में ले जाने और उसे सुरक्षित वापस लाने की स्वदेशी मानवानुकूल प्रौद्योगिकियाँ विकसित की जाएँ। अतः, यह और भी आवश्यक हो जाता है कि समानव अंतरिक्ष उड़ान मिशनों से संबंधित विभिन्न विषयों एवं नई प्रौद्योगिकयों पर विचार-विमर्श किए जाएँ। यह संगोष्ठी इन्हीं सब मुद्दों पर सार्थक चर्चा के लिए एक मंच प्रदान करेगी और मुझे विश्वास है कि इससे काफी अच्छे परिणाम सामने आएंगे।

मैं, इस महा आयोजन की सफलता के लिए आयोजन समिति को शुभकामनाएं देता हूँ।

जय भारत, जय विज्ञान।

हट्टन. आर

(आर.हट्टन)

संपादक की कलम से...

अंतरिक्ष विभाग के अंतर्गत, समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र की स्थापना, जैसा कि विधिवत् है, भारतीय मानस को अंतरिक्ष में ले जाने और उसे सुरक्षित वापस लाने की प्रौद्योगिकी का विकास करने और आगे चलकर अंतरिक्ष में, भारतीय अंतरिक्ष स्टेशन की स्थापना करने के उद्देश्य के लिए की गई है।

आज केंद्र की स्थापना के पाँच वर्ष भी पूरे हो रहे हैं। अतः, बहुत विचार -विमर्श के बाद संगोष्ठी के आयोजन हेतु इस दिन पर सहमति बनी।

संगोष्ठी के विषय का चयन भी आयोजन समिति की सूझ-बूझ का परिचायक है। वर्तमान परिदृश्य के अनुरूप हैं यह विषय जब कि पूरा विश्व ही पृथ्वी से दूर किसी अन्य ग्रह पर मनुष्य के रहने योग्य स्थान की तलाश में हैं। एक अत्यंत प्रासंगिक विषय का चयन करने के लिए मैं आयोजन समिति का अभिवादन करता हूँ।

यह संगोष्ठी पूल-बी के सदस्य कार्यालययों के लिए आयोजित की जा रही है, जिसमें एच.एस.एफ.सी के साथ-साथ, यू.आर.एस.सी. तथा लियोस शामिल हैं। संगोष्ठी हेतु कुल 43 लेख प्राप्त हुए और समिति के सभी सदस्यों की सहमति से 36 लेखों को प्रस्तुती के लिए चुना गया, जिनमें से, 12 पोस्टर हेतु चयन किए गए। विषय की व्यापकता के कारण विविध विषयों पर लेख प्राप्त हुए। मैं सभी लेखकों को बधाई व शुभकामनाएं देता हूँ।

सभी लेख अति उत्तम हैं और आपको इस लेख-संग्रह में/इन प्रस्तुतियों में विषय की विविधता देखने को मिलेगी क्यों कि यह विषय है ही इतना व्यापक। इसमें तकनीकी विषय तो हैं ही, साथ ही, मनुष्य की इसमें उपस्थिति के कारण, प्रशिक्षण, जीवन रक्षण, विधि, अंतरिक्ष कानून, इत्यादि मुद्दे भी शामिल हो गए हैं।

इतनी बड़ी संख्या में लेख प्राप्त हुए, जिनकी समीक्षा संपादक मंडल ने बहुत ही धैर्य के साथ की। जहां कहीं आवश्यकता हुई लेखकों को बेहतरीन सुझाव दिए गए। मैं संपादक समिति के धैर्य और अथक प्रयास की सराहना करता हूँ और दिल से उनका अभिनंदन करता हूँ।

मैं, क्रय व लाजिस्टिक्स समिति के प्रयासों का भी जिक्र करना चाहूंगा, जिन्होंने इस संगोष्ठी के सुचारू व सफल आयोजन में अपना भरपूर सहयोग दिया है।

मैं विशेष रूप से एच.एस.एफ.सी. के राजभाषा अनुभाग का भी अभिनंदन करता हूँ, जिसने इस पूरे आयोजन को अंजाम देने में सबसे ज्यादा परिश्रम किया है और साथ ही, समय पर लेख-संग्रह का प्रकाशन करवाकर अपनी कार्यकुशलता का परिचय दिया है। इस कार्य में, इसरो मुख्यालय के राजभाषा अनुभाग के सहयोग भी हमें प्राप्त हुआ।

सभी के सहयोग से एच.एस.एफ.सी. में अंतरिक्ष विज्ञान का यह महाकुंभ संपन्न होने जा रहा है।

धन्यवाद।

जय हिंदी, जय भारत ।

मनीष त्रिखा

(डॉ.मनीष त्रिखा)

वैज्ञानिक/अभियंता-जी

अध्यक्ष, हिंदी तकनीकी संगोष्ठी – संपादन समिति

विषयवस्तु

क्र.सं	लेख का शीर्ष /	नाम श्री/श्रीमती/कु.	पृष्ठ.सं.
1.	समानव अंतरिक्ष अभियान के माइक्रो-इलेक्ट्रानिक तंत्रों में प्लास्टिक पैकेजिंग – चुनौतियाँ व अवसर	कुमार संगम	01
2.	अंतरिक्ष पर्यटन: उभरते अवसर और भारत पर एक अवलोकन	पाटील देवानंद सुरेश	08
3.	मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन के लिए आर.एफ. प्रणालियों का उत्पादन और संबंधित चुनौतियां	हर्ष दशोरा	17
4.	क्रू माड्यूल समाकलन के लिए प्लैटफार्म: आवश्यकता, डिजाइन दृष्टिकोण और निर्माण	अतीत राय	23
5.	उपकक्षीय अंतरिक्ष पर्यटनः अंतरिक्ष यात्रा के लिए वैचारिक मिशन विन्यास	विघ्नेश सी.जी	33
6.	उच्च ऊर्जा प्रदाय क्षमता एवं लघुकृत संकर सूक्ष्म परिपथों का विकास एवं उत्पन्न विभिन्न प्रक्रम चुनौतियों की विवेचना	कमलजीत सिंह	43
7.	अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष कानून और अंतरिक्ष नीतियों का तुलनात्मक अध्ययन	प्रियांश जैन	50
8.	अंतरिक्ष निर्माण - गगनयान से जुडी नई सोच	शिल्पी शर्मा	59
9.	अंतरिक्ष क्षेत्र में संभाव्यता जोखिम निर्धारण और गगनयान में इसका अनुप्रयोग	साग्निक दत्ता	70
10.	प्रभाव विश्लेषण का उपयोग करके चालक दल के अभियान में महत्वपूर्ण घटनाओं की पहचान	विजयश्री	81
11.	अंतरिक्ष यात्रियों के स्वास्थ्य पर अंतरिक्ष विकिरण के प्रभाव - एक समीक्षा	नेहा जैन	96
12.	गगनयान के EEE घटक	राजीव रंजन	106
13	अंतरिक्ष में किए गए वैज्ञानिक अनुसंधान प्रयोग	रूपाली साहू	113
14.	गगनयान के ताप-निर्वात परीक्षण में चुनौतियाँ	आलोक कुमार	121
15.	अंतरिक्ष यान के लिये ओ.डी.पी इलेक्ट्रानिक्स पैकेज का ऊष्मीय विश्लेषण	विनोद कुमार गुप्ता	132
16.	अंतरिक्ष पर्यावरण,स्वास्थ्य और चिकित्सा	गौरव यादव	142
17.	सूक्ष्म उल्कापिंड और कक्षीय मलबा टकराव संसूचन प्रणाली	युवन जैन	151
18.	मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन में मानवीय कारक : अंतरिक्ष भोजन	बिजय कुमार पात्र	160
19.	अंतरिक्ष एलिवेटर	ए.वर्षित रेड्डी	166

क्र.सं	लेख का शीर्ष /	नाम श्री/श्रीमती/कु.	पृष्ठ.सं.
20.	आभासी वास्तविकता व मानवरहित मिशन में इसका उपयोग	विजित राठी	174
21.	मानव अंतरिक्ष उडान मिशन के लिए नई प्रौद्योगिकियों का विकास	राहुल पाठक	186
22.	अंतरिक्ष पर्यटन : शुरुआत, वर्तमान एवं भविष्य	उद्दिपना कलिता	197
23.	अंतरिक्ष यात्रियों के स्वास्थ्य का जोखिम - अल्पीकरण तकनीक एवं अंतरिक्ष चिकित्सा	उमा बी.आर	207
24.	समानव अंतरिक्ष उडान मिशन के लिए एमएमओडी सुरक्षा और परिरक्षण	अर्पित दहिया	216
25.	विभिन्न अंतरिक्ष संस्थाओं द्वारा कर्मीदल प्रशिक्षण अनुकारक पर साहित्य सर्वेक्षण	यशपाल कश्यप	230
26	समानव अंतरिक्ष उड़ान के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता : प्रगति, अनुप्रयोग और चुनौतियाँ	श्वेता कृष्णन	236
27.	गगनयान के एकीकरण के लिए मेकैनिकल प्रहस्तन प्रणाली की मॉड्यूलर अभिकल्पना	शशांक श्रीवास्तव	243
28.	मानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम में मानवीय ऊष्मा नियंत्रण प्रणाली विषय पर अनुसंधान का महत्व	आशुतोष कुमार	252
29.	समानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन में मानवीय अनुकूलन	पाटिल गोकर्ण हनुमंतराव,	259
30.	अंतरिक्ष में प्रयोग	नागेश	267
31.	अंतरिक्ष मलबे की दशा और कम करने के प्रयासों की दिशा	प्रज्ञा श्रीवास्तव	273
32.	अंतरिक्ष मलबे से बचाव का निर्धारण एवं अंतरिक्षयान के सुरक्षा कवच का अभिकल्प	राजीव चतुर्वेदी	282
33.	अंतरिक्ष अर्थशास्त्र	अश्विनी विश्वकर्मा	294
34.	टीवी डी1-सीएम के लिये एमजीएसई की आवश्यकता और उसका कार्यान्वयन	अरुण न्यामगौडर	297
35.	अंतरिक्ष में डिजिटल युग्म : अनुप्रयोग	रजत कुमार	306
36.	गतिशील प्रशिक्षण अनुकार (सिम्युलेटर)	भवानी सिंह गुर्जर	316

1. समानव अंतरिक्ष अभियान के माइक्रो-इलेक्ट्रानिक तंत्रों में प्लास्टिक पैकेजिंग – चुनौतियाँ व अवसर

कुमार संगम एवं अजय आँधीवाल

संकर सूक्ष्म परिपथ समूह, यू.आर. राव उपग्रह केंद्र

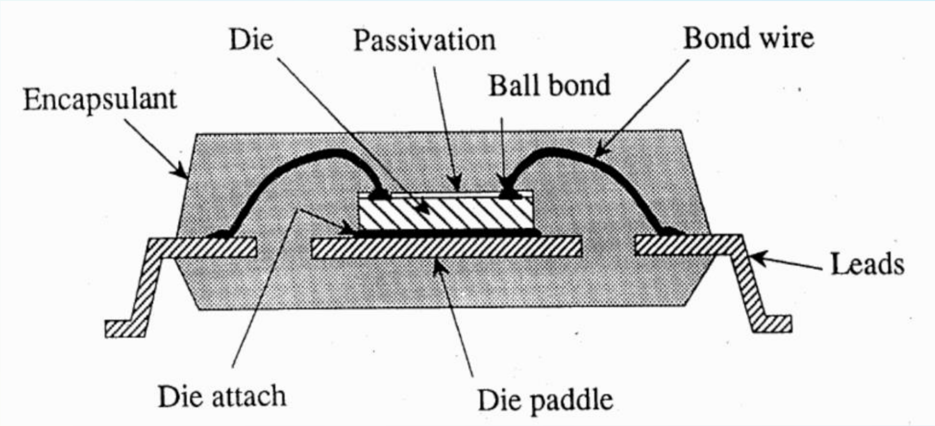
सारांश

अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन व अन्य कृत्रिम उपग्रहों के माइक्रो-इलेक्ट्रानिक तंत्रों को पैकेज करने के लिए शुरुआत से ही धातु और सेरामिक आधारित पैकेजों का प्रयोग होता आया है। सबसे मुख्य कारण है धातु और सेरामिक के तकनीक में विकास जिससे उन्हें अंतरिक्ष योग्य और विश्वनीय बनाने में सहायता मिली। दोनों ही तकनीकों में वायुरुद्ध सीलिंग एक आवश्यक प्रक्रिया है। हालाँकि समानव अभियानों में पहले से ही भरोसेमंद वायुरुद्ध परिपथ का प्रयोग प्रचलित है। किन्तु समकालिक दौर में प्लास्टिक एनकैप्सुलेटेड माइक्रो-सर्किट (पीईएम) की गुणवत्ता और विश्वसनीयता काफी हद तक समान और कुछ मायनों में अपने वायुरुद्ध समकक्षों से कई गुना बेहतर होने के कारण इसने सभी का ध्यान अपनी ओर आकर्षित किया है। प्लास्टिक-एनकैप्सुलेटेड माइक्रो-सर्किट (पीईएम) इसलिए भी महत्वपूर्ण हैं क्योंकि अंतरिक्ष-योग्य उत्पादों के रूप में अग्रणी विकल्प की उपलब्धता बहुत अधिक नहीं है। यही कारण है की नासा द्वारा निर्मित मंगल हेलीकॉप्टर में उपयोग किए जाने वाले कई घटक गैर-वायुरुद्ध, प्लास्टिक पॅकेज हैं, जैसे कि क्वालकॉम स्नैपड्रैगन 801 प्रोसेसर और टेक्सास इंस्ट्रूमेंट्स (TI) का माइक्रोकंट्रोलर यूनिट और कुछ वाणिज्यिक ऑफ-द-शेल्फ (COTS) सेंसर। समानव मिशन में नए-नए फलन हेतु पारंपरिक परिपथ की उपलब्धता मांग के अनुसार विकसित नहीं हो पा रही है। औद्योगिक बाजार में प्लास्टिक आधारित परिपथ के बढ़ते चलन को देखते हुए, टीआई, एनालॉग डिवाइसेस, कोबम, एसटी मइक्रोइलेक्ट्रॉनिक्स और रेनेसास जैसे प्रमुख आपूर्तिकर्ता भी गुणवत्ता, विश्वसनीयता, विकिरण और लागत के आधार पर उन्नत प्लास्टिक उत्पाद समाधानों की एक विस्तृत श्रृंखला बना रहे हैं। इस लेख में प्लास्टिक पर आधारित पैकेजिंग तकनीक के फायदे और चुनौतियाँ और इसे समानव अभियान के लिए उपयोग में लाने के लिए कुछ मूल परीक्षणों का उल्लेखन है।

1. प्रस्तावना

मूल रूप में किसी भी माइक्रोइलेक्ट्रानिक तंत्र को आकार व भार में कम करने के लिए ज्यादा से ज्यादा फलन (function) को एक ही चिप में डालने के लिए अनुसंधान लगातार हो रहे हैं। चाहे वो रेडियो तरंग हो या अंकीय, हर उपतंत्र में ही कम से कम स्थावर संपदा (real estate) का व्यय हो इसके लिए अनुसंधानकर्ता और उद्योग प्रयासरत हैं। किन्तु हर चिप अथवा एकीकृत परिपथ (आई. सी.) को उपयोग में लाने के लिए उसकी पैकेजिंग अत्यंत महत्वपूर्ण है। एकीकृत परिपथ को पैकज करने के बहुत सारे कारण हैं जैसे यांत्रिक आधार, तापीय प्रबंधन, विकिरण सुरक्षा, सरल स्थानान्तरण व प्रहस्तन इत्यादि। प्लास्टिक एनकैप्सुलेटेड माइक्रोसर्किट (पीईएम) ऐसे परिपथ हैं जिसमे एनकैप्सुलेंट या कोटिंग चिप, लीडफ्रेम के सीधे संपर्क में होती है। इसके विपरीत वायुरुद्ध अर्थात भली भांति बंद करके सील किए गए माइक्रो-सर्किट जिसमें एक सीलबंद कैविटी और चिप, लेडफ्रेम धातु या सिरेमिक पैकेज के संपर्क में नहीं होती। चित्र-1 में प्लास्टिक एनकैप्सुलेटेड माइक्रोसर्किट के विभिन्न अवयवों को दर्शाया गया है।

प्लास्टिक एनकैप्सुलेटेड माइक्रोसर्किट (पीईएम) पारंपरिक पैकेजिंग की तुलना में अधिक स्वीकार्यता प्राप्त कर रहे हैं। कई क्षेत्र जैसे एवियोनिक्स, दूरसंचार, सैन्य और अंतरिक्ष अनुप्रयोगों में सेरामिक या धातु पैकेजों की तुलना में आकार, वजन, लागत, उपलब्धता, प्रदर्शन और अत्याधुनिक प्रौद्योगिकी में लाभ अथवा त्वरित डिज़ाइन के कारण इनका प्रयोग निरंतर बढ़ रहा है। आर्थिक विचार से भी प्लास्टिक माइक्रोसर्किट के उपयोग को प्रोत्साहन मिल रहा है। किन्तु कई विफलन की भी संभावनाएँ ऐसे उत्पादों में देखी गयी हैं।



चित्र-1: प्लास्टिक एनकैप्सुलेटेड माइक्रोसर्किट

2. <u>पीईएम के लाभ</u>:

1980 के दशक के बाद से प्लास्टिक-एन्कैप्सुलेटेड माइक्रोसर्किट (पीईएम) सबसे कम लागत, आसान उपलब्धता, उच्च विश्वसनीयता और व्यापक अनुप्रयोगों को प्राप्त करने में काफी उन्नत हुए हैं। उन्नत एन्कैप्सुलेंट सामग्री, मजबूत डिजाइन और बेहतर प्रक्रिया नियंत्रण ने पीईएम को समानव अंतरिक्ष अभियान में विभिन्न प्रकार के अनुप्रयोगों के लिए अत्यधिक उपयोगी बना दिया है। पीईएम पैकेजिंग के निम्न प्रमुख लाभ हैं:

- संभावित कम लागत
- उद्योग के द्वारा निरंतर उत्पाद सुधार
- अधिक उत्पाद विविधता
- हल्का वजन एवं यंत्रवत् अधिक मजबूत
- छोटे/पतले सरफेस माउंट पैकेज (एसएमटी) में उपलब्ध
- तापीय प्रसार गुणांक (टीसीई) में मुद्रित वायरिंग बोर्ड (पीसीबी) से समानता
- अधिक स्वचालित असेंबली विधियाँ
- योग्यता आवश्यकताएं आम तौर पर अधिक कठोर होती हैं
- विश्वसनीयता की निगरानी आम तौर पर मिल-एसटीडी-883की तुलना में अधिक बार होती है
- अधिक आपूर्तिकर्ताओं के कारण अधिक प्रतिस्पर्धा होती है
- निरंतर उच्च गुणवत्ता और विश्वसनीयता स्तर की वाणिज्यिक उपयोगकर्ता द्वारा मांग

3. पीईएम की सीमाएं:

पारंपरिक वायुरुद्ध और प्लास्टिक-एन्कैप्सुलेटेड माइक्रोसर्किट के बीच अंतर्निहित और बुनियादी अंतर हैं। वायुरुद्ध माइक्रोसर्किट के लिए आत्मविश्वास और आश्वासन विकसित हुआ जो प्लास्टिक पैक किए गए माइक्रोसर्किट पर स्वचालित रूप से लागू नहीं होता है। हालाँकि, यहाँ स्पष्ट हैं कि वायुरुद्ध की तुलना में प्लास्टिक पैकेज के कई फायदे हैं। चूंकि प्लास्टिक में कोई आंतरिक गुहा नहीं है, और सब कुछ आंतरिक हिस्से कठोर प्लास्टिक सामग्री द्वारा समर्थित हैं, इससे गंभीर आघात और कंपन की स्थिति में बेहतर प्रदर्शन की उम्मीद की जा सकती है। धातु, ग्लास और सिरेमिक की तुलना में प्लास्टिक आमतौर पर कम तापमान वाली सामग्री होती है। आम तौर पर पैकेजिंग के दौरान संवेदनशील अर्धचालकों के तापमान को सीमित करने को प्राथमिकता दी जाती है। हालाँकि प्लास्टिक अच्छे ऊष्मा चालक नहीं हैं, फिर भी वे किसी भी चीज़ से बेहतर हैं। आखिरकार, प्लास्टिक एक ही सामग्री के उपयोग एवं लचीलेपन के कारण कई पैकेजिंग विन्यास के निर्माण में लाभ प्रदान करता है। पीईएम पैकेजिंग के अनेक लाभ होने के साथ-साथ कुछ निम्नलिखित सीमाएं हैं :

- गैर- वायुरुद्ध पैकेज
- सीमित तापमान सीमा
- उच्च तापीय प्रतिरोध
- पीसीबी असेंबली के लिए अधिक कठोर नियंत्रण की आवश्यकता है
- ऊष्मीय-यांत्रिक तनाव के प्रति अधिक संवेदनशील
- पीसीबी असेंबली के दौरान एसएमटी पैकेजों में अवशोषित नमी को कम करने के लिए निरंतर प्रयास

4. पीईएम के लिए पदार्थ

पीईएम पैकेज मुख्यत: प्लास्टिक ड्युअल इन-लाईन (PDIP), स्माल आउटलाईन (SO), प्लास्टिक लीडेड चिप कैरिअर (PLCC) सबसे अधिक इस्तेमाल की जाने वाली प्लास्टिक सामग्री एपॉक्सी बेस रेज़िन है और यह कई निर्माताओं द्वारा उपयोग किए जाने वाले फॉर्मूलेशन, उनके गुणों, प्रक्रमण, परीक्षण और विश्वसनीयता योग्यता के आधार पर उपयोग किए जाते हैं। इसका एक महत्वपूर्ण गुण आयनिक शुद्धता है, जिसे डिवाइस की विश्वसनीयता के लिए महत्वपूर्ण माना जाता है। एडिटिव गेटर्स का उपयोग मोबाइल आयनिक को हटाने और पॉपकॉर्निंग को खत्म करने के लिए उच्च तन्यता ताकत प्रदान करने के लिए किया जाता है। ऐसे कई गुण हैं जिन पर एपॉक्सी मोल्डिंग कंपाउंड्स (ईएमसी) का मूल्यांकन किया जाता है और निर्माता द्वारा चयन में उपयोग किया जाता है। भले ही विभिन्न निर्माताओं के उद्देश्य आमतौर पर समान होते हैं (उच्च डिवाइस/पैकेज विश्वसनीयता और प्रदर्शन), परन्तु उपयोग की जाने वाली ईएमसी आम तौर पर उनके अलग-अलग चिप डिज़ाइन, सेमीकंडक्टर प्रक्रियाएं, असेंबली उपकरण, विश्वसनीयता परीक्षण, और योग्यता विधियां के कारण भिन्न होती हैं। निम्न तालिका में पीईएम के लिए उपयोग होने वाले पदार्थों एवं उनके गुणों को दर्शाया गया है।

तालिका-1: पीईएम के लिए प्लास्टिक सामग्री

क्र.सं.	पदार्थ	पैकेज में उपयोग	गुण
1	Sumitomo 6300	PDIP, SO, PLCC	TML 0.27%, CVCM 0.00%
2	Sumitomo 7304	PQFP	TML 0.17%, CVCM 0.00%
3	Nitto 8100	PQFP, PLCC	TML 0.20%, CVCM 0.01%
4	BT Laminate	BGA substrate	TML 0.78%, CVCM 0.01%
5	Plaskon SMTB-1	BGA mold compound	TML 0.28%, CVCM 0.00%
6	Hysol FP4450	SBGA encapsulate	TML 0.13%, CVCM 0.00%

5. पीईएम के प्रमुख विफलता कारण

नमी का प्रवेश:

पीईएम के प्लास्टिक-टू-लीड फ्रेम इंटरफेस के माध्यम से नमी और प्रदूषकों का प्रवेश इलेक्ट्रोलाइटिक संक्षारण का कारण बन सकते हैं जिससे पैरामीट्रिक गिरावट आने की संभावना है। संक्षारण की दर पूर्वाग्रह वोल्टेज, नमी की उपस्थिति, चिप तापमान, और इलेक्ट्रोलाइट की चालकता पर आधारित है। संभवतः सबसे प्रचलित और शक्तिशाली आयनिक संदूषक व संक्षारक क्लोराइड है। इसलिए सावधानी बरतने की आवश्यकता है ताकि क्लोराइड और अन्य हैलाइड कम से कम हो। कुछ परीक्षण जैसे तापमान-आर्द्रता-पूर्वाग्रह (टीएचबी), उच्च त्वरित तनाव परीक्षण (एचएएसटी), और आटोक्लेव या प्रेशर कुकर आदि का प्रयोग कर किसी पीईएम के नमी अवशोषण क्षमता का अंदाज़ा लगाया जा सकता है।

पैकेज क्रैकिंग "पॉपकॉर्न प्रभाव":

बोर्ड असेंबली में सोल्डर रिफ्लो ऑपरेशन (आईआर अथवा वेव सोल्डर) से उत्पन्न तनाव के कारण पैकेज में अवशोषित नमी का अचानक वाष्पीकरण के कारण कुछ सरफेस माउंट डिवाइस (एसएमडी) पैकेजों में दरार आ सकती है। इस तरह की दरार नमी के संभावित प्रवेश के लिए रास्ता बनाती है, जो दीर्घकालिक विश्वसनीयता को प्रभावित कर सकते हैं। आंतरिक कतरनी तनाव का सामना भी तार बंधन को प्रभावित कर सकता है, विशेष रूप से डाई के कोनों पर, जहां अधिकतम तनाव होता है। यह घटना कई कारकों जैसे तापमान भ्रमण, पैकेज में नमी की मात्रा, पैकेज आयाम, और मोल्ड यौगिक आसंजन पर निर्भर करती है। अतः इन कारकों को काबू करके विश्वसनीयता को सुधारा जा सकता है।

तनु फिल्म धातु विरूपण/क्रैक निष्क्रियता:

तापमान चक्र के दौरान ऊष्मीय विस्तार गुणांक (टीसीई), में अंतर के कारण मोल्डिंग कंपाउंड और डाई सतह निष्क्रियता/धातुकरण के बीच थर्मोमैकेनिकल कतरनी तनाव स्थापित होता है। डाई के केंद्र पर तनाव नगण्य होता है और केंद्र से बाहरी कोनों और किनारों तक तेजी से बढ़ता है। इसलिए, बड़े डाई इनमें अधिक तनाव का अनुभव करते हैं। इसके लिए बेहतर धातु लेआउट नियम और कम तापमान सीमाओं जैसे समाधानों इस तनाव को न्यून किया जा सकता है।

विकिरण कठोरता:

विकिरण कठोरता की आवश्यकता वाले अनुप्रयोगों के संबंध में यह अनुशंसा की गई कि अपर्याप्त डेटा होने के कारण अभी और अनुसन्धान की आवश्यकता है। हालाँकि कुछ एन्काप्सुलेंट सामग्री ऐसी

विकसित हो चुकी हैं जैसे हयिसोल जिसमे विकिरण से होने वाले प्रभाव लगभग नगण्य हैं परन्तु अंतरिक्ष योग्य अनुप्रयोगों के लिए पूर्ण विश्वसनीयता अभी तक स्थापित नहीं हुई है।

6. विश्वसनीयता के लिए कुछ मुख्य परीक्षण

ऐसी कई रिपोर्टें और डेटा हैं जो दर्शाते हैं कि पीईएम की विश्वसनीयता में पहले से सुधार हुआ है जो निस्संदेह सत्य है। स्क्रीनिंग हाउसों की रिपोर्टें भी हैं जो दिखाती हैं कि वहाँ आज के पीईएम के साथ अभी भी कई हद तक विफलताएं हैं, जो निस्संदेह सच भी है। विशिष्ट निर्माताओं, लॉट, पार्ट प्रकार, अद्वितीय वातावरण, विश्वसनीयता मॉनिटर और आवधिक परीक्षण पर आधारित बहुत सारा डेटा रिपोर्ट किया गया है। हालाँकि, अंतरिक्ष में उपयोग करने के लिए पर्याप्त विश्वसनीयता (बहुत कम जोखिम) फ़्लाइट हार्डवेयर बनाने के लिए यह सुनिश्चित करें कि हाथ में मौजूद लॉट या वास्तविक उपकरण उच्च स्तर के हों। कुछ अंतरिक्ष अनुप्रयोगों के लिए जहां मध्यम या उच्च जोखिम (बहुत कम आवेदन) भी स्वीकार्य है, खरीदे गए पीईएम स्वीकार्य हो सकते हैं। हालाँकि इस बात के पर्याप्त सबूत हैं कि प्लास्टिक उपकरणों का उपयोग ऑफ-द-शेल्फ किया जा रहा है। पर्याप्त योग्यता जांच के बिना उड़ान हार्डवेयर का अंतरिक्ष में उपयोग गंभीर विश्वसनीयता निहितार्थ उत्पन्न करता है। प्लास्टिक-एन्कैप्सुलेटेड माइक्रोसर्किट को अंतरिक्ष उपयोग हेतु विश्वसनीय बनाने के लिए निम्नलिखित प्रमुख परीक्षण किये जाते हैं।

आउटगैसिंग परीक्षण

इस परीक्षण द्वारा एक पॉलीमर से उत्सर्जन होने सामग्री को मापा जाता है। 1.0% से कम कुल द्रव्यमान हानि और 0.1% एकत्रित अस्थिर संघनित सामग्री से कम होने आगे के परीक्षणों को करने के लिए सहस मिलता है।

पूर्वाग्रह जीवन परीक्षण (बायस लाइफ टेस्ट)

यह परीक्षण ठोस अवस्था वाले उपकरणों पर एक विस्तारित अवधि के लिए पूर्वाग्रह स्थितियों औरतापमानके प्रभावों को निर्धारित करने के लिए किया जाता है। एक उपकरण को विफलता के रूप में परिभाषित किया गया है यदि पैरामीट्रिक सीमाएँ पार हो गया हो या यदि कार्यक्षमता सामान्य और सबसे खराब स्थिति के तहत प्रदर्शित नहीं की जा सकती है।

तापमान चक्रण (टेम्परेचर साइकिलिंग)

तापमान चक्रण में एक निश्चित अवधि के लिए अत्यधिक तापमान परिवर्तन के द्वारा पैकेज के स्थायित्व का परीक्षण किया जाता है । मूलतः तापमानएक निश्चित अवधि में स्थिरांक केऔसत मान के आसपास भिन्न-भिन्न होता है और एक अवधि तक ठहरता है ।इस परीक्षण द्वारा डाई और एनकैप्सुलेंट सामग्रीके बीच तापीय विस्तार के भिन्न-भिन्न गुणांकके कारण पैकेजको यांत्रिक तनाव का एहसास होता है और इससे जुड़े विफलता मोड में तेजी आती है।इस परीक्षण में निवास अवधि महत्वपूर्ण है क्योंकि यह भाग को तापीय संतुलन तक पहुंचने और तनाव से राहत देने की अनुमति देता है । परीक्षण के अंत में, पैकेज का विद्युत परीक्षण किया जाता है और विफलता के क्षेत्रों की पहचान करने के लिए दृष्टिगत रूप से जांच की जाती है।इस परीक्षण द्वारा डाई क्रैकिंग,डाई पर शॉर्ट्स और खुलना, पैसिवेशन दरारें/फ्रैक्चर,

डाई में रिक्तियां, प्लास्टिक पैकेज फ्रैक्चर/दरारें, वायरबॉन्ड पैड क्रेटरिंग, वायरबॉन्ड में अत्यधिक इंटरमेटेलिक्स, खराब सोल्डर जोड़ इत्यादि विफलताओं को लक्षित किया जाता है।

आटोक्लेव परीक्षण

आटोक्लेव एक पर्यावरण परीक्षण है जो एन्काप्सुलंत में नमी प्रवेश करने की प्रतिरोधकता और उसके परिणामी प्रभावों जैसे जंग होने की सम्भावना को मापता है। यह अत्यधिक त्वरित और विनाशकारी परीक्षण है। परीक्षण के दौरान डिवाइसको 121°C, 100% सापेक्ष आर्द्रता, और 15 psig. वाली स्थिति में आमतौर पर 96 घंटे की परीक्षण अवधि के लिए रखा जाता है। इस परीक्षण द्वारा धातुसंक्षारण, नमी का प्रवेश और प्रदूषणआदि विफलताओंको लक्षित किया जाता है।

अत्यधिक त्वरित तनाव परीक्षण

आर्द्र अवस्था में ठोस डिवाइस की गैर-हर्मेटिक पैकेजिंग का मूल्यांकन करने के लिए इस परीक्षण का प्रयोग किया जाता है। यह परीक्षण उच्च तापमान (आमतौर पर 130°C), उच्च वायुमंडलीय दबाव (3 एटीएम तक) और उच्च सापेक्ष आर्द्रता (लगभग 85%) वाले वातावरण से नमी के प्रवेश में तेजी लाने के लिए उत्पन्न करता है। ये परीक्षण आटोक्लेव परीक्षण से ज्यादा प्रभावशाली तरीके से अन्य विफलताओं को लक्षित करता है।

7. <u>समानव अभियान हेतु विशेष आवश्यकताएं</u>

अंतरिक्ष वस्त्रों के लिए लचीले इलेक्ट्रोनिक्स

प्लास्टिक को किसी भी आकार में परिवर्तित करने की विशेषता के कारण अंतरिक्ष वस्त्रों पर विभिन्न उपयोग जैसे सेन्सर्स आदि को बनाने में इस्तेमाल किया जा सकता है। उद्योग में लचीले सब्सट्रेट का इस्तेमाल काफी समय से प्रचलित है। समुचित अनुसन्धान द्वारा ऐसे सब्सट्रेट और पैकेज का विकास करने की जरुरत है।

अंतरिक्ष में दीर्घजीवी पैकेजेस

आने वाले समय में समानव अभियान पर्यटन के लिए भी किये जाएँगे तो उस समय ऐसे इलेक्ट्रोनिक्स की जरुरत होगी जो बहुत मिशन में उपयोग किया जा सके।

8. <u>निष्कर्ष:</u>

प्लास्टिक का प्रयोग समानव अभियानों में इलेक्ट्रोनिक्स पैकेजिंग आने वाले समय में एक वास्तविकता बन जाएगी। यथोचित अनुसन्धान से अंतरिक्ष योग्य सामग्री का विकास और उसकी विश्वसनीयता को स्थापित करने हेतु कुछ विफलता कारणों का उल्लेख इस लेख में किया गया है। प्लास्टिक पर आधारित पैकेजिंग तकनीक के फायदे और चुनोतियों और इसे समानव अभियान के लिए उपयोग में लाने के योग्य बनाने के लिए कुछ मूल परीक्षण का उल्लेखन भी इस लेख में किया गया है।

आभार

लेखक समूह निदेशक, एच.एम.सी.जी का हृदय से आभार प्रकट करते हैं। उप-निदेशक, आई.आई.ए. एवं निदेशक यू.आर.एस.सी. का भी सतत प्रोत्साहन देने के लिए आभारी हैं।

संदर्भ

[1] जेम्स जे. लिकारी एवं लिओनार्ड आर. एंलो द्वारा संपादित, "संकर सूक्ष्म परिपथ तकनीकी हैंडबुक", द्वितीय संस्करण, नोयेस प्रकाशन,न्यू जर्सी,अमेरिका,1998

[2] जे.बटलर तथा अन्य द्वारा लिखित "माइक्रो वैद्युत-यांत्रिक तंत्रों के लिए उन्नत मल्टीचिप पैकेजिंग" सॉलिड स्टेट संवेदक तथा प्रवर्तक पर 9 वीं अंतर्राष्ट्रीय संगोष्ठी का लेख संग्रह, पृष्ठ संख्या 261-264 जून 1997

[3] राव आर. तुम्माला तथा अन्य द्वारा सम्पादित "माइक्रोइलेक्ट्रॉनिक पैकेजिंग हैंडबुक-सेमी कंडक्टर पैकेजिंग पार्ट-2" द्वितीय संस्करण, चपमन एंड हॉल, 1999

[4] गैलियोकेन द्वारा लिखित "मेम्स पैकेजिंग मुद्दे पदार्थ" एड्वांस माइक्रोइलेक्ट्रॉनिक, वॉल्यूम 27, नं. 6, पृष्ठ संख्या 9-13, नवम्बर 2000

[5] क्रिससलुस्ती द्वारा लिखित "इलेक्ट्रॉनिक पैकेजिंग- एडवांस कांसेप्ट इन इलेक्ट्रॉनिक एंड ऑप्टोइलेक्ट्रॉनिक डिवाइसेस", दिसम्बर 1999

[6] रेजा गफ्फरिसन द्वारा लिखित "टेक्नोलॉजी रेडीनेस ओवरव्यू- बॉल ग्रिड अरे और चिपस्केल" नासा इलेक्ट्रोनिक पार्ट एवं पैकेजिंग, जनवरी 2003

लेखक परिचय:

कुमार संगम ने 2016 में राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान, जालंधर से कर्णवैद्युतिक एवं संचार अभियांत्रिकी में स्नातक प्राप्त किया और 2018 से संकर सूक्ष्म परिपथ समूह, यू.आर. राव उपग्रह केंद्र में अभियंता के रूप में कार्यरत हैं| आप मुख्यतः सूक्ष्म परिपथ और आर . ऍफ़ परिपथ पैकेजिंग तकनीकों के विकास से जुड़े हुए हैं|

अजय आंधीवाल ने 2002 में भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, काशी हिन्दु विश्वविद्यालय, वाराणसी से माइक्रोइलेक्ट्रॉनिकी में एम.टेक. की उपाधि प्राप्त करने के बाद अप्रैल 2002 में इसरो उपग्रह केन्द्र के एच.एम.सी. प्रभाग में कार्य प्रारम्भ किया। आपका प्रमुख कार्य अंतरिक्ष इलेक्ट्रॉनिकी के लघुकरण के लिए उन्नत माइक्रो-इलेक्ट्रॉनिक पैकेजिंग तकनीकों का विकास करना है। वर्तमान में आप यू.आर.एस.सी. के संकर सूक्ष्म परिपथ प्रभाग के प्रधान के रूप में कार्यरत हैं।

2. अंतरिक्ष पर्यटन: उभरते अवसर और भारत पर एक अवलोकन

(Space Tourism: An overview on emerging opportunities and India)

पाटील देवानंद सुरेश,
वैज्ञानिक/अभियंता–एस सी, गगनयान परियोजना
आर. हट्टन, परियोजना निदेशक, गगनयान
समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र, बेंगलूरु

सारांश

अंतरिक्ष पर्यटन वांतरिक्ष उद्योग के भीतर उभरता हुआ क्षेत्र बन गया है, जो पृथ्वी के वायुमंडल के बाहर यात्रा करने का एक शानदार अवसर प्रदान कर रहा है। यह लेख अंतरिक्ष पर्यटन के इतिहास और वर्तमान में हो रही प्रगतियों पर चर्चा करता है, साथ ही अंतरिक्ष पर्यटन के सामाजिक-आर्थिक प्रभावों को भी विचार करता है, जिसमें सीधे आर्थिक योगदान, रोजगार सृजन, प्रौद्योगिकी अविष्कार, पर्यावरणीय विचारणाएं और भविष्य की पीढ़ी को प्रेरित किया जाना शामिल है। भारत एक उभरता हुआ अंतरिक्ष शक्ति होने के कारण अंतरिक्ष पर्यटन क्षेत्र में विशाल संभावना रखता है। गगनयान परियोजना, आर एल वी परियोजना और भविष्य की गुब्बारे पर आधारित परियोजनाएँ जैसी कुछ प्रमुख पहलें अंतरिक्ष यात्रा को व्यवहार्य और कम खर्चीली बनाने के लिए महत्वपूर्ण हैं । नए अंतरिक्ष केंद्र और आवश्यक बुनियादी ढांचा विकास, साथ ही मजबूत सुरक्षा उपाय और सरकारी नीतियां, भारत के लिए वैशिष्ट्यपूर्ण खिलाड़ी के रूप में वैश्विक अंतरिक्ष पर्यटन उद्योग स्थापित करने के लिए महत्वपूर्ण होंगे। भविष्य में अंतरिक्ष पर्यटन की संभावना अत्यंत उज्ज्वल है, जिसमें महत्वपूर्ण वैज्ञानिक खोज करना और हमारी दुनिया के सीमाओं से परे अत्यधिक सामाजिक-आर्थिक प्रगति को हासिल करना शामिल है।

---

1. प्रस्तावना

अंतरिक्ष के प्रति मानवता का आकर्षण लम्बे समय से है, और बीसवीं शताब्दी में, हमारे अंतरिक्ष के अन्वेषण और उपयोग के सपने वास्तविक हो गए। सोवियत संघ और अमेरिका के बीच हुए शीत युध्य ने अंतरिक्ष अन्वेषण की गति को बढ़ाया, जिसके परिणामस्वरूप १९५७ में पहला नायाब उपग्रह, स्पुतनिक, का प्रक्षेपण हुआ। और गत वर्ष २०२२ में हमने विभिन्न देशों द्वारा रिकॉर्ड १८० अंतरिक्ष प्रक्षेपणों का साक्षात्कार किया, जिसमें कइयों में पेहले चरन सफलतापूर्वक पृथ्वी पर वापस लौटे।[१] अंतरिक्ष पर्यटन, जो पहले केवल विज्ञान कथा लेखन तक सीमित था, अब वास्तविकता बन गया है।

1.1 अंतरिक्ष पर्यटन का अवलोकन

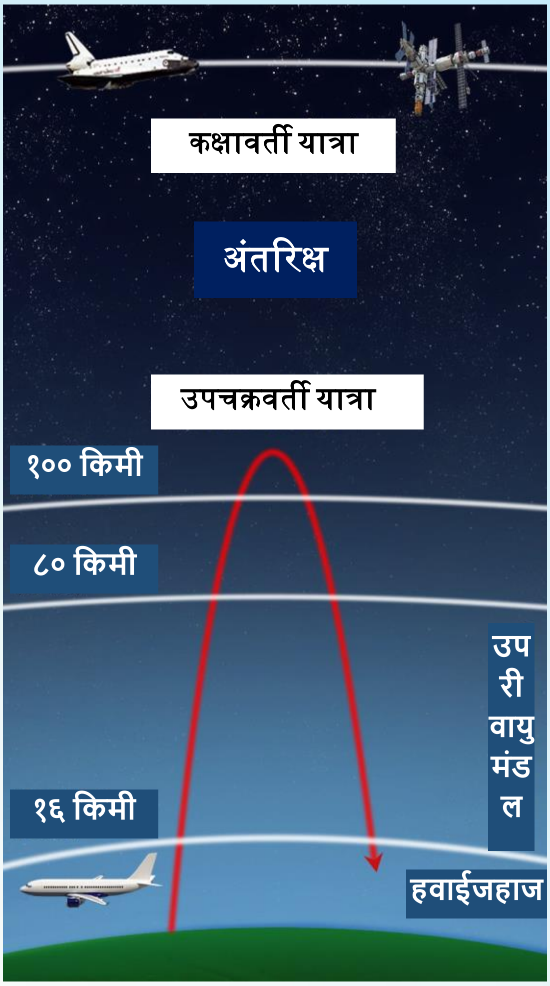
अंतरिक्ष पर्यटन निम्नलिखित तीन श्रेणियों में वर्गीकृत किया जा सकता है:

अ. उपचक्रवर्ती यात्रा (Sub-orbital flight)

इसमें अंतरिक्ष के किनारे, पृथ्वी से लगभग १०० किलोमीटर की ऊँचाई पर, छोटे-छोटे सफर होते हैं, जहां यात्रियों को शारीरिक भारहीनता का अनुभव होता है और विश्व के आवर्तन का एक झलक मिलता है। इन यात्राओं की अवधि केवल कुछ मिनट होती है, जिसके बाद पृथ्वी पर वापस लौटते हैं, जिससे यह वह लोगों के लिए एक लोकप्रिय विकल्प बनता जा रहा है ।

ब. कक्षावर्ती यात्रा (Orbital flight)

कक्षावर्ती अंतरिक्ष पर्यटन यात्रियों को पृथ्वी के चक्रवात में ले जाता है, जिससे वे ज्यादा समय तक घूम सकते हैं। इन यात्राओं में उपगति और ऊँचाई उपचक्रवर्ती यात्राओं से अधिक होती है, जिससे यात्रियों को अधिक संघटित अंतरिक्ष अनुभव मिलता है। यात्रियों को उपग्रही अवस्थाओं में रहने और काम करने का अवसर मिलता है, जो अंतरिक्ष अनुसंधान, अंतरिक्ष निर्माण और शिक्षा की गतिविधियों के दौरान उपयोगी होते हैं।



चित्र 1: अंतरिक्ष पर्यटन की श्रेणियाँ

क. पृथ्वी के बाह्य यात्रा (चंद्र और गहरे अंतरिक्ष में पर्यटन) (Lunar and Deep space travel)

इस श्रेणी में पृथ्वी के बाह्य इंद्रजालों जैसे चंद्र, मंगल, उदय, और ब्रह्माण्डीय अंतरिक्ष इत्यादि का अन्वेषण किया जाता है। चंद्र अंतरिक्ष पर्यटन में चंद्रमा की सतह पर यात्रा शामिल होती है, जिससे यात्रियों को नजदीक से देखने और चंद्र अन्वेषण गतिविधियों में भाग लेने का मौका मिलता है। गहरे अंतरिक्ष पर्यटन में विशिष्ट अनुभव और चुनौतियां शमिल है और इसके लिए उन्नत अंतरिक्ष वाहन और प्रौद्योगिकी की आवश्यकता होती है। यह ब्रह्माण्ड में मानवता का विस्तार करने, अन्तरिक्ष अन्वेषण, संसाधन उपयोग, और दूसरे ब्रह्माण्डीय ग्रह में बसने की संभावना के साथ उन्नति का वादा करती है।

1.2 अंतरिक्ष पर्यटन का इतिहास

१९७० के दशक में, निजी कंपनियाँ नागरिकों को अंतरिक्ष में भेजने की संभावना का पता लगाने लगीं, लेकिन तब यह मुमकीन ना हो सका। १९८० के दशक में, नासा ने "पेलोड विशेषज्ञ" की प्रस्तावना का

परिचय किया, जिससे सरकारी यात्रियों के अलावा गैरसरकारी पेशेवरों को अंतरिक्ष मिशन में भाग लेने की अनुमति मिली। हालांकि, 'अंतरिक्ष में शिक्षक' और 'अंतरिक्ष में पत्रकार' जैसे महत्वाकांक्षी कार्यक्रम, जिनमें नागरिकों को शामिल करने का उद्देश्य था, पर कुछ दुर्घटनाओं के बाद, जैसे कि १९८६ में हुई चैलेंजर आपदा और बाद में २००३ की कोलंबिया आपदा, के कारण बंद कर दिए गए। २००१ में परिवर्तन की बारी आई, जब डेनिस टीटो नामक व्यवसायिक माध्यम से अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन (आई एस एस) को पहले निजी अंतरिक्ष पर्यटक के रूप में यात्रा पर निकला। २००९ तक आठ और अंतरिक्ष पर्यटकों को रूसी सोयूज़ अंतरिक्ष यानों पर भेजा गया। पर २०११ में नासा ने स्पेस शटल प्रोग्राम से अंतरिक्ष यात्रा को अस्थायी रूप से रोक लगाने के कारण मानव अंतरिक्ष यानों की उपलब्धता सीमित हुई।

1.3 वर्तमान में की जा रही प्रगति

२०११ के बाद से, अंतरिक्ष पर्यटन उद्योग ने खासी प्रगति देखी है, जिससे नागरिक अंतरिक्ष यात्रा को वास्तविकता के नजदीक लाया गया। स्पेस-एक्स, ब्लू ऑरिजिन, और वर्जिन गैलैक्टिक जैसी निजी कंपनियाँ एक बड़ा योगदान दे रही हैं जिससे अंतरिक्ष पर्यटन एक बड़े दर्शकों के लिए उपलब्ध हो रहा है।

एकमुख्य उपलब्धि पुनर्योग्य रॉकेट तकनीक की रही है, जैसा कि स्पेस-एक्स के फाल्कन ९ और ब्लू ऑरिजिन के न्यू शेफर्ड ने दिखाया। ये रियूज़ेबल प्रमोचन वाहन ने अंतरिक्ष यात्रा के खर्च को बहुत कम कर दिया है, जिससे वाणिज्यिक अंतरिक्ष पर्यटन को वास्तविक बनाने में मदद मिली। इसी प्रकार वर्जिन गैलैक्टिक ने अपने स्पेस शिप टू अंतरिक्ष यात्रा में भी कामयाबी हासिल की है।

२०२१ वर्ष अंतरिक्ष पर्यटन के लिए परिवर्तन की घड़ी थी। वर्जिन गैलैक्टिक और ब्लू ऑरिजिन के संस्थापक रिचर्ड ब्रैंसन और जेफ बेजोस ने अपने अपने यानों सें उपचक्रवर्ती अंतरिक्ष यात्रा की।

चित्र 3: स्पेस-एक्स - क्रू ड्रैगन [३]

इसके अलावा, स्पेस-एक्स के इंस्पिरेशन ४ मिशन ने चार निजी व्यक्तियों को क्रू ड्रैगन के साथ अंतरिक्ष सफर कराया, जो कि प्रशिक्षित अंतरिक्षयात्री नहीं थे। २०२२ में एक्सिओम स्पेस के एएक्स १ मिशन ने अंतरिक्ष पर्यटन को और आगे बढ़ाया, जो अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन के लिए पहली निजी अर्थयोग्य मिशन था, जिसमें चार निजी व्यक्तियों ने १५ दिनों तक अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष केंद्र पर रहकर काम किया। ये उपलब्धियाँ अंतरिक्ष पर्यटन की बढ़ती हुई पहुंच और क्षमता को दर्शाती हैं।

चित्र 4: ब्लू ऑरिजिन- न्यू शेफर्ड [४]

चित्र 5: वर्जिन गैलैक्टिक-स्पेस शिप टू [५]

1.4 आगे की दिशा

हालांकि, अंतरिक्ष पर्यटन उद्योग ने अब तक बड़ी प्रगति की है, लेकिन अभी भी कुछ बाधाएँ हैं जिन्हें पार करना होगा। अंतरिक्ष यात्रा के स्वाभाविक जोखिमों के कारण सुरक्षा एक मुख्य चिंता रही है। वाणिज्यिक अंतरिक्ष यात्रा के लिए नियम और विनियम भी विकसित हो रहे हैं जिसमें जिम्मेदारी और सतत विकास सुनिश्चित करने के लिए वैश्विक सहयोग महत्वपूर्ण है।

एक अध्ययन के अनुसार, अंतरिक्ष पर्यटन बाजार की अनुमानित वैश्विक आय २०२३ के अंत तक यूएस $६७८.३ मिलियन तक पहुंचने की संभावना है। अंतरिक्ष पर्यटन की मांग के लिए २०३३ तक ३८.६%के लगभग समास्त्रीय वार्षिक विकास दर की संभावना है। यह उद्योग की अनुमानित मूल्यांकन मानवता की परिवेश से परे विस्तार के लिए २०३३ तक लगभग यूएस $१३,२३९.५ मिलियन तक उभरने की संभावना है। [६]

2. अंतरिक्ष पर्यटन के सामाजिक और आर्थिक प्रभाव

- **प्रत्यक्ष आर्थिक प्रभाव**
  अंतरिक्ष पर्यटन का प्रत्यक्ष आर्थिक प्रभाव अंतरिक्ष उद्योग में टिकट बिक्री और पर्यटन संबंधी सेवाओं के माध्यम से स्पष्ट रूप से प्रकट होता है। अंतरिक्ष पर्यटन गतिविधियों से उत्पन्न राजस्व अंतरिक्ष अर्थव्यवस्था के विकास में सहायक है, जिससे अनुसंधान और प्रक्षेपण सेवाओं में निवेश किया जाएगा। जब कोई उद्योग विस्तार होता है, वह नए व्यवसायों के लिए कई अवसरों को खोलता है और संबंधित क्षेत्रों में आर्थिक विकास को प्रोत्साहित करता है।

- **रोजगार निर्माण**
  अंतरिक्ष पर्यटन अंतरिक्ष उद्योग में रोजगार निर्मिति पर बड़ा प्रभाव डालेगा। जैसे ही यह क्षेत्र विकसित होगा, यह अंतरिक्ष जहाज निर्माण, अंतरिक्ष पर्यटन संचालन, ग्राहक सेवा, अंतरिक्षयात्री प्रशिक्षण और अन्य क्षेत्रों में अवसर खोलेगा। स्थापित अंतरिक्ष एजेंसियाँ और निजी कंपनियाँ वैज्ञानिकों, इंजीनियरों, तकनीशियनों, और समर्थन कर्मचारियों को भर्ती करेगी। अंतरिक्ष पर्यटन

के लोकप्रिय होने के साथ, कुशल पेशेवरों की मांग की उम्मीद है, जो अंतरिक्ष क्षेत्र में रोजगार संभावनाओं को बढ़ावा देगी।

- **तकनीकी अभिनवता और उसके परिणामी लाभ**
  अंतरिक्ष पर्यटन के विकास से तकनीकी अभिनवता प्रेरित होती है और विभिन्न उद्योगों में कई नवीनतम तकनीकों के प्रकाशन की प्रेरणा देता है। अंतरिक्ष पर्यटन के लिए किए गए अग्रिमन अनुसंधान अन्य क्षेत्रों में भी उपयोग होते हैं, जिससे समाज को लाभ मिलता है। अंतरिक्ष पर्यटन के लिए सुरक्षित और विश्वसनीय अंतरिक्ष जहाज, नोदन प्रणालियां, जीवन समर्थन प्रणालियां, और अंतरिक्ष आवासीय जगह आवश्यक हैं, जो अभियांत्रिकी और तकनीकी सीमाओं को बढ़ावा देते हैं। ये उपलब्धि भी सामग्री विज्ञान, नोदन और स्वचालिती पर असर डालती हैं, जो वाणिज्यिक उड्डाण, चिकित्सा उपकरण, और पर्यावरणीय मॉनिटरिंग के लिए अनुकूल उपाय प्रदान करती हैं।

- **पर्यावरणीय प्रभाव और स्थायित्व**
  अंतरिक्ष पर्यटन रॉकेट प्रक्षेपण के दौरान ग्रीनहाउस वायु उत्सर्जन से संबंधित पर्यावरण संबंधी चिंताएं उठ रही है। रॉकेट नोदक दहन में कार्बन डाइऑक्साइड और अन्य प्रदूषकों को रिलीज करता है, जो जलवायु परिवर्तन का कारण बनता है। इसका सामना करने के लिए, कंपनियाँ नए हरित नोदन प्रौद्योगिकियों का विकास कर रही हैं और उत्सर्जन को कम करने के लिए स्थायी प्रक्षेपण अभ्यास अपना रही हैं। एक और चिंता है रॉकेट प्रक्षेपण और अंतरिक्ष मिशन के दौरान उत्पन्न होने वाला मलबा। यह पृथ्वी की कक्षा में एकत्र हो रहा है, जो उपग्रहों और भविष्य के मिशनों के लिए खतरे के रूप में उभर रहा है।

- **भविष्य की पीढ़ी को प्रेरित करना**
  जैसे जैसे अंतरिक्ष पर्यटन बढेगा, यह नौजवानों में अंतरिक्ष अन्वेषण और विज्ञान में रुचि और जिज्ञासा को उत्प्रेरित करेगा। अन्य व्यक्तियों को अंतरिक्ष में यात्रा करते देखने का आभास, छात्रों और युवाओं को विज्ञान, प्रौद्योगिकी, इंजीनियरिंग और गणित के क्षेत्र में आजीविका करने के लिए प्रेरित करेगा।

3. भारत संबंधित अंतरिक्ष पर्यटन

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) ने अंतरिक्ष पर्यटन और उससे संबंधित तकनीकों की संभावना की जांच करने के लिए सक्रिय रूप से कदम उठाए हैं। १९८४ में, भारत ने अंतरिक्ष पर्यटन की ओर अपना पहला कदम उठाया था जब भारतीय वायुसेना के वायुसैनिक स्क्वाड्रन लीडर राकेश शर्मा ने सोवियत वायुयान सोयुज टी-11 में यात्री के रूप में अंतरिक्ष की यात्रा की। यह मिशन एक वाणिज्यिक अंतरिक्ष पर्यटन प्रयास नहीं था, लेकिन यह भारतीय जनता के बीच अंतरिक्ष अन्वेषण की रुचि और जिज्ञासा को उत्प्रेरित करने की संभावना पैदा किया। तब से, इसरो ने अंतरिक्ष तकनीकों के विकास और विभिन्न उद्योगों के लिए उपग्रह प्रक्षेपण, संदर्भ संज्ञान, और वैज्ञानिक अनुसंधान के लिए उपग्रह चलाने में ध्यान केंद्रित किया है। हालांकि, भविष्य में संभावित अंतरिक्ष पर्यटन पहलों पर काम

करना जरूरी हैं, जिसमें नागरिकों के लिए उपचक्रवर्ती अंतरिक्षयान यात्राओं की पेशकश या निजी अंतरिक्ष कंपनियों के साथ सहयोग के मिशन शामिल हो सकते हैं।

- **वर्तमान बाजार स्थिति**
  भारत में अंतरिक्ष पर्यटन बाजार अभी भी अपने प्रारंभिक अवस्था में है, जिसमें वर्तमान में कोई वाणिज्यिक अभियांत्रिक परियोजना नहीं हैं। हालांकि, भविष्य के अंतरिक्ष पर्यटन प्रयासों के लिए चर्चा और प्रस्तावनाएं चल रही हैं। भारतीय अंतरिक्ष स्टार्टअप्स और निजी कंपनियां नागरिकों को उपचक्रवर्ती अंतरिक्षयान अनुभव प्रदान करने के अवसर की खोज कर रहे हैं। सरकार ने निजी अंतरिक्ष उद्योग को समर्थन करने के लिए एवं अंतरिक्ष उद्यमिता और भारत में व्यापारिक गतिविधियों को बढ़ावा देने के लिए भारतीय राष्ट्रीय अंतरिक्ष प्रोत्साहन और अधिमान्यन केंद्र (ईएन-स्पेस) का गठन किया गया हैं। ये कदम देश में अंतरिक्ष गतिविधियों, अभियांत्रिकी में नए अवसरों के लिए रास्ता खोलने के लिए बनाए गए हैं, जिसमें अंतरिक्ष पर्यटन को शामिल किया गया है।

- **गगनयान और उससे आगे**
  गगनयान भारत का महत्वाकांक्षी मानव अंतरिक्ष यात्रा कार्यक्रम है, जिसका नेतृत्व इसरो द्वारा किया जा रहा है। गगनयान परियोजना में अंतरिक्षयात्रीयों के सहित अंतरिक्षयान को निम्न भू-कक्षीय परिक्रमा करने के लिए भेजा जाना है। इस अंतरिक्षयान में यात्रियों को सुरक्षित रखने के लिए जीवन समर्थन प्रणालियां और उनके सफलतापूर्वक उपयोग के जरिए भारत की स्वतंत्र अंतरिक्ष यात्रा क्षमता की सुनिश्चिति की जाएगी। इसे सफलतापूर्वक स्थापित करने के बाद और भविष्य के मिशनों के माध्यम से, गगनयान भविष्य में भारत के अंतरिक्ष पर्यटन प्रयासों के लिए सर्वोत्तम विकल्प के रूप में सामने आ सकता है। इन प्रयासों में निजी व्यक्तियों को निम्न भू-कक्षीय अंतरिक्षयानों में पृथ्वी के परिक्रमा के लिए प्रस्तावनाएं जारी की जा सकती हैं, जिसमें विदेशी अंतरिक्ष केंद्र या भविष्य में कायाकल्पिक भारतीय अंतरिक्ष केंद्र के साथ डॉकींग करने की संभावना है।

चित्र ६: गगनयान कर्मीदल मॉड्यूल [*]

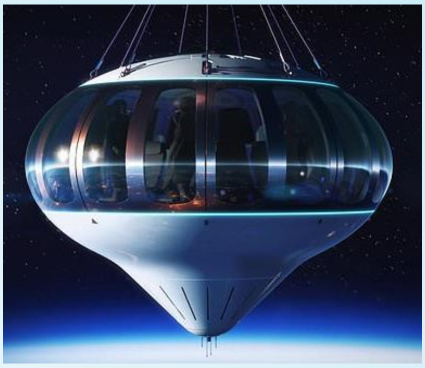
  उपचक्रवर्ती उडान के लिए किसी भारतीय प्रक्षेपण यान का उपयोग अंतरिक्ष पर्यटन के क्षेत्र में एक महत्त्वपूर्ण भूमिका निभा सकता है।

- **पुनर्योग्य प्रक्षेपण वाहन (आर एल वी) परियोजना**
  हाल ही में, इसरो ने सफलतापूर्वक पुनर्योग्य प्रक्षेपण वाहन-स्वतंत्र उड़ान अभियान (आर एल वी-एल ई एक्स) का संचालन किया है। यह आरएलवी परियोजना अंतरिक्ष पर्यटन को बढ़ावा देने के लिए विशाल संभावना रखती है। आर एल वी एक कर्मठ और पुनर्योग्य प्रक्षेपण वाहन का उद्देश्य है, जो अंतरिक्ष यात्रियों के साथ सफल और अधिकांशतः सुलभ अंतरिक्ष यात्रा के लिए खर्च को कम कर सकता है। इसके माध्यम से उड़ानों की खर्चानुमा

चित्र ७: आर एल वी [*]

कीमत को बहुत कम करके, आधुनिक अंतरिक्षयान के अधिक सुलभ यात्रा का मार्ग बन सकता है, जो भारत में अंतरिक्ष पर्यटन प्रयासों के लिए यादगार अनुभव प्रदान करेगा। अंतरिक्ष पर्यटन के लिए मौजूदा प्रक्षेपण यान में आर एल वी के एकीकरण पहलुओं का विस्तार से अध्ययन किया जाना चाहिए।

- **भविष्य की गुब्बारे पर आधारित परियोजनाएँ (Future Balloon-based Projects)**
गुब्बारे का उपयोग करके अंतरिक्ष पर्यटन एक मोहक अवधारणा है, जो यात्रियों को रॉकेट-मुक्त यात्रा प्रदान करता है, जिससे उन्हें पृथ्वी के निकट-अंतरिक्ष परिवेश में यात्रा करने का मौका मिलता है। यात्रियों को हेलियम या हाइड्रोजन वायु से भरे गए गुब्बारों के नीचे एक दबावीकरण संदूक (capsule) में यातायात करते हैं, जिससे उन्हें पृथ्वी के भू-कक्षीय रूप में आकर्षक दृश्यों का आनंद मिलता। यह पर्यावरणीय और लागत-कारगर उत्साह यात्रा एक अविस्मरणीय अनुभव का वादा करती है, जिससे अधिग्रहण करने वालों को भू-कक्षीय से अपने ग्राहकों को प्रदर्शित करने का अनूभव मिलता है। इसरो और निजी कंपनियां इस तरह की अवधारणाओं को जांचने और लागू करने के लिए प्रोत्साहित किए जाते हैं ताकि अंतरिक्ष को आम लोगों के लिए सुलभ बनाया जा सके। इस कार्य में मुंबई स्थित एक स्टार्ट-अप, स्पेस औरा (Space Aura), ६ पर्यटक और १ पायलट को पृथ्वी के सतह से ३० से ३५ किलोमीटर लेके जा सकने वाला १० फीट x ८ फीट का एक दबावीकरण संदूक बना रहा है। [८]



चित्र ८: गुब्बारे से जुड़ा दबावीकरण संदूक [७]

- **नए अंतरिक्ष केंद्र (New Spaceports) और आवश्यक बुनियादी ढांचे**
आंध्र प्रदेश के श्रीहरिकोटा में स्थित सतीश धवन स्पेस सेंटर (एस डी एस सी) भारत का प्रमुख परिचालन अंतरिक्ष केंद्र हैं। विभिन्न आगामी राष्ट्रीय एवं अंतरिक्ष मिशनों के लिए लॉन्च पोर्ट का वर्तमान अधिभोग और भविष्य में संभावित अंतरिक्ष पर्यटन से जुडे मांगों को ध्यान में रखते हुए, अंतरिक्ष पर्यटन के लिए एस डी एस सी में मौजूदा लॉन्च पैड का उपयोग करने की संभावना की जांच की जानी चाहिए। अंतरिक्ष पर्यटन को सुविधाजनक बनाने के लिए पहचाने गए अंतरिक्ष केंद्र को असेंबली और परीक्षण सुविधाओं, आवश्यक उड़ान प्रशिक्षण के लिए कर्मीदल प्रशिक्षण सुविधा, हैंगर, क्लीनरूम और ईंधन और पेलोड प्रसंस्करण के लिए ग्राउंड सपोर्ट उपकरण जैसे पर्याप्त बुनियादी ढांचे की आवश्यकता होगी। अंतरिक्ष यात्रियों और अंतरिक्ष पर्यटकों की सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए चिकित्सा सुविधाओं और आपातकालीन प्रतिक्रिया क्षमताओं की भी आवश्यकता होगी। अंतरिक्ष बंदरगाहों और आवश्यक बुनियादी ढांचे में निवेश भारत में एक संपन्न अंतरिक्ष पर्यटन उद्योग का मार्ग प्रशस्त कर सकता है।

- **सुरक्षा उपाय और सरकारी नीतियाँ**
  भारतीय अंतरिक्ष पर्यटन के भविष्य को आकार देने में सुरक्षा उपाय और सरकारी नीतियां महत्वपूर्ण हैं। अंतरिक्ष पर्यटकों और कर्मीदल की सुरक्षा की खातिर, अंतरिक्ष यात्री योजना की गहन परीक्षा, कर्मीदल प्रशिक्षण और आपातकालीन प्रतिक्रिया नीतियों की आवश्यकता होगी। कठोर नियमों और लाइसेंसिंग प्रक्रियाओं के अनुरूप सुरक्षा के माध्यम से अंतरिक्ष पर्यटन गतिविधियों को नियंत्रित करने और जोखिमों को कम करने की आवश्यकता होगी। राष्ट्रीय और अंतर्राष्ट्रीय साझेदारियों के बीच सहयोग से नियमन ढांचा बनाने और जिम्मेदार अभ्यासों को बढ़ाने से, भारत वैश्विक अंतरिक्ष पर्यटन उद्योग में एक सुरक्षित और विश्वसनीय खिलाडी के रूप में स्थान बना सकता है। स्पेस ट्रैफिक प्रबंधन पर जोर देने से अंतरिक्ष पर्यटन गतिविधियों की टिकाऊता और दिन-प्रतिदिन की व्यावसायिकता को बेहतर बनाने में मदद मिलेगी।

4. निष्कर्ष

अंतरिक्ष पर्यटन एक तेजी से विकसित हो रहा उद्यम है, जिसमें मानव अन्वेषण और पृथ्वी के पार वाणिज्यिक गतिविधियों के भविष्य को निर्मित करने की बहुत शक्ति है। अंतरिक्ष पर्यटन को उपचक्रवर्ती, कक्षावर्ती और पृथ्वी के बाह्य यात्रा के लिए विभाजित करके, यह खुले हुए अवसरों की पहचान करता है, जो निजी व्यक्तियों को अंतरिक्ष में काम करने के लिए प्रेरित करता हैं। भारत में अंतरिक्ष पर्यटन अभी तक अपने प्रारंभिक चरण में है, लेकिन गगनयान जैसे महान परियोजनाएं और पुनर्योग्य प्रक्षेपण वाहन तकनीक में प्रगति भारत की इस क्षेत्र में क्षमता को दर्शाती हैं। गुब्बारा परियोजनाएं जैसी नई अवधारणाएं लोगों को आकर्षित कर रही है। अंतरिक्ष पर्यटन की सफलता और सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए, सरकार, निजी क्षेत्र, और अंतर्राष्ट्रीय साझेदारों के बीच मिलाजुलाव कार्यक्रम महत्वपूर्ण हैं। अंतरिक्ष यात्रा और पर्यावरणीय समृद्धि के लिए अंतरिक्ष पर्यटन का पक्षधर बनकर, भारत वैश्विक अंतरिक्ष उद्योग में अपनी गुणवत्ता और सत्यापित खिलाडी के रूप में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकता है। इस नई सीमा को ग्रहण करके, भारत अंतरिक्ष पर्यटन और मानव अंतरिक्ष अन्वेषण के भविष्य को आकार देने में एक महत्वपूर्ण योगदान देने की आशा है।

5. संदर्भ

[१]- https://www.nature.com/articles/d41586-023-00048-7

[२]-https://aerospacelectures.com/april-28-2001-worlds-1st-space-tourist-launches-to-space-station/

[३]- https://www.teslarati.com/spacex-crew-dragon-spaceship-nasa-astronaut-testing/

[४]- https://www.blueorigin.com/new-shepard

[५]- https://science.howstuffworks.com/spaceshiptwo.htm

[६]- https://www.futuremarketinsights.com/reports/space-tourism-market

[७]- https://www.fastcompany.com/90750328/too-poor-for-space-ballooning-to-the-stratosphere-is-the-next-best-thing

[८]-https://www.businessinsider.in/science/space/news/from-launch-vehicles-to-space-tourism-indian-space-start-ups-aim-high/articleshow/95605515.cms

[*]- अंतर्गत स्रोत

लेखक परिचय:

पाटील देवानंद सुरेश, वैज्ञानिक/अभियंता–एस. सी. ने बी.ई. यंत्रिकी अभियांत्रिकी की उपाधि प्राप्त की है। वर्ष 2022 में ये इसरो में भर्ती हुए। वर्तमान में, समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र, बेंगलूरु में गगनयान परियोजना में कार्यरत हैं। वह परियोजना प्रबंधन क्षेत्र में काम करते है। इसमें समग्र परियोजना निगरानी, अनुसूची बनाना, आयोजन और बजट प्रबंधन शामिल है।

आर. हट्टन, उत्कृष्ट वैज्ञानिक ने 1988 में यंत्रिकी अभियांत्रिकी में बी.-टेक. की उपाधि प्राप्त की है। वी.एस.एस.सी., इसरो में 1990 में प्रवेश पाया। ये पी.एस.एल.वी. परियोजना के परियोजना निदेशक रह चुके है। वर्तमान में, समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र, बेंगलुरु में गगनयान परियोजना निदेशक का कार्यभार संभाले हुए हैं।

3. मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन के लिए आर. एफ. प्रणालियों का उत्पादन और संबंधित चुनौतियां

(PRODUCTION OF RF SYSTEMS FOR HUMAN SPACE FLIGHT MISSION AND ASSOCIATED CHALLENGES)

हर्ष दशोरा, जितेन्द्र कुमार, कोमल, रेवन्ना के.
प्रणाली बाह्य उत्पादन समूह
यू आर राव उपग्रह केंद्र, इसरो, बेंगलूरु

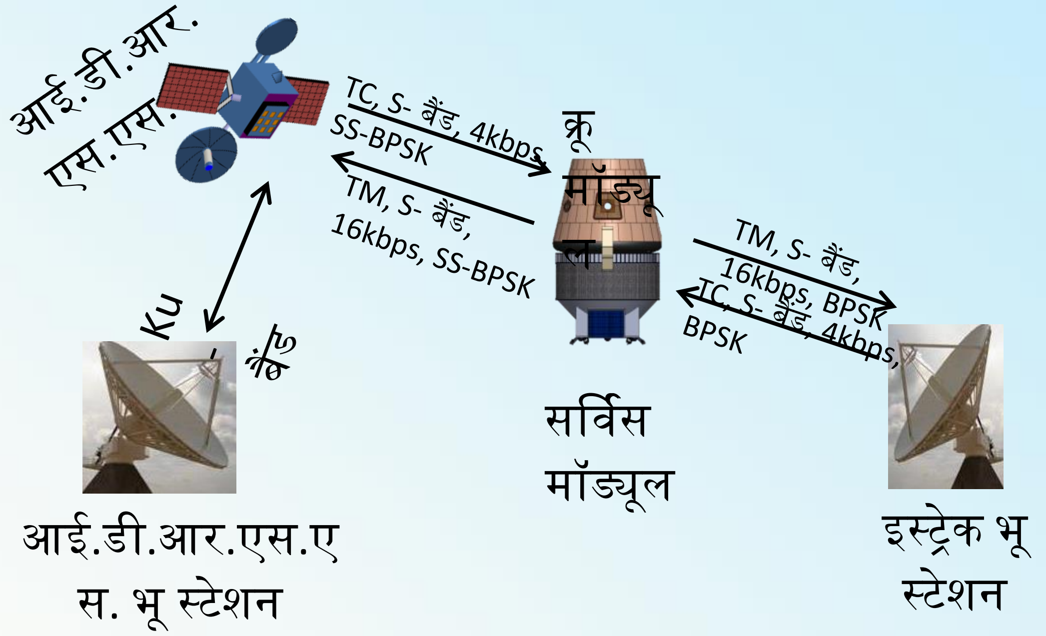
प्रस्तावना:

इसरो मौजूदा संचार प्रणाली और रिमोट सेंसिंग जैसे कार्यक्रम से लेकर अंतरग्रहीय मिशन और अंतरिक्ष यात्रा या अंतरिक्ष पर्यटन जैसे मिशनों तक क्षमता बढ़ा रहा है। इसलिए इसरो को नई तकनीक विकसित करनी होगी और बड़ी संख्या में विश्वसनीय अंतरिक्ष हार्डवेयर को सीमित समय सीमा में साकार करने की आवश्यकता होगी, जहां पिछले मिशनों के दौरान सीखे गए सबक का प्रभावी उपयोग भी इस दृष्टि पर महत्वपूर्ण भूमिका निभाएगा। मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशनों को कम समय में सफलतापूर्वक पूरा करने के लिए, इसरो को कई उद्योगों के साथ विभिन्न अनुबंध (Contract) स्थापित करने की आवश्यकता है जो समय पर आवश्यक हार्डवेयर का उत्पादन कर सकें। इस लेख में रेडियो आवृत्ति आधारित हार्डवेयर के उत्पादन के परिदृश्य पर चर्चा की गई है और उद्योगों के साथ कई दर अनुबंध (Rate contracts) विकसित करने के व्यवस्थित दृष्टिकोण को उससे संबंधित चुनौतियों के साथ विस्तृत किया गया है।

1. परिचय:

यूआरएससी भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) का प्रमुख केंद्र है जो इसरो के लिए गगनयान एवियोनिक्स हार्डवेयर के उत्पादन के लिए जिम्मेदार है। यूआरएससी, मानव अंतरिक्ष मिशन अर्थात् गगनयान के क्रू मॉड्यूल (CM) और सर्विस मॉड्यूल (SM) के एवियोनिक्स हार्डवेयर को साकार कर रहा है। इसके लिए बड़ी संख्या में इलेक्ट्रॉनिक उप-प्रणालियों (Subsystem) का निर्माण, परीक्षण और एकीकरण करने की आवश्यकता है। इस आवश्यकता को पूरा करने के लिए, ऑपरेशन के विभिन्न तरीकों के तहत अंतरिक्ष इलेक्ट्रॉनिक उप-प्रणालियों को साकार करने के लिए, जहां भी आवश्यक हो, उद्योगों को शामिल करने की योजना बनाई गई है। यूआरएससी इन हार्डवेयर को साकार करने के लिए विक्रेताओं (Vendors) के साथ दीर्घकालिक कामकाजी संबंध (Long term rate contract) बनाना चाहता है।

सभी उत्पादन आवश्यकताओं को एक दस्तावेज़ में प्रदान किया जाता है, जिसे प्रोडक्शन फ्रेमवर्क दस्तावेज़ (PFD) कहा जाता है। पीएफडी में सभी विशिष्ट उप-प्रणाली पैकेजों का सामान्य विवरण, निर्माण और परीक्षण का विवरण और अन्य सामान्य विशेषताएं हैं। पीएफडी आवश्यकता के आधार पर, विक्रेता प्रतिक्रिया देते हैं और संगठन के लक्ष्य के लिए अनुबंध स्थापित किए जा सकते हैं।



चित्र 1: विशिष्ट मिशन अवलोकन

इस लेख में विक्रेता के साथ अनुबंध स्थापना के संक्षिप्त विवरण और आरएफ पैकेज के उत्पादन में चुनौतियों पर चर्चा की गई है।

2. कार्य की प्रकृति:

इन पैकेजों के उत्पादन में विक्रेताओं (vendors) के लिए शामिल गतिविधि निर्माण (Fabrication) और परीक्षण (Testing) है। इसके अलावा, यूआरएससी में या विक्रेता को अपने परिसर में गतिविधियों को अंजाम देने की अनुमति है। इन सभी विविधताओं को यूआरएससी द्वारा परिकल्पित संचालन के 4 तरीकों में बनाया गया है। विक्रेताओं द्वारा की जाने वाली गतिविधियाँ संक्षेप में इस प्रकार हैं:

- घटकों (Components)/पीसीबी/ मैकेनिकल हाउसिंग की प्राप्ति, प्रबंधन और भंडारण।
- मोड 1बी और 2बी पर लागू अनुसार निर्माण के लिए उपभोग्य सामग्रियों की खरीद
- कार्ड/पैकेज स्तर का निर्माण और पैकेज वायरिंग
- पीसीबी स्टैकिंग और निरीक्षण सहित इलेक्ट्रॉनिक्स मॉड्यूल का एकीकरण और परीक्षण
- घटकों की कंफर्मल कोटिंग, पोटिंग और रेडिएशन शील्डिंग जैसी सुरक्षात्मक कोटिंग लगाना
- निर्दिष्ट स्थान पर प्रारंभिक बेंच स्तर परीक्षण (IBT), पोस्ट कंफर्मल कोटिंग परीक्षण, कंपन परीक्षण, गर्म और ठंडा/थर्मो-वैक्यूम परीक्षण, ईएमआई/ईएमसी (आवश्यकतानुसार), एफबीटी आदि का संचालन।
- विभिन्न चरणों में पैकेज स्तर का परीक्षण
- विक्रेता/यूआरएससी सुविधा पर पर्यावरण परीक्षण करना
- अंतरिक्ष यान में एकीकरण के लिए AIT को पैकेजों की डिलीवरी।
- यूआरएससी की इच्छानुसार कोई अन्य अतिरिक्त परीक्षण/पुनः परीक्षण

विक्रेता को गतिविधि को करने के लिए आवश्यक उपकरण लाने की आवश्यकता हो सकती है।

3. उत्पादन के तरीके:

विक्रेता की क्षमता के आधार पर RF सिस्टम उत्पादन के विभिन्न तरीके परिभाषित हैं, जैसे-

तालिका-1: आरएफ प्रणाली उत्पादन के तरीके

मोड प्रकार	कार्य की प्रकृति
मोड 1ए	यूएसआरसी में SMT और Through hole घटक फैब्रिकेशन
मोड 1बी	विक्रेता सुविधा पर SMT और Through hole घटक फैब्रिकेशन
मोड 2ए	यूआरएससी सुविधा पर पैकेज वायरिंग, परीक्षण चयन, कार्ड और पैकेज स्तर का परीक्षण
मोड 2बी	विक्रेता सुविधा पर पैकेज वायरिंग, परीक्षण चयन, कार्ड और पैकेज स्तर का परीक्षण
सुविधा	विक्रेता सुविधा पर पर्यावरणीय सुविधाएं जैसे गर्म और ठंडा / थर्मोवैक / कंपन सुविधाएं / EMI/EMC जो लागू हो

4. विक्रेता चयन का मानदंड

- निविदा के संदर्भ में, विक्रेताओं को निम्नलिखित आवश्यकताओं को पूरा करना होगा
- समान अंतरिक्ष गुणवत्ता उड़ान हार्डवेयर के निर्माण और/या परीक्षण में न्यूनतम दो साल के अनुभव के साथ योग्य इसरो विक्रेता।
- उड़ान अनुप्रयोग के लिए एवियोनिक्स हार्डवेयर प्राप्ति पर लागू गुणवत्ता और विश्वसनीयता मानकों (Reliability standards) का अनुभव
- उच्च विश्वसनीयता के लिए सभी तकनीकी विशिष्टताओं (Specifications) और आवश्यकताओं को समझें।
- लॉग शीट और दस्तावेज़ीकरण की तैयारी में अनुभव सहित महत्वपूर्ण इलेक्ट्रॉनिक हार्डवेयर के लिए परीक्षण और मूल्यांकन प्रक्रियाओं और पद्धतियों पर ज्ञान
- अंतरिक्ष ग्रेड घटकों (Space grade components) और तत्वों (Elements) के संरक्षण और उपयोग के लिये प्रमाणित सुविधा उपलब्ध होना

5. समीक्षा एवं लेखापरीक्षा (Reviews & Audits):

निम्नलिखित समीक्षाएँ (Reviews) अनिवार्य हैं और विक्रेताओं को उनमें भाग लेना होता है और प्रस्तुतिकरण देना होता है।

- **MRR (विनिर्माण तैयारी समीक्षा):** पीसीबी असेंबली गतिविधि शुरू करने से पहले, विक्रेता को पीसीबी की सूची, पैकेज की कॉन्फ़िगरेशन, सत्यापन के लिए घटकों और घटक सूची, मैकेनिकल हाउसिंग आवश्यक चित्र और ब्लूप्रिंट प्रदान की जाएगी।

- **TRR (टेस्ट रेडीनेस रिव्यू):** TRR पीसीबी वायरिंग के बाद और कार्ड स्तर परीक्षण से पहले और पैकेज स्तर परीक्षण से पहले आयोजित किया जाता है। टीआरआर निर्माण की स्थिति और किसी भी ऑडिट अवलोकन, परीक्षण उपकरण और परीक्षण इंजीनियर की उपलब्धता, परीक्षण दस्तावेज़ की उपलब्धता, विशिष्टताओं आदि की समीक्षा करता है।
- **TRB (परीक्षण परिणामों की समीक्षा):** कार्ड और पैकेज के परीक्षण परिणामों की समीक्षा स्थायी समिति द्वारा की जाएगी। जहां विशिष्टताओं के अनुपालन, गैर-अनुरूपताओं (NC) और उनके समापन और प्रासंगिकता की टिप्पणियों की समीक्षा की जाती है।

6. चुनौतियाँ :

- ऑन बोर्ड संचार प्रणाली का मुख्य कार्य हैं- टेलीमेट्री सिग्नल प्रसारित करना, टेली-कमांड सिग्नल प्राप्त करना और पेलोड डेटा संचारित करना। टेलीमेट्री, ट्रेकिंग एवं कमांड (TTC) के लिए आवंटित विभिन्न आवृत्ति बैंड निम्नलिखित तालिका में सूचीबद्ध हैं-

तालिका-2: गगनयान मिशन में संचार के लिए प्रस्तावित आवृत्ति बैंड

क्र. सं.	सेवाएं	आवृत्ति बैंड
1	GPS का उपयोग कर सैटेलाइट पोजिशनिंग सिस्टम	L1
2	NavIC का उपयोग कर सैटेलाइट पोजिशनिंग सिस्टम	L5
3	गगनयान टीटीसी रिसीवर	S
4	गगनयान टीटीसी ट्रांसमीटर	S
5	गगनयान सीडीएमए टीटीसी रिसीवर	S
6	गगनयान सीडीएमए टीटीसी ट्रांसमीटर	S
7	IRNSS टीटीसी रिसीवर	C
8	IRNSS टीटीसी ट्रांसमीटर	C
9	IDRSS टीटीसी रिसीवर	Ku
10	IDRSS टीटीसी ट्रांसमीटर	Ku

गगनयान मिशन में गगनयान प्रणालियों के उत्पादन के दौरान कई चुनौतियाँ शामिल हैं जिनका विवरण नीचे दिया गया है-

- RF प्रणाली में प्रमुख चुनौती वांछित आवृत्ति पर विशिष्टताओं को पूरा करना है। इसलिए घटकों की ट्यूनिंग और प्रतिबाधा मिलान (Impedance matching), लाभ (Gain), आयाम समतलता (Amplitude Flatness), मॉड्यूलेशन इंडेक्स, हार्मोनिक और स्पूरियस दमन आदि के संदर्भ में इष्टतम प्रदर्शन प्राप्त करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है।

  • RF प्रणाली में बहुत संवेदनशील सक्रिय उपकरणों का उपयोग किया जाता है और अनुचित हैंडलिंग, इलेक्ट्रो स्टेटिक डिस्चार्ज (ESD) और बायसिंग के कारण उनमें बार-बार विफलता का खतरा होता है।

- जैसे-जैसे आरएफ प्रणाली की परिचालन आवृत्ति बढ़ती है, RF पैकेजों में बाहरी प्रभाव और पराश्रय प्रभाव (Parasitic effect), आपसी युग्मन (Mutual coupling), विद्युत चुम्बकीय विकिरण (Electromagnetic radiation) और संबंधित नुकसान काफी बढ़ जाते हैं।
- तापीय अपवाह (Thermal run away) से बचने के लिए शक्ति प्रवर्धक परिपथ (पावर एम्पलीफायर सर्किट) में उचित ताप अपव्यय (Heat dissipation) का ध्यान रखा जाना चाहिए।
- सिग्नल रिसेप्शन और ट्रांसमिशन की प्रक्रिया में विभिन्न आवृत्तियाँ उत्पन्न होती हैं और पैकेज से रिसाव की संभावना होती है। किसी भी प्रणाली के सुचारु रूप से स्वतन्त्र संचालन के लिये आवश्यक है कि वह विद्युत चुम्बकीय रूप ना किसी से प्रभावित होना चाहिये और ना किसी प्रणाली को प्रभावित करना चाहिये, इसलिए EMI/EMC का उचित प्रबंधन भी आरएफ प्रणाली में बड़ी चुनौती है।

आरएफ प्रणाली से जुड़ी कई और तकनीकी चुनौतियाँ हैं, इसके अलावा जब इन प्रणालियों को बाहरी निर्माताओं द्वारा नियंत्रित किया जाता है तो कई उत्पादन उन्मुख चुनौतियाँ भी उत्पन्न होती हैं, उनको सही तरीके से हल करना बहुत आवश्यक होता है।

7. निष्कर्ष:

इस लेख का लक्ष्य गगनयान या मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन के लिए RF हार्डवेयर के उत्पादन में शामिल प्रयासों को उजागर करना है। इस लेख में, विक्रेता चयन मानदंड विस्तृत है, RF हार्डवेयर उत्पादन के तरीकों की व्याख्या की गई है और संचार हार्डवेयर की प्राप्ति के दौरान विभिन्न समीक्षा तंत्रों का विवरण दिया गया है। इसके अलावा RF प्रणाली कार्यान्वयन से जुड़ी चुनौतियों का वर्णन किया गया है।

सन्दर्भ: [1]“Preliminary design review document on Gaganyaan” U R Rao Satellite Centre, Nov 2021.

[2] Harsh Dashora, Jitendra Kumar, et.al. “System level simulation of c-band transponder and optimized link margin” 4th IEEE International Conference (RTEICT-2019), Bangalore.

[3] Kamaljeet Singh, et.al “RF sub-systems: Productionization perspective and challenges”, Conference on Enabling Spacecraft Systems Realization through Industries (ESSRI-2016) during 23-06-2016, Bengaluru, pp. 1-5.

[4] Dennis Roddy, “Satellite Communications”, 3rd edition, McGraw Hill, USA, 2001, ISBN: 0-07-120240-4.

लेखक परिचय :

हर्ष दशोरा ने राजस्थान विश्वविद्यालय से इलेक्ट्रॉनिक्स एवं संचार में बी.ई. की उपाधि प्राप्त की। वह वर्ष 2010 में इसरो में शामिल हुए, तब से वह भारतीय उपग्रहों के सभी वर्गों के लिए टीटीसी ट्रांसमीटर, रिसीवर के उत्पादन में शामिल हैं। उनकी रुचि के क्षेत्र ट्रांसमीटर, रिसीवर, निष्क्रिय आरएफ सर्किट आदि हैं। वह आई.ई.टी.ई. और ए.एस.आई. नामक तकनीकी समितियों के सदस्य हैं।

<u>जितेंद्र कुमार</u> ने पश्चिम बंगाल विश्वविद्यालय से इलेक्ट्रॉनिक्स और संचार में बी.टेक की उपाधि प्राप्त की। वह वर्ष 2010 में इसरो में शामिल हुए, तब से वह भारतीय उपग्रहों के सभी वर्गों के लिए टीटीसी ट्रांसमीटर, रिसीवर के उत्पादन में शामिल हैं। उनकी रुचि के क्षेत्र ट्रांसमीटर, रिसीवर, निष्क्रिय आरएफ सर्किट आदि हैं। वह आई.ई.टी.ई. और ए.एस.आई. नामक तकनीकी समितियों के सदस्य हैं।

<u>कोमल</u> ने बिरला इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी सिंदरी से इलेक्ट्रॉनिक्स और संचार में बी.टेक की उपाधि प्राप्त की है। वह वर्ष 2017 में इसरो में शामिल हुईं, तब से वह भारतीय उपग्रहों के सभी वर्गों के लिए टीटीसी ट्रांसमीटर, रिसीवर के उत्पादन में शामिल हैं। उनकी रुचि के क्षेत्र ट्रांसमीटर, रिसीवर, निष्क्रिय आरएफ सर्किट आदि हैं।

<u>रेवन्ना</u> के ने यूनिवर्सिटी ऑफ विश्वेश्वरैया कॉलेज ऑफ इंजीनियरिंग से इलेक्ट्रॉनिक्स और संचार में बी.ई. प्राप्त की। वह वर्ष 1988 में इसरो में शामिल हुए, तब से वह भारतीय उपग्रहों की सभी श्रेणियों के लिए टीटीसी रिसीवर के डिजाइन और विकास में लगे हुए हैं। उनकी रुचि के क्षेत्र रिसीवर, टीसीएक्सओ, एस.ए.डब्ल्यू फिल्टर आदि हैं। उन्हें IRNSS-1A अंतरिक्ष यान के लिए टीम उत्कृष्टता पुरस्कार 2013 से सम्मानित किया गया है।

4. क्रू माड्यूल समाकलन के लिए प्लैटफार्म: आवश्यकता, डिजाइन दृष्टिकोण और निर्माण

(Platforms for Crew Module Integration:
Requirement, Design approach and Realization)

अतीत राय, अरुण न्यामगौडर,
अरविंद शेणै, चन्दन मालाकर
वैज्ञानिक/ अभियंता
समुच्चयन, प्रणाली जांच एवं पुन:प्राप्ति
इकाई (ए.एस.टी.आर.ई),
समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र (एच.एस.एफ.सी)

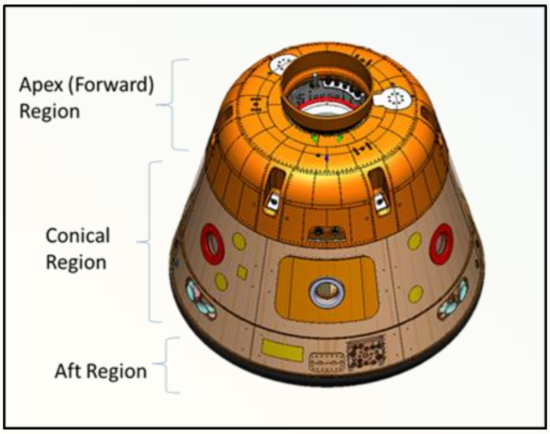
लेख का सार

गगनयान मिशन का क्रू मॉड्यूल एक आवास मॉड्यूल है, जिसे मानवयुक्त अंतरिक्ष अभियानों के दौरान अंतरिक्ष यात्रियों को ले जाने के लिए डिज़ाइन किया गया है। इसमें आवश्यक जीवन समर्थन प्रणालियाँ, एवियोनिक्स, प्रणोदन प्रणाली, अवत्वरण प्रणाली और क्रू संबंधित प्रणालियाँ होती हैं। क्रू मॉड्यूल की अनोखी आकृति, इसकी कॉम्पैक्ट प्रकृति और बड़े माप के कारण पहुंच बाधाओं को देखते हुए इन उप-प्रणालियों का समाकलन चुनौतीपूर्ण हो जाता है। क्रू मॉड्यूल का सिस्टम समाकलन एक जटिल प्रक्रिया है जिसके लिए उचित योजना, सटीकता और विस्तार पर ध्यान देने की आवश्यकता होती है। समाकलन प्लेटफॉर्म इस प्रक्रिया में आवश्यक उपकरण के रूप में काम करते हैं, जो समाकलन और परीक्षण के दौरान अंतरिक्ष यान के विभिन्न हिस्सों तक सुरक्षित और सुविधाजनक पहुंच प्रदान करते हैं। यह तकनीकी लेख क्रू मॉड्यूल पर समाकलन गतिविधियों को पूरा करने के लिए आवश्यक विभिन्न समाकलन प्लेटफार्मों की आवश्यकता, विन्यास, डिजाइन दृष्टिकोण और निर्माण का विवरण देता है।

मुख्य शब्द: क्रू मॉड्यूल, समाकलन, प्लेटफॉर्म, यांत्रिक भू-सहाय्य उपकरण

प्रस्तावना :

एक अंतरिक्ष मिशन का एक विशिष्ट जीवन चक्र विभिन्न चरणों से गुजरता है जिसमें मिशन अवधारणा का विकास, मिशन आवश्यकताओं और प्रणाली परिभाषा का विकास, विस्तृत डिजाइन समीक्षा, निर्माण और प्राप्ति, संयोजन, समाकलन और परीक्षण, प्रक्षेपण और मिशन संचालन, पुनर्प्राप्ति और पुनर्प्राप्ति के बाद के संचालन और अंत में मिशन-पश्चात विश्लेषण शामिल हैं।



चित्र 1: गगनयान मिशन के लिए क्रू मॉड्यल

अंतरिक्ष यान के डिजाइन और विकास में समाकलन अत्यंत महत्वपूर्ण है। समाकलन चरण एक महत्वपूर्ण चरण है जहां व्यक्तिगत सिस्टम और घटक एक एकीकृत और परिचालन अंतरिक्ष यान बनाने के लिए

एक साथ आते हैं जो अपने इच्छित मिशन को पूरा करने में सक्षम है। क्रू मॉड्यूल समाकलन में क्रू सदस्यों के लिए कार्यात्मक और सुरक्षित वातावरण बनाने के लिए विभिन्न उपप्रणालियों, घटकों और पेलोड का समाकलन शामिल होता है।

क्रू मॉड्यूल पर संयोजन, समाकलन और परीक्षण कार्यों को करने के लिए, विभिन्न यांत्रिक भू-सहाय्य उपकरण [1], सहित समाकलन प्लेटफॉर्म की आवश्यकता होती है। समाकलन प्लेटफार्मों की आवश्यकता, आकार और माप मुख्य रूप से विभिन्न उप-प्रणालियों के संयोजन और समाकलन के लिए क्रू मॉड्यूल में और उसके आसपास विभिन्न स्थानों पर पहुंच की आवश्यकता से नियंत्रित होता है। गगनयान मिशन का क्रू मॉड्यूल एक दोहरी दीवार वाली संरचना है और इंटीरियर तक पहुंच केवल सामने और ऊपरी हैच के माध्यम से होती है। यह बाधा समाकलन प्लेटफार्मों के विन्यास और समाकलन गतिविधियों के अनुक्रमण के दौरान एक विशेष आवश्यकता लगाती है। चित्र 1 क्रू मॉड्यूल के विभिन्न क्षेत्रों को दिखा रहा है, जिन्हें विभिन्न उप-प्रणालियों के समाकलन के लिए पहुंच की आवश्यकता है।

साहित्य की समीक्षा

विभिन्न अंतरिक्ष अभियानों के लिए स्पेसक्राफ्ट समाकलन के लिए एक्सेस/समाकलन प्लेटफॉर्म का आमतौर पर उपयोग किया जाता है। अधिकांश एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म ऐसे कॉन्फ़िगर किए गए हैं कि वे अंतरिक्ष यान के उन क्षेत्रों तक पहुंच प्रदान कर सकते हैं जहां समाकलन के दौरान पहुंचना मुश्किल है। पाठ का यह भाग दुनिया भर में अंतरिक्ष यान समाकलन के लिए समाकलन और पहुंच प्लेटफार्मों पर केंद्रित है।

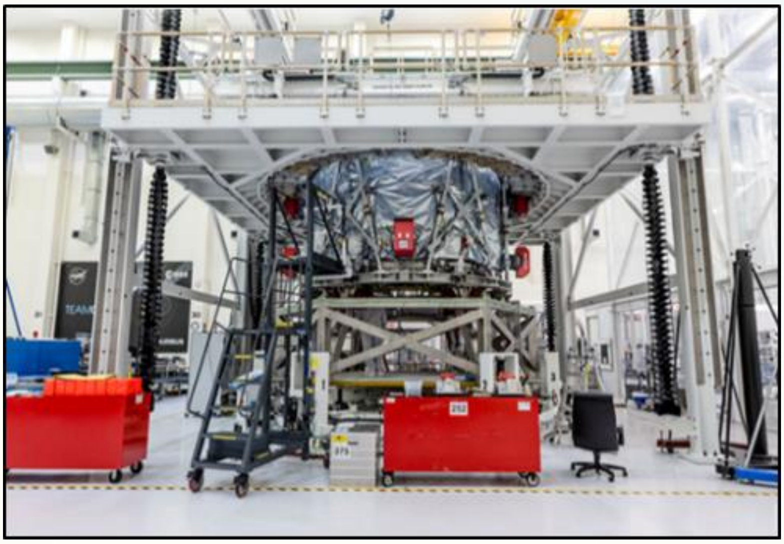
चित्र 2: जेट प्रोपल्शन लेबोरेटरी के अंतरिक्ष यान असेंबली सुविधा में हाई बे 1 क्लीनरूम में मंगल 2020 मिशन अंतरिक्ष यान [2]

चित्र 2: नासा के मंगल 2020 मिशन अंतरिक्ष यान समाकलन के लिए उपयोग की जाने वाली असेंबली गतिविधियों का समर्थन करने के लिए विभिन्न ग्राउंड सपोर्ट उपकरण दिखाता है। अंतरिक्ष यान चित्र के केंद्र में है और विभिन्न आवश्यक ऊंचाइयों पर पहुंच प्रदान करने के लिए कॉन्फ़िगर किए गए समाकलन प्लेटफार्मों को चित्र में देखा जा सकता है।

चित्र 2 और चित्र 3 ओरियन क्रू मॉड्यूल और सर्विस मॉड्यूल को सपोर्ट करने के लिए उपयोग किए जाने वाले बेस सपोर्ट प्लेटफॉर्म/फिक्स्चर दिखाते हैं। यह ध्यान दिया जा सकता है कि अंतरिक्ष यान में पहले से ही सपोर्ट फिक्स्चर के साथ इंटरफेस करने के लिए आवश्यक पूर्व-नियोजित आवश्यक इंटरफेस हैं।

चित्र 3: ओरियन क्रू मॉड्यूल ढांचे की एक सपोर्ट फिक्स्चर के साथ इंटरफेस किया गया [2]

चित्र 4: ओरियन क्रू मॉड्यूल और सर्विस मॉड्यूल असेंबली एक सपोर्ट फिक्स्चर के साथ इंटरफेस किया



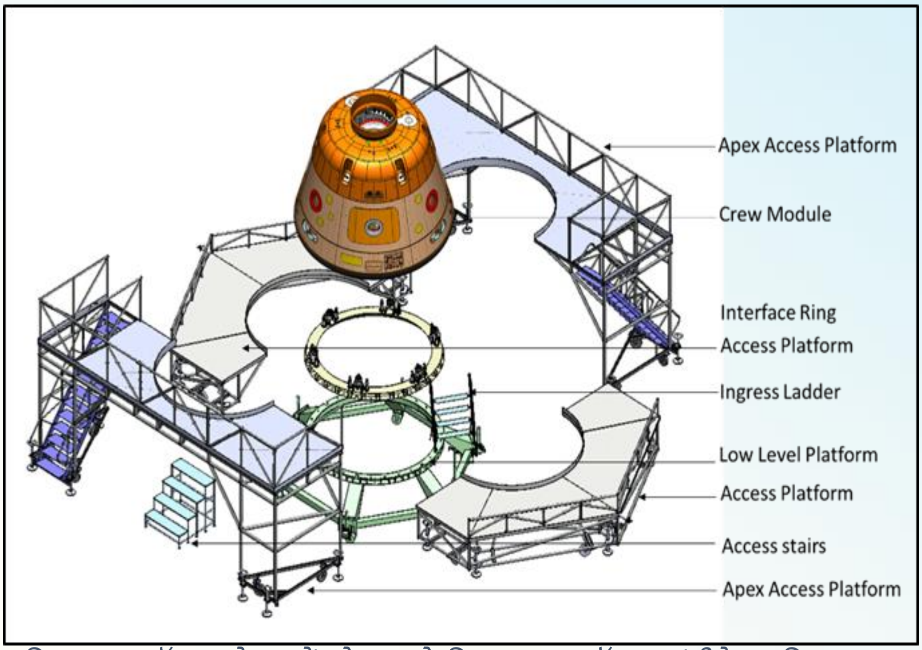
चित्र 5: क्रू मॉड्यूल एडाप्टर स्थापित किया जा रहा है जो नासा के आर्टेमिस II चांद मिशन के लिए क्रू मॉड्यूल और सर्विस मॉड्यूल के बीच का इंटरफ़ेस है [2]

चित्र 5, चित्र 6 और चित्र 7 विभिन्न चरणों के दौरान ओरियन अंतरिक्ष यान पर समाकलन गतिविधियों को पूरा करने के लिए आवश्यक विभिन्न समाकलन एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म दिखाते हैं। यह ध्यान दिया जा सकता है कि समाकलन प्लेटफार्मों को इस तरह से कॉन्फ़िगर किया गया है कि वे अंतरिक्ष यान के चारों ओर पर्याप्त कार्य क्षेत्र प्रदान करते हैं और उनकी ऊंचाई का स्तर तय किया जाता है ताकि वे अंतरिक्ष यान के सामान्य रूप से दुर्गम क्षेत्रों तक पहुंच प्रदान कर सकें।

समाकलन प्लेटफ़ॉर्म का विन्यास

चित्र 3: ब्रेमेन, जर्मनी में एयरबस इंटीग्रेशन हॉल में सर्विस मॉड्यूल-2 की वायरिंग [2]

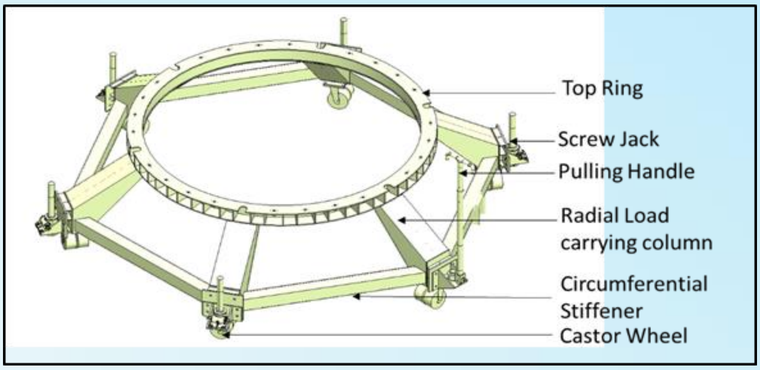
चित्र 4: आर्टेमिस मिशन के लिए सर्विस मॉड्यूल-2 को नासा के कैनेडी अंतरिक्ष केंद्र में एकीकृत किया जा रहा है [2]



चित्र 5: क्रू मॉड्यूल के चारों ओर इकट्ठे किए गए क्रू मॉड्यूल इंटीग्रेशन फिक्स्चर का एक्सप्लोडेड वियु

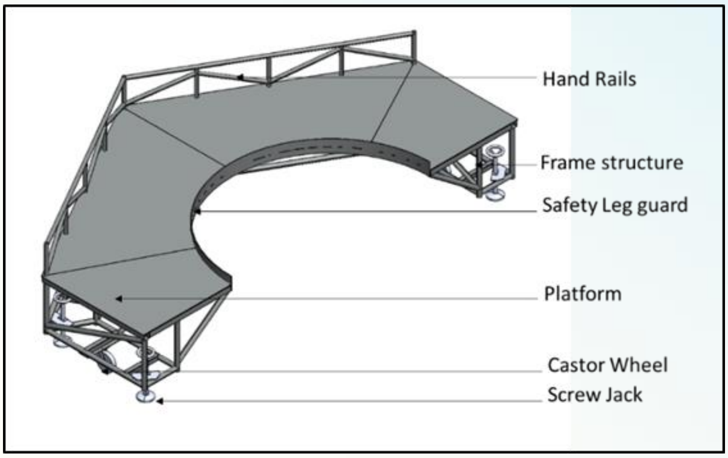
समाकलन प्लेटफ़ॉर्म के विन्यास के लिए, कुछ कार्यात्मक आवश्यकताओं पर विचार किया गया। समाकलन गतिविधियों के दौरान क्रू मॉड्यूल को नीचे से सहारा देने के लिए एक प्लेटफॉर्म/फिक्स्चर की आवश्यकता होती है, जिसमें परीक्षण सुविधा/क्लीनरूम के अंदर क्रू मॉड्यूल के लिए सुरक्षित आवाजाही का प्रावधान हो। एवियोनिक्स, प्रणोदन आदि जैसे विभिन्न उप-प्रणालियों के समाकलन के लिए क्रू मॉड्यूल के कोनिकॅल क्षेत्र में पहुंच की आवश्यकता है। विभिन्न केबिन उप-प्रणालियों जैसे डिस्प्ले, एवियोनिक्स, पर्यावरण नियंत्रण और जीवन समर्थन प्रणाली के समाकलन के लिए साइड हैच के माध्यम से क्रू मॉड्यूल के अंदर पहुंच की आवश्यकता है। डिसेलेरेशन, अप-राइटिंग, एपेक्स कवर आदि जैसे उप-प्रणालियों के समाकलन के लिए क्रू मॉड्यूल के एपेक्स क्षेत्र में पहुंच की आवश्यकता है। इसके अलावा, समाकलन गतिविधियों को अंजाम देने के लिए क्रू मॉड्यूल के आसपास पर्याप्त कार्य स्थान उपलब्ध कराने की आवश्यकता है। उपर्युक्त कार्यात्मक आवश्यकताओं को ध्यान में रखते हुए तीन समाकलन प्लेटफ़ॉर्म कॉन्फ़िगर किए गए हैं- क्रमशः लो लेवल प्लेटफार्म, एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म और एपेक्स एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म।

लो लेवल प्लेटफार्म: यह समाकलन गतिविधियों के दौरान क्रू मॉड्यूल के लिए एक स्थिर और सुरक्षित आधार प्रदान करता है। यह क्लीनरूम के अंदर क्रू मॉड्यूल की सुरक्षित आंतरिक आवाजाही में भी मदद करता है। प्लेटफ़ॉर्म को क्रू मॉड्यूल के वजन और भार का सामना करने के लिए डिज़ाइन किया गया है। एक इंटरफ़ेस रिंग कॉन्फ़िगर की गई है जो एक विशेष ब्रैकेट की मदद से क्रू मॉड्यूल को लो लेवल प्लेटफ़ॉर्म के साथ इंटरफ़ेस करती है। लो लेवल प्लेटफार्म एक स्टक्चराल स्टील वेल्डेड संरचना है जिसमें नीचे बेस सपोर्ट सदस्यों से जुड़े 6 कॉलम हैं और इंटरफ़ेस रिंग से जुड़ने के लिए शीर्ष पर रिंग है। प्लेटफॉर्म की ऊंचाई इस तरह से कॉन्फ़िगर की गई है कि लो लेवल प्लेटफॉर्म पर क्रू मॉड्यूल के डोम वाले हिस्से तक बिना किसी प्लेटफॉर्म के, फर्श पर खड़े होकर पहुंचा जा सकता यह क्लीनरूम के भीतर क्रू मॉड्यूल को स्थानांतरित करने के लिए एक दिशात्मक लॉक तंत्र के साथ 6 ट्विन कैस्टर पहियों द्वारा समर्थित है। समाकलन गतिविधियों के लिए क्रू मॉड्यूल के साथ इंटरफेस किए जाने पर लो लेवल प्लेटफॉर्म को स्थिरता प्रदान करने के लिए लो लेवल प्लेटफॉर्म के साथ 5 स्क्रू जैक प्रदान किए गऐ हैं।



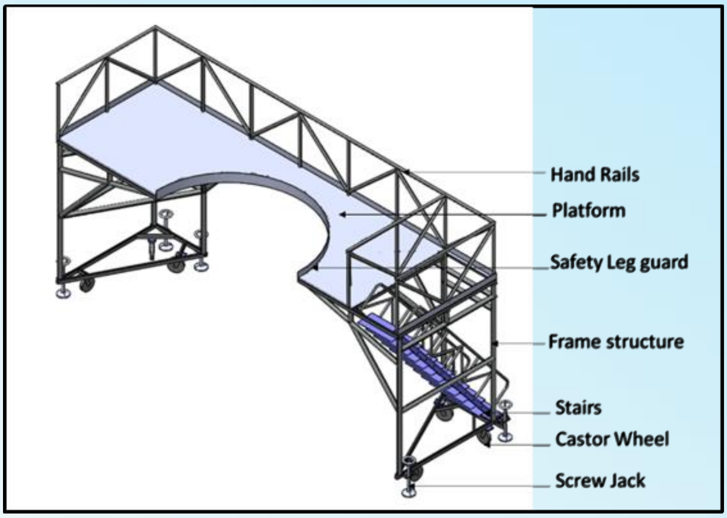
चित्र 6: लो लेवल प्लेटफार्म

एक्सेस प्लेटफार्म: यह बाहरी पैनल, थर्मल सुरक्षा प्रणाली, प्रणोदन प्रणाली, एवियोनिक्स, एंटीना और इंस्ट्रुमेंटेशन सिस्टम के समाकलन के लिए क्रू मॉड्यूल के कोनिकॅल ऐवं ऐनूलार क्षेत्र तक पहुंचने के लिए कॉन्फ़िगर किया गया एक मंच है। दो एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म का सेट क्रू मॉड्यूल क्रू मॉड्यूल के कौनिकल भाग मे 360° पहुंच प्रदान करता है। इसे कुशल समाकलन गतिविधियों के लिए पर्याप्त स्थान और समर्थन प्रदान करने के लिए डिज़ाइन किया गया है। एक्सेस प्लेटफार्म की ऊंचाई पर चढ़ने के लिए अलग से सीढ़ियां बनाई गई हैं। और साइड हैच के माध्यम से क्रू मॉड्यूल के अंदर तक पहुंचने के लिए एक विशेष प्रवेश सीढ़ी का उपयोग किया जाता है। प्लेटफ़ॉर्म संरचना और हैंड रेलिंग मानक गोलाकार और आयताकार खंडों से बनी हैं। सुविधा के अंदर आसान आवाजाही के लिए एक्सेस प्लेटफॉर्म के प्रत्येक आधे हिस्से के लिए 4 कैस्टर पहिए प्रदान किए गए हैं। सेवा/पार्किंग स्थिति में एक्सेस प्लेटफॉर्म को स्थिर करने के लिए प्रत्येक आधे हिस्से में 4 स्क्रू जैक प्रदान किए गए हैं।

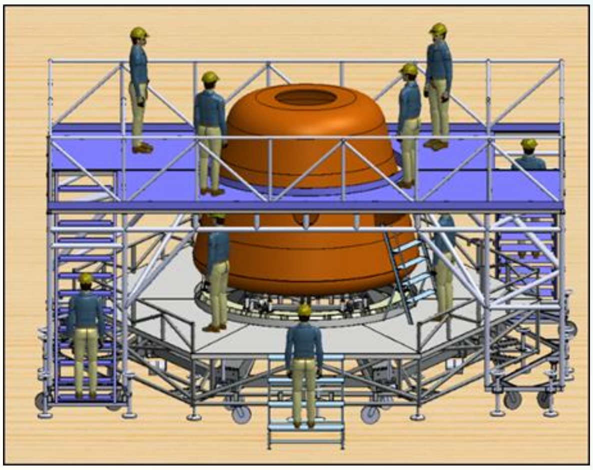


चित्र 7: एक्सेस प्लेटफार्म

एपेक्स एक्सेस प्लेटफार्म: यह क्रू मॉड्यूल के एपेक्स क्षेत्र तक पहुंचने और रिकवरी एवियोनिक्स, डिसेलेरेशन सिस्टम, अप-राइटिंग सिस्टम आदि का समाकलन करने के लिए कॉन्फ़िगर किया गया एक प्लेटफॉर्म है। यह सुरक्षा और स्थिरता सुनिश्चित करते हुए इन घटकों तक पहुंच प्रदान करता है। एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म की तरह, दो एपेक्स एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म हैं, जो एक साथ जुड़ने पर क्रू मॉड्यूल के एपेक्स क्षेत्र तक 360° पहुंच प्रदान करते हैं। जब एक्सेस प्लेटफार्म और एपेक्स एक्सेस प्लेटफार्म दोनों एक साथ स्थित होते हैं, तो आरामदायक काम के लिए दो प्लेटफार्मों के बीच 1.75 मीटर का अंतर सुनिश्चित किया गया है।एपेक्स एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म में प्लेटफ़ॉर्म तक पहुंचने के लिए एक अंतर्निहित चढ़ाई वाली सीढ़ी है, जिसे केवल तभी उपयोग करने के लिए कॉन्फ़िगर किया गया है जब दोनों एपेक्स एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म इकट्ठे स्थिति में हों। सुविधा के अंदर आसान आवाजाही के एपेक्स एक्सेस प्लेटफॉर्म के प्रत्येक आधे हिस्से के लिए 6 कैस्टर पहिए प्रदान किए गए हैं। सेवा/पार्किंग स्थिति में एपेक्स एक्सेस प्लेटफॉर्म को सुरक्षित करने के लिए प्रत्येक आधे हिस्से में 6 स्क्रू जैक प्रदान किए गए हैं।



चित्र 81: एपेक्स एक्सेस प्लेटफार्म



चित्र 12: क्रू मॉड्यूल के चारों ओर इकट्ठे हुए क्रू मॉड्यूल समाकलन फिक्स्चर

इन समाकलन प्लेटफार्मों को ऐसे कॉन्फ़िगर किया गया है कि मानवयुक्त क्रू मॉड्यूल समाकलन के साथ-साथ, इनका उपयोग टेस्ट भैहिकल, पैड एबॉर्ट टेस्ट और जी1 मिशनों के लिए मानवरहित क्रू मॉड्यूल विन्यास को एकीकृत करने के लिए भी उपयोग किया जा सकता है।

सुरक्षा सुविधाएँ और जोखिम न्यूनीकरण

मानवयुक्त अंतरिक्ष अभियानों में सुरक्षा सबसे महत्वपूर्ण है, और समाकलन प्लेटफ़ॉर्म कोई अपवाद नहीं हैं। यह अनुभाग तकनीशियनों और इंजीनियरों के लिए जोखिमों को कम करने के लिए समाकलन प्लेटफार्मों में शामिल सुरक्षा सुविधाओं पर केंद्रित है। संचालन के दौरान प्लेटफार्मों को सुरक्षित रखने और स्थिरता प्रदान करने के लिए सभी तीन प्लेटफार्मों को जैक प्रदान किए गए हैं। समाकलन गतिविधियों के लिए एक साथ इकट्ठे होने पर, संबंधित प्लेटफ़ॉर्म के दो हिस्सों के बीच सापेक्ष गति का

विरोध करने के लिए, एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म और एपेक्स एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म की संरचना पर टॉगल क्लैंप प्रदान किए गए हैं। एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म पर एक लोकेटिंग और स्टॉपर ब्रैकेट कॉन्फ़िगर किया गया है, जो क्रू मॉड्यूल की ओर एपेक्स एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म की गति को बाधित करेगा और एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म और एपेक्स एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म के बीच सापेक्ष गति से बचाएगा। एपेक्स एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म और एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म का कार्य क्षेत्र समाकलन गतिविधियों को सुरक्षित रूप से करने के लिए पर्याप्त पकड़ और गैर-पर्ची सतह प्रदान करने के लिए एल्यूमीनियम चेकर्ड शीट से बना है। श्रमिकों की सुरक्षा के लिए प्लेटफार्मों की आंतरिक और बाहरी परिधि पर टो गार्ड उपलब्ध कराए गए हैं। गिरने से सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए प्लेटफार्मों पर रेलिंग और रेलिंग प्रदान की गई हैं।

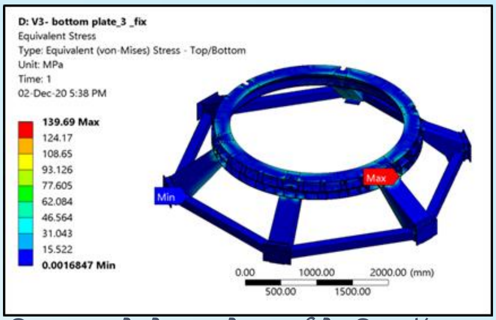
चित्र 9: टीवी-डी1 मिशन के लिए क्रू मॉड्यूल के आसपास समाकलन प्लेटफॉर्म इकट्ठे किए गए

डिजाइन दृष्टिकोण

किसी भी फिक्स्चर या प्लेटफॉर्म को डिजाइन करने से पहले, उस फिक्स्चर के लिए सुरक्षित कार्य भार तय किया जाता है। सुरक्षित कार्य भार [1] वह अधिकतम भार है जिसे प्लेटफ़ॉर्म संभाल सकता है। सुरक्षित कार्य भार का अनुमान लगाने के लिए, प्लेटफ़ॉर्म पर काम करने वाले लोगों की संख्या, प्लेटफ़ॉर्म पर ले जाने के लिए आवश्यक हार्डवेयर/उपकरणों की मात्रा आदि जैसी कार्यात्मक आवश्यकताओं पर विचार किया जाता है। एक बार प्लेटफ़ॉर्म के लिए उपयुक्त सुरक्षित कार्य भार तय हो जाने के बाद, प्लेटफ़ॉर्म के लिए डिज़ाइन भार का पता लगाने के लिए उपयुक्त डिज़ाइन कारकों को इसमें गुणा किया जाता है। डिज़ाइन लोड वह अधिकतम सैद्धांतिक भार है जिसके लिए प्लेटफ़ॉर्म डिज़ाइन किया गया है। डिज़ाइन लोड की गणना के लिए, 2 लोड कारकों पर विचार किया गया है, 1.66 [3] का मटेरियल यील्ड कारक और 2 [3] का हैंडलिंग डायनेमिक कारक । संचयी रूप से डिज़ाइन भार सुरक्षित कार्य भार को 3.32 के कारक से गुणा करके प्राप्त किया जाता है। इंटरफ़ेस रिंग के साथ लो लेवल प्लेटफार्म के लिए सुरक्षित कार्य भार 5000 किलोग्राम है, प्रत्येक एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म के लिए 1000 किलोग्राम है और एपेक्स एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म के लिए 1000 किलोग्राम है।

किसी विशेष फिक्स्चर के लिए सुरक्षा का मार्जिन की गणना के लिए, संबंधित पदार्थ के उपज तनाव (यील्ड स्ट्रेस) को अधिकतम स्वीकार्य तनाव के रूप में माना जाता है। किसी डिज़ाइन को तब सुरक्षित माना जाता है जब उसमें सुरक्षा का मार्जिन 0 से अधिक हो।

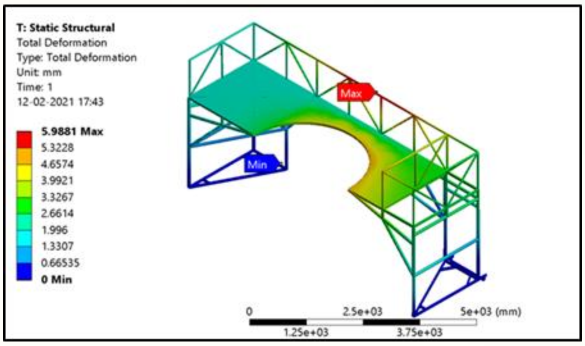
$$\text{सुरक्षा का मार्जिन} = \frac{\text{अधिकतम स्वीकार्य तनाव}}{\text{घटक में उत्पन्न अधिकतम तनाव}} - 1$$



चित्र 10: लो लेवल प्लेटफार्म के लिएवॉन माइसिस तनाव प्लाट

इंटीग्रेशन फिक्स्चर का डिज़ाइन विश्लेषण ऐनसिस स्टेटिक स्ट्रक्चरल सॉफ्टवेयर में फाईनाईट एलीमेन्ट एनालीसिस का उपयोग करके किया जाता है। मेटेरियल प्रोपटिर्स संबंधित संरचनात्मक सदस्यों को सौंपे जाते हैं। इंटीग्रेशन फिक्स्चर को डिज़ाइन लोडिंग और फिक्सिटी आवश्यकताओं के अनुसार सीमा शर्तों के अनुप्रयोग के बाद मेश किया जाता है। लो लेवल प्लेटफ़ॉर्म के लिए, डिज़ाइन लोड को इंटरफ़ेस रिंग पर 6 सतहों पर उन स्थानों पर लागू किया जाता है जहां इसे क्रू मॉड्यूल के साथ इंटरफ़ेस किया जाना है। एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म और एपेक्स एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म के लिए, संबंधित डिज़ाइन लोड प्लेटफ़ॉर्म के केंद्र पर लागू किए जाते हैं (सबसे खराब स्थिति लोडिंग को ध्यान में रखते हुए)। ऐनसिस स्टेटिक स्ट्रक्चरल में एक्सेस प्लेटफॉर्म और एपेक्स एक्सेस प्लेटफॉर्म मॉडल की मॉडलिंग के लिए शेल बीम मॉडलिंग की गई है और लो लेवल प्लेटफॉर्म की मॉडलिंग के लिए सॉलिड मॉडलिंग की गई है।

लागू लोडिंग स्थितियों के कारण अधिकतम समतुल्य तनाव, अधिकतम कतरनी तनाव और अधिकतम विरूपण के लिए फिक्स्चर का विश्लेषण किया जाता है। बकलिंग के लिए फिक्स्चर का भी विश्लेषण किया जाता है। सभी वेल्ड स्थानों पर 40% की वेल्ड क्षमता मानी गई है।



चित्र 11: एपेक्स एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म के लिए विरूपण

सभी मामलों में लागू डिज़ाइन लोड के विरुद्ध सुरक्षा का मार्जिन शून्य से अधिक प्राप्त किया गया है। तीनों फिक्स्चर का अधिकतम विरूपण स्वीकार्य सीमा के भीतर है। तीनों मामलों में बकलिंग लोड फैक्टर डिज़ाइन लोड से काफी ऊपर है। इन कारकों को ध्यान में रखते हुए, डिज़ाइन को सुरक्षित माना जाता है।

सभी क्रिटीकल वेल्डों [1] की कतरनी लोडिंग और बेन्डिग लोडिंग के लिए जांच की गई है और इसके लिए शून्य से अधिक मार्जिन प्राप्त किए गए हैं। सभी महत्वपूर्ण असेंबली जोड़ों पर, नो स्लिप स्थितियों की जांच के लिए फास्टनर मार्जिन का मूल्यांकन किया गया था।

यह सुनिश्चित करने के लिए स्थिरता विश्लेषण किया गया था कि लो लेवल प्लेटफ़ॉर्म का उपयोग करके सुविधा के भीतर क्रू मॉड्यूल को ले जाते समय, यदि सिस्टम किसी कारण से अचानक रुक जाता है, तो यह नीचे न गिरे या पलट न जाए। यह पाया गया कि स्थिरीकरण मोमेन्ट, पलटने वाले मोमेन्ट से अधिक है। इसलिए लो लेवल प्लेटफॉर्म का उपयोग करके क्रू मॉड्यूल को सुविधा के भीतर ले जाना सुरक्षित है।

निर्माण

समाकलन फिक्स्चर बनाते समय कई प्रमुख पहलुओं पर विचार किया गया। निर्माण के लिए उपयोग किए जाने वाले कच्चे माल की ट्रेसबिलिटी सुनिश्चित की गई। 10.9 वर्ग के उच्च तन्यता वाले स्टील फास्टनरों का उपयोग सभी असेंबली उद्देश्यों के लिए किया गया था। मैट फिनिश के साथ प्लेटफार्मों के अंतिम पाउडर लेपित होने से पहले सभी तेज किनारों को हटा दिया गया था। न्यूनतम फ़िलेट वेल्ड मोटाई, यानी प्लेट मोटाई का 70% अपनाया गया था। वेल्डिंग से जुड़े स्थानों में, आवश्यकताओं के अनुसार सटीक उत्पाद फिनिश के लिए पहले वेल्डिंग की गई और उसके बाद मशीनिंग की गई। लोड परीक्षण से पहले सभी समाकलन प्लेटफार्मों के लिए असेंबली जांच की गई थी।

परीक्षण

लोडिंग के तहत उनकी अखंडता और लोड-वहन क्षमता सुनिश्चित करने के लिए तीन समाकलन फिक्स्चर का स्थैतिक लोड परीक्षण किया गया था। तीन समाकलन फिक्स्चर को उनके संबंधित जैक को जोड़कर स्थिर किया गया, जिसके बाद डिज़ाइन लोड के 1.5 गुना के बराबर डमी लोड लगाया गया। इसलिए, योग्यता परीक्षण भार को सुरक्षित कार्य भार का 1.5 गुना माना गया।

सेट-अप को 2 घंटे तक बिना किसी बाधा के छोड़ दिया गया। 2 घंटे के बाद, लोडिंग के क्रम में ही लोड हटा दिया गया। दरार/स्थायी विकृति के किसी भी संकेत का पता लगाने के लिए सभी वेल्ड स्थानों पर डाई पेनेट्रेंट परीक्षण के बाद दृश्य निरीक्षण किया गया। तीनों फिक्स्चर ने लोड टेस्ट संतोषजनक ढंग से पास किया।

निष्कर्ष :

इस अध्ययन में क्रू मॉड्यूल समाकलन के लिए समाकलन प्लेटफार्मों की आवश्यकता पर चर्चा की गई। क्रू मॉड्यूल इंटीग्रेशन के लिए समाकलन प्लेटफार्मों की प्राप्ति के लिए शुरू से अंत तक की प्रक्रिया, प्लेटफार्मों के विन्यास से लेकर डिजाइन, निर्माण और प्लेटफार्मों के परीक्षण तक पर विस्तार से चर्चा की गई।

संदर्भ :

1. NASA-STD-5005B, September 15, 2003
2. https://www.nasa.gov/exploration/systems/orion/gallery/
3. IS 800-2007- "General construction in Steel — Code of Practice"
4. "Design of Machine Elements"- by V.B. Bhandari

लेखक परिचय:

श्री अतीत रॉय, वैज्ञानिक/अभियंता 'एससी' ने राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान (एन.आई.टी) राउरकेला से मैकेनिकल इंजीनियरिंग में बी.टेक. की उपाधि प्राप्त की है। वे एक यांत्रिक अभियंता हैं, जो समुच्चयन, प्रणाली जांच एवं पुन:प्राप्ति इकाई (ए.एस.टी.आर.ई), समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र (एच.एस.एफ.सी) के यांत्रिक एकीकरण प्रभागमें कार्यरत हैं। वह गगनयान मिशन के क्रू मॉड्यूल के लिए सिस्टम

इंजीनियरिंग गतिविधियों और गुणवत्ता नियंत्रण गतिविधियों में शामिल हैं। वह क्रू मॉड्यूल की एकीकरण गतिविधियों से संबंधित विभिन्न डिज़ाइन कार्यों में भी शामिल हैं।

श्री अरुण न्यामगौदर, वैज्ञानिक/अभियंता 'एससी' ने भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी संस्थान से एयरोस्पेस इंजीनियरिंग में बी.टेक. की उपाधि प्राप्त की है। वह समुच्चयन, प्रणाली जांच एवं पुन:प्राप्ति इकाई (ए.एस.टी.आर.ई), समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र (एच.एस.एफ.सी) के यांत्रिक समाकलन प्रभागमें कार्यरत हैं। वह गगनयान मिशन के क्रू मॉड्यूल के समाकलन गतिविधियों में शामिल हैं। वह क्रू मॉड्यूल की एकीकरण गतिविधियों से संबंधित विभिन्न यांत्रिक भू-सहाय्य उपकरण के डिज़ाइन कार्यों में भी शामिल हैं।

श्री अरविंद शेणै, वैज्ञानिक/अभियंता 'एसई', समुच्चयन, प्रणाली जांच एवं पुन:प्राप्ति इकाई (ए.एस.टी.आर.ई), समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र के यांत्रिक एकीकरण प्रभागमें कार्यरत हैं। वह उप प्रभाग प्रमुख (यांत्रिक भू-सहाय्य उपकरण (एम.जी.एस.ई) और परिवहन) हैं। वह पहले विक्रम सारभाई अंतरिरिक्ष केंद्र और यू.आर.राव उपग्रह केंद्र में काम कर चुके हैं। वह गगनयान मिशन के क्रू मॉड्यूल के समाकलन गतिविधियों में शामिल हैं।

श्री चन्दन मालाकर, वैज्ञानिक/अभियंता 'एसएफ' , समुच्चयन, प्रणाली जांच एवं पुन:प्राप्ति इकाई (ए.एस.टी.आर.ई), समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र के यांत्रिक समाकलन प्रभागमें में कार्यरत हैं। वह उप प्रभाग प्रमुख (यांत्रिक समाकलन) हैं। वह पहले यू.आर.राव उपग्रह केंद्र में काम कर चुके हैं। वह गगनयान मिशन के क्रू मॉड्यूल के समाकलन गतिविधियों में शामिल हैं।

5. उपकक्षीय अंतरिक्ष पर्यटन : अंतरिक्ष यात्रा के लिए वैचारिक मिशन विन्यास

विग्नेश सी.जी.
वैज्ञानिक/अभियंता-'एस.डी.'
एच.एस.एफ.सी., इसरो

मानव अंतरिक्ष उड़ान हमेशा आम जनता के लिए एक आकर्षण का विषय रहा है। मौका मिलने पर, हर इंसान मुख्य रूप से भारहीनता की भावना का अनुभव करने और अंतरिक्ष से धरती माता का दृश्य देखने के लिए अंतरिक्ष में जाने की इच्छा रखेगा। आज अंतरिक्ष क्षेत्र में क्षमताएं और तकनीकी कौशल बहुत अधिक हैं। कई अंतरराष्ट्रीय निजी अंतरिक्ष एजेंसियों ने आम जनता के ऐसे हितों को पूरा करने के लिए अंतरिक्षयान और मिशन रणनीतियाँ तैयार की हैं। विनिर्माण और नवीनीकरण में आसान, मजबूत और सटीक नौसंचालन प्रणालियाँ, संगणनात्मक क्षमताओं और वर्षों की विशेषज्ञता ने अंतरिक्षयान की पुनर्प्राप्ति और पुन: उपयोग को भी संभव बना दिया है। इसरो ने 2007 में अंतरिक्षयान पुनर्प्राप्ति परीक्षण (एस.आर.ई. मिशन) में इसका सफलतापूर्वक प्रदर्शन किया। समानव अंतरिक्ष उड़ान इसका एक तार्किक व्युत्पन्न है, जिसके द्वारा, मानवयुक्त मिशनों को अब विश्वसनीय और सफलतापूर्वक प्रमोचित किया जा सकता है, जैसा कि हाल ही में स्पेसएक्स के कर्मीदल ड्रैगन मिशनों द्वारा अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन पर प्रदर्शित किया गया है (आज तक, 9 कर्मीदल ड्रैगन मिशनों को आई.एस.एस. में भेजा गया है)।

इसरो ने प्रतिष्ठित गगनयान कार्यक्रम भी शुरू किया है - जो पृथ्वी के चारों ओर 2 लोगों के दल को निम्न भू-कक्षा (एल.ई.ओ.) में ले जाने और इच्छित मिशन अवधि (अधिकतम) के बाद उन्हें पृथ्वी पर पूर्व-निर्धारित स्थान पर सुरक्षित रूप से वापस लाने के लिए अभिप्रेत है। [7 दिन]। हालाँकि, यह स्पष्ट है कि ऐसे समानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन आम जनता के लिए नहीं हैं। सभी समानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन वास्तव में एक अत्यधिक जोखिम भरा मामला है जिसमें एक मानव अनुकूल प्रमोचक रॉकेट (एल.वी.) शामिल होता है जो कर्मीदल मॉड्यूल (सी.एम.) को चढ़ाई के चरण के दौरान पृथ्वी के वायुमंडल के माध्यम से आवश्यक निम्न भू-कक्षा (एल.ई.ओ.)/मिशन गंतव्य तक बढ़ाता है। मानव अनुकूल प्रमोचक रॉकेट आमतौर पर एक आपातकालीन कर्मीदल बचाव प्रणाली (सी.ई.एस.) से सुसज्जित होता है जो आपातकालीन स्थिति में सी.एम. के साथ कर्मीदल को तुरंत बाहर निकाल सकता है और उन्हें सुरक्षित स्थान पर ले जा सकता है।

नॉमिनल की चढ़ाई के मामले में, कर्मीदल मॉड्यूल को एक कक्षा में इंजेक्ट किया जाता है, जहां से, इच्छित मिशन अवधि के बाद सी.एम. डी-बूस्ट हो जाता है और वायुमंडलीय पुन: प्रवेश से गुजरता है।

वायुमंडलीय पुनः प्रवेश सबसे चुनौतीपूर्ण और महत्वपूर्ण मिशन चरणों में से एक है जो विशाल वायुमंडलीय मंदन भार, वायुगतिकीय ताप और संचार ब्लैक-आउट द्वारा चिह्नित है। सी.एम. के अंतिम अवतरण और अवतरण चरण में मंदन शामिल है जो पृथ्वी की सतह पर उतरने से पहले वेग को कम करने के लिए अवध्वानिक पैराशूट के एक समूह का उपयोग करता है। अवतरण का तरीका अलग-अलग हो सकता है जैसे कि सोयुज मॉड्यूल के रूप में रेट्रो रॉकेट मोटर्स के एक सेट का उपयोग करना, या बोइंग के स्टारलाइनर मॉड्यूल के रूप में इन्फ्लेटेबल एयरबैग का उपयोग करना या यहां तक कि पानी पर प्रभाव डालने के लिए पैराशूट के एक समूह का उपयोग करना - जैसे कि स्पेसएक्स के

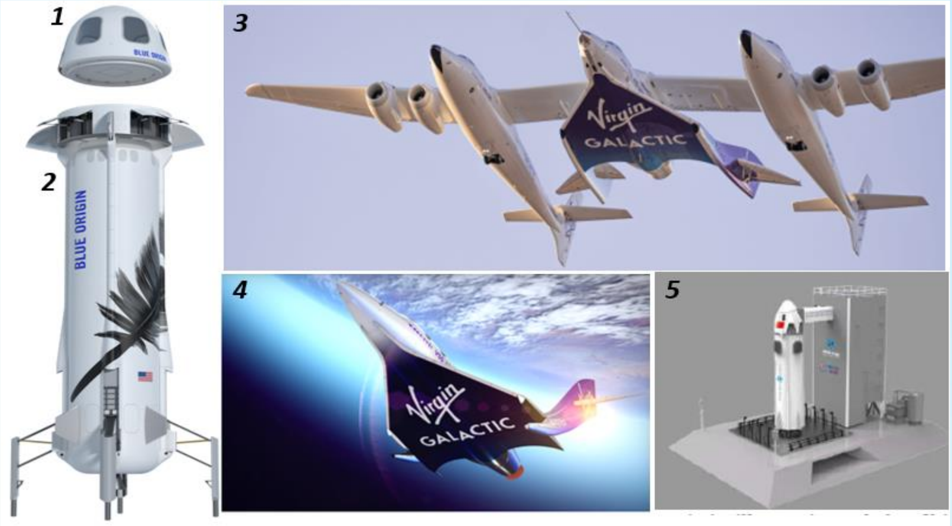
कर्मीदल ड्रैगन, नासा के अपोलो मिशन में। अतः, ऐसे चुनौतीपूर्ण मिशनों पर निकलने वाले 'अंतरिक्ष यात्री' मुख्य रूप से उच्च प्रशिक्षित होते हैं और उनके पास वर्षों का पूर्व अनुभव होता है।

जनता के लिए 'उपकक्षीय पर्यटन मिशन' का आगमन:

हालाँकि, पिछले कुछ वर्षों में अंतरिक्ष पर्यटन की अवधारणा सुर्खियाँ बटोर रही है। कई प्रमुख उद्यमियों ने उपकक्षीय पर्यटन को जनता के लिए वास्तविकता बनाने के दृष्टिकोण पर काम किया है। इस संबंध में जेफ बेजोस की अध्यक्षता वाली अमेज़ॅन की ब्लू ओरिजिन और वर्जिन समूह के संस्थापक रिचर्ड ब्रैनसन उल्लेखनीय हैं। उपकक्षीय पर्यटन, जैसा कि नाम से पता चलता है, समानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन को संदर्भित करता है जो मुख्य रूप से पर्यटन/मनोरंजन उद्देश्यों के लिए होता है जिसमें कर्मीदल मॉड्यूल/अंतरिक्ष कैप्सूल को पृथ्वी के ऊपर एक उच्च लेकिन उपकक्षीय प्रक्षेप पथ पर ले जाया जाता है। समग्र मिशन अवधि आम तौर पर कुछ दसियों मिनटों की होती है जिसके भीतर चालक दल को आमतौर पर 3-5 मिनट के लिए सूक्ष्म-गुरुत्वाकर्षण की अनुभूति का अनुभव होता है। नीचे चित्र 1 वैश्विक स्तर पर कुछ उपकक्षीय पुन: प्रयोज्य वाहनों को दर्शाता है।

यह ध्यान दिया जा सकता है कि वाहन विन्यास के आधार पर, उपकक्षीय मिशन वास्तुकला भिन्न हो सकती है, जैसा कि नीचे दिया गया है:

क) उर्ध्वाधर उत्थापन और उर्ध्वाधर अवतरण(वी.टी.वी.एल.): यहां, एक बूस्टर रॉकेट चरण कर्मीदल मॉड्यूल(सी.एम.) को पृथ्वी के ऊपर एक ऊंचाई वाले उपकक्षीय चाप पर लंबवत रूप से उछालता है, जैसा कि ब्लू ओरिजिन के न्यू शेफर्ड रॉकेट द्वारा किया गया था। पिलबॉक्स स्थितियों का एक उपयुक्त सेट प्राप्त करने पर, बूस्टर चरण सी.एम. से अलग हो जाता है, फिर खुद को संचालित करता है और एक निर्दिष्ट अवतरण साइट (प्रमोचन साइट से ~ 3 कि.मी. दूर) पर वापस उतरता है। बूस्टर आमतौर पर ब्रेकिंग के लिए वायुगतिकीय ब्रेक के एक सेट का उपयोग करता है, वायुगतिक स्थिरता के लिए वेज फिन्स और सुरक्षित अवतरण के लिए सटीक अवतरण ज्वलन के लिए उपरोधनीय इंजन का उपयोग करता है। बूस्टर से अलग होने के बाद सी.एम. कर्मन रेखा के ऊपर एक अपभू शिखर की ऊंचाई पर कॉस्ट होता है जो कि अंतरिक्ष कहां से शुरू होता है (आमतौर पर -100 कि.मी. की ऊंचाई) की अंतरराष्ट्रीय स्तर पर स्वीकृत परिभाषा है। चालक दल को कुछ मिनटों के लिए सूक्ष्म-गुरुत्वाकर्षण का अनुभव होता है, जिसके बाद सी.एम. गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव में वापस पृथ्वी पर गिरना शुरू कर देता है।अंतिम चरण के दौरान, सी.एम., गति कम करने के लिए अवध्वानिक पैराशूट के एक सेट का उपयोग करता है और भूमि पर आसान (सॉफ्ट) अवतरण के लिए एक अंतिम रेट्रो-रॉकेट प्रणाली का उपयोग करता है।



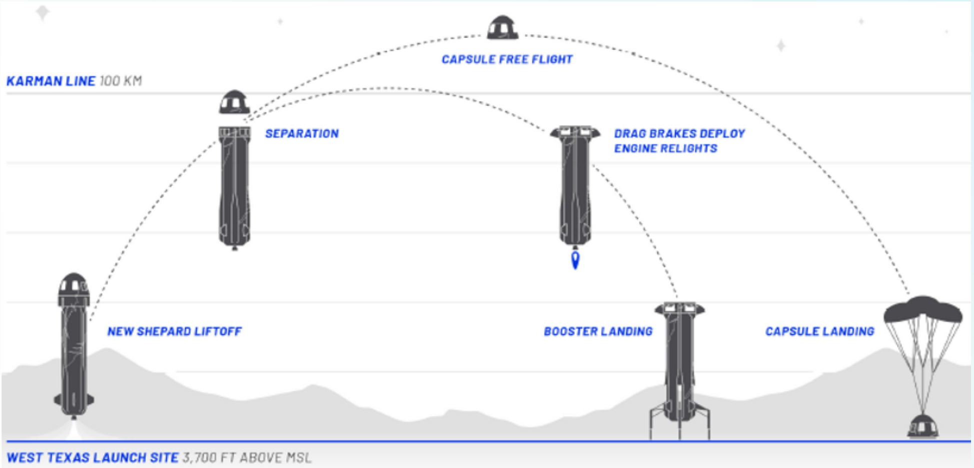
चित्र 1 उपकक्षीय पुन: प्रयोज्य वाहन: 1) ब्लू ओरिजिन-कर्मीदल कैप्सूल 2) न्यू शेफर्ड बूस्टर-सौजन्य: ब्लू ओरिजिन, 3) वर्जिन गैलेक्टिक-व्हाइट नाइट 4) स्पेसशिप दो-सौजन्य : वर्जिन गैलेक्टिक और 5) चीनी सी.ए.एस. अंतरिक्ष का अवधारणा प्रस्ताव

ख) क्षैतिज उत्थापन और क्षैतिज अवतरण (एच.टी.एच.एल.) - यहां, एक पंख-वाला अपरंपरागत विमान जो मदर-शिप है (वर्जिन गैलेक्टिक के मामले में व्हाइट नाइट दो नाम दिया गया है) एक पंख वाले कर्मीदल वाहन (स्पेस-शिप-2 नाम दिया गया है) के साथ रनवे से उड़ान भरता है जैसा कि वर्जिन गैलेक्टिक द्वारा प्रदर्शित किया गया है। पिलबॉक्स स्थितियों के उपयुक्त सेट तक पहुंचने पर, पंख वाला कर्मीदल वाहन खुद को कर्मन रेखा के ऊपर उच्च तुंगता तक बढ़ाने के लिए एयर-लिट रॉकेट इंजन का उपयोग करता है। कुछ मिनटों तक सूक्ष्म-गुरुत्वाकर्षण का अनुभव करने के बाद, पंख वाला वाहन वापस पृथ्वी पर उतरना शुरू कर देता है। इस प्रक्रिया के दौरान, वाहन के समग्र बाहरी विन्यास को अधिक कुंद-शरीर विन्यास में बदलने के लिए पंख को तैनात किया जाता है, जिससे वायुगतिकीय कर्षण बलों में बदलाव होता है और वायुगतिकीय स्थिरता में सुधार होता है। पर्याप्त कम ऊंचाई पर पहुंचने पर, वाहन फिर से एक विशिष्ट विमान-जैसे विन्यास को अपनाता है और किसी भी वाणिज्यिक विमान के समान ही एक निर्दिष्ट रनवे पर उतरता है।

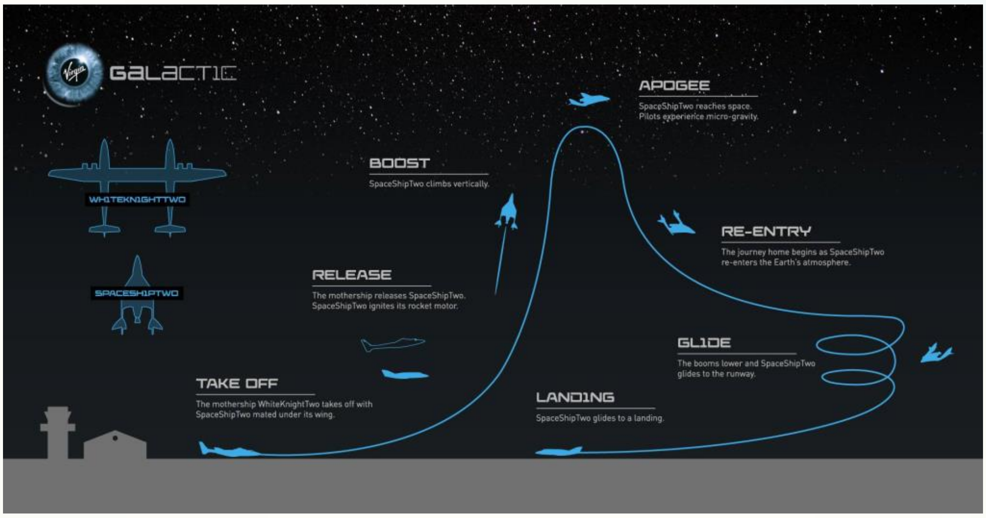
यह देखा जा सकता है कि दोनों मिशन वास्तुकला पुनरुपयोगिता की प्रौद्योगिकी उन्नति पर निर्भर हैं।

मुख्य रूप से, पहले परिदृश्य में, बूस्टर रॉकेट चरण में प्रणोद स्तर को कम करने और निर्दिष्ट अवतरण स्थान पर उतरने में सक्षम होने की क्षमता अत्यंत महत्वपूर्ण है। हालाँकि, चूंकि इसमें शामिल प्रक्षेप पथ उपकक्षीय हैं, अपभू (अधिकतम ऊंचाई बिंदु) पर वेग काफी कम है (विशुद्ध ऊर्ध्वाधर प्रक्षेप पथ के लिए सैद्धांतिक रूप से शून्य)। चूंकि प्रवेश वेग कम है, पृथ्वी के वायुमंडल से नीचे उतरने के दौरान सामना किए जाने वाले समग्र वायुगतिकीय ताप स्तर और अवमंदन बहुत सौम्य (हलके) होते हैं (आमतौर पर 400 कि.मी. की ऊंचाई वाली गोलाकार कक्षा से पृथ्वी पर वापसी के लिए पुन: प्रवेश वेग ~ 7.5 कि.मी./सेकेंड है!)।

आज तक, ब्लू ओरिजिन ने 22 उपकक्षीय उड़ान मिशन आयोजित किए हैं, जबकि वर्जिन गैलेक्टिक ने हाल ही में अपना पहला वाणिज्यिक उपकक्षीय मिशन आयोजित किया है। परंतु, इन वाहनों में अंतरिक्ष के टिकट की लागत अभी भी बहुत अधिक है - वर्जिन गैलेक्टिक में ~450,000 डॉलर है। हालाँकि, ईमानदारी से कहा जाए तो टिकट की ये कीमतें आम जनता के एक बहुत बड़े वर्ग के लिए सस्ती नहीं हैं, लेकिन समग्र मिशन वास्तुकला स्वयं आबादी के एक बड़े हिस्से को आमंत्रित कर रही है। उदाहरण के लिए, पूरे मिशन अवधि के दौरान सामना किया गया समग्र जी-लोड काफी सौम्य (हल्का) है (आरोहण के दौरान कुछ सेकंड के लिए छाती के साथ ~ 3 ग्राम और वंश के दौरान चेस्ट के साथ ~ 5 ग्राम, नाममात्र)। इसके अलावा, चूंकि इन मिशनों को मनोरंजन/पर्यटन उद्देश्यों के लिए विज्ञापित किया जाता है, इसलिए प्रमोचन से पहले पूरा किए जाने वाले पृष्ठभूमि प्रशिक्षण और मिशन विशेषज्ञता काफी कम है। उदाहरण के लिए, जहाँ आई.एस.एस. के लिए विशिष्ट कक्षीय मिशनों हेतु महीनों/वर्षों के विशेष प्रशिक्षण की आवश्यकता होती है, ब्लू ओरिजिन के यान पर एक उपकक्षीय सवारी के लिए मुख्य रूप से अपकेंद्रित पर मुश्किल से कुछ हफ्तों के प्रशिक्षण की आवश्यकता होगी।



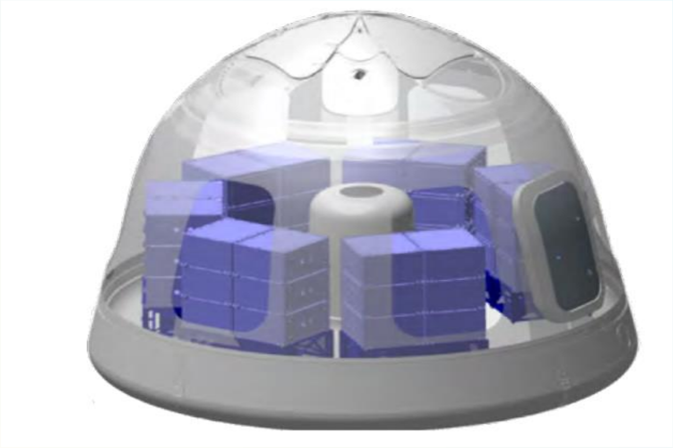
चित्र 2 ब्लू ओरिजिन द्वारा नियोजित उपकक्षीय वी.टी.वी.एल. मिशन वास्तुकला



चित्र 3 वर्जिन गैलेक्टिक द्वारा नियोजित उपकक्षीय मिशन वास्तुकला

जैसा कि कहा गया है, उपकक्षीय मिशन आर्किटेक्चर के अनुप्रयोग वाणिज्यिक पर्यटन उद्देश्यों तक सीमित नहीं हैं। वाणिज्यिक अंतरिक्ष परिवहन के एफ.ए.ए. कार्यालय द्वारा संयुक्त रूप से वित्त पोषित एक अध्ययन से पता चलता है कि उपकक्षीय पुनरुपयोगी रॉकेट का उपयोग शामिल किए गए कई कार्यक्षेत्रों में किया जा सकता है परंतु उन तक सीमित नहीं है :

क) बुनियादी और अनुप्रयुक्त अनुसंधान-जैविक, भौतिक अनुसंधान, पृथ्वी विज्ञान, मानव अनुसंधान आदि के लिए अंतरिक्ष पर्यावरण और सूक्ष्म-गुरुत्वाकर्षण की अद्वितीय विशेषताओं का लाभ उठाना और उन तक पहुँचना।



चित्र 1 : कार्गो मिशनों के लिए नीतभारों सहित संरूपित ब्लू ओरिजिन कैप्सूल

ख) वांतरिक्ष प्रौद्योगिकी परीक्षण और प्रदर्शन- प्रणाली जिसमें हार्डवेयर को अर्ह बनाने और उसके परीक्षण के लिए अंतरिक्ष/प्रक्षेपण वातावरण की आवश्यकता होती है।

ग) मीडिया/जनसंपर्क-उत्पादों को बढ़ावा देने, ब्रांड जागरूकता बढ़ाने, अंतरिक्ष-संबंधित विषयों की फिल्म बनाने के लिए अंतरिक्ष का उपयोग।

घ) उपग्रह परिनियोजन- ऐसे वाहनों का उपयोग करके छोटे नीतभार को छोटी अवधि की कक्षाओं में तैनात किया जा सकता है।

ङ) रिमोट सेंसिंग- त्वरित टर्नअराउंड/माँग पर वाणिज्यिक, नागरिक, सरकारी या सैन्य अनुप्रयोगों के लिए पृथ्वी और पृथ्वी प्रणालियों की प्रतिबिंबिकी का अर्जन।

च) एक छोर से दूसरे छोर तक परिवहन - एक उच्च गति वाली यात्री/सैनिक/कार्गो हेतु परिवहन प्रणाली के रूप में कार्य करना।

ब्लू ओरिजिन के कई मिशनों में मिशन अवधि के दौरान वैज्ञानिक परीक्षण करने वाले अनुसंधान नीतभार शामिल हैं, जिनमें सूक्ष्म-गुरुत्वाकर्षण वाले नीतभार भी शामिल हैं, जैसा कि चित्र 4 में दिखाया गया है।

आने वाले दशकों में उपकक्षीय पुनरुपयोगी रॉकेट की कुल अनुमानित मांग बढ़ने की उम्मीद है। इस क्षेत्र में बढ़ती रुचि और इस तरह की उपकक्षीय पुन: प्रयोज्य परिवहन प्रणाली, जिस पर प्रकाश डाला गया है, को विकसित करने के लाभों को ध्यान में रखते हुए, 'उपकक्षीय पर्यटन हॉप मिशन' के लिए एक प्रारंभिक संकल्पनात्मक मिशन वास्तुकला को बाद की चर्चा में प्रस्तुत किया गया है।

<u>तरल बूस्टर चरण का उपयोग करते हुए एक उपकक्षीय पर्यटन हॉप मिशन के लिए मिशन अध्ययन</u>

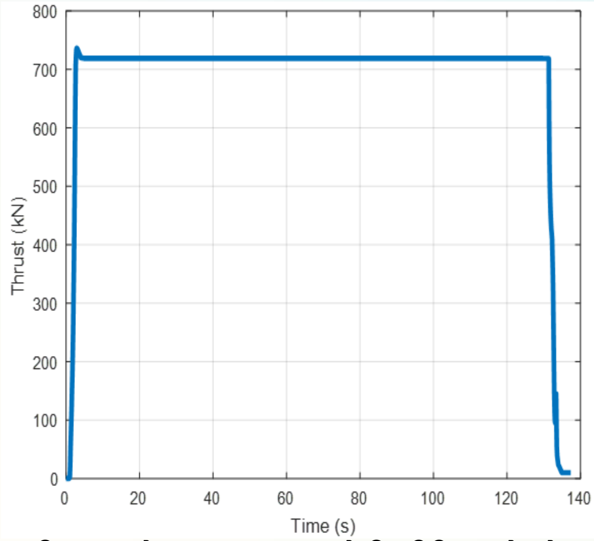
बाद की चर्चा मुख्य रूप से अंतरिक्ष पर्यटन/कार्गो मिशन (जैसा कि ब्लू ओरिजिन के न्यू शेफर्ड द्वारा नियोजित) के लिए उपकक्षीय पर्यटन हॉप मिशनों को पूरा करने के लिए तरल बूस्टर का उपयोग करने की व्यवहार्यता की पहचान करने के लिए आयोजित एक अध्ययन पर है। प्रारंभिक मिशन अध्ययन के

लिए, कोर-इंजन थ्रस्ट प्रोफाइल, नोदन मापदंड, द्रव्यमान गुण और एक विशिष्ट मौजूदा तरल बूस्टर चरण के वायुगतिकीय गुणांक पर विचार किया गया है। यह **ऐडमायर** कार्यक्रम का उपयोग करते हुए पुनरुपयोगिता प्रदर्शित करने के इसरो के प्रयासों के अनुरूप है। जहां कहीं लागू हो, मिशन अध्ययन/आवश्यकताओं के अनुसार नोदन भरण और ज्वलन की अवधि जैसे प्रासंगिक मापदंडों को उपयुक्त रूप से बढ़ाया जाता है। ऐसे हॉप मिशन के लिए कुछ प्रमुख मिशन निम्न प्रकार हैं:

क) ~6500 किलोग्राम (अधिकतम) का विशिष्ट कर्मीदल मॉड्यूल जिसे 100 कि.मी. की ऊंचाई से ऊपर उठाया जाना है।

ख) कर्मीदल को ~3-4 मिनट के लिए सूक्ष्म-गुरुत्वाकर्षण का अनुभव करना चाहिए।

ग) आरोहण चरण के दौरान कर्मीदल द्वारा अनुभव किया जाने वाला अधिकतम त्वरण 3.5-4 ग्राम से कम होता है।



चित्र 2 : प्रणोदक चरण-तरल इंजन के लिए विशिष्ट प्रणोद प्रोफाइल

घ) बूस्टर चरण में नोदन भरण, बूस्टर पुनःप्राप्ति के लिए अवतरण ज्वलन आवश्यकताओं को पर्याप्त रूप से पूरा करता है।

ङ) लैंडिंग लेग्स, अन्य सहायक प्रणालियों की वजह से द्रव्यमान में वृद्धि के लिए बूस्टर चरण का संरचनात्मक द्रव्यमान के कारण है।

विशिष्ट प्रणोद प्रोफ़ाइल को चित्र 5 में दिखाया गया है। प्रमुख मापदंडों की संवेदनशीलता को सामने लाने के लिए, भिन्न-भिन्न नोदन भरण के लिए आरोहण मिशन अनुकरण किए गए थे।

(क) तरल बूस्टर चरण के नोदन भरण, (ख) कर्मीदल मॉड्यूल द्रव्यमान। इन सभी संवेदनशीलता मामलों में, बूस्टर चरण के लिए ~105s की निरंतर कुल प्रज्ज्वलन की अवधि पर विचार किया गया है। बूस्टर चरण के लिए ~7 टन का संरचनात्मक द्रव्यमान पर विचार किया गया है।

<u>क) नोदन भरण की संवेदनशीलता (6500 किलोग्राम कर्मीदल मॉड्यूल के लिए):</u>

तरल बूस्टर में प्रारंभिक नोदन भरण का संवेदनशीलता अध्ययन किया गया था। इस तरह, प्रत्येक मामले में, आरोहण प्रज्ज्वलन के अंत में शेष नोदन, अन्य उपयोगों जैसे कि बूस्टर के लिए अवतरण प्रज्ज्वलन, मार्गदर्शी उपांत (मार्जिन) आदि के लिए चिन्हित नोदन का एक माप है।

बूस्टर और सी.एम. के आरोहण चरण के दौरान कर्मीदल द्वारा सामना रिए गए त्वरण को टैग किया गया है और नीचे तालिका 1 में सारणीबद्ध किया गया है।

तालिका 1 प्रमुख मिशन मापदंडों पर प्रारंभिक नोदक भरण का प्रभाव- (निरंतर प्रज्ज्वलन की अवधि के लिए)

नोदन भरण (टन)	उच्च सी.एम. तुंगता (कि.मी.)	कर्मीदल के लिए सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण अवधि (मिनट में)	शीर्ष आरोहण त्वरण
30	120	3	4.5
31	107	2.5	4.2
32	96	1.9	3.9
33	86	1.1	3.6

यह देखा जा सकता है कि एक निश्चित प्रज्ज्वलन की अवधि के लिए, उच्च प्रारंभिक नोदन भरण (और इसलिए उच्च प्रारंभिक उत्थापन द्रव्यमान) के परिणामस्वरूप निचली शीर्ष तुंगता प्राप्त होती है। इसके अतिरिक्त, ऐसे मामलों में कर्मीदल मॉड्यूल द्वारा वास्तविक वायुमंडल (यानी ~ 80 कि.मी.) के ऊपर बिताया गया समय कम होता है, जिससे कर्मीदल सूक्ष्म-गुरुत्वाकर्षण अवधि का लाभ कम उठा पाते हैं। हालाँकि, बड़े नोदन भरण के लिए, शीर्ष आरोहण त्वरण अपेक्षा से कम होता है।

ख) कर्मीदल कैप्सूल द्रव्यमान की संवेदनशीलता (31 टन के प्रारंभिक नोदन भरण के लिए):

प्रारंभिक कर्मीदल मॉड्यूल द्रव्यमान पर इसी प्रकार के संवेदनशीलता अध्ययन किए गए थे और तालिका 2 भिन्न-भिन्न मामलों के लिए हासिल किए गए प्रमुख प्रक्षेपपथ के मापदंडों को दर्शाती है।

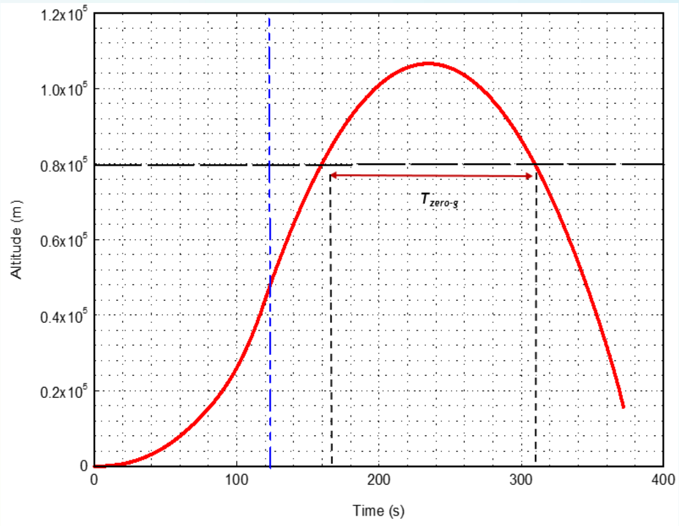
***तालिका 2** प्रमुख मिशन मापदंडों पर प्रारंभिक सी.एम. द्रव्यमान का प्रभाव- (निरंतर प्रज्ज्वलन की अवधि के लिए)*

कर्मीदल मॉड्यूल द्रव्यमान (कि.ग्रा.)	चरम सी.एम. तुंगता (कि.ग्रा.)	कर्मीदल के लिए सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण अवधि (मिनट में)	चरम आरोहण (त्वरण)
5000	127	3.3	4.7
6000	113	2.8	4.3
7000	101	2.2	4
8000	90	1.5	3.8

ग) प्रारंभिक अध्ययन के बाद प्रस्तावित विन्यास:

बूस्टर चरण में आवश्यक प्रारंभिक नोदन भरण और संभावित सी.एम. द्रव्यमान जैसे प्रमुख मापदंडों के प्रभाव को समझने के बाद, नीचे अंतिम मिशन विन्यास का प्रस्ताव दिया गया है। बूस्टर चरण में आवश्यक प्रारंभिक नोदन भरण और संभावित सी.एम. द्रव्यमान जैसे प्रमुख मापदंडों के प्रभाव को समझने के बाद, एक अंतिम मिशन विन्यास नीचे प्रस्तावित है। बूस्टर का संरचनात्मक द्रव्यमान 10000 किलोग्राम तक बढ़ाया गया था (सहायक प्रणालियों जैसे अवतरण लेग्स, ब्रेकिंग प्रणालियों आदि के लिए)। अंतिम प्रस्तावित विन्यास के विवरण निम्नानुसार हैं:

मापदंड	मूल्य	अभियुक्ति
बूस्टर प्रारंभिक नोदन भरण	34000 कि.ग्रा.	मिशन आवश्यकताओं/अंतिम अध्ययनों के आधार पर
इंजन प्रज्वलन समय	117 सेकंड	मिशन आवश्यकताओं/अंतिम अध्ययनों के आधार पर
आरोहण प्रज्वलन के बाद बचा हुआ नोदन	1628 कि.ग्रा.	अवतरण प्रज्वलन मार्गदर्शी मार्जिन के लिए निर्धारित



चित्र 6 उत्थापन से बूस्टर चरण तक सी.एम. की तुंगता प्रोफ़ाइल को दर्शाता है।

नीचे दी गई तालिका 3 अंतिम मिशन अध्ययनों के आधार पर प्राप्त किए गए प्रमुख मिशन मापदंडों को दर्शाती है।

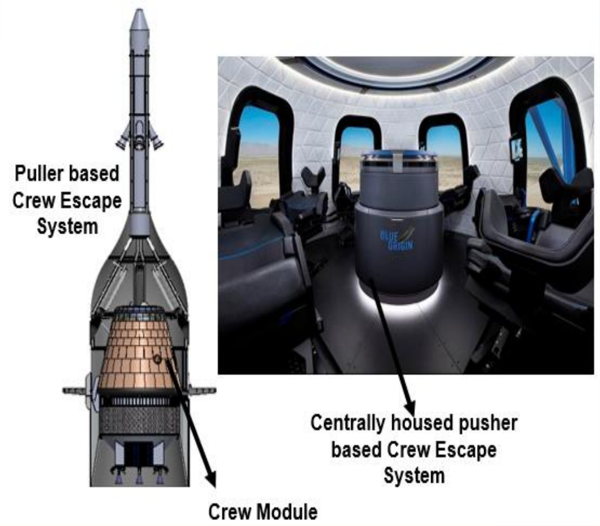
नीचे दी गई तालिका 3 अंतिम मिशन अध्ययनों के आधार पर प्राप्त किए गए प्रमुख मिशन मापदंडों को दर्शाती है। यह ध्यान दिया जा सकता है कि लैंडिंग लेग्स, ब्रेकिंग प्रणालियों, फान (वेज) फिन आदि के लिए बूस्टर के संरचनात्मक द्रव्यमान की वृद्धि को 3000 किलोग्राम माना गया है। आगे के अध्ययन उसी द्रव्यमान के यथार्थ इनपुट के आधार पर किए जा सकते हैं।

तालिका 3 *प्रस्तावित विन्यास के लिए प्राप्त अंतिम मिशन मापदंड*

चरम सी.एम. तुंगता (कि.मी.)	कर्मीदल के लिए सूक्ष्म-गुरुत्वाकर्षण अवधि (मिनटों में)	चरम आरोहण त्वरण (g)
107	2.8	3.8

निम्नलिखित चर्चा कर्मीदल मॉड्यूल के कुछ पहलुओं पर है जिनमें आपातकालीन अबॉर्ट और अंतिम अवतरण और लैंडिंग शामिल हैं।

क) आपातकालीन पुशर आधारित कर्मीदल बचाव प्रणाली : जैसा कि प्रत्येक समानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन में होता है, कर्मीदल सुरक्षा सर्वोपरि है। वायुमंडलीय आरोहण के बूस्टर चरण में किसी भी आपात स्थिति/आवश्यकता के मामले में कर्मीदल कैप्सूल को तुरंत बाहर निकाला जाना पड़ता है। यह सुनिश्चित करने के लिए कि किसी



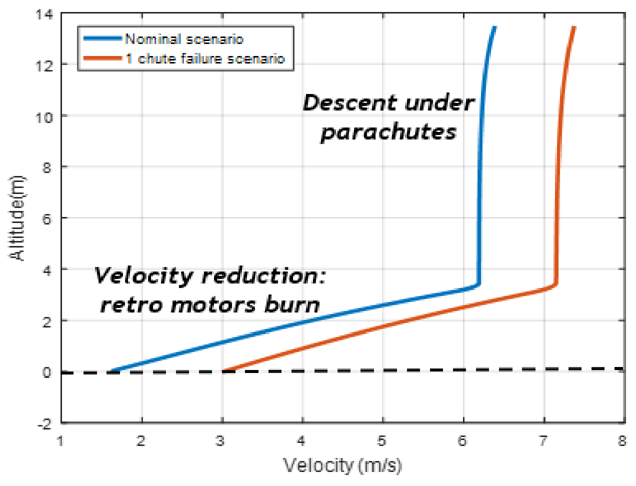
भी खराबी के कारण कोई भयावह विफलता न हो, मॉड्यूल के भीतर एक पुशर आधारित कर्मीदल बचाव प्रणाली को समायोजित करना होता है।

उदाहरण के लिए, ब्लू ओरिजिन के मॉड्यूल के मामले में, केंद्रीय रूप से समायोजित ठोस रॉकेट मोटर ऐसी किसी भी आपात स्थिति की आवश्यकता को पूरा करता है (चित्र 7 में दिखाया गया है)। गगनयान कर्मीदल बचाव प्रणाली की तरह पारंपरिक पुलर-आधारित/विप्पल टावरों से दूर जाने का निर्णय मुख्य रूप से यह सुनिश्चित करना है कि सी.एम. की बड़ी खिड़कियां पर्यटकों को पूरे मिशन के दौरान अबाधित सुंदर दृश्य देखने में सहायक बनें (सी.ई.एस. गगनयान मिशन में सी.एम. को कवर करेंगे)। आगे की अतिरिक्त जटिलताओं जैसे आरोहण चरण इत्यादि की बचाव प्रणाली के अवभारण (जेट्टीसोनिंग) की आवश्यकता आदि से बचा जा सकता है।

ख) मंदन प्रणाली : कैप्सूल को उसके अवतरण चरण के दौरान धीमा करने के लिए अवध्वानिक पैराशूट के एक सेट की आवश्यकता होती है। उपयुक्त ऊंचाई/ अवध्वानिक स्थितियों तक पहुंचने पर, ड्रॉग पैराशूट का एक सेट प्रस्तारित किया जाता है जो कर्मीदल मॉड्यूल के स्थिरीकरण के साथ-साथ वेग को कम करने की पहली विधि के रूप में कार्य करता है।

इसके अलावा बड़े मुख्य पैराशूट तैनात किए जाते हैं जो प्रारंभ में वेग में कमी लाने में सहायता करते हैं। 6500 किलोग्राम भार वाले कर्मीदल कैप्सूल के लिए प्रारंभिक अध्ययन के आधार पर, मुख्य पैराशूट के प्रस्तावित विन्यास नीचे दिए गए हैं:

मुख्य पैराशूटों की संख्या	मुख्य पैराशूट का व्यास (मी.)	प्राप्त न्यूनतम (नॉमिनल) समापन वेग (मी./से.)	1 से कम ऑफ-नॉमिनल वेग, पैराशूट विफलन
4	**31.5**	**7.2**	**8.3**



चित्र 3 अंतिम अवरोहण और अवतरण चरण के दौरान सी.एम. का तुंगता-वेग प्रोफाइल

ग) रेट्रो रॉकेट मोटर्स : मूल्यांकन का प्राथमिक उद्देश्य 2 मीटर/सेकेंड से कम नाममात्र अवतरण वेग सुनिश्चित करने के लिए रेट्रो मोटर्स विन्यास का चयन करना था। मूल्यांकन के लिए विशिष्ट मौजूदा ठोस रॉकेट रेट्रो मोटर्स के प्रणोद स्तर का उपयोग किया गया था।

तदनुसार, अध्ययन से यह निष्कर्ष निकाला कि ~3.5 मीटर की प्रज्वाल तुंगता पर 4 प्रमुख रेट्रो रॉकेट मोटर नाममात्र परिदृश्य में (क) 1.65 मीटर/सेकेंड और (ख) 1 मुख्य ढलान विफलता के मामले में ~3 मीटर/सेकेंड का प्रज्वाल प्राप्त कर सकता है।

निष्कर्ष

वर्तमान उपकक्षीय पर्यटन मिशन वास्तुकला और संबंधित उपकक्षीय पुनरुपयोगी रॉकेटों का एक विस्तृत साहित्य सर्वेक्षण पूरा किया गया। इसके अलावा, संशोधित तरल बूस्टर चरण का उपयोग करके उपकक्षीय अंतरिक्ष पर्यटन मिशनों के लिए विस्तृत मिशन अध्ययन किया गया। पर्यटक कर्मीदल पृथ्वी को 100 कि.मी. से अधिक की तुंगता से देखेगा और कर्मीदल मॉड्यूल में ~3 मिनट का सूक्ष्म-गुरुत्वाकर्षण अनुभव करेगा। बूस्टर चरण में प्रारंभिक नोदन भरण को उपर्युक्त प्रक्षेपवक्र बाधाओं तक पहुंचने के साथ-साथ अवतरण चरण पर बूस्टर के अंतिम अवतरण प्रज्ज्वाल के लिए बचे हुए नोदन की पर्याप्त मात्रा सुनिश्चित करने के लिए चुना गया है। सी.एम. के अवतरण चरण का भी विस्तार से अध्ययन किया गया और अवतरण को आसान बनाने के लिए पैराशूट के साथ-साथ अंतिम रेट्रो रॉकेट मोटर्स से युक्त मंदन प्रणाली का एक उपयुक्त मंदन विन्यास चुना गया।

आशा है कि यह अध्ययन आगे के विस्तृत अध्ययन और अंततः एक उपकक्षीय अंतरिक्ष मिशन विन्यास को अंतिम रूप देने का मार्ग प्रशस्त कर सकेगा जो कि उपकक्षीय अंतरिक्ष पर्यटन के इस क्षेत्र में भारत का प्रवेश सुनिश्चित कर सकता है। शायद, ऐसे वाणिज्यिक मिशनों का सबसे बड़ा लाभ 'अवलोकन प्रभाव' होगा - ऊपर से अपने ग्रह को देखने पर एकरूपता और एकता की भावना और यह एहसास कि जाति, रंग, पंथ में अंतर के बावजूद सभी मनुष्य एक हैं।

सन्दर्भ:

[1] 'उपकक्षीय पुन: प्रयोज्य वाहन: बाजार की मांग का 10 साल का पूर्वानुमान', द टौरी ग्रुप
[2] ब्लू ओरिजिन-न्यू शेफर्ड नीतभार उपयोगकर्ता गाइड, संशोधन एफ, सितंबर 2019
[3] वर्जिन गैलेक्टिक- www.virgin-galactic.com[4] 'ब्लू ओरिजिन के न्यू शेफर्ड पर शोध उड़ानें', एरिका बी. वैगनर, 2021

लेखक परिचय

विघ्नेश सी.जी. ने 2019 में आईआई.एस.टी., तिरुवनंतपुरम से वांतरिक्ष अभियांत्रिकी विषय में बी.टेक की उपाधि प्राप्त की है। 2019 में समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र, बेंगलूरु, इसरो में कार्यरत हैं। इनकी रुचि के क्षेत्र हैं – मिशन डिजाइन, अनुकार एवं मॉडलिंग, उड़ान गतिकी, मानव कारक अभियांत्रिकी ।

जयंता धाओया ने 2008 में आई.आई.टी. मद्रास से वांतरिक्ष अभियांत्रिकी विषय में एम.टेक. की उपाधि प्राप्त की है। वर्तमान में, ये समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र, इसरो में परियोजना प्रबंधक के रूप में कार्यरत हैं। इनकी रुचि के क्षेत्र - मिशन डिजाइन, उड़ान गतिकी, मानव कारक अभियांत्रिकी, हैं।

के. कुमार ने 1995 में आई.आई.एस.सी., बेंगलूरु से वांतरिक्ष अभियांत्रिकी में स्नातकोत्तर की उपाधि प्राप्त की। वर्तमान में, ये समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र में उप निदेशक के रूप में और साथ ही, गगनयान परियोजना में सह परियोजना निदेशक के रूप में कार्यरत हैं। इनकी रुचि के क्षेत्रों में मिशन डिजाइन, उड़ान गतिकी एवं नियंत्रण और मानव कारक अभियांत्रिकी, शामिल हैं।

6. उच्च ऊर्जा प्रदाय क्षमता एवं लघुकृत संकर सूक्ष्म परिपथों का विकास एवं उत्पन्न विभिन्न प्रक्रम चुनौतियों की विवेचना

(Miniaturized HMC development for high power handling capacity and overview of process challenges during development)

कमलजीत सिंह, डॉ. आलोक कुमार श्रीवास्तव
यू.आर. राव उपग्रह केंद्र, बेंगलौर

सारांश:
संकर सूक्ष्म परिपथ से जटिल परिपथों का स्वदेशीकरण एवं परिपथ लघुकरण की प्राप्ति संभव है। मुख्यत: उपग्रह के उपतंत्र जैसे कि रेडियो आवृति (RF), युगपत युगपत आनबोर्ड कम्प्यूटर (OBC), उर्जा तंत्रों (Power) इत्यादि में विभिन्न इलेक्ट्रॉनिकी अवयवों का सम्मिश्रण करके एकल परिपथ का विकास सूक्ष्म एंकर परिपथ द्वारा संभव है। इसके अतिरिक्त कार्यान्वयन का लचीलापन एवं विभिन्न क्रियाकलापों हेतु उन्नत कार्यदक्षता की प्राप्ति होती है। HMG समूह द्वारा विकसित विभिन्न प्रक्रमों जैसे कि तापीय अंतरापृष्ठ प्रबंधन 3-डी की सुवाह्य तकनीक, कार्यदक्षता उन्नयन द्वारा संकर परिपथों में 50% से अधिक आकार एवं भार में कमी संभव है। इन तकनीकों से समग्र कार्ड की संख्या में भी कमी प्राप्त की गई है। गगनयान मिशन में थ्रस्टर चालक के प्रचालन में उच्च धारा प्रदाय की HMC की आवश्यकता की प्रतिपूर्ति के लिए विशिष्ट प्रक्रम का विकास किया गया एवं विश्वसनीयता परीक्षण के परिणामस्वरूप इसकी तकनीक उद्योग को हस्तांतरित कर दी गई। भू-तल पर उपयोग होने वाली HMC का निर्माण आंतरिक संसाधनों में किया गया। इस लेख में विभिन्न प्रक्रमों, चुनौतियों एवं विकसित संकर परिपथों की विवेचना की गई है। विकसित संकर परिपथ अनुकूलित होने के साथ ही साथ बेहतर उर्जा प्रबंधन, पुनरुत्पादक, विश्वसनीय एवं लघुकृत हैं।

संकेत शब्द: सूक्ष्म संकर परिपथ, लघुकरण, 3-D स्तंभन, प्रक्रम

प्रस्तावना:
सूक्ष्म परिपथ द्वारा समग्र रूप से सुवाह्य लघुकरण के साथ ही साथ वर्धित कार्यक्षमता संघुटता एवं निम्मन उर्जा खपत की प्राप्ति संभव है। मुख्यतः तकनीकी चुनौती संघुटित आकार में अपेक्षित विर्निदश एवं कार्यदक्षता की प्राप्ति सुनिश्चित करना है।[1] इस हेतु प्रक्रम की भूमिका अत्यंत महत्वपूर्ण होती है। गगनयान मिशन में बहुसंख्यक संकर परिपथों का उपयोग होता है एवं अनुमानत: 1000 संकर परिपथ प्रत्येक अभियान में लगाए जाते हैं। उच्च उर्जा प्रदाय क्षमता एवं उर्जा क्षय अतिरिक्त आवश्यकतायों हैं जिनके लिए नवीनतम प्रक्रम का विकास अवश्यभावी है।[2] संकर परिपथ में मूख्यतःMOSFET, ट्रांजिस्टर, एकीकृत परिपथ, प्रतिरोध, संघानित्र इत्यादि अवयव होते हैं जोकि डाई रूप में संयुक्त करते हैं जबकि प्रतिरोध मुद्रित होता है। गगनयान मिशन में थ्रस्टर चालक संकट परिपथ में उच्च धारा प्रवाहन के कारण इसके समतुल्य प्रक्रम का विकास की आवश्यकता के परिणामस्वरूप प्रक्रम में परिवर्तन तथा तापीय विश्लेषण जरूरी हो गया। इसके आतिरिक्त विभिन्न प्राचालों जैसे अधिक चैनल, संघुडता, उच्च धारा इत्यादि के समावेश के कारण विभिन्न प्रक्रमों जैसे बहुस्तरीय परत अवरोहण, द्विस्तरीय मुद्रण, प्रतिरोधों का मिश्रण (blending), 3-डी स्तंभन तकनीकों का विकास किया गया। इस लेख में

विभिन्न संकर परिपथों एवं इसमें उपयोगित तकनीकों का वर्णन किया गया है। विकसित संकर परिपथों का विश्वसनीयता परीक्षण अग्रिम अवस्था में है। तापीय अंतराष्ट्ष्ठ पर आधारित संकर परिपथ (II3TD-TI) का उपयोग गगनयान मिशन में उपयोग की योजना है। थ्रस्टर चालक संक्रिया के लिए उपयोग में लाए गए संकर परिपथ 1.9 ऐम्पियर धारा के लिए अर्हता प्राप्त है एवं गगनयान मिशन के 2.8 ऐम्पियर धारा प्रवाह क्षमता की आवश्यकता है। इस हेतु रिक्तता विहीन प्रक्म को विकसित करना एवं तापीय प्रबंधन मुख्य चुनौती थी। इस लेख में भू एवं आकाशीय उपयोग के लिए विकसित संकर परिपथ वर्गित किया गया है। चूंकि संकर परिपथ में प्रक्म, सुवाह्य तथा अवयव चयन प्रमुख प्राचाल होते हैं अत: प्रस्तुत लेख में प्रक्म संवर्द्धन द्वारा विकसित संकर परिपथ की विवेचना की गई है।

संकर परिपथ परिदृश्य (Overview)

संकर परिपथ लघुकृत इलेक्ट्रॉनिकी परिपथ होते हैं जिसकी संविरचना विभिन्न अवयवों के संबंधन से होती है जैसे ट्रांजिस्टर, डायोड, एकीकृत परिपथ जो कि ऐल्मुना अवस्तर पर बंधित किए जाते हैं एवं वायुरुद्ध वातावरण में सुवाह्य में संयोजित किए जाते हैं। इस प्रकार की संरचनाओं को बहुस्तरीय भी बनाते हैं जिसमें विभिन्न परतों के मध्य कुचालक परत को अवरोहित करते हैं। मुख्यतः संकर परिपथ का उपयोग SWaPC (आकार, भार एवं उर्जा) के इष्टतमीकरण के लिए करते हैं। सतही अवरोहण तकनीक से संकट परिपथ में परिवर्तन करने से परिपथ का लघुकरण आसानी से किया जा सकता है एवं विन्यास तथा प्रक्म अभिकल्प की आवश्यकता होती है। प्रक्म अभिकल्प में विभिन्न पग होते हैं जैसे पदार्थ चयन, आरोहण तकनीक, निष्क्रियता परत, सुवाह्य चयन इत्यादि। सुहवाह्य का आकार एवं पदार्थ चयन अवस्तर के आकार एवं तार बंधन की अवश्यकता ओं पर निर्भर करता है। कीमत प्रभावी संकट परिपथ के लिए विभिन्न कारक जैसे अवयवों का प्रकार, जटिलता, पदार्थ एवं प्रक्म चयन महत्वपूर्ण होते हैं। वांतरिक्ष माइक्रोइलेट्रॉलेक्ट्रॉनिकी (micro-electronics) में गैस निस्तारण (outgasing) महत्वपूर्ण कारक होता है क्योंकि उत्पाद धातु, सिरैमिक एवं ग्लास के संयोजन से बनता है। संकर उत्पाद की वायुरुद्धता के लिए हीलियम लीक परीक्षण किया जाता है एवं इस हेतु MIL-883 (सक्रिय एवं निष्क्रिय) को एकीकृत करके अपेक्षित परिणाम की प्राप्ति की जाती है। चूंकि इसमें अवयव डाइस के रूप में संयोजित करते हैं जिससे परिपथ संघुटित होता है। संकर परिपथ के उपयोग से अनेक लाभ प्राप्त होते हैं जैसे-

- परिशुद्ध प्रतिरोध मान का समात्कर्तन
- विसरण द्वारा प्राप्ति अवयव घनत्व में वृद्धि

संकर सूक्ष्म परिपथ में प्रयुक्त नवीनतम तकनीक

उपग्रह मिशन के सफलतापूर्वक संचालन में अवयवों की भूमिका अत्यंका महत्वपूर्ण होती है। आगामी गगनयान उपग्रह के प्रत्येक चरण में अनुमानत: 1000 से अधिक संकर परिपथों की अवश्यकता होती है जिसमें मुख्यत: II3TD, II2SS, 1431B 501MM, 214AM, 585CS एवं विभिन्न प्रतिरोध/प्रतिरोध-संघानित्र (RC), नेटवर्क सम्मिलित है। इन संकर परिपथों का उपयोग विभिन्न तंत्रों एवं उपतंत्रों में किया जाताहै जिनमें प्रमुखत: आनबोर्ड युगपत तंत्र हैं। यह संकर परिपथ विभिन्न क्रियाकलापों जैसे थ्रस्टर वाहक, हीटर संचालन, रेखीय नियंत्रक, बफर संकर परिपथ में प्रयुक्त किए जाते हैं। गगनयान अभियान

के लिए मुख्य चुनौती समान लघुकृत आकार में अधिक उर्जा प्रदाय के संकर परिपथ को विकसित करना था। इसकी प्रकार अन्य संकर परिपथों का विकास विभन्न तकनीकों को सम्मिलित करके किया गया। इनका वर्णन निम्नांकित है-

(1) II3TD-TI संकर परिपथ (II3TD-TI HMC)

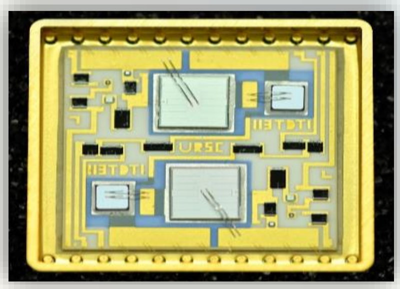
इस संकर परिपथ का विकास थ्रस्टर वाहक (Thruster driver) में बैटरी तंत्रके लिए किया गया है। उपयोगित थ्रस्टर वाहक 2.8 ऐम्पियर लोड धारा के लिए प्रयुक्त किया गया है जो कि सामान्यतः प्रयुक्त संकर परिपथ से 1 ऐम्पियर अधिक है। गगनयान में पुन: प्रवेश के समय वोल्टेज स्तर 28 वोल्ट तक जा सकता है। इस प्रकार के विनिर्देश हेतु संकर परिपथ का विकास निम्न प्राचाल के साथ किया गया।

- बस वोल्टेज : 28/42वोल्ट
- निवेशी नियंत्रण : 5 वोल्ट
- निर्गत वोल्टेज : 27.6/41.6वोल्ट
- निर्गत धारा : 1.9A@28V ;2.8A@42V
- धारा क्षय : 4.5 वाट (अधिकतम)

इस विकास के प्रमुख लाभ हैं-

- द्विथ्रस्टर वाहक का 2.8 ऐम्पियर लोड तक संचालन
- समान सुवाह्य आकार में संकर परिपथ का समुच्चय (1.25" x 1.25")

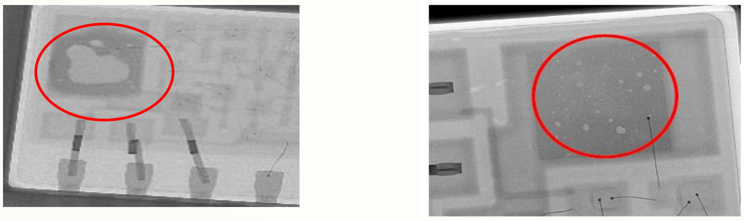
चित्र-1 में थ्रस्टर वाहक का चित्रण किया गया है। मुख्य चुनौती अधिक धारा प्रवाह द्वारा उत्पन्न उष्मा का संचालन एवं खालीपन (voids) का निम्नीकरण होती है ।



113 TD – T1: 1.25" X 1.25"

चित्र-1 : थ्रस्टर वाहक

खालीपन (voids) की समस्या जो कि लघुकृत आकार में उर्जा क्षय के कारण होती है एवं परिपथ विश्वसनियता को संदेहप्रद बना देती है[1]। प्रायौगिक अध्ययन के पश्चात X-किरण द्वारा विवेचना में प्राप्त चित्रण के पश्चात प्रक्रम परिवर्तित किया गया एवं तुलनात्मक अध्ययन चित्र-2 में प्रदर्शित है।



(i) (ii)

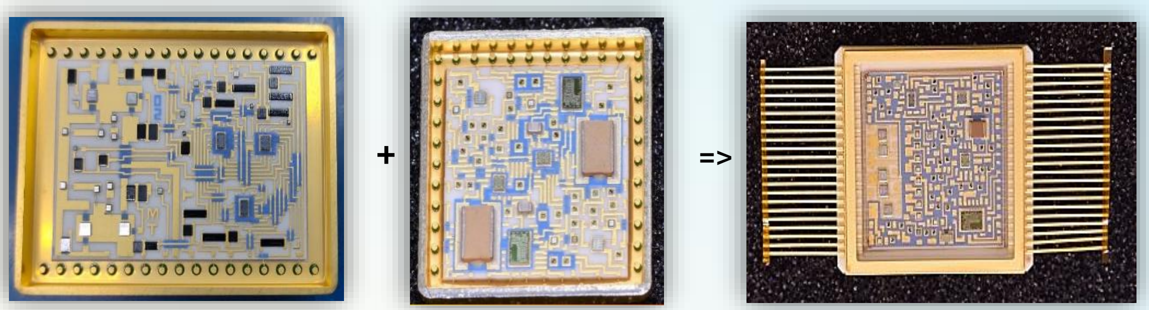
चित्र-2 (i) अस्वीकार्य (ii) स्वीकार्य

इस विकास की मुख्य चुनौतियाँ निम्नांकित हैं-

- बहु डाई संयोजन में उर्जा प्रबंधन
- प्रक्रम इष्टतमीकरण द्वारा खालीपन (void) उन्मुक्त सोल्डर संयोजन एवं रेडियोग्राफी निरीक्षण
- 5 मिल ऐल्युमीनियम तार द्वारा उच्च धारा प्रदाय क्षमता

अन्य संकर परिपथ (Other Hybrid circuits)

(1) 105ML संकर परिपथ द्वि संकर परिपथों के संयोजन से बना है (चित्र-3) जिसमें चुम्बकीय टार्कर (Magnetic torque) संकर परिपथ के साथ रेखीय नियंत्रक (Liner controller) को 1" x 1" में संयोजित किया गया है।



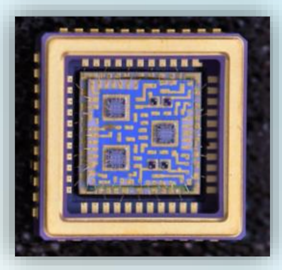
104MT: 1" X 1.5"   152LC: 1" X 1"   105ML: 1" X 1"

चित्र-3: 105ML संकर परिपथ

(2) इसमें प्रमुख चुनौती द्वि-परिपथों का संयोजन एवं बहुपरतीय प्रक्रम तकनीक का विकास था जिसको सफलतापूर्वक संपन्न कर लियागया एवं विश्वसनीयता परीक्षण शीघ्र ही संपूर्ण कर लिए जाएंगे। आकार का तुलनात्मक अध्ययन चित्र-4 में प्रदर्शित किया गया है।

चित्र-4 द्वि- संकर परिपथों का संयोजन

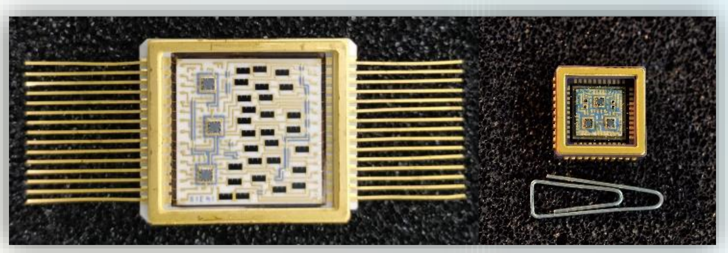
(3) J-लीड आधारित बफर संकर परिपथ के विकास द्वारा 14 चैनल बोर्ड की क्षमता में वृद्धि करके 18-चैनल की प्राप्ति की गई है। इसको 44 पिन CQFJ सुवाह्यसे क्रियान्वित (संयाजित/अवरोहित) किया गया है। प्रमुखत: 3-डी सुवाह्य तकनीक (अवस्तर-पर-अवस्तर) द्वारा 50% आकार एवं 36% भार में कमी प्राप्त की गई है।



18 Channel Input Buffer (1431 IB)

चित्र-5: J-लीड आधारित बफर संकर परिपथ

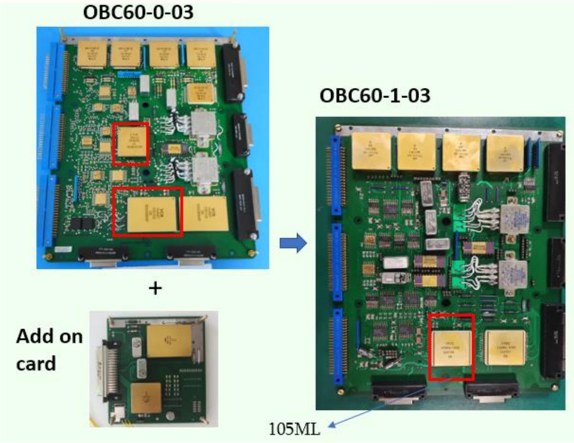
(4) चित्र-5 में इसकी रूपरेखा प्रदर्शित है एवं प्रमुख विशेषता सुवाह्य घनत्व में वृद्धि है) इसमें मुख्य चुनौती क्षैतिज अंत:बंधन थी जो कि अग्र एवं निम्न चिप संयोजन से प्राप्त की गई जिसको चित्र-6 में तुलनात्मक रूप में प्रदर्शित किया गया है।



14 Channel Input Buffer	18 Channel Input Buffer
Size: 1.148” x 0.960”	Size: 0.680” x 0.680”

चित्र-6:तुलनात्मक प्रदर्शन

इन समस्त संकर परिपथों के द्वारा संघुडित युगपत कार्ड की प्राप्ति संभव हो सकी जिसको चित्र-7 में प्रदर्शित किया गया है। इससे न केवल समग्र कार्ड की संख्या में कमी अपितु धारा प्रदाय क्षमता में भी वृद्धि प्राप्त की गई है।



चित्र-7 संघुडित युगपत कार्ड(आभार:CDEG)

निष्कर्ष:-

संकर सूक्ष्म परिपथ में विश्वसनीयता, पुनरुत्पादकता एवं संघुडित रूपगुणक जैसी विशेषताएं अंतनिर्हित होती हैं। संकर परिपथों की मुख्य उपयोगिता इष्टतमीकृत सुवाह्य हल प्रदान करना होता है जोकि SoC एवं PCB (मुद्रित परिपथ बोर्ड) के मध्य होता है। संकर परिपथों द्वारा लघुकरण, प्रतिरूपकता की प्राप्ति होती है परंतु अभिकल्प गहनता, समय आधिक्य एवं सुविधा की निर्बाध आपूर्ति प्रमुख चुनौतियां हैं। गगनयान के लिए विभिन्न संकर परिपथों का विकास किया गया है। इन संकर परिपथों के विकास में विभिन्न नवीनतम तकनीक जैसे 3-डी स्तंभन, उच्च धारा प्रवाह, बहुस्तरीय प्रक्रम का उपयोग करके लघुकरणएवं उच्च संकुलन घनत्व की प्राप्ति की गई है। इन परिपथों के विकास से एकीकृत परिपथों की निर्भरता को कम कर दिया है एवं अनुकूलित परिपथों का विकास संभव कर दिया है। इन विकास ने विभिन्न नवीन एवं जटिल प्रक्रमों तथा तकनीकों का सफलतापूर्वक प्रमाणन भी कर दिया है।

आभार:

लेखक विभिन्न समूहों, सहकर्मियों, वरिष्ठ अधिकारियों तथा निदेशक का आभार प्रकट करते हैं।

संदर्भ (References):

1. लता, शालिनी इत्यादि, ''डाई आसक्ति खालीपन से संकर परिपथ के निष्पादन की विवेचना एवं निजात प्राप्ति,'' JST, वो.33, नं. 2, पृष्ठ 36-41, 22
2. जोब्स, ''संकर परिपथ आभिकल्प एवं उत्पादन,'' मार्सल डेकर (1982)

लेखक परिचय:

कमलजीत सिंह ने पीएचडी एवं स्नातकोतर (सूक्ष्म तरंग) उपाधि क्रमश: राजस्थान एवं दिल्ली विश्वविद्यालय से प्राप्त की है। सन् 1999 में वैज्ञानिक/इंजीनियर पद पर इसरो उपग्रह केन्द्र बेंगलुरु में कार्य प्रारंभ किया एवं 2006 से 2016 तक सेमी-कंडक्टर लेबोरेटरी में कार्य किया हैं। वर्तमान में वह *यू.आर.राव उपग्रह केन्द्र* में *संकर सूक्ष्म समूह* में कार्यरत हैं।

डॉ. आलोक कुमार श्रीवास्तव ने पीएचडी एवं स्नातकोतर उपाधि

डॉ आलोक कुमार श्रीवास्तव ने सरकारी इंजीनियरिंग कॉलेज, बिलासपुर, छत्तीसगढ़ से स्नातक (स्वर्ण पदक के साथ) और आईआईटी बॉम्बे से डॉक्टरेट की उपाधि प्राप्त की है। वर्तमान में यूआरएससी में सह निदेशक और उप निदेशक (उद्योग एवं स्वदेशीकरण क्षेत्र) के पद पर कार्यरत हैं । चंद्रयान-1/ चंद्रयान-2/ मार्स ऑर्बिटर मिशन (एमओएम) सहित 10 से अधिक अंतरिक्ष यान के प्रोजेक्ट मैनेजर/ डिप्टी प्रोजेक्ट निदेशक/ परियोजना निदेशक के रूप में तथा मैकेनिकल सिस्टम क्षेत्र में उप निदेशक के पद पर कार्य किया है। चंद्रयान-1 अंतरिक्ष यान के लिए 'इसरो टीम पुरस्कार' और अंतरिक्ष यान संबंधी प्रौद्योगिकियों में महत्वपूर्ण योगदान के लिए वर्ष 2007 के लिए 'एस्ट्रोनॉटिकल सोसाइटी ऑफ इंडिया पुरस्कार' दिया गया है। अंतरिक्ष अनुप्रयोगों के लिए क्रायोजेनिक कूलर के डिजाइन, विकास और कार्यान्वयन' के लिए 2016 के लिए इसरो पुरस्कार से सम्मानित किया गया । 2014 से 2020 तक एएसआई के 'कार्यकारी सचिव' रहे हैं और पिछले 25

वर्षों में पूरे देश में अंग्रेजी के साथ-साथ हिंदी में 260 से अधिक तकनीकी व्याख्यान दिए हैं। आपने राष्ट्रीय और अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर लगभग 35 लेख और इसरो के भीतर 250 से अधिक आंतरिक रिपोर्ट प्रकाशित की हैं तथा स्कूल ऑफ मैकेनिकल इंजीनियरिंग, एमआईटी-वर्ल्ड पीस यूनिवर्सिटी, पुणे के सलाहकार बोर्ड के सदस्य हैं। ISRO टेलीमेट्री ट्रैकिंग और कमांड नेटवर्क से मार्स ऑर्बिटर मिशन (MOM) और चंद्रयान -2 सहित लगभग 30 लॉन्च के लिए भारत के एकमात्र स्पेसपोर्ट 'श्रीहरिकोटा' से भारतीय लॉन्च का लाइव कवरेज किया है।

7. अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष कानून और अंतरिक्ष नीतियों का तुलनात्मक अध्ययन

प्रियांश जैन
वैज्ञानिक/अभियंता 'एस.सी.'
एस.एस.ए.एम.डी./एम.एस.जी./एच.एस.एफ.सी.

सार

बाहरी अंतरिक्ष की खोज और उपयोग दुनिया भर के देशों के लिए महत्वपूर्ण कार्य बन गए हैं। जैसे-जैसे अंतरिक्ष गतिविधियों की संभावना बढ़ती है, एक कानूनी ढांचा स्थापित करना महत्वपूर्ण हो जाता है जो अंतरिक्ष में शांतिपूर्ण और जिम्मेदार प्रथाओं को बढ़ावा देता है। संयुक्त राष्ट्र (यू.एन) अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष कानून बनाने में केंद्रीय भूमिका निभाता है, जबकि अलग-अलग राष्ट्र अपने रणनीतिक लक्ष्यों के अनुरूप अपनी अंतरिक्ष नीतियां विकसित करते हैं। इस लेख का उद्देश्य संयुक्त राष्ट्र (यू.एन) के अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष कानूनों की गहराई से पड़ताल करना और संयुक्त राज्य अमेरिका, यूरोप, चीन, रूस और भारत सहित प्रमुख देशों की अंतरिक्ष नीतियों का तुलनात्मक अध्ययन प्रदान करना है। अंतरिक्ष क्षेत्र में अपने स्वयं के विचारों और नीतियों वाले निजी उद्यमों को शामिल करने के लिए एक मजबूत नियामक ढांचे की भी आवश्यकता है। लेख में इन पहलुओं पर विस्तार से चर्चा की गई है, जिसमें आर्टेमिस समझौते की वर्तमान प्रासंगिकता और कुछ पॉप संस्कृति के संदर्भ भी शामिल हैं।

I. संयुक्त राष्ट्र के अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष कानून और इनकी भूमिका का परिचय

संयुक्त राष्ट्र शांतिपूर्ण अन्वेषण, उपयोग और बाहरी अंतरिक्ष से प्राप्त लाभों के न्यायसंगत बंटवारे को सुनिश्चित करने के लिए अंतरिक्ष गतिविधियों हेतु एक कानूनी ढांचा विकसित करने में सबसे आगे रहा है। अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष कानूनों की आधारशिला 1967 की बाह्य अंतरिक्ष संधि (ओ.एस.टी.) है, जो बाहरी अंतरिक्ष के शांतिपूर्ण उपयोग के लिए एक आधार प्रदान करती है।

बाह्य अंतरिक्ष संधि कई मूलभूत सिद्धांत निर्धारित करता है। सबसे पहले, यह निर्धारित करता है कि बाहरी अंतरिक्ष सभी देशों द्वारा अन्वेषण और उपयोग के लिए स्वतंत्र है, भले ही उनकी तकनीकी प्रगति का स्तर कुछ भी हो। दूसरा, यह अंतरिक्ष गतिविधियों की शांतिपूर्ण प्रकृति पर बल देता है, अंतरिक्ष में सामूहिक विनाश के हथियारों की नियुक्ति पर रोक लगाता है। यह द्वितीय विश्व युद्ध के बाद भू-राजनीतिक स्थिति के दौरान सामने आया। इसके अतिरिक्त, यह संधि गैर-विनियोग के सिद्धांत की पुष्टि करती है, जिसमें कहा गया है कि बाहरी अंतरिक्ष और खगोलीय पिंड संप्रभुता के राष्ट्रीय दावों के अधीन नहीं हो सकते हैं।

इसके अतिरिक्त, 1979 का चंद्रमा समझौता विशेष रूप से चंद्रमा और अन्य खगोलीय पिंडों से संबंधित ओ.एस.टी के प्रावधानों पर विस्तृत रूप से जानकारी प्रदान करता है। यह समझौता आकाशीय पिंडों पर पाए जाने वाले प्राकृतिक संसाधनों के दोहन के लिए एक रूपरेखा स्थापित करता है, जिसमें इस प्रकार की गतिविधियों से प्राप्त लाभों के न्यायसंगत बंटवारे पर बल दिया गया है।

इन मूलभूत संधियों के अतिरिक्त, संयुक्त राष्ट्र ने अंतरिक्ष गतिविधियों के विशिष्ट पहलुओं को संबोधित करने के लिए अन्य उपकरण भी विकसित किए हैं। अंतरिक्ष वस्तुओं के कारण होने वाले नुकसान के लिए अंतरराष्ट्रीय दायित्व पर 1972 का सम्मेलन अंतरिक्ष वस्तुओं के कारण होने वाले नुकसान के लिए दायित्व को नियंत्रित करता है, जबकि बाहरी अंतरिक्ष में भेजी गई। वस्तुओं के पंजीकरण पर 1975 के सम्मेलन में राज्यों को अपनी अंतरिक्ष वस्तुओं को संयुक्त राष्ट्र के साथ पंजीकृत करने की आवश्यकता होती है।

संयुक्त राष्ट्र (यूएन) विभिन्न निकायों और पहलों के माध्यम से अंतरराष्ट्रीय सहयोग को बढ़ावा देने और अंतरिक्ष गतिविधियों से संबंधित वैश्विक चुनौतियों का समाधान करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। इस क्षेत्र में संयुक्त राष्ट्र के दो प्रमुख निकाय बाह्य अंतरिक्ष के शांतिपूर्ण उपयोग पर समिति (सी.ओ.पी.यू.ओ.एस) और बाह्य अंतरिक्ष मामलों के कार्यालय (यू.एन.ओ.ओ.एस.ए.)हैं।
सी.ओ.पी.यू.ओ.एस. सदस्य देशों के लिए नीतियों पर चर्चा और समन्वय करने, सूचनाओं का आदान-प्रदान करने और बाहरी अंतरिक्ष के शांतिपूर्ण उपयोग में अंतरराष्ट्रीय सहयोग को बढ़ावा देने के लिए एक मंच के रूप में कार्य करता है। यह सभी देशों के लाभ के लिए अंतरिक्ष संसाधनों के जिम्मेदार और दीर्घकालिक उपयोग को बढ़ावा देने, बातचीत और दिशानिर्देशों और सिद्धांतों के निर्माण की सुविधा प्रदान करता है।

सी.ओ.पी.यू.ओ.एस. के तहत संचालित यू.एन.एन.ओ.एस.ए., संयुक्त राष्ट्र प्रणाली के भीतर अंतरिक्ष-संबंधित गतिविधियों के लिए केंद्रीय समन्वय कार्यालय के रूप में कार्य करता है। यह अंतरिक्ष-संबंधित मामलों में अंतरराष्ट्रीय सहयोग को बढ़ावा देता है, विकासशील देशों की क्षमता निर्माण में सहायता करता है, और सूचना और विशेषज्ञता को साझा करने की सुविधा प्रदान करता है।

संयुक्त राष्ट्र के इन निकायों द्वारा विभिन्न पहलों के माध्यम से कक्षा में मलबे के शमन जैसे स्थिरता के मुद्दों को संबोधित किया जा रहा है। सी.ओ.पी.यू.ओ.एस. ने अंतरिक्ष मलबे को कम करने, जिम्मेदार अंतरिक्ष प्रचालन को बढ़ावा देने और टिकाऊ प्रौद्योगिकियों के उपयोग को प्रोत्साहित करने के लिए दिशानिर्देश और सर्वोत्तम अभ्यास स्थापित किए हैं। यू.एन.ओ.ओ.एस.ए. क्षमता निर्माण कार्यक्रमों, प्रौद्योगिकी हस्तांतरण और सूचना साझा करने का समर्थन करता है ताकि देशों को दीर्घकालीनता की चुनौतियों का समाधान करने के लिए आवश्यक विशेषज्ञता और बुनियादी ढांचा विकसित करने में मदद मिल सके।

इसके अतिरिक्त, संयुक्त राष्ट्र ने अंतरिक्ष मलबे शमन रणनीतियों को विकसित करने के लिए अंतरिक्ष एजेंसियों, अंतरराष्ट्रीय संगठनों और शिक्षाविदों के साथ सहयोग शुरू किया है, जिसमें उपग्रह डिजाइन और जीवन के अंत के निपटान के लिए दिशानिर्देशों का विकास भी शामिल है। बाहरी अंतरिक्ष गतिविधियों की दीर्घकालिक स्थिरता सुनिश्चित करने के लिए अंतरिक्ष यातायात प्रबंधन, प्रारंभिक चेतावनी प्रणाली और मलबे के अनुवर्तन में अंतरराष्ट्रीय सहयोग बढ़ाने के प्रयास भी चल रहे हैं।

II.अंतरिक्ष नीतियों का तुलनात्मक अध्ययन

(क) संयुक्त राज्य अमेरिका

संयुक्त राज्य अमेरिका के पास अंतरिक्ष अन्वेषण का एक लंबा इतिहास है और इसने वैश्विक अंतरिक्ष परिदृश्य को आकार देने में अग्रणी भूमिका निभाई है। इसकी अंतरिक्ष नीति का उद्देश्य अंतरिक्ष गतिविधियों में नेतृत्व बनाए रखना, वैज्ञानिक ज्ञान को आगे बढ़ाना और राष्ट्रीय सुरक्षा को बढ़ावा देना है। नेशनल एरोनॉटिक्स एंड स्पेस एडमिनिस्ट्रेशन (नासा) नागरिक अंतरिक्ष गतिविधियों के लिए जिम्मेदार प्राथमिक एजेंसी के रूप में कार्य करता है, जबकि रक्षा विभाग सैन्य-संबंधित अंतरिक्ष अभियानों की देखरेख करता है।

अमेरिकी अंतरिक्ष नीति वाणिज्यिक अंतरिक्ष उद्यमों को बढ़ावा देने, निजी क्षेत्र की भागीदारी को प्रोत्साहित करने और अंतरराष्ट्रीय सहयोग को बढ़ावा देने पर केंद्रित है। वाणिज्यिक कर्मीदल कार्यक्रम और आर्टेमिस कार्यक्रम जैसी पहलें, जिनका उद्देश्य मनुष्यों को चंद्रमा पर वापस लाना और अंततः मंगल ग्रह पर उद्यम करना है, अंतरिक्ष अन्वेषण के प्रति देश की प्रतिबद्धता को उजागर करती है। इसके अतिरिक्त अमेरिका ने वाणिज्यिक अंतरिक्ष गतिविधियों को नियंत्रित करने और सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए वाणिज्यिक अंतरिक्ष प्रक्षेपण अधिनियम जैसे नियामक ढांचे की स्थापना की है।

(ख) यूरोप

यूरोपीय अंतरिक्ष परिदृश्य की विशेषता यूरोपीय अंतरिक्ष एजेंसी (ईएसए) की छत्रछाया में सदस्य देशों के बीच सहयोग से चित्रित होती है। ई.एस.ए. की अंतरिक्ष नीति का उद्देश्य यूरोप की अंतरिक्ष क्षमताओं को विकसित करना और मजबूत करना, वैज्ञानिक खोजों को बढ़ावा देना और सदस्य देशों को सामाजिक आर्थिक लाभ प्रदान करना है।

यूरोपीय संघ (ई.यू.) यूरोप में अंतरिक्ष नीति को आकार देने में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। यूरोपीय संघ की अंतरिक्ष नीति तीन स्तंभों पर आधारित है: अंतरिक्ष तक स्वायत्त पहुंच सुनिश्चित करना, अंतरिक्ष गतिविधियों के सामाजिक लाभों को अधिकतम करना, और यूरोपीय अंतरिक्ष नीति प्रशासन को मजबूत करना। गैलीलियो उपग्रह नौवहन प्रणाली और कोपरनिकस पृथ्वी अवलोकन कार्यक्रम जैसी पहलें अंतरिक्ष-आधारित सेवाओं के लिए यूरोपीय संघ की प्रतिबद्धता के उदाहरण हैं।

(ग) चीन

अंतरिक्ष अन्वेषण और तकनीकी प्रगति के महत्वाकांक्षी लक्ष्यों के साथ चीन वैश्विक अंतरिक्ष क्षेत्र में एक प्रमुख खिलाड़ी के रूप में उभरा है। देश की अंतरिक्ष नीति वैज्ञानिक और रणनीतिक दोनों विचारों से प्रेरित है। चीन राष्ट्रीय अंतरिक्ष प्रशासन (सीएनएसए) चीन की अंतरिक्ष गतिविधियों की देखरेख करता है, जिसमें उपग्रह प्रक्षेपण, मानवयुक्त अंतरिक्ष मिशन और चंद्र अन्वेषण शामिल हैं। चीन की अंतरिक्ष नीति अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी की प्रगति, राष्ट्रीय सुरक्षा और देश के सामाजिक आर्थिक विकास को प्राथमिकता देती है।

चीन ने अंतरिक्ष अन्वेषण में महत्वपूर्ण उपलब्धियां हासिल की हैं, जिसमें चंद्रमा पर रोबोटिक अंतरिक्ष यान का सफल अवतरण और बेइदोउ उपग्रह नौवहन प्रणाली की तैनाती शामिल है। देश लंबी अवधि के समानव अंतरिक्ष मिशनों की योजना के साथ, अपने अंतरिक्ष स्टेशन के विकास को सक्रिय रूप से आगे बढ़ा रहा है। इसके अतिरिक्त, चीन का लक्ष्य अंतरिक्ष-आधारित सेवाओं और वाणिज्यिक अंतरिक्ष गतिविधियों में वैश्विक नेता बनना है।

(घ) रूस

अंतरिक्ष अन्वेषण में रूस का एक समृद्ध इतिहास है, वह सोवियत काल के दौरान उपग्रह प्रमोचित करने और मानव को कक्षा में भेजने वाला पहला देश था। देश की अंतरिक्ष नीति इसकी अंतरिक्ष क्षमताओं को बनाए रखने, वैज्ञानिक ज्ञान को आगे बढ़ाने और राष्ट्रीय सुरक्षा उद्देश्यों का समर्थन करने की प्रतिबद्धता को दर्शाती है। रोस्कोस्मोस स्टेट कॉरपोरेशन फॉर स्पेस एक्टिविटीज़ रूस के अंतरिक्ष कार्यक्रम के लिए जिम्मेदार मुख्य संगठन है।

रूस की अंतरिक्ष नीति अंतरराष्ट्रीय सहयोग और साझेदारी पर बल देती है, विशेष रूप से अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन (आईएसएस) कार्यक्रम में इसकी भागीदारी के माध्यम से। इस देश ने सोयुज और प्रोटॉन रॉकेट जैसे अपने स्वयं के अंतरिक्ष प्रक्षेपण वाहन भी विकसित किए हैं, और उपग्रह प्रक्षेपण और वैज्ञानिक मिशन जैसे क्षेत्रों में अपनी क्षमताओं का विस्तार करना जारी रखा है।

(ङ) भारत

भारत ने सामाजिक विकास और राष्ट्रीय सुरक्षा के लिए अंतरिक्ष संपत्तियों के उपयोग पर ध्यान केंद्रित करते हुए अंतरिक्ष अन्वेषण और उपग्रह प्रौद्योगिकी में महत्वपूर्ण प्रगति की है। भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) देश के अंतरिक्ष कार्यक्रम के लिए जिम्मेदार है और इसने संचार, रिमोट सेंसिंग और वैज्ञानिक अनुसंधान के लिए कई उपग्रहों को सफलतापूर्वक प्रमोचित किया है।
अंतरिक्ष क्षेत्र में भारत की नीति सामान्य तौर पर सामाजिक आर्थिक विकास के लिए अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के उपयोग, डिजिटल विभाजन को कम करने और जलवायु परिवर्तन और आपदा प्रबंधन जैसी चुनौतियों का समाधान करने पर बल देती है। देश की उल्लेखनीय उपलब्धियों में चंद्रयान चंद्र मिशन और मंगल कक्षित्र मिशन शामिल हैं, जो गहरे अंतरिक्ष अन्वेषण में भारत की क्षमताओं को प्रदर्शित करते हैं।

भारत की नई हाल ही में जारी की गई नई अंतरिक्ष नीति अंतरिक्ष अन्वेषण और उपयोग के प्रयासों को और आगे बढ़ाने के लिए देश की महत्वाकांक्षाओं और प्रतिबद्धता को प्रदर्शित करती है। 2021 में प्रारंभ की गई नीति, निजी क्षेत्र की भागीदारी को बढ़ावा देने, सामाजिक आर्थिक विकास के लिए अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के उपयोग को बढ़ाने और अंतरराष्ट्रीय सहयोग को मजबूत करने पर केंद्रित है। यह अत्याधुनिक प्रौद्योगिकियों के विकास, एक सहायक नियामक वातावरण की स्थापना और अंतरिक्ष अनुसंधान और नवाचार को प्रोत्साहित करने पर बल देता है। भारत की नई अंतरिक्ष नीति सरकारी एजेंसियों, उद्योग के खिलाड़ियों और अंतरराष्ट्रीय भागीदारों के बीच सहयोग बढ़ाने के लिए मंच तैयार

करती है, एक जीवंत अंतरिक्ष पारिस्थितिकी तंत्र को बढ़ावा देती है जो सामाजिक जरूरतों को पूरा करते हुए देश की आर्थिक वृद्धि और तकनीकी प्रगति में योगदान दे सकती है।

(च) स्पेसएक्स

स्पेसएक्स और टेस्ला के सीईओ एलॉन मस्क के पास एक साहसिक अंतरिक्ष योजना और नीति है जिसका उद्देश्य अंतरिक्ष अन्वेषण और उपनिवेशीकरण में क्रांति लाना है। मस्क की दृष्टि मानवता को बहु-ग्रहीय प्रजाति बनाने और सभ्यता के दीर्घकालिक अस्तित्व को सुनिश्चित करने पर केंद्रित है। यहां उनकी अंतरिक्ष योजना और नीति के प्रमुख तत्व हैं:

1. मंगल ग्रह पर उपनिवेशीकरण: मस्क मंगल ग्रह पर एक आत्मनिर्भर उपनिवेश स्थापित करने की कल्पना करते हैं। उनकी कंपनी, स्पेसएक्स, स्टारशिप अंतरिक्ष यान विकसित कर रही है जिसे लाल ग्रह पर बड़ी संख्या में लोगों और कार्गो को ले जाने के लिए डिज़ाइन किया गया है। इसका लक्ष्य एक स्थायी बस्ती बनाना है जो मानव जीवन का समर्थन कर सके और आगे के अंतरिक्ष अन्वेषण के लिए एक कदम के रूप में काम कर सके।

2. पुन: प्रयोज्य रॉकेट: मस्क ने अंतरिक्ष यात्रा की लागत को काफी कम करने के लिए पुन: प्रयोज्य रॉकेट प्रौद्योगिकी विकसित करने पर ध्यान केंद्रित किया है। स्पेसएक्स के फाल्कन 9 और फाल्कन हेवी रॉकेट को उतरने और पुन: उपयोग करने के लिए डिज़ाइन किया गया है, जिसमें अंतरिक्ष मिशन को अधिक किफायती और सुलभ बनाने की क्षमता है।

3. स्टारलिंक उपग्रह तारामंडल: मस्क की अंतरिक्ष नीति में स्टारलिंक उपग्रह तारामंडल की तैनाती शामिल है, जो वैश्विक ब्रॉडबैंड इंटरनेट कवरेज प्रदान करने के लिए पृथ्वी की परिक्रमा करने वाले हजारों छोटे उपग्रहों का एक नेटवर्क है। इस परियोजना का लक्ष्य डिजिटल विभाजन को पाटना और दुनिया के सबसे दूरदराज के क्षेत्रों में भी विश्वसनीय इंटरनेट संपर्क स्थापित करना है।

4. चंद्र मिशन: स्पेसएक्स की नासा के साथ साझेदारी में आर्टेमिस कार्यक्रम सहित चंद्रमा पर मिशन भेजने की योजना है। मस्क का लक्ष्य मानव अन्वेषण और चंद्र संसाधनों के उपयोग को सुविधाजनक बनाना है, जिससे स्थायी चंद्र गतिविधियों का मार्ग प्रशस्त हो सके।

5. अंतरग्रहीय यातायात प्रणाली: मस्क ने एक अंतरग्रहीय यातायात प्रणाली के विकास का प्रस्ताव दिया है जो अंतरग्रहीय यात्रा के लिए पुन: प्रयोज्य अंतरिक्ष यान का उपयोग करता है। यह महत्वाकांक्षी अवधारणा मंगल ग्रह से परे बृहस्पति के चंद्रमा यूरोपा जैसे गंतव्यों के लिए लंबी अवधि की अंतरिक्ष उड़ानों की कल्पना करती है।

मस्क की अंतरिक्ष योजना और नीति प्रमुख उद्देश्यों के रूप में तकनीकी नवाचार, लागत में कमी और मंगल ग्रह के उपनिवेशीकरण को प्राथमिकता देती है। पुन: प्रयोज्य रॉकेट प्रौद्योगिकी, उपग्रह नेटवर्क

और आत्मनिर्भर कॉलोनियों की स्थापना पर ध्यान केंद्रित करके, मस्क मानव अंतरिक्ष अन्वेषण की सीमाओं को आगे बढ़ाने और अंतरिक्ष को मानवता के भविष्य के लिए अधिक सुलभ और लाभदायक बनाना चाहते हैं।

III. तुलनात्मक विश्लेषण

हालाँकि प्रत्येक देश की अंतरिक्ष नीति उसके अद्वितीय रणनीतिक उद्देश्यों और क्षमताओं को दर्शाती है, लेकिन उनके बीच कुछ समानताएँ और अंतर भी हैं।

सामान्य विषय :

(क) वैज्ञानिक अन्वेषण: सभी प्रमुख अंतरिक्ष-संबंधी राष्ट्र अंतरिक्ष अन्वेषण के माध्यम से वैज्ञानिक ज्ञान को आगे बढ़ाने पर महत्वपूर्ण बल देते हैं, जिसमें चंद्रमा, मंगल और उससे आगे के मिशन शामिल हैं।

(ख) राष्ट्रीय सुरक्षा: अंतरिक्ष क्षमताएं इन देशों के लिए राष्ट्रीय सुरक्षा विचारों से निकटता से जुड़ी हुई हैं, जैसा कि उपग्रह टोही, सैन्य संचार और मिसाइल रक्षा प्रणालियों में उनके प्रयासों से प्रमाणित है।

(ग) वाणिज्यिक अंतरिक्ष: अंतरिक्ष गतिविधियों की आर्थिक क्षमता को पहचानते हुए, सभी देशों ने वाणिज्यिक अंतरिक्ष उद्यमों को बढ़ावा देने और निजी क्षेत्र की भागीदारी को प्रोत्साहित करने की पहल की है।

(घ) अंतरराष्ट्रीय सहयोग: जबकि इन देशों के बीच प्रतिस्पर्धा मौजूद है, वे आई.एस.एस. कार्यक्रम, संयुक्त उपग्रह मिशन और वैज्ञानिक आँकड़ों को साझा करने जैसे अंतरराष्ट्रीय सहयोग में भी संलग्न हैं।

अंतर:

(क) तकनीकी क्षमताएं: मजबूत बुनियादी ढांचे, व्यापक अनुभव और महत्वपूर्ण निधिकरण के साथ अमेरिका पारंपरिक रूप से अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी और अन्वेषण के मामले में अग्रणी रहा है। चीन और भारत तेजी से अपनी क्षमताओं का विकास कर रहे हैं, जबकि यूरोप और रूस के पास प्रमोचन पद्धति और समानव अंतरिक्ष उड़ान जैसे कुछ क्षेत्रों में मजबूत आधार है।

(ख) अंतरिक्ष संचालन : इन देशों में शासन संरचनाएं और निर्णय लेने की प्रक्रियाएं अलग-अलग हैं। संयुक्त राज्य अमेरिका में विभिन्न सरकारी एजेंसियों और निजी क्षेत्र की भागीदारी के साथ अधिक विकेंद्रीकृत दृष्टिकोण है। यूरोप ई.एस.ए और ई.यू.के माध्यम से संचालित होता है, जबकि चीन और रूस का अपनी-अपनी अंतरिक्ष एजेंसियों के माध्यम से केंद्रीकृत नियंत्रण है।

ग) अंतरिक्ष नीति प्राथमिकताएँ: प्रत्येक बल की अंतरिक्ष नीति का बल और रणनीतिक प्राथमिकताएँ अलग-अलग होती हैं। संयुक्त राज्य अमेरिका नेतृत्व, नवाचार और व्यावसायीकरण पर ध्यान केंद्रित करता है। यूरोप सहयोग, वैज्ञानिक अनुसंधान और सामाजिक आर्थिक लाभों पर बल देता है। चीन तकनीकी प्रगति, राष्ट्रीय प्रतिष्ठा और आर्थिक विकास पर बल देता है। रूस सहयोग, राष्ट्रीय सुरक्षा और अपने अंतरिक्ष उद्योग को बनाए रखने पर प्रकाश डालता है।

IV. आर्टेमिस समझौते

आर्टेमिस समझौते अंतरिक्ष अन्वेषण और उपयोग में सहयोग और सहयोग को बढ़ावा देने पर केंद्रित एक अंतरराष्ट्रीय समझौते का प्रतिनिधित्व करते हैं। संयुक्त राज्य अमेरिका द्वारा 2020 में पेश किए गए समझौते का उद्देश्य चंद्र मिशन में शामिल देशों और संगठनों के लिए सिद्धांतों और दिशानिर्देशों का एक सेट स्थापित करना है, जिसका अंतिम लक्ष्य चंद्रमा पर एक स्थायी मानव उपस्थिति स्थापित करना है।

समझौते शांतिपूर्ण अन्वेषण, पारदर्शिता, अंतरसंचालनीयता और अंतरिक्ष संसाधनों के उपयोग पर बल देते हैं। वे चंद्र से संबंधित गतिविधियों के विभिन्न पहलुओं को संबोधित करते हैं, जिसमें ऐतिहासिक स्थलों और कलाकृतियों का संरक्षण, वैज्ञानिक आँकडे साझा करना, आपातकालीन सहायता का प्रावधान और अंतरिक्ष वस्तुओं का पंजीकरण शामिल है। इन सिद्धांतों का समर्थन करके, हस्ताक्षरकर्ता राष्ट्र एक जिम्मेदार तरीके से संचालन करने और एक सुरक्षित अंतरिक्ष वातावरण को बढ़ावा देने के लिए प्रतिबद्ध हैं।

आर्टेमिस समझौते ने महत्वपूर्ण अंतरराष्ट्रीय रुचि और समर्थन प्राप्त किया है। भारत सहित कई देश इस समझौते में शामिल हुए हैं। यह सहकारी ढांचा राष्ट्रों के बीच सहयोग को प्रोत्साहित करता है, आपसी सहायता और सूचना साझा करने की भावना को बढ़ावा देता है जो चंद्र अन्वेषण के वैज्ञानिक, तकनीकी और आर्थिक लाभों को बढ़ा सकता है।

हालाँकि, यह ध्यान देने योग्य है कि आर्टेमिस समझौता विवाद से रहित नहीं है। कुछ देशों ने संयुक्त राज्य अमेरिका द्वारा गैर-हस्ताक्षरकर्ताओं के संभावित बहिष्कार और उनके विकास की एकतरफा प्रकृति पर चिंता व्यक्त की है। इस चिंताओं को दूर करने और चंद्र अन्वेषण के भविष्य को आकार देने में व्यापक अंतरराष्ट्रीय भागीदारी सुनिश्चित करने के प्रयास किए जा रहे हैं।

कुल मिलाकर, आर्टेमिस समझौते अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष सहयोग में एक महत्वपूर्ण कदम का प्रतिनिधित्व करते हैं, सहयोगात्मक चंद्र अन्वेषण के लिए नींव स्थापित करते हैं और मानवता की समझ और अंतरिक्ष के उपयोग को आगे बढ़ाने में वैश्विक साझेदारी की क्षमता का प्रदर्शन करते हैं।

V. पॉप संस्कृति के संदर्भ

प्रसिद्ध फिल्म "ग्रेविटी" केसलर सिंड्रोम (अंतरिक्ष में होने वाली टक्कर) के परिणामों का सबसे अच्छा वर्णन करती है और अंतरिक्ष मलबे को हटाने और प्रबंधन के महत्व पर प्रकाश डालती है, जिसके लिए अंतरराष्ट्रीय सहयोग की आवश्यकता होती है।

वेब श्रृंखला "फॉर ऑल मैनकाइंड" में एक काल्पनिक परिदृश्य सामने आता है जहां चंद्रमा की सतह पर संयुक्त राज्य अमेरिका और सोवियत संघ के बीच एक सशस्त्र संघर्ष होता है। यह घटना अंतरिक्ष अन्वेषण में फैल रहे भू-राजनीतिक तनाव के संभावित परिणामों पर प्रकाश डालती है। जबकि श्रृंखला एक काल्पनिक विवरण प्रस्तुत करती है, यह शांतिपूर्ण सहयोग की आवश्यकता और अंतरिक्ष में संघर्षों की रोकथाम के संबंध में महत्वपूर्ण विचार उजगर करती है।

"द एक्सपेंस" एक विज्ञान कथा वेब श्रृंखला है जो एक ऐसे भविष्य की कल्पना करती है जहां मानवता ने सौर मंडल का उपनिवेश कर लिया है। जबकि शो एक काल्पनिक ब्रह्मांड को चित्रित करता है, यह कई प्रमुख पहलुओं पर प्रकाश डालता है जो अंतरिक्ष अन्वेषण की निकट भविष्य की संभावनाओं और उचित नीतियों के महत्व के लिए प्रासंगिक हैं। यह बहुआयामी और परस्पर जुड़े सौर मंडल के संदर्भ में संचालन और नीतियों के महत्व को रेखांकित करता है। यह उन जटिलताओं पर भी प्रकाश डालता है जो तब उत्पन्न होती हैं जब, राजनयिक वार्ता, साझा ढांचे और सामान्य लक्ष्यों की आवश्यकता पर जोर देते हुए विभिन्न राजनीतिक गुट और संस्थाएं नियंत्रण और संसाधनों के लिए प्रतिस्पर्धा करते हैं।

निकट भविष्य में, अंतरिक्ष अन्वेषण में विभिन्न क्षेत्रों में प्रगति की अपार संभावनाएं हैं। इन संभावनाओं में चंद्रमा और मंगल पर स्थायी मानव बस्तियां स्थापित करना, संसाधनों के लिए क्षुद्रग्रहों का खनन करना और बाहरी ग्रहों और उनके चंद्रमाओं की खोज करना शामिल है। ये प्रयास वैज्ञानिक खोजों, तकनीकी नवाचारों और आर्थिक अवसरों को जन्म दे सकते हैं। इसके अतिरिक्त, अंतरिक्ष अन्वेषण पृथ्वी की संसाधन सीमाओं को संबोधित करने, ब्रह्मांड के बारे में हमारी समझ का विस्तार करने और यहां तक कि मानवता के अस्तित्व के लिए संभावित बैकअप के रूप में भी काम कर सकता है।

भविष्य के अंतरिक्ष अन्वेषण के लाभों को पूरी तरह से समझने और चुनौतियों का प्रबंधन करने के लिए, उचित नीतियों का निर्माण और कार्यान्वयन महत्वपूर्ण हो जाता है। इन नीतियों में अंतरराष्ट्रीय सहयोग, सतत संसाधन उपयोग, अंतरिक्ष यातायात प्रबंधन, ग्रह संरक्षण और नैतिक विचार जैसे विभिन्न पहलू शामिल होने चाहिए। सही नीतियां स्थापित करके, सरकारें और अंतरिक्ष एजेंसियां सहयोग को बढ़ावा दे सकती हैं, गतिविधियों को विनियमित कर सकती हैं, जोखिमों को कम कर सकती हैं और अंतरिक्ष संसाधनों का जिम्मेदार और न्यायसंगत उपयोग सुनिश्चित कर सकती हैं।

VI. निष्कर्ष

संयुक्त राष्ट्र द्वारा विकसित अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष कानून बाहरी अंतरिक्ष के शांतिपूर्ण अन्वेषण और उपयोग के लिए एक आधार प्रदान करते हैं। बाह्य अंतरिक्ष संधि और अन्य संबंधित समझौते शांतिपूर्ण सहयोग, गैर-विनियोजन, दायित्व और अंतरिक्ष गतिविधियों से प्राप्त लाभों के न्यायसंगत बंटवारे के सिद्धांतों को बढ़ावा देते हैं। निकट भविष्य में संयुक्त राष्ट्र और आर्टेमिस समझौते की भूमिका वास्तव में महत्वपूर्ण होगी। पॉप संस्कृति के संदर्भों के आधार पर विभिन्न परिदृश्यों पर चर्चा की गई।

संयुक्त राज्य अमेरिका, यूरोप, चीन, रूस और भारत जैसे प्रमुख देशों की अंतरिक्ष नीतियों की जांच करते समय, सामान्य विषय और मतभेद सामने आते हैं। ये राष्ट्र वैज्ञानिक अन्वेषण, राष्ट्रीय सुरक्षा विचारों, वाणिज्यिक अंतरिक्ष उद्यमों और अंतरराष्ट्रीय सहयोग के प्रति प्रतिबद्धता साझा करते हैं। हालाँकि, तकनीकी क्षमताओं, अंतरिक्ष शासन संरचनाओं और नीति प्राथमिकताओं के संदर्भ में भिन्नताएँ मौजूद हैं।

संयुक्त राज्य अमेरिका अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी और अन्वेषण में विश्व का अगुआ बना हुआ है, जिसमें नवाचार, व्यावसायीकरण और स्पेसएक्स जैसी सार्वजनिक-निजी भागीदारी पर बल दिया गया है। यूरोप सहयोग, वैज्ञानिक अनुसंधान और सदस्य देशों के लिए सामाजिक-आर्थिक लाभों को अधिकतम करने पर ध्यान केंद्रित करता है। तकनीकी उन्नति, राष्ट्रीय प्रतिष्ठा और आर्थिक विकास की महत्वाकांक्षाओं से प्रेरित होकर चीन और भारत तेजी से अपनी अंतरिक्ष क्षमताओं का विकास कर रहे हैं। रूस अंतरराष्ट्रीय सहयोग, राष्ट्रीय सुरक्षा और अपने अंतरिक्ष उद्योग के संरक्षण पर बल देता है।
जैसे-जैसे अंतरिक्ष गतिविधियों का विकास और विस्तार होता जा रहा है, राष्ट्रों के लिए अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष कानूनों को बनाए रखना, सहयोग को बढ़ावा देना और उभरती चुनौतियों का समाधान करना महत्वपूर्ण है। निजी अभिनेताओं की बढ़ती भागीदारी, अंतरिक्ष संसाधनों का बढ़ता उपयोग और नई अंतरिक्ष शक्तियों का उदय वैश्विक अंतरिक्ष समुदाय के लिए अवसर और जटिलताएँ दोनों पैदा करता है।

अंत में, अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष कानून राष्ट्रों के लिए शांतिपूर्वक और जिम्मेदारी से अंतरिक्ष गतिविधियों में संलग्न होने के लिए एक महत्वपूर्ण ढांचे के रूप में कार्य करते हैं। प्रमुख राष्ट्रों के बीच अंतरिक्ष नीतियों का तुलनात्मक अध्ययन बाहरी अंतरिक्ष की खोज और उपयोग में उनके अद्वितीय दृष्टिकोण और रणनीतिक लक्ष्यों पर प्रकाश डालता है। सहयोग, अंतरराष्ट्रीय मानदंडों के पालन और दूरदर्शी नीतियों के माध्यम से वैश्विक समुदाय मानवता के लाभ के लिए बाहरी अंतरिक्ष की पूरी क्षमता का उपयोग कर सकता है।

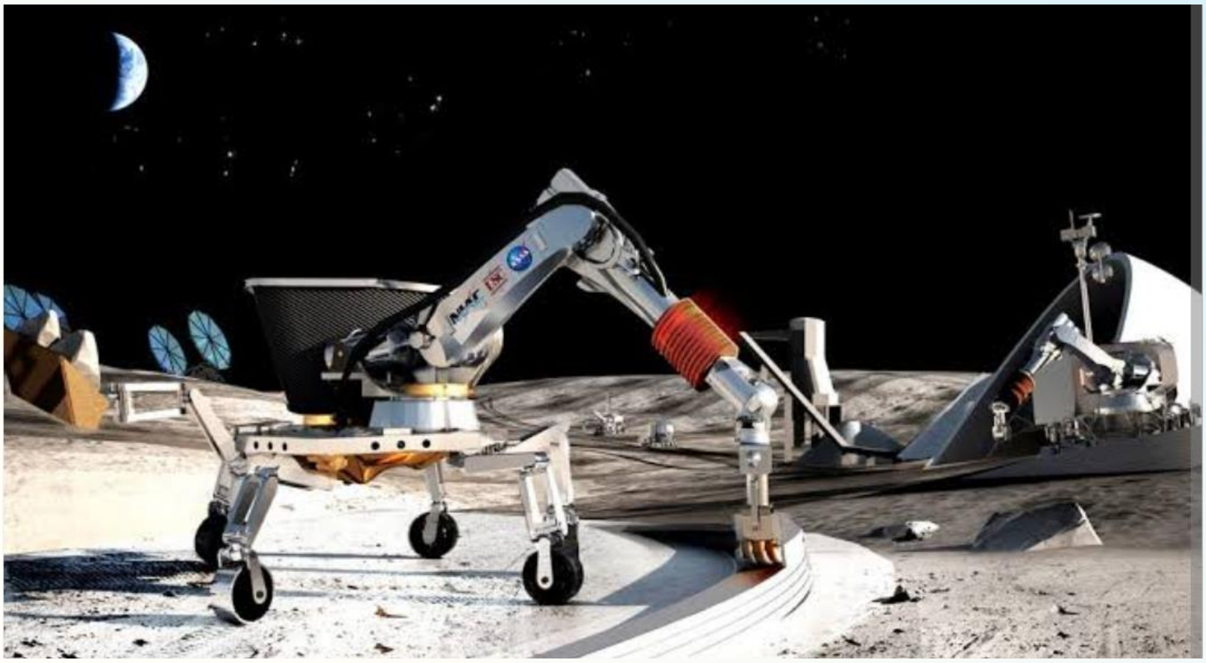
लेखक परिचय :

प्रियांश जैन एक वैज्ञानिक/अभियंता 'एस.सी.' हैं जो समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र (एच.एस.एफ.सी.), इसरो, बेंगलूरु के यांत्रिक प्रणाली समूह (एम.एस.जी.) में कार्यरत हैं। वे भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी संस्थान, तिरुवनंतपुरम से वांतरिक्ष अभियांत्रिकी में स्नातक हैं।

8. अंतरिक्ष निर्माण - गगनयान से जुड़ी नई सोच
(Space Manufacturing – A Vision for future Gaganyaan Mission)

शिल्पी शर्मा, इंजीनियर पी. एस. ए. डी.,
नेहा जैन, इंजीनियर, एस.पी.डी.,
कृष्ण प्रिया जी, प्रधान- एस.पी.डी.,
रमेश गुप्ता, प्रधान- पी. एस. ए. डी

सारांश: अंतरिक्ष निर्माण में पृथ्वी के वायुमंडलीय एवं गुरुत्वाकर्षण से दूर बाहारी अंतरिक्ष में सामग्री का उत्पादन करते है ।यह तकनीकी लेख मुख्य रूप से अंतरिक्ष प्रौधोयोगिकी के विकास का वर्णन करता है।इसमें अंतरिक्ष में कच्चा माल उत्पादन, निर्माण प्रक्रिया एवं उत्पदित उत्पाद का उल्लेख किया गया है।



चित्र 1: **चंद्रमा -** अंतरिक्ष निर्माण

1. प्रस्तावना

कच्चे माल से पृथ्वी, चंद्रमा और पृथ्वी के पास की वस्तुओं को एकत्र किया जा सकता है और निर्माण स्थलों पर ले जाया जाता है, प्रसंस्करण (processing)और उन्हें उनके शुद्ध रूप में अलग करके और फिर विभिन्न उत्पादों के उत्पादन के लिए उपयोग किया जाता है । बाहरी अंतरिक्ष का वातावरण गुरुत्वाकर्षण (gravity), वायु सहिष्णुता (air tolerance), संदूषण (contamination), हवा आदि जैसे कई कारकों से दूर है।

ये कारक पृथ्वी पर होने वाली प्रक्रियाओं को बड़े पैमाने पर प्रभावित करते हैं।

- यह आधुनिक उपग्रह अधिग्रहण (modern satellite acquisition) विज्ञापन से जुड़ी लागत और जोखिम को कम कर सकता है और मानव अंतरिक्ष अन्वेषण की दिशा में आगे बढ़ सकता है।

- यह हीट रिजेक्शन के लिए बड़ा सिंक भी प्रदान करता है। सूर्य से प्रचंड ऊष्मा ऊर्जा प्राप्त होती है।
- शून्य गुरुत्वाकर्षण और वायु अशांति (air turbulence) की अनुपस्थिति बहुत बड़े घटकों को संभालने और विशाल संरचनाओं को जोड़ने में आसानी होती है ,जो अन्यथा एक चुनौतीपूर्ण कार्य है।
- माइक्रोग्रैविटी तरल और गैसों में संवहन (convection) को नियंत्रित करने में मदद करती है, जिससे अवसादन (sedimentation) के कारण मिश्रण की घटना समाप्त हो जाती है।

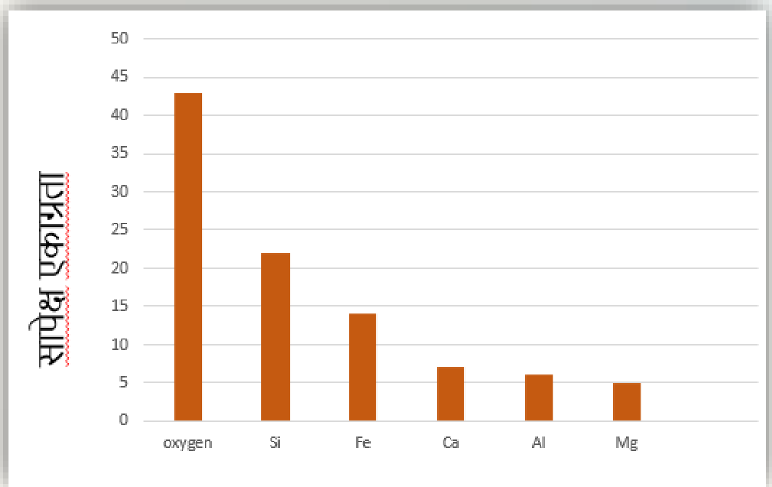
2. उत्पादन के लिए लगने वाले कच्चे माल के स्रोत (Sources of Raw Material in Space)

अंतरिक्ष में उत्पादन के लिए सारा कच्चा माल पृथ्वी से ले जाना बहुत खर्चीला और मुश्किल है। इसलिए जो स्रोत अंतरिक्ष में उपलब्ध हैं उनकी जानकारी नीचे दी गई।

2.1 चंद्रमा में उपलब्ध कच्चा माल : चंद्रमा से लाये गए नमूने से हमें वहाँ उपस्थित अवयव एवं खनिज की जानकारी प्राप्त होती है। चंद्रमा की सतह की मिट्टी Anorthile, Mg, लौह तत्व (Mgsio2, Fesio2), एवं Imenite उपलब्ध है। कई धातुएँ जैसे कि Fe,Ti,Al,Mg एवं Ca यहाँ ऑक्साइड रूप में पायी जाती है।नीचे दी गई तालिका (1) में खनिज एवं उनसे प्राप्त धातुएँ दी गयी है।चंद्रमा की मिट्टी में उपलब्ध संगठन चित्र 1 में दिखाया गया है।

तालिका **1: खनिज एवं उनसे प्राप्त धातुएँ**

क्रम	**खनिज**	**प्राप्त धातुएँ**
1.	Anorthile	ऐल्युमिनियम कोर
2.	Imenite	टाइटेनियम एवं लोहा
3.	Olivine, Anorthile एवं pyrozene	सिलिकॉन एवं ऑक्सीजन



चित्र 1: चंद्रमा की मिट्टी में उपलब्ध संगठन

2.2 निकट पृथ्वी वस्तु से सामग्री (Sources from NEO) :

कुछ वस्तुएँ पृथ्वी के निकट स्थित ग्रहों के गुरुत्वाकर्षण प्रभाव से पृथ्वी के आसपास उपलब्ध है।

1. क्षुद्रग्रह (Asteroids)- पृथ्वी से कुछ हजारों किलोमीटर की दूरी पर है। इनका निर्माण ग्रीष्म ग्रहीय प्रणाली में होता है, यह मंगल एवं बुध ग्रह के पास मिलते हैं।
   धूमकेतु (Commets)- इनका निर्माण शीतल ग्रहीय प्रणाली में होता है।
2. उल्कापिंड (Meteoroids)- इनका निर्माण टूटे हुये क्षुद्रग्रहों से होता है से होता है। इनमे से कुछ मंगल एवं चंद्रमा से आते है।
   इनसे हमें धातुएं Fe, Ni, Co एवं प्लेटिनम आदि मिलती है। यह जल का एक प्रमुख स्रोत हैं। इसके अलावा इनसे नाइट्रोजन, CO_2, CO एवं मिथेन भी प्राप्त होती है।

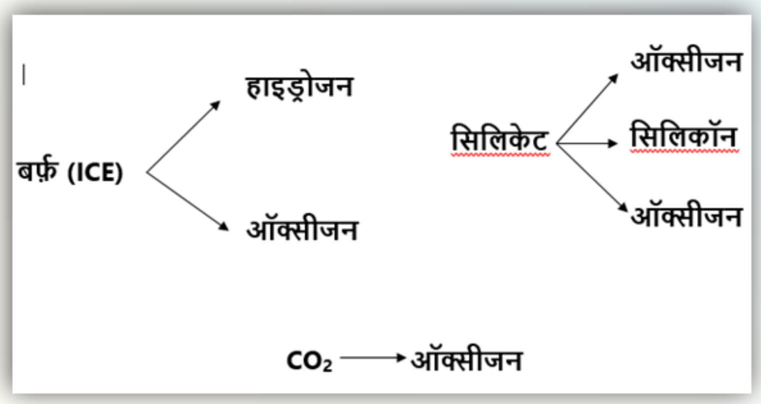
3. खनिजों का पृथक्करण एवं धातुओं का निष्कर्षण (Sepration of minerals and extraction of metals) :

जो भी खनिज एवं अन्य वस्तुओं हमें चन्द्रमा तथा पृथ्वी के निकट से प्राप्त हुई है, उनका खनिज निष्कर्षण करके धातु एवं अन्य पदार्थ प्राप्त किये जा सकते हैं।

खनिज निष्कर्षण से कच्चा माल उत्पादन की विधियाँ नीचे दी गयी है:

3.1 वाष्पशील उष्ण निष्कर्षण (Thermal extraction of Volatiles) :

इस विधि में जल, ऑक्सीजन, सल्फर, कार्बन एवं अन्य वाष्पशील पदार्थ प्राप्त किये जाते हैं। इस विधि में केन्द्रित लेंस को विधिवत् व्यवस्थित करके ऊर्जा उत्पन्न की जाती है और परछाईं के द्वारा इन्हें निम्न तापमान पर लाया जाता है। इसे चित्र 2 में दिखाया गया है।



चित्र 2: वाष्पशील उष्ण निष्कर्षण

3.2 इलेक्ट्रोलाइट निष्कर्षण (Electrolytic extraction) :

इलेक्ट्रोलाइट विधि में विद्युत धारा एवं वोल्टेज़ प्रभाव से खनिज से धातु, ऑक्सीजन एवं उपयुक्त ऑक्साइड में निष्कर्षित किया जाता है। इस प्रक्रिया में दो इलेक्ट्रोड को पिघले हुए खनिज में रखा जाता है और एक विभान्तर (potential difference) लागू किया जाता है, धातुएँ कैथोड (negative इलेक्ट्रोड) की ओर और ऑक्सीजन एनोड (positive इलेक्ट्रोड) की ओर जाता है।

इलेक्ट्रोलिसिस खनिज से धातु ऑक्साइड, विशेष सेरेमिक, Al, Ca, Na, K एवं Mg को वाष्प अवस्था में निष्कर्षित किया जाता है। आयरन और सिलिकॉन को तरल रूप में प्राप्त किया जाता है। इसके अलावा टाइटेनियम को ठोस रूप में प्राप्त करते हैं।
3.3 इलेक्ट्रोफोरेसिस (Elelctrolysis) : इस विधि में आवेषित आयन(charged ion) का बाहय विद्युत क्षेत्र में गमन । यह शून्य गुरुत्वाकर्षण में बहुत आसानी से की जाती है। इन विधियों के अलावा, चुंबकीय एवं इलेक्ट्रोस्टैटिक तकनीक का उपाय उपयोग करके प्राप्त निष्कर्षित पदार्थों को और शुद्ध अवस्था में प्राप्त किया जाता है।

पृथ्वी पर इलेक्ट्रोस्टैटिक संचलन बहुत सीमित सामग्री तक सीमित है और यह पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण के कारण कठिनाई से किया जाता है।लेकिन अंतरिक्ष में इसे आसानी से विभिन्न खनिजों को अलग करने की प्रक्रिया के रूप में इस्तेमाल किया जा सकता है।

IV. निर्माण प्रक्रिया (Manufacturing Processes) :

अंतरिक्ष का माइक्रोग्रैविटी और संदूषण (contamination) मुक्त वातावरण कंटेनर रहित प्रसंस्करण (containerless processing) and छोटी बूंद जमा करने की प्रक्रिया (droplet deposition) जैसी विभिन्न अनूठी निर्माण प्रक्रियाओं को करना संभव बनाता है।
अंतरिक्ष में किए जाने पर वेल्डिंग और कटिंग ऑपरेशन बेहतर परिणाम देते हैं। अंतरिक्ष में की जा सकने वाली निर्माण प्रक्रियाओं की चर्चा नीचे की गई है।

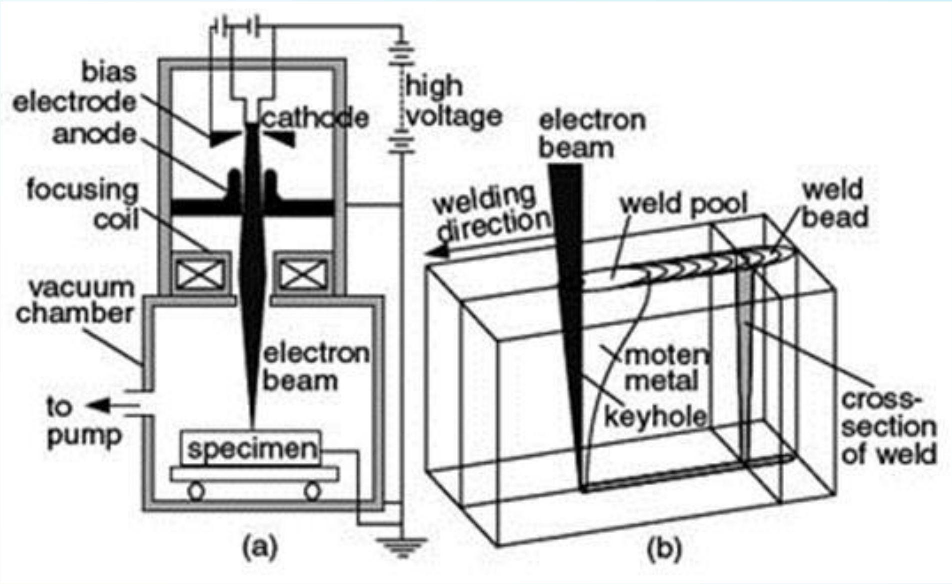
- वेल्डिंग (Welding)
- पाउडर धातु विज्ञान (Powder metallurgy)
- अंतरिक्ष में कटिंग (Cutting in Space)
- कंटेनर रहित प्रसंस्करण (Containerless Processing)
- 3D Printing
- छोटी बूंद जमा करने की प्रक्रिया (Vapor Droplet Deposition Process)

- वेल्डिंग (Welding)

वेल्डिंग अंतरिक्ष में दो धातु को जोड़ने के लिए वेल्डिंग एक प्रभावशाली तरीका है, अंतरिक्ष वातावरण में धातु का oxidazation नहीं होता, जो एक अच्छी गुणता का weld बनाने में सहायक होता है ।कम दबाब एवं शून्य गुरुत्वाकर्षण वेल्डिंग को सरल बनाता है, इनकी सहायता से कई रखरखाव संबंधित कार्यों को पूरा किया जाता है । पृथ्वी पर TIG एवं MIG वेल्डिंग करने के लिए हमें एक आंतरिक गैस की आवश्यकता होती है और यही वेल्डिंग अगर अंतरिक्ष में करनी होती है, तो इसकी आवश्यकता नहीं होती ।अंतरिक्ष में कई अधिक क्रियाशील धातु जैसे कि टाइटेनियम आदि को आसानी से बेल्ट किया जा सकता है ।

अंतरिक्ष में वेल्डिंग पहले भी की जा चुकी हैयूनाइटेड स्टेट द्वारा 1960 में Vulcon ऑटोमेटिक welder बनाया गया था, जिसमें प्लाज्मा जेट, consumable इलेक्ट्रोड एवं इलेक्ट्रॉन वीम वेल्डिंग का अध्ययन किया गया था । इस अध्ययन से हमें ज्ञात हुआ कि इलेक्ट्रॉन वीम वेल्डिंग अंतरिक्ष में वेल्डिंग करने के उपयोगी तकनीक है ।

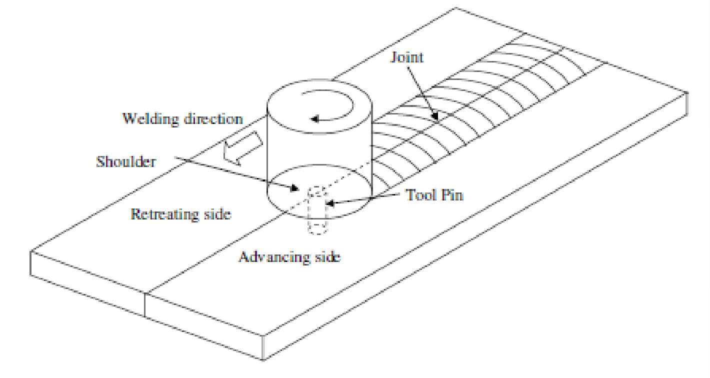
इलेक्ट्रॉन बीम वेल्डिंग - इस वेल्डिंग प्रक्रिया में उच्च ऊर्जा की किरण से कार्यकलापो को पिघलाकर जोड़ा जाता है जबकि धरती में इसके लिए निम्न दाब वातावरण उपलब्ध कराना पड़ता है। अंतरिक्ष में यह वेल्डिंग आसानी से की जाती है, इस विधि द्वारा मोटी सतहों को भी आसानी से जोड़ा जा सकता है इसे चित्र (2) में दर्शाया गया है।



चित्र (2): इलेक्ट्रॉन बीम वेल्डिंग

- घर्षण stir वेल्डिंग (Friction Stir welding)

इस वेल्डिंग में दो कार्यकलापों को ठोस अवस्था जोड़ा जाता है। इसमें एक अलग तरह का औजार उपयोग में होता है ,जो कि बेलनाकार होता है और उसमें प्रोफाइल पर लगा होता है। इस प्रक्रिया में Friction stir कार्यकलाप के एक छोर से दूसरे छोर तक अधिक गति द्वारा गोल-गोल घुमाते हुए जाता है , जिसमें घर्षण ऊर्जा उत्पन्न होती है एवं प्रोफाइल पिन की सहायता से दोनों कार्यकलाप जोड़ देते हैं।इसमें ductile एवं बहुत मजबूत जोड़ बनता है। इस विधि द्वारा मोटे और पतले दोनों प्रकार के कार्यकलापों को जोड़कर अधिक मात्रा में उत्पादित किया जा सकता है। इसे चित्र (3) में दर्शाया गया है।



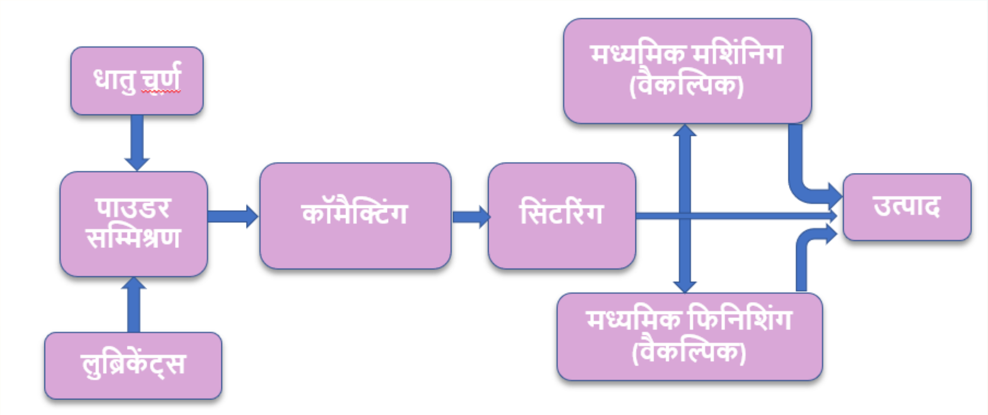
चित्र (3): घर्षण वेल्डिंग

पाउडर धातु विज्ञान (Powder Metallurgy)

पाउडर धातु विज्ञान ठीक चूर्ण सामग्री को सम्मिश्रण करने, उन्हें वांछित आकार या रूप (कॉम्पैक्टिंग) में दबाने और फिर सामग्री को बंधने के लिए नियंत्रित वातावरण में संपीड़ित सामग्री को गर्म करने (सिन्टरिंग) की प्रक्रिया है।

- पाउडर धातु विज्ञान प्रक्रिया में चार बुनियादी चरण होते हैं: पाउडर निर्माण, पाउडर सम्मिश्रण, कॉमैक्टिंग, सिंटरिंग
- लुब्रिकेंट्स को प्रेस्ड आर्ट को डाई से अलग करने की आवश्यकता हो सकती है।
- अंतरिक्ष में वातावरण की अनुपस्थिति पाउडर पर ऑक्साइड या अन्य दूषित परतों के निर्माण को रोकती है और इस प्रकार उच्च गुणवत्ता वाले भागों के निर्माण को बढ़ावा दे सकती है।
- धातुओं की वस्तु बनाने के लिए एक वैकल्पिक प्रक्रिया एक मोल्ड में धातु पाउडर को संपीड़ित और गर्म करना है।
- चंद्र मिट्टी में धातु से प्राप्त लौह पाउडर या ऑक्सीजन निष्कर्षण के उप-उत्पादों को छोटे निर्मित वस्तुओं के लिए इस तरीके से ढाला जा सकता है।
- जैसा कि चित्र में दिखाया गया है..., हम तीन तरीकों का उपयोग करते हैं जिनमें तकनीक का उपयोग किया जा सकता है।

  एक धातु पाउडर और एक बाइंडर को मिट्टी में बनाया जाता है और बाहर निकाला जाता है। इस मिट्टी को तब एक ठोस रूप में उपयोग किया जाता है ताकि धातु के पाउडर को पिघलाने योग्य रूप में ढाला जा सके, या फिर जटिल आकृतियों को बनाने के लिए जटिल आंतरिक संरचनाओं को आकार दिया जा सके। सिरेमिक के लिए इसी तरह की तकनीक का इस्तेमाल किया जा सकता है। चित्र (4) में दया गया है ।



चित्र (4): पाउडर धातु विज्ञान

अंतरिक्ष में कटिंग (Cutting in Space) :

अंतरिक्ष में मशीनिंग या तो इलेक्ट्रॉन बीम या कण बीम द्वारा की जा सकती है। इलेक्ट्रॉन बीम में धातु को गर्म करने और इसे वाष्पीकृत करने वाले इलेक्ट्रॉनों का अत्यधिक सक्रिय और केंद्रित बीम शामिल होता है।

- यह मुक्त इलेक्ट्रॉनों का उत्पादन करने के लिए टाइटेनियम या टैंटलम के कैथोड का उपयोग करता है और एक स्थान पर बीम को फोकस करने के लिए इलेक्ट्रोस्टैटिक और चुंबकीय क्षेत्रों का एक पैटर्न
- निर्वात इस प्रक्रिया के लिए है क्योंकि हवा के अणुओं के साथ इलेक्ट्रॉनों की टक्कर और कैथोड का ऑक्सीकरण कम से कम होता है।
- चूंकि टूल और वर्कपीस के बीच कोई मैकेनिकल संपर्क नहीं है, प्रोसेस स्पेस में अनुकूल है क्योंकि कोई टूल वियर नहीं है और टूल और वर्कपीस के बीच कोल्ड वेल्डिंग की कोई घटना नहीं है - जो अन्य पारंपरिक मशीनिंग प्रक्रियाओं के साथ एक समस्या हो सकती है
- कण बीम और आयन बीम मशीनिंग प्रक्रियाएं समान प्रक्रियाएं हैं जो मशीनिंग के लिए एक समान सेटअप में तटस्थ कणों या आवेशित आयनों का उपयोग करती हैं।
- कैथोड से उत्पन्न इलेक्ट्रॉन बीम को पहले फ़ोकसिंग कॉइल द्वारा फ़ोकस किया जाता है और फिर डिफ्लेक्टिंग कॉइल द्वारा वर्कपीस में एक विशेष बिंदु पर विक्षेपित किया जाता है जहाँ मशीनिंग की जानी है।

कंटेनर रहित प्रसंस्करण (Containerless Processing)

माइक्रोग्रैविटी में हाइड्रोस्टेटिक दबाव की आभासी अनुपस्थिति तरल पदार्थ को पूरी तरह से सतह के तनाव से सीमित करने की अनुमति देती है, कंटेनर की दीवारों के साथ किसी भी संपर्क के बिना इन दीवारों द्वारा पेश किए जा सकने वाले दूषित पदार्थों को नष्ट कर देती है और इस प्रकार अल्ट्राप्योर सामग्री देती है।

- पिघले हुए पदार्थों में क्षरण (corrosion) होने की संभावना के लिए यह एक महत्वपूर्ण प्रक्रिया है। कंटेनर प्रेरित न्यूक्लिएशन का उन्मूलन भी पिघल को जमने से पहले गहराई से कम करने की अनुमति देता है, इस प्रकार सजातीय न्यूक्लिएशन और अंडरकूल्ड मेल्ट के जमने का अध्ययन करने की संभावना प्रदान करता है।
- कांच के निर्माण की सीमा को सीमावर्ती कांच के गठन प्रणालियों तक बढ़ाया जा सकता है, जिसके परिणामस्वरूप नए कांच के असामान्य गुण हो सकते हैं, जो केवल सतह के तनाव से ही सीमित होते हैं, जो पीसने या अन्य आकार देने वाली प्रक्रियाओं से पूरी तरह से प्राचीन सतह होते हैं।
- इन तकनीकों का उपयोग ज़ोन मेल्टिंग, कास्टिंग, क्रिस्टल ग्रोइंग, कंपोजिट्स की कास्टिंग और छितरी हुई रिक्तियों के साथ कास्टिंग के लिए बाड़ों में मेल्ट की स्थिति के लिए किया जा सकता है।

3-डी प्रिंटिंग (3D Printing) :

3-डी प्रिंटिंग या एडिटिव मैन्युफैक्चरिंग डिजिटल मॉडल से वस्तुतः किसी भी आकार की त्रि-आयामी वस्तुओं को बनाने की प्रक्रिया है। यह एक योगात्मक प्रक्रिया द्वारा प्राप्त किया जा सकता है जहां सामग्री की लगातार परतें विभिन्न आकारों में रखी जाती हैं।

- इस प्रक्रिया का अतिरिक्त लाभ यह है कि सामग्री की कोई बर्बादी नहीं होती है क्योंकि अन्य घटिया मशीनिंग प्रक्रियाओं में कच्चे माल के परिवहन में उनके स्रोतों से बहुत अधिक ऊर्जा की बचत होती है।
- 3डी प्रिंटिंग के लिए भी माइक्रोग्रैविटी अनुकूल है क्योंकि ग्रेविटी का परत निर्माण की प्रक्रिया पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है।
- वर्तमान में नासा आईएसएस (ISS)को एक 3डी प्रिंटर भेजने के लिए परीक्षण कर रहा है, जहां यह हाथ के औजारों और मांग पर जटिल उपकरणों जैसी बुनियादी वस्तुओं को बनाने में उपयोगी होगा।
- 3डी प्रिंटर (चित्र (5) द्वारा बनाए गए रॉकेट के पुर्जों ने उच्च तापमान पर परीक्षण पास कर लिया है।
- एक ऐसा प्रिंटर भी विकसित किया जा रहा है जो खाद्य पदार्थों की छपाई कर सकता है।
- यह लंबे समय तक मानवयुक्त मिशनों के लिए भोजन प्रदान करेगा
- और भविष्य के अंतरिक्ष उपनिवेश।

चित्र (5): 3डी प्रिंटर - खाद्य पदार्थों की छपाई

- **बूंदों का जमाव से निर्माण (Vapor Droplet Deposition Process)**
  इस विधि में एक सतह पर दूसरी सतह जमा कर एक ठोस पदार्थ का निर्माण किया जाता है ।धातु की बूंदों के द्वारा विनिर्माण इस विधि में निकली हुई धातु की बूंद को एक सबस्ट्रेट के ऊपर जमाया जाता है, कंप्यूटर के द्वारा बूंदों का का आकार, फ्लक्स, तापमान एवं वेग का नियंत्रण करा जाता है,

जिस पर हमारे पदार्थ के गुण पर निर्भर करती है इस विधि में कोई ढ़ाँचा उपयोग नहीं होता। क्योंकि इस विधि को कंप्यूटर के द्वारा नियंत्रित किया जाता है , तो सामान प्रकार का पदार्थ दुबारा बनाया जा सकता है।

धातु बूंदों द्वारा विनिर्माण में इलेक्ट्रॉन किरण के द्वारा धातु को वाष्पित कर सबस्ट्रेट के पर डाला जाता है।

इस प्रक्रिया में चुंबकीय क्षेत्र का उपयोग नियंत्रण एवं पेंटिंग के लिये करते है , अंतरिक्ष में यह प्रक्रिया आसानी से की जाती है जबकि पृथ्वी में इस प्रक्रिया को करने के लिए कई फिल्टर्स का उपयोग करना पड़ता है।

अंतरिक्ष निर्माण से उत्पाद (Products from space manufacturing) :

अंतरिक्ष निर्माण तकनीक ने अति शुद्ध उत्पादों के निर्माण के लिए एक नया मार्ग खोल दिया है जो पृथ्वी पर आसानी से निर्मित नहीं किए जा सकते हैं। ऐसे कई उपयोगी उत्पाद हैं जिन्हें संभावित रूप से गति से निर्मित किया जा सकता है और इसके परिणामस्वरूप आर्थिक लाभ हो सकता है।अंतरिक्ष निर्माण तकनीक से प्राप्त किए जा सकने वाले संभावित उत्पाद सेमीकंडक्टर्स, फार्मास्युटिकल उत्पाद, धातु मिश्र धातु और एमईएमएस हैं, जिनका वर्णन नीचे किया गया है-

- सेमीकंडक्टर (Semiconductors)- सेमीकंडक्टर के निर्माण के लिए स्वच्छ वातावरण की आवश्यकता होती है जो अंतरिक्ष में उपलब्ध हो। अधिकतर अर्धचालक अत्यधिक शुद्ध सिलिकॉन से बनाए जाते हैं। सेमीकंडक्टर के निर्माण के लिए कच्चे माल (सिलिकॉन) की आवश्यकता चंद्र मिट्टी से प्राप्त की जा सकती है (सिलिका चंद्र मिट्टी पर पाया जाने वाला दूसरा प्रचुर पदार्थ है)। सेमीकंडक्टर का उपयोग बड़े सौर सरणियों के निर्माण के लिए किया जा सकता है जो अंतरिक्ष में विभिन्न कार्यों को जारी रखने के लिए बिजली की आपूर्ति करते हैं

औषधीय उत्पाद (Pharmaceutical products) :

पिछले 20 वर्षों में, नासा के शटल पर किए गए प्रयोगों ने साबित कर दिया है कि अंतरिक्ष में उत्पादित फार्मास्यूटिकल्स में पृथ्वी पर उत्पादित किसी भी चीज की तुलना में कहीं अधिक शुद्धता है।

- अंतरिक्ष द्वीप स्टेशनों और जिओड्स पर विकसित और निर्मित नई दवाएं हमारे बीमारी के इलाज के तरीके को पूरी तरह से बदल देंगी।
- फार्मास्यूटिकल्स उद्योगों में बनने वाले उत्पाद जैसे दवा या ड्रग्स आसानी से बनते हैं और अंतरिक्ष में संदूषण से मुक्त होते हैं जिसके परिणामस्वरूप उच्च सटीकता और बेहतर गुणवत्ता वाले उत्पाद मिलते हैं।
- फार्मास्युटिकल इंडसरेइस में मौजूदा संभावित उत्पाद प्रोटीन क्रिस्टल, बैक्टीरियल ग्रोथ, माइक्रोएप्सुलेशन, जिओलाइट्स और एरोगल्स हैं।
- प्रोटीन क्रिस्टल सबसे अच्छा विकसित एप्लीकेटिन है; बैक्टीरिया का विकास अंतरिक्ष में तेजी से होता है जबकि रासायनिक उद्योगों में जिओलाइट्स का व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है। माइक्रोएन्कैप्सुलेशन का व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है

- माइक्रोएन्कैप्सुलेशन पृथ्वी पर व्यापक रूप से इस्तेमाल की जाने वाली तकनीक है जो चिकित्सा उपचार के लिए कोशिकाओं और दवाओं को शरीर में पहुंचाने के लिए है जो अंतरिक्ष में बहुत कुशल है।
- एरोगल्स आमतौर पर पृथ्वी पर बनाए जाते हैं लेकिन इस बात पर शोध किया गया है कि माइक्रोग्रैविटी में उनका गठन कैसे भिन्न होता है।
- धातु मिश्र (Metal Alloys) धातु विभिन्न पदार्थों को पिघलाकर और नए संयोजन में मिलाकर मिश्र धातु का उत्पादन किया जाता है, फिर परिणामी मिश्रण को ठंडा और ठोस बनाया जाता है।
- मिश्रधातु का निर्माण गुरुत्वाकर्षण से प्रभावित होता है क्योंकि मिश्रधातु में भारी तत्व डूब जाते हैं और नीचे की स्थिति में आ जाते हैं।
- यही कारण है कि सोना और जर्मेनियम जैसे अलग-अलग घनत्व के मिश्र धातु का निर्माण पृथ्वी पर संभव नहीं है।
- अंतरिक्ष में एलॉय का निर्माण कर इस समस्या को पूरी तरह खत्म किया जा सकता है।

अंतरिक्ष निर्माण की चुनौतियाँ (Challenges in space manufacturing) :

अंतरिक्ष निर्माण की सबसे बढ़ी चुनौती कम लागत में उत्पाद बनाना है।इसके लिये कम लागत में कच्चे सामान को पृथ्वी से अंतरिक्ष में लाना और चंद्रमा पृथ्वी के निकट स्थित ग्रहों से समन प्राप्त करना । इस क्षेत्र में अभी खोज चल रही है ।

- यह हीट रिजेक्शन के लिए बड़ा सिंक भी प्रदान करता है। सूर्य से प्रचंड ऊष्मा ऊर्जा प्राप्त होती है। संभावित रूप से हानिकारक प्रक्रिया अंतरिक्ष में की जा सकती है और इस प्रकार पृथ्वी के साथ-साथ अन्य ग्रहों के पर्यावरण की रक्षा भी की जा सकती है।

निष्कर्ष :

तकनीकी लेख में अंतरिक्ष निर्माण से जुड़े कई क्षेत्रों का वर्णन किया गया है, इससे कि फार्मास्यूटिकल्स मिश्रधातु, सेमीकंडक्टर उत्पादन, Mems आदि ।

इन वस्तुओं का उत्पादन कम लागत में एक महत्वपूर्ण चुनौती है । कच्चे माल को पृथ्वी तथा निकटवर्ती ग्रहों एवं चंद्रमा से. छुद्र ग्रहो एवं उल्का पिंडों से प्राप्त करने के लिए हमें बहुत ऊर्जा की आवश्यकता होगी यह ऊर्जा पृथ्वी से वहां पहुंचाना बहुत मुश्किल कार्य है । जो कि इस अंतरिक्ष उत्पादन में. महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है ।कच्चा माल जो की अंतरिक्ष में उप्लबध नहीं है उसे अंतरिक्ष में उपलब्ध कराना बढ़ी चुनौती है ।

लेखक परिचय :

श्रीमती शिल्पी शर्मा ने सरकारी विश्वविद्यालय, अजमेर से यांत्रिकी में स्नातक एवं टी. यू. डी.,जर्मनी से एम.एस. की डिग्री हासिल की है। वर्तमान में यह वैज्ञानिक/अभियंता- एस. ई. के पद पर एस. ए. डी., यू आर राव उपग्रह केन्द्र, बैगलूरू में कार्यरत हैं ।

श्रीमती नेहा जैन ने, जी. आर .के .आई. एस. टी., जबलपुर से यांत्रिकी में स्नातक एवं बी आई टी एस , पिलानी से एम.एस. की डिग्री हासिल की है। वर्तमान में यह वैज्ञानिक/अभियंता- एस. ई. के पद पर सौर पैनल प्रभाग, यू .आर. राव र उपग्रह केन्द्र , बैगलूरू में कार्यरत हैं ।

9. अंतरिक्ष क्षेत्र में संभाव्यता जोखिम निर्धारण तथा गगनयान में इसका अनुप्रयोग

Probabilistic Risk Assessment in Space domain and its application in Gaganyaan

- साग्निक दत्ता

एस.आर.क्यू., एच.एस.एफ.डी., बेंगलूरु

1. प्रस्तावना

पिछली सदी में, रासायनिक कारखानों, परमाणु ऊर्जा संयंत्रों, प्रमोचक वाहनों, विमानों और ऑटोमोबाइलों आदि जैसे विभिन्न क्षेत्रों में कई विफ़लताएं हुईं। इन विफ़लताओं का मूल कारण उनके डिज़ाइन और संचालन के दौरान लिए गए निर्णयों में ढूंढा जा सकता है। अपोलो-1 में, आग की संभावना का ध्यान नहीं दिया था, जिससे तीन अंतरिक्षयात्री आग के धुएं में जान गंवा बैठे। उड़ान के 73 सेकंड के बाद, चैलेंजर यात्री वाहन टूट गया जब दायीं ठोस रॉकेट बूस्टर में एक ओ-रिंग नाकाम हो गया और आग की एक लपट बाहरी ईंधन टैंक तक पहुंच गई, जिसके कारण वायुमण्डलीय बलों ने अंतरिक्ष शटल-चैलेंजर के टुकड़े-टुकड़े कर दिये। ओ-रिंग के डिज़ाइन में ज्ञात दोष और आग की लपट फैलने की संभावना के बावजूद, इसे विफ़लता की महत्वपूर्ण स्थिति के रूप में नहीं माना गया । कोलंबिया मिशन में पुनर्प्रवेश के दौरान ताप कवच की विफ़लता के कारण यान के सभी अंतरिक्षयात्री मारे गए। उपरोक्त दुर्घटनाओं को टाला जा सकता था यदि उनके संबंध में विफ़लता की स्थिति और उनसे जुड़े जोखिम के बारे में जानकारी पहले से उपलब्ध होती। यह अंतरिक्ष समानव मिशनों में विफ़लता की स्थितियों और उनसे जुड़े जोखिम की पहचान और प्रबंधन को आवश्यक बनाता है।

आमतौर पर उपयोग होने वाले कुछ विफ़लता परिदृश्य प्रबंधन के तरीकों में, जोखिम विश्लेषण (एच.ए.), विफ़लता मोड और प्रभाव विश्लेषण (एफ.एम.ई.ए.), विफ़लता मोड, प्रभाव और क्रांतिक (क्रिटिकेलिटी) विश्लेषण (एफ.एम.ई.सी.ए.), और संभाव्यता जोखिम मूल्यांकन (पी.आर.ए.) शामिल हैं। एफ.एम.ई.ए. और एच.ए. का उपयोग **नासा** ने अंतरिक्ष शटल उड़ान के साथ जुड़े जोखिम को समझने के लिए किया था। ये तरीके गुणात्मक स्वरूप में होने के कारण जोखिम के वर्णन में असंगति और अस्पष्टता लाते हैं। हालांकि, एफ.एम.ई.सी.ए. में एक जोखिम प्राथमिकता संख्या की गणना होती है, जिसमें इंजीनियरी निर्णय शामिल होता है।

पी.आर.ए. अन्य तरीकों की तुलना में थोड़ा आगे है, क्योंकि यह परिमाणात्मक प्रकृति का होता है और सबसे महत्वपूर्ण विफलता परिदृश्यों को प्रकट करता है। एक घटना के हो सकने की संभावना के परिमाण को मापने के साथ, पी.आर.ए. उस संभावना के साथ जुड़ी अनिश्चितता को भी मापता है। इसके अलावा, पी.आर.ए. में मानव निर्भरता विश्लेषण (एच.आर.ए.) और सामान्य कारण विफलताओं (सी.सी.एफ.) को भी मध्यस्थ करता है, जो अन्य तरीकों में अच्छी तरह से ज्ञात नहीं होते। एच.आर.ए. मानवता की त्रुटि के मॉडलिंग से संबंधित होता है जबकि सी.सी.एफ. मिशन के दौरान एक साझा कारण के चलते एक से अधिक घटक की विफलता (या अनुपलब्ध स्थिति) होती है ।

इस लेख में पी.आर.ए. की उत्पत्ति, अंतरिक्ष क्षेत्र में इसकी प्रगति, पी.आर.ए. की प्रक्रिया, विफलता परिदृश्यों को प्रबंधित करने में इसका उपयोग और गगनयान में इसका अनुप्रयोग, आदि पर चर्चा की गई है।

2. पी.आर.ए. का इतिहास

जोखिम और विश्वसनीयता मूल्यांकन विधियाँ 1960 के दशक के प्रारंभ में अमेरिकी वांतरिक्ष और मिसाइल कार्यक्रमों से उत्पन्न हुईं। हालांकि, पी.आऱ.ए. इन विधियों का हिस्सा नहीं था। अपोलो कार्यक्रम की प्रारंभिक दशा में, **नासा** प्रणाली सुरक्षा मूल्यांकन के लिए एच.ए. और एफ.एम.ई.ए. पर निर्भर था। उसी समय, परमाणु उद्योग ने सुरक्षा का मूल्यांकन करने के लिए पी.आऱ.ए. को अपनाया। पहला व्यापक पी.आऱ.ए., 'रिएक्टर सुरक्षा अध्ययन' (WASH-1400), 1970 के मध्य में पूरा हुआ। यद्यपि, WASH-1400 चारों ओर कुछ विवादों से घिरा था, थ्री माईल्स द्वीप में घटित गंभीर कोर क्षति की घटना के बाद वाणिज्यिक परमाणु क्षेत्र में पी.आऱ.ए. तेज़ी पकड़ने लगा। WASH-1400 से एक महत्वपूर्ण जानकारी यह थी कि कभी-कभी अधिक आवृत्ति वाली और कम गंभीर घटनाएं कम आवृत्ति वाली और अधिक गंभीर घटनाओं की तुलना में उच्चतम आवृत्ति में गंभीर घटनाओं के रूप में घटित होती हैं। विशेषज्ञों द्वारा पी.आर.ए. में धीरे-धीरे सुधार होने के साथ, पी.आर.ए. तेजी पकड़ने लगी और पेट्रोकेमिकल, ऑफशोर प्लेटफ़ॉर्म और रक्षा जैसे अन्य उद्योगों में विस्तार प्राप्त किया। 1986 में, जब चैलेंजर का हादसा हुआ, पी.आर.ए. पहले से ही सुरक्षा मूल्यांकन का एक उपयोगी उपकरण बन चुका था। जनवरी 1988 में, 'अंतरिक्ष शटल जोखिम निर्धारण एवं प्रबंधन के चैलेंजर हादसे के बाद मूल्यांकन' शीर्षक वाली चैलेंजर हादसे की रिपोर्ट में सलाह दी गई कि शीघ्रातिशीघ्र शटल के जोखिम प्रबंधन कार्यक्रम के लिए पी.आर.ए. का उपयोग किया जाए। इसके परिणामस्वरूप, **नासा** ने पी.आर.ए. का उपयोग करना शुरू किया और **नासा** द्वारा कई पी.आर.ए. अध्ययनों का व्यापक आयोजन किया गया। 21वीं सदी के पहले दशक में, पी.आर.ए. को मानव उड़ान प्रणालियों, जैसे कि अंतरिक्ष शटल, अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन और कन्स्टेलेशन प्रोग्राम, सहित महत्वपूर्ण समानव उड़ान प्रणालियों की सुरक्षा का मूल्यांकन करने के लिए उपयोग किया गया। रोचक बात यह है कि 2003 में अंतरिक्ष शटल- कोलंबिया आपदा की घटना, जिसमें कल्पना चावला समेत 7 अंतरिक्षयात्रियों की मौत हुई, के विफलता परिदृश्य का 1995 में आयोजित पी.आर.ए. अध्ययन में वर्णन था।

3. अंतरिक्ष क्षेत्र में पी.आर.ए. के लाभ

अंतरिक्ष उद्योग में अपनाए गए संभाव्यता जोखिम निर्धारण (पी.आर.ए.) अंतरिक्ष मिशनों के लिए सुरक्षा, विश्वसनीयता और निर्णय लेने की प्रक्रियाओं को काफी बढ़ा दिया है। पी.आर.ए. एक संरचित और परिमाणात्मक दृष्टिकोण प्रदान करता है जिससे जटिल अंतरिक्ष प्रणालियों से संबंधित जोखिमों का निर्धारण और प्रबंधन किया जा सकता है, जिससे अंतरिक्ष एजेंसियों और संगठनों को संभाव्यताओं और अनिश्चितताओं पर आधारित जानकारी पर निर्णय लेने की क्षमता प्राप्त होती है। अंतरिक्ष प्रणालियों के लिए पी.आर.ए. आयोजित करने के लाभ निम्नलिखित हैं:

1. **<u>जोखिमों की समझ में सुधार</u>**: पी.आर.ए. अंतरिक्ष मिशन में जोखिमों की एक व्यापक समझ प्रदान करता है, जो अनिश्चितताओं को मापता है और संभावित विफलता की स्थितियों का मूल्यांकन करता है। यह उपकरण विश्वसनीयता, पर्यावरणीय जोखिम, मानवीय त्रुटि और प्रणालियों की आपसी निर्भरता जैसे विभिन्न कारकों को ध्यान में रखता है। महत्वपूर्ण विफलता की स्थितियों की पहचान करके और उनकी संभावनाओं का निर्धारण करके, पी.आर.ए. अंतरिक्ष अभियंताओं और प्रबंधकों को संसाधनों की प्राथमिकता तय करने और कम करने के उपाय लागू करने में मदद करता है।

2. **<u>मिशन की सुरक्षा और विश्वसनीयता में वृद्धि:</u>** पी.आर.ए. तकनीकें ऐसी जोखिमों की पहचान कर उन्हें कम करने में सहायता करती हैं जो अंतरिक्ष मिशन की सुरक्षा और विश्वसनीयता को प्रभावित कर सकती हैं। संभावित विफलताओं के परिणामों का मूल्यांकन करके, पी.आर.ए. प्रबल प्रणालियों, पुनरावृत्ति उपायों और सुरक्षा प्रोटोकॉल के डिज़ाइन और चयन का समर्थन करता है। यह प्रोएक्टिव जोखिम प्रबंधन दुर्घटनाओं को संभावना कम करके अंतरिक्ष मिशनों की सफलता को सुनिश्चित करने में मदद करता है।

3. **<u>प्रमोचक यान विफलता विश्लेषण</u>**: पी.आर.ए. प्रमोचक रॉकेट की विफलताओं से संबंधित जोखिमों का निर्धारण करने में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। इसमें इंजन प्रदर्शन, संरचनात्मक समाकलन और नोदक प्रणाली जैसे कारकों पर विचार करते हुए विफलता मोड और सफल प्रक्षेपणों की संभावना का मूल्यांकन किया जाता है। पी.आर.ए. प्रमोचन यान के डिज़ाइन को अनुकूलित करने, सुरक्षा उपायों को सूचित करने और प्रमोचन कार्यों की विश्वसनीयता को सुधारने में मदद करता है।
4. **<u>अंतरिक्षयान प्रणाली की विश्वसनीयता</u>**: पी.आर.ए. तकनीकों का उपयोग महत्वपूर्ण अंतरिक्षयान प्रणालियों, जैसे बिजली प्रणाली, संचार नेटवर्क और थर्मल नियंत्रण की विश्वसनीयता का मूल्यांकन करने के लिए किया जाता है। विफलता मोड, संभावनाएं और परिणामों का मूल्यांकन करके, पी.आर.ए. मजबूत घटकों, पुनरावृत्ति रणनीतियों और अनुरक्षण अनुसूचियों का चयन करने में सहायता करता है। इससे यह सुनिश्चित होता है कि मिशन की कालावधि के दौरान अंतरिक्षयान प्रणालियों का समाकलन और कार्यक्षमता सुरक्षित रहती है।

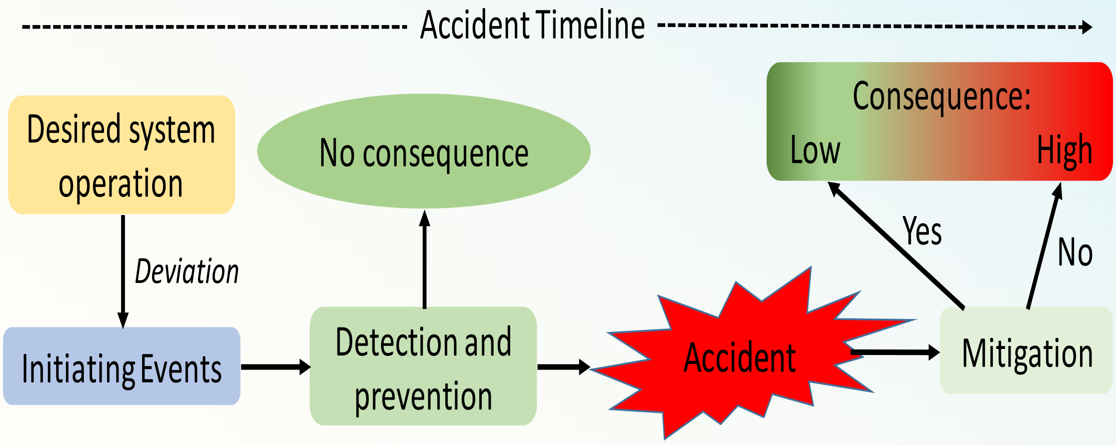
5. **<u>अंतरिक्ष यात्रा के दौरान अंतरिक्षयात्री सुरक्षा</u>**: पी.आर.ए. अंतरिक्ष यात्राओं के दौरान अंतरिक्षयात्री की सुरक्षा से संबंधित जोखिमों का निर्धारण और प्रबंधन करने में महत्वपूर्ण है। इसमें जीवन रक्षण प्रणाली, विकिरण प्रभाव, दल की स्वास्थ्य और आपातकालीन प्रक्रियाएँ जैसे कारकों पर विचार किया जाता है। पी.आर.ए. द्वारा संभावित जोखिमों की पहचान कर उन्हें कम करने में मदद करता है और अंतरिक्षयात्री की सुरक्षा के विकास में योगदान देता है, जो सुरक्षा नीतियों, प्रशिक्षण कार्यक्रमों और मिशन योजना रणनीतियों का विकास करता है।

6. **<u>अंतरिक्ष मलबे को कम करना और टकराव से बचाव</u>**: अंतरिक्ष पर्यावरण में अंतरिक्ष मलबे की उपस्थिति और टकराव की संभावना के कारण अद्वितीय जोखिम पैदा होता है। पी.आर.ए. तकनीकें

मलबे के प्रभाव और टकराव की संभावना का निर्धारण करने में मदद करती है, जिससे अंतरिक्ष एजेंसियाँ मलबे को कम करने और टकराव बचाव की प्रभावी रणनीतियों का विकास कर सकती हैं। पी.आर.ए. द्वारा उपग्रहीय प्रक्षेपपथ की योजना, उपग्रह स्थापित करने और सक्रिय मलबा हटाने के उपायों की योजना बनाने में सहायता की जाती है।

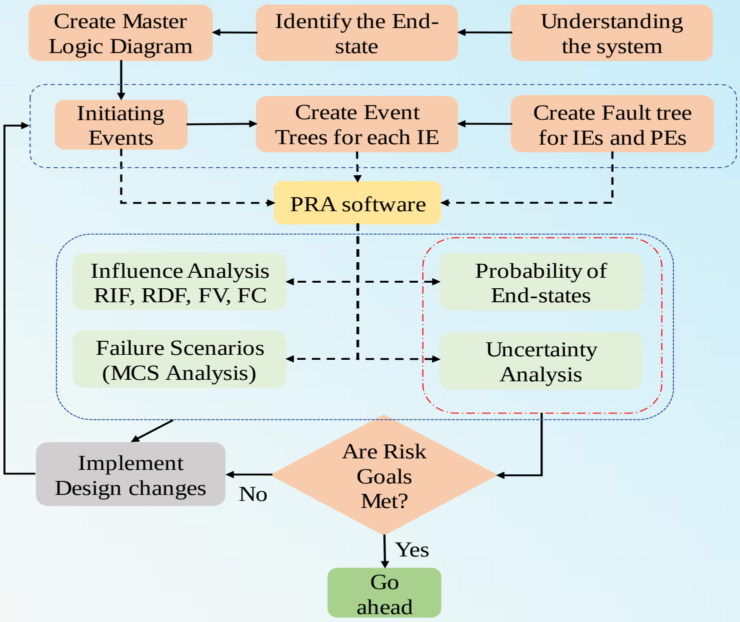
4. पी.आर.ए. प्रक्रिया

पी.आर.ए. एक संरचित, तार्किक विश्लेषण विधि है जो जटिल प्रौद्योगिक प्रणालियों में जोखिम की पहचान करने और मूल्यांकन करने हेतु सुरक्षा और निष्पादन को लागत-प्रभावी ढंग से सुधारने के लिए प्रयोग होती है। पी.आर.ए. का यह प्रयास होता है कि वह घटना से पहले ही, ऐसी स्थितियों का एक सेट पेश करें जिसकी संभावना है। स्थिति एक अवांछित परिणाम तक पहुंचने वाले प्रारंभिक कारण से प्रारंभ होने वाली घटनाओं का एक क्रम या घटनाओं का संयोजन होती है । एक स्थिति में आमतौर पर अधिक प्रमुख घटनाएं (पी.ई.) होती हैं, जो पी.ई. की सफलता या विफलता पर आधारित अलग-अलग अंत-स्थितियों (ई.एस.) में पहुंचने के लिए प्रेरित करती हैं। एक विफलता की स्थिति के तत्व चित्र 1 में दिखाए गए हैं।



चित्र1: विफलता की स्थिति का तत्व

एक नामीनल मिशन के दौरान होने वाली एक घटना जो अपेक्षित नहीं होती है, उसे एक अवांछित घटना (आई.ई.) के रूप में कहा जाता है। आई.ई. की प्रतिक्रिया के रूप में होने वाली घटनाएं, जैसे संसूचन, कम करना, निरस्त करना, आदि, को प्रमुख घटनाएं (पी.ई.) के रूप में कहा जाता है। अंत-स्थिति एक ऐसी स्थिति है जो आई.ई. द्वारा प्रेरित घटना के विशेष क्रम के परिणामस्वरूप घटित होती है।



चित्र 2: पी.आर.ए. का उपयोग कर जोखिम सूचित निर्णय

सभी स्थितियाँ घटना वृक्ष (ई.टी.) के रूप में प्रस्तुत की जाती हैं। इवेंट ट्रीज़ ग्राफिकल मॉडल होते हैं जो निर्णय वृक्ष (डिसीजन ट्रीज़) का उपयोग करके आई.ई. से विभिन्न ई.एस. तक पहुंचने वाले संभावित परिणामों को दिखाते हैं। इन अवांछित घटना और प्रमुख घटना को एक बेसिक इवेंट (बी.ई.) या फॉल्ट ट्रीज़ (एफ.टी.) के रूप में प्रतिष्ठित किया जा सकता है। एक फॉल्ट ट्री लॉजिक गेट्स का उपयोग कर सिस्टम के संबंधित घटकों के माध्यम से स्थिति में एक इवेंट को मूलभूत विफलता के मोड्स के माध्यम से विघटित मूलभूत घटनाएँ त्रुटिपूर्ण वृक्ष (ट्री) में घटना के कारण की जड़ होती है जिनके वृक्ष तर्क का कोई आगे का विकास नहीं होता है। बेसिक इवेंट्स एक निर्दिष्ट संभाव्यता या संभाव्यता वितरण के साथ जुड़े होते हैं। आमतौर पर, संभाव्यता वितरण का उपयोग इसलिए किया जाता है कि संभाव्यता के साथ संबंधित अनिश्चितता को मापा जा सके। जब दो या अधिक घटकों/पुर्ज़ों का समान कार्य या संचालन स्थिति या साझी विरासत होती है (जैसे कि, एक ही विक्रेता द्वारा बनाए गए, एकल विद्युत आपूर्ति स्रोत), तो संभावना होती है कि वे एक साथ विफल हो सकते हैं जो कि एक समान मूल कारण के कारण होता है, जिसे सामान्य कारण कहा जाता है। ऐसी विफलताएं जो सामान्य कारण के चलते होती हैं, को सी.सी.एफ. कहा जाता है।

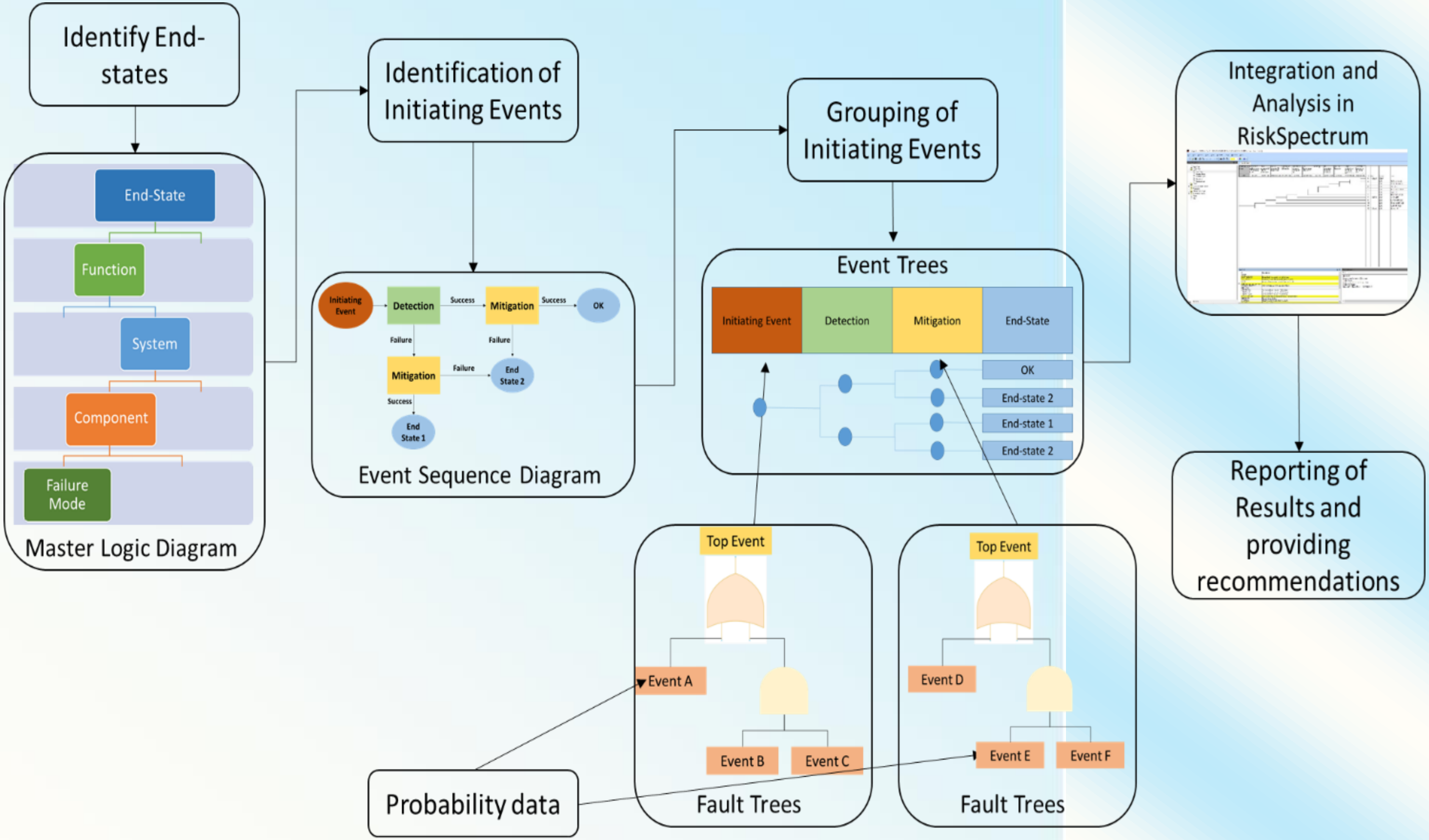
पी.आर.ए. के चार मौलिक आउटपुट होते हैं। यह निम्नलिखित प्रदान करता है:

- अंतः-स्थिति की संभाव्यता।
- अनिश्चितता विश्लेषण जो अंतिम स्थिति की संभाव्यता से जुड़ी अनिश्चितता को दर्शाता है।
- विफलता की स्थितियां या न्यूनतम कट-सेट्स (एम.सी.एस.) जिनमें एक या अधिक बी.ई. विफलता होती हैं जो इसके लिए संगठित रूप से आवश्यक और पर्याप्त होते हैं ताकि ई.एस. हो सके।
- प्रभाव विश्लेषण (आई.ए.) मैट्रिक्स। मैट्रिक्स के विवरण तालिका 1 में उल्लिखित हैं।

तालिका 1: विभिन्न प्रभाव विश्लेषण मैट्रिक्स अनुप्रयोग

क्र.सं.	आई.ए. मैट्रिक्स	अभियुक्ति
1	जोखिम वृद्धि कारक (आर.आई.एफ.)	➢ आर.आई.एफ. दर्शाता है कि कैसे एक विशेष घटक के पूर्ण रूप से विफल हो जाने से कुल जोखिम कितना बढ़ता है। ➢ उन बी.ई. की पहचान करता है जिसकी विफलता संभाव्यता (एफ.पी.) वृद्धि का परिणाम ई.एस.एफ.पी. में अधिकतम वृद्धि होगी। ➢ उच्च आर.आई.एफ. वाले बी.ई. का कठोर गुणवत्ता नियंत्रण होना चाहिए।
2 एवं 3	जोखिम में कमी के कारण (RDF) and भागीदारी (FC)	➢ जब एक विशेष घटक पूर्ण रूप से विश्वसनीय होता है तब एफ.सी. संपूर्ण जोखिम आंशिक परिवर्तन बन जाता है। ➢ आर.डी.एफ. दर्शाता है कि एक घटक को पूर्ण रूप से विश्वसनीय बनाने के लिए कुल जोखिम कितना कम होता है। ➢ बी.ई. की पहचान करता है जिनका एफ.पी. ह्रास ई.एस.एफ.पी. की अधिकतम कमी का कारण बनेगा। ➢ उच्च आर.डी.एफ. वाले बी.ई. के सुधार के लिए संसाधन आबंटित किए जाने चाहिए।
4	फसल वेसेली का माप (FV)	➢ एफ.वी. वह संपूर्ण जोखिम है जो निर्दिष्ट बेसिक इवेंट को समाविष्ट करने वाले कट-सेट्स के कारण होती है। ➢ अधिक संख्या में विफलता परिदृश्यों में व्याप्त बी.ई. को पहचानने में सहायता करता है। ➢ इन्हें दूर करने से विफलता परिदृश्यों की कुल संख्या को कम किया जा सकता है।

पी.आर.ए. प्रक्रिया को डिज़ाइन और प्रचालनात्मक परिवर्तनों को कार्यान्वित करते हुए तब तक दोहराया जाता है जब तक कि ई.एस. की संभाव्यता परिभाषित जोखिम लक्ष्यों से न मिल जाए, जैसा चित्र 2 में दर्शाया गया है। एक आदिप्रारूप (टिपिकल) प्रक्रिया प्रवाह और इसके परिणाम चित्र 3 और चित्र 4 में दिखाए गए हैं।

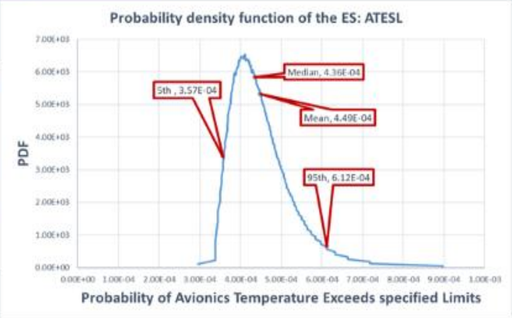


चित्र 3: पी.आर.ए. की आदिप्रारूप प्रक्रिया का प्रवाह

Results

1. Probability distribution of End-States

Sl.	End-state	5th %tile	Median	Mean	95th %tile
1	Avionics Temperature Exceeds Specified Limits	$3.30E-4 = 1/_{3030}$	$4.02E-4 = 1/_{2488}$	$4.14E-4 = 1/_{2415}$	$5.44E-4 = 1/_{1838}$
2	Cabin Temperature Exceeds Specified Limits	$4.77E-2 = 1/_{21}$	$4.93E-2 = 1/_{20}$	$4.93E-2 = 1/_{20}$	$5.11E-2 = 1/_{19}$
3	Humidity Exceeds Specified Limits	$3.12E-2 = 1/_{32}$	$3.23E-2 = 1/_{31}$	$3.23E-2 = 1/_{31}$	$3.34E-2 = 1/_{30}$



2. Minimal Cut-sets (failure scenarios)

No	Probability	%	Event prob.	Event Description
1	1.25E-04	30.16	1.12E-02	CN outer loop flow proportioning valve fail to change position on demand
			1.12E-02	NCN outer loop flow proportioning valve fail to change position on demand
2	3.21E-05	7.77	1.12E-02	CN outer loop flow proportioning valve fail to change position on demand
			2.88E-03	Liquid-liquid heat exchanger 2 failure
3	3.21E-05	7.77	1.12E-02	NCN outer loop flow proportioning valve fail to change position on demand
			2.88E-03	CN Air-Liquid Heat exchanger failure

3. Influence parameters

Sl. No.	Basic Event	Event prob.	FV	FC	RDF	RIF
1	NCN outer loop flow proportioning valve fail to change position	1.12E-02	5.94E-01	5.94E-01	2.46E+00	5.28E+01
2	CN outer loop flow proportioning valve fail to change position	1.12E-02	4.43E-01	4.43E-01	1.80E+00	3.96E+01
3	Liquid-liquid heat exchanger 2 failure	2.88E-03	1.53E-01	1.52E-01	1.18E+00	5.28E+01
4	NCN Air-Liquid Heat exchanger failure	2.88E-03	1.53E-01	1.52E-01	1.18E+00	5.28E+01
5	CN Air-Liquid Heat exchanger failure	2.88E-03	1.14E-01	1.14E-01	1.13E+00	3.96E+01

Inference and recommendations

Inference from results and Recommendations

- The mean probabilities of the three end-states along with their confidence intervals are given below:
  - ATESL- 0.045% (0.036%,0.061%)
  - CTESL-4.96% (4.77% ,5.31%)
  - HESL-3.24% (3.12% ,3.45%)
- Avionics temperature is controlled by the non-condensing network. On failure it is supported by the condensing network. The low probability of ATESL is attributed to the redundancy in the system.
  - There is only one single point failure which is leakage in cold plates. But, it has a probability of 1.40E-6 and contributes only 0.31% to the overall probability of ATESL. It is ranked 31st in the MCS list.
  - Other single point failures appearing in the top 50 cut-sets are due to common cause. It includes the failures of Flow proportioning valves, Pumps and check valves.

8. Top 5 failure scenarios for leading to temperature control failure for Avionics

Proper temperature control is extremely critical for the Avionics to function properly. Hence, the top five scenarios leading to the end-state ATESL are presented below.

Scenario 1:

The probability of this scenario is 1.25E-4. The sequence of events are as follows:

a. Temperature increases/decreases in the cold plates
b. Controller commands flow proportioning valve of non-condensing network outer loop to increase/decrease coolant flow.
c. However, the flow proportioning valve of non-condensing network fails.
d. The condensing network is connected to the cold plates.
e. Controller commands flow proportioning valve of condensing network outer loop to increase/decrease coolant flow.
f. However, the flow proportioning valve of condensing network fails.
g. This leads to increase in temperature of the avionics.

चित्र 4:पी.आर.ए. अध्ययन से आदिप्रारूप परिणाम एवं संस्तुति

5.पी.आर.ए. सॉफ्टवेयर उपकरण

संभाव्यता जोखिम निर्धारण (पी.आर.ए.) को सॉफ्टवेयर उपकरण के बिना विश्लेषणात्मक रूप से करना बहुत परिश्रमपूर्ण होता है और इसमें अधिक समय लगता है। ये उपकरण विश्लेषक को प्रणाली के बदलते डिज़ाइन या प्रचालन के लिए पी.आर.ए. को बार-बार दोहराने की अनुमति देते हैं। कुछ विदित पी.आर.ए. उपकरण हैं - सैफ़ायर, क्यू.आर.ए.एस., गोल्डसिम और रिस्कस्पेक्ट्रम पी.एस.ए.। गगनयान मिशन के लिए रिस्कस्पेक्ट्रम पी.एस.ए. सॉफ़्टवेयर का चयन किया गया है क्योंकि परमाणु उद्योग में लंबे समय से इसका उपयोग हो रहा है।

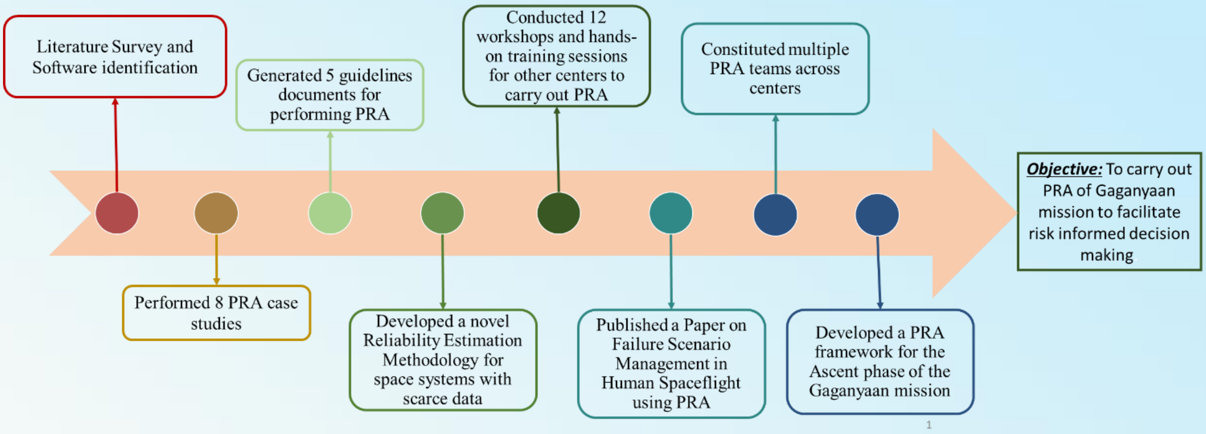
6.गगनयान के लिए पी.आर.ए.

गगनयान को मानवानुकूल प्रमाणित करने के उद्देश्य से, गगनयान के लिए राष्ट्रीय सलाहकार पैनल तथा मानवानुकूल प्रमाणन बोर्ड ने गगनयान मिशन के लिए संभाव्यता जोखिम निर्धारण का निष्पादन करना आवश्यक बताया है। किंतु, संभाव्यता जोखिम की संकल्पना इसरो के लिए नई है। इसके परिणामस्वरूप एच.एस.एफ.सी., इसरो में पी.आर.ए. अभियंताओं ने शुरू से साहित्य सर्वेक्षण से शुरुआत की। पी.आर.ए. प्रक्रिया की प्रारंभिक समझ प्राप्त करने के बाद, पी.आर.ए. निष्पादित करने के लिए उपयुक्त सॉफ्टवेयर की पहचान करने की आवश्यकता थी क्योंकि गगनयान जैसी जटिल प्रणाली के लिए पी.आर.ए. मॉडलों को संभालना असंभव है। भारतीय नाभिकीय उद्योग में उपलब्धता एवं परंपरा के आधार पर गगनयान पी.आर.ए. के लिए रिस्कस्पेक्ट्रम पी.एस.ए. सॉफ्टवेयर का चयन किया गया था। पी.आर.ए. इसरो में नया विषय होने तथा एच.एस.एफ.सी. में पी.आर.ए. के सबसे आगे होने के कारण वैज्ञानिकों तथा अभियंताओं को पी.आर.ए. के बारे में शिक्षित करने के लिए इसरो के केंद्रों में 12 कार्यशालाओं का आयोजन किया।

जटिलता और बहु-अनुशासनात्मक प्रकृति का होने के कारण, गगनयान के पी.आर.ए. का निष्पादन करना व्यक्ति/दल के लिए असंभव है। इसके परिणामस्वरूप इन मॉडलों का निर्माण इसरो के विभिन्न केंद्रों के क्रमशः डिज़ाइनर तथा गुणवत्ता आश्वासन दलों द्वारा किया जाएगा। केंद्रों में इसके कार्यान्वयन में एकरूपता सुनिश्चित करने के उद्देश्य से, 5 दिशानिर्देश दस्तावेज़ जारी किए गए। पी.आर.ए. में मुख्य बाधाओं में से एक है विफलता आँकड़ा की उपलब्धता। इस संबंध में सीमित आँकड़े की उपस्थिति में अंतरिक्ष प्रणालियों की विश्वसनीयता का आकलन करने के लिए नई रणनीति का प्रस्ताव दिया गया। अंतरिक्ष मिशनों में संभावित विफलता परिदृश्यों को समझना प्रबंधन के लिए आत्मविश्वास प्रदान करता है और उपयुक्त प्रणाली के सुधारों का निष्पादन सबसे विफलता ग्रस्त घटकों पर प्रहार करके किफायती तथा समयबद्ध ढंग से किया जा सकता है। सिंहावलोकन देने के लिए लेखकों ने यह भी प्रदर्शित किया कि पी.आर.ए. का प्रयोग करके समानव अंतरिक्षयान में किस प्रकार से विफलता परिदृश्यों का प्रबंध किया जा सकता है।

अब पी.आर.ए. का निष्पादन करने के लिए बहुत सारे दलों का गठन किया गया है। विभिन्न दलों द्वारा निष्पादित कार्यों को प्रभावशाली ढंग से समाकलित करने के उद्देश्य से, गगनयान पी.आर.ए. के लिए एक ढाँचे का निर्माण किया जा रहा है। गगनयान के पी.आर.ए. का निष्पादन करने तथा प्रबंधन के लिए जोखिम सूचित निर्णय को सरल बनाने हेतु कदम उठाए जा सकते हैं।

इसरो में पी.आर.ए. का विकास चित्र 5 में दिखाया गया है।



चित्र 5: इसरो में पी.आर.ए. का विकास

7. उपसंहार

विश्वभर में अंतरिक्ष एजेंसियों द्वारा समानव अंतरिक्षयान का प्रदर्शन करने में बढ़ती रुचि के साथ, जोखिम सूचित निर्णय लेना तथा मिशन के दौरान संभव विफलता परिदृश्यों के बारे में पता लगाने तथा उनका प्रबंध करते हुए कर्मीदल सुरक्षा सुनिश्चित करना आवश्यक है। युगों-युगों से विफलता परिदृश्यों को बाहर निकालने के लिए कई पद्धतियों का प्रयोग किया गया था। पी.आर.ए. का विकास होने में वर्ष लग गए तथा लगभग सभी अंतरिक्ष एजेंसियों में यह एक महत्वपूर्ण जोखिम विश्लेषण पद्धति बन चुकी है। पी.आर.ए. को अपनाने से अंतरिक्ष उद्योग में जोखिम प्रबंधन पद्धतियाँ परिवर्तित हुई हैं, जिससे सुरक्षित और अधिक विश्वसनीय अंतरिक्ष मिशन संभव हो रहे हैं। हालांकि, चुनौतियाँ अभी भी बाकी हैं, जैसे कि सीमित आँकड़ा उपलब्धता, जटिल प्रणाली अंतर-निर्भरता और मानव कारकों को पी.आर.ए. मॉडल में सम्मिलित करने की आवश्यकता। पी.आर.ए. के मॉडल, आँकड़ा संग्रह तकनीकों और संगणनात्मक क्षमताओं में निरंतर उन्नति से इन चुनौतियों को संबोधित करने और भविष्य के अंतरिक्ष अन्वेषण के प्रयासों की सफलता सुनिश्चित करने के लिए पी.आर.ए. की प्रभावशीलता को और बढ़ाया जाएगा। गगनयान का संभाव्यता जोखिम निर्धारण अंतरिक्ष प्रणोदन की सभी त्रुटियों को उजागर करने और भारत के लिए सफल समानव अंतरिक्ष मिशन को सुनिश्चित करने में एक महत्वपूर्ण उपकरण बन सकता है।

8.ग्रंथ-सूची

[1] V. F. Michael, Choosing Safety: A Guide to Using Probabilistic Risk Assessment and Decision Analysis in Complex, High-Consequence Systems, Washington DC.

[2] H. W. Jones, "NASA's Understanding of Risk in Apollo and Shuttle," in *2018 AIAA SPACE and Astronautics Forum and Exposition*, 2018.

[3] Hamlina, Teri, Cangaa, Michael, Boyera, Roger, Thigpenb and E. B, "2009 Space Shuttle Probabilistic Risk Assessment Overview".

[4] European Cooperation for Space Standardization, "Space product assurance: Failure modes, effects (and criticality) analysis (FMEA/FMECA) (ECSS-Q-ST-30-02C)," Noordwijk, The Netherlands, 2009.

[5] NASA, "Probabilistic Risk Assessment Procedures Guide for NASA Managers and Practioners," 2011.

[6] United States Nuclear Regulatory Commission and others, "Reactor safety study. An assessment of accident risks in US commercial nuclear power plants. Executive Summary," 1975.

[7] F. Hsu and J. Railsback, "The Space Shuttle Probabilistic Risk Assessment Framework," *Probabilistic Safety Assessment and Management,* pp. 1466-1473, 2004.

[8] J. Perera and J. Holsomback, "Use of probabilistic risk assessments for the space station program," in *2004 IEEE Aerospace Conference Proceedings (IEEE Cat. No. 04TH8720)*, 2004.

[9] P. G. Prassinos, M. G. Stamatelatos, J. Young and C. Smith, "Constellation Probabilistic Risk Assessment (PRA): Design Consideration for the Crew Exploration Vehicle," in *10th International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference*, 2010.

[10] "Space systems — Probabilistic risk Assessment (PRA)-ISO 11231," 2010.

लेलेखक परिचय :

साग्निक दत्ता ने 2019 में भारतीय अंतरिक्ष विज्ञानं और प्रौद्योगिकी संस्थान, तिरुवनंतपुरम से इलेक्ट्रॉनिक्स और संचार इंजीनियरिंग (एवियोनिक्स) में बी.टेक की डिग्री प्राप्त की। वे 2019 से भारतीय अन्तरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) के साथ एक वैज्ञानिक के रूप में काम कर रहे हैं। सेंसर, इंटरफेसिंग सर्किट, इंस्ट्रुमेंटेशन और जोखिम मूल्यांकन उनकी रूचि के क्षेत्र हैं।

10.प्रभाव विश्लेषण का उपयोग करके चालक दल के अभियान में महत्वपूर्ण घटनाओं की पहचान

(IDENTIFICATION OF CRITICAL EVENTS USING INFLUENCE ANALYSIS)

विजयश्री म कां,
मानव मूल्यांकन प्रमाणीकरण समूह,
यू आर राव उपग्रह केंद्र,बेंगलुरु

सार:
संभाव्य जोखिम आकलन (पीआरए) का प्राथमिक उद्देश्य अभियान के विभिन्न अंत-स्थिति की संभावना का आकलन करना है। कुछ सीमाओं के भीतर अंत-स्थिति के संभाव्यता मूल्यों को प्रतिबंधित करना महत्वपूर्ण है। जब संभाव्यता वांछित मूल्य से अधिक होती है, तो अंत-स्थिति में अधिक योगदान देने वाली शीर्ष घटनाओं का पता लगाना आवश्यक होता है। बदले में, शीर्ष घटनाओं की संभावना में अधिक योगदान देने वाली बुनियादी घटनाओं या घटकों का पता लगाना महत्वपूर्ण है।इन्हि बुनियादी घटनाओं को पता करना है और आवश्यक अभिकल्पन मे परिवर्तन करना चहिये। इस प्रस्तुति का उद्देश्य, विश्लेषक को प्रणालि में महत्वपूर्ण तत्वों का पता लगाने में मदद करना है। सबसे महत्वपूर्ण तत्वों का पता लगाने के लिए निम्नलिखित प्रश्न का उत्तर देने की आवश्यकता है।

त्रुटि पेड की शीर्ष घटना पर प्रत्येक मूल घटना का कितना प्रभाव पड़ता है?
इस सवाल के जवाब के लिए, एक विस्तृत मूल्यांकन की मांग करता है। इसलिए, उपरोक्त प्रश्न के उत्तर खोजने के लिए कुछ प्रभावशाली उपायों का उपयोग करना आवश्यक है। इसके अलावा, उन्हें रैंक करना आवश्यक है। हालांकि, जटिल प्रणालियों के लिए मैन्युअल रूप से कार्य करना मुश्किल है, यह आकलन 'जोखिम स्पेक्ट्रम® पीएसए 1.4.0' सॉफ्टवेयर का उपयोग करके आसानी से किया जा सकता है। यहां हम इस तरह के आकलन के लिए कार्यप्रणालियों को सामने लाते हैं।
यह पत्र पीआरए अध्ययनों से संबंधित घटनाओं के प्रभाव विश्लेषण के विभिन्न उपायों का परिचय देता है। यह सैद्धांतिक गणनाओं और सॉफ़्टवेयर 'जोखिम स्पेक्ट्रम® PSA 1.4.0' द्वारा किए गए मिलान के उदाहरणों पर भी चर्चा करता है। इस विश्लेषण, एक त्रुटि पेड (या सिस्टम विश्वसनीयता) में शीर्ष घटना संभावना पर उनके प्रभाव के संबंध में घटकों की मोटे रैंकिंग प्रदान करने में सक्षम बनाता है, । साथ ही प्रणालि की अविश्वसनीयता के लिए शीर्ष योगदान कर्थाओं पर ध्यान केंद्रित करने में मदद करता है, और सबसे कम योगदानकर्ताओं के लिए विश्वसनीयता उपायों में ढील देता है। प्रणाली की अविश्वसनीयता के लिए यह सबसे अधिक विश्वसनीयता प्रभाव के साथ सुधार पर ध्यान केंद्रित करता है और मॉडल मापदंडों के लिए संवेदनशीलता को इंगित करता है। समीक्षाओं और संवेदनशीलता अध्ययनों पर ध्यान केंद्रित करने में भि मदद करता है और जटिल प्रणाली में दोष खोजने के लिए प्राथमिकताएं प्रदान भि करता है। जहाँ तक सुरक्षा का संबंध है, इन परिणामों का उपयोग चालक दल के अभियान विनिर्देशों को पूरा करने के लिए डिज़ाइन को प्राप्त करने या सुधारने के लिए किया जाता है।

1. परिचय

त्रुटि पेड (त्रु पे) एक ऐसा मॉडल है जो प्रणलि में होने वाली संभावित घटनाओं, दोषपूर्ण और सामान्य के विभिन्न संयोजनों का तार्किक और ग्राफिक रूप से प्रतिनिधित्व करता है जो एक अवांछित घटना या

स्थिति का कारण बनता है। विश्लेषण कटौतीत्मक है, क्योंकि यह सामान्य समस्या से विशिष्ट कारणों तक जाता है। त्रु पे शीर्ष पर एक एकल अवांछित घटना से तल पर सभी संभावित मूल कारणों के लिए तार्किक गलती पथ विकसित करता है।
विफलता की संभावनाओं और प्रणलि के महत्व के उपायों की गणना करने के लिए ग्राफिकल मॉडल को गणितीय मॉडल में अनुवादित किया जाता है। त्रु पे विकास एक पुनरावृत्ति प्रक्रिया है, जहां प्रारंभिक संरचना को लगातार डिजाइन, विकास के साथ संपात कर के उस से मेल खाने के लिए अद्यतन किया जाता है।

परिमाणीकरण और संख्यात्मक मूल्यांकन जोखिम स्वीकार्यता और आवश्यक निवारक उपायों के संबंध में निर्णय लेने के लिए तीन बुनियादी माप उत्पन्न करता है:
1. अवांछित घटना के घटित होने की संभावना।
2. अवांछित घटना के कारण गलती की घटनाओं (कट सेट) की संभावना और उसके महत्व।
3. घटकों का जोखिम महत्व या महत्व या संवेदनशीलता।

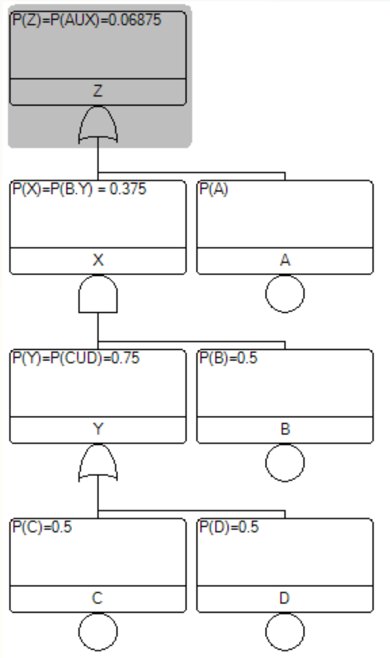
1.1 संभाव्यता गणना

त्रुटि पेड और इन्फ्लुएंस एनालिसिस के हिस्से के रूप में की जाने वाली गणनाएँ इस प्रकार हैं:
AND गेट की संभावना:

$$P = P_1 P_2 P_3 P_4 \ldots\ldots\ldots P_N \quad \text{-------------- (1)}$$

OR गेट की संभावना:

$$\boldsymbol{P = (\Sigma\, 1st\, Terms) - (\Sigma\, 2nd\, Terms) + (\Sigma\, 3rd\, Terms) - (\Sigma\, 4th\, Terms) + (\Sigma\, 5th\, Terms) - (\Sigma\, 6th\, Terms) \ldots\ldots\ldots \quad (2)}$$



चित्र 12 प्रत्येक घटना की संभावना दिखाते हुए त्रुटि पेड

चित्र 12 में त्रुटि पेड पर विचार करें, दो बुनियादी घटनाओं की विफलता की संभावना (क्रमशः P(A) और

P(B) की विफलता संभावना के साथ घटनाएँ A और B कहें) जब एक OR गेट के साथ जोड़ा जाता है (जो C का आउटपुट देता है)) है: P(C) = P (A) + P (B) – P (A) * P(B)

बुनियादी घटनाओं की संभावनाएं इस प्रकार हैं:

$P(A) = P(B) = P(C) = P(D) = 0.5$

शीर्ष घटना की संभावना की गणना निम्नानुसार की जाती है

$$P(Y) = P(C \cup D) = P(C) + P(D) - P(C \cap D)$$
$$= P(C) + P(D) - P(C) * P(D)$$
$$= 0.75$$

उसी प्रकार

$$P(X) = P(B) * P(Y) = 0.375$$

$$P(Z) = P(A \cup X) = P\{A \cup (B \cap C) \cup (B \cap D)\} = 0.6875$$

शीर्ष घटना की विफलता की संभावना में भिन्नता की जांच करने के लिए बुनियादी घटनाओं की विफलता की संभावना चरणों में भिन्न किया गया है।

व्यक्तिगत घटनाओं की संभावनाओं में 40% और 20% की वृद्धि के कारण शीर्ष घटना 'Z' की विफलता की संभावना पर प्रभाव को तालिका 1 में संक्षेपित किया गया है।

तालिका 1 निम्नलिखित निष्कर्ष निकाला जा सकता है

1. बुनियादी घटना C और D का शीर्ष घटना पर कम प्रभाव पड़ता है।
2. बुनियादी घटना A का शीर्ष घटना पर अधिकतम प्रभाव है।

यह समझाया जा सकता है कि शीर्ष घटना की संभावना पर अलग-अलग घटनाओं का अलग-अलग प्रभाव पड़ता है। यह भ्रंश वृक्ष छोटा है इसलिए मूल घटना का पता लगाना आसान है जो शीर्ष घटना को प्रभावित कर रहा है। हालाँकि, जैसे-जैसे दोष वृक्ष जटिल होता जाता है, प्रभाव विश्लेषण बोझिल होता जाता है। विभिन्न बुनियादी घटनाओं के प्रभाव को समझने के लिए पीआरए अध्ययनों में विभिन्न प्रभाव उपायों को पूर्व परिभाषित किया गया है।

मामला	बुनियादी घटनाओं की संभावनाएँ				P(Z)	
	P(A)	P(B)	P(C)	P(D)	P(Z)	प्रतिशत
नाममात्र	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6875	
	0.7	0.5	0.5	0.5	0.8125	18.1818182
	0.5	**0.7**	0.5	0.5	0.7625	10.9090909
	0.5	0.5	**0.7**	0.5	0.7125	3.63636364
	0.5	0.5	0.5	**0.7**	0.7125	3.63636364
नाममात्र	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6875	
	0.6	0.5	0.5	0.5	0.75	9.09090909
	0.5	**0.6**	0.5	0.5	0.725	5.45454545
	0.5	0.5	0.6	0.5	0.7	1.81818182
	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	1.81818182

तालिका 1 ***बुनियादी घटनाओं की संभावना में परिवर्तन के कारण शीर्ष घटना की विफलता संभावनाएं***

2. प्रभाव के माप

किसी घटना के प्रभाव की गणना करने के लिए कई गणितीय उपाय साहित्य में पाए जा सकते हैं। उनमें से कुछ का उल्लेख नीचे किया गया है।

ए) जोखिम वृद्धि कारक/जोखिम उपलब्धि मूल्य

बी) जोखिम में कमी का कारक/जोखिम में कमी का मूल्य

ग) फसेल-वेस्ली का माप

घ) आंशिक योगदान

ई) बिरनबाम का माप

च) सुधार संभावित माप

छ) आलोचनात्मकता महत्व माप

इनमें से पहले चार माप रिस्क स्पेक्ट्रम सॉफ्टवेयर में उपलब्ध हैं। विभिन्न माप घटक प्रभाव की अवधारणा की थोड़ी भिन्न व्याख्याओं पर आधारित हैं। सहज रूप से, शीर्ष घटना पर एक घटक का प्रभाव तीन कारकों पर निर्भर होते है|

[i] प्रणालि में घटक का स्थान

[ii] प्रश्नगत घटक की विश्वसनीयता

[iii] घटक विश्वसनीयता के हमारे अनुमान में अनिश्चितता

2.1 जोखिम वृद्धि कारक) आरआईएफ((Risk Increase Factor RIF)

जोखिम वृद्धि कारक (जो वृ का)/जोखिम उपलब्धि मूल्य (जो उ मू) प्रणालि की अविश्वसनीयता में सापेक्ष वृद्धि को मापता है जब यह ज्ञात हो कि घटक/घटना 'आई' निश्चित रूप से विफल हो जाएगी। मान लीजिए QTOP एक त्रुटि पेड में शीर्ष घटना की संभावना है और QTOP(Qi=1) शीर्ष घटना की संभावना है जब ith घटक / घटना विफल हो गई है। ध्यान दें कि यहां 'Q' किसी घटना की विफलता की संभावना को दर्शाता है। इसलिए, Q =1, i^{th} घटक/घटना की विफलता संभावना के मुल्य को १ दर्शाता है. जोखिम वृद्धि कारक इस प्रकार गणना कीया जा सकता है |

$$RIF = \frac{QTOP(Qi = 1)}{QTOP}$$

Q_{TOP}= शीर्ष घटना की विफलता संभावना

$Q_{TOP}(Q_i=1)$ = शीर्ष घटना की विफलता की संभावना जब i^{th} घटक / घटना विफल हो गई है

सभी सुसंगत प्रणालियों के लिए, $RIF \geq 1$. अगर $RIF = 1$, है तो घटक 'i' की विफलता या मूल घटना 'i' की उपस्थिति का RIF पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

2.2 जोखिम कमी कारक (आरडीएफ)

जोखिम में कमी का कारक (RDF) / जोखिम में कमी का मूल्य (RRW) प्रणलि की अविश्वसनीयता में सापेक्ष कमी को मापता है, जब यह ज्ञात होता है कि घटक / घटना 'i' निश्चित रूप से विफल नहीं होगी।

अगर QTOP एक त्रुटि पेड में शीर्ष घटना की संभावना है और QTOP(Qi=0) शीर्ष घटना की संभावना है, जब i^th घटना सफल होती है या i^th घटक कार्य कर रहा होता है। जोखिम कम करने वाले कारक की गणना इस प्रकार की जा सकती है|

$$RDF = \frac{\mathrm{QTOP}}{\mathrm{QTOP(Qi = 0)}}$$

$Q_{TOP}(Q_i=1)$ = शीर्ष घटना की विफलता की संभावना जब ith घटना सफल होती है। सभी सुसंगत प्रणालियों के लिए, $\mathrm{RDF} \geq 1$. अगर $\mathrm{RDF} = 1$ है, तब घटक i को हमेशा काम करने वाले में सुधार करने से कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

2.3 आंशिक अंशदान (एफसी)

आंशिक योगदान को शीर्ष घटना की संभावना में आंशिक परिवर्तन के रूप में परिभाषित किया जाता है जब कोई विशेष मूल घटना सफल होती है या कोई विशेष घटक निश्चित रूप से काम करेगा।

$$FC = 1 - \frac{1}{\mathrm{RDF}} = \frac{\mathrm{QTOP - QTOP(Qi = 0)}}{\mathrm{QTOP}}$$

2.4 फ़सेल वेस्ली (FV)

फ़सेल वेस्ली (FV) प्रभाव का माप, संभावना है कि कम से कम एक न्यूनतम कट सेट जिसमें घटक i शामिल है, समय t पर विफल हो गया है, यह देखते हुए कि समय t पर प्रणलि विफल हो गया है। फसेल वेस्ली के माप को इस तरह अनुमान लगाया जा सकता है |

$$\mathrm{FV} \approx \frac{1 - \prod_{j=1}^{mj}(1 - Q_j^i)}{\mathrm{QTOP}} \approx \frac{\sum_{j=1}^{mj} Q_j^i}{\mathrm{QTOP}}$$

अगर $\mathbf{Q_j^i}$ = संभावना है कि कम से कम कट सेट जे उन लोगों के बीच है जिनमें घटक i समय टी पर विफल रहा है।

m_j = कट-सेट की संख्या जिस मे घटक i शामिल है।

रिस्कस्पेक्ट्रम में एक बुनियादी घटना के FV की गणना सभी न्यूनतम कट-सेट (MCS) के आधार पर शीर्ष घटना की अनुपलब्धता के रूप में की जाती है, जहाँ मूल घटना 'i' शामिल होती है। यह वैसा ही है जैसा अन्य सभी MCS में 'i' नहीं होने पर विचार करने से शीर्ष घटना घटित नहीं होगी। FV महत्व केवल मूल घटना i वाले कट-सेट और नाममात्र शीर्ष घटना की अनुपलब्धता के कारण शीर्ष घटना की संभावना के बीच का अनुपात है|

$$FV = \frac{QTOP\ (MCS\ including\ i)}{QTOP}$$

2.5 न्यूनतम कट सेट (एमसीएस)

एक न्यूनतम कट-सेट बुनियादी घटनाओं की न्यूनतम संख्या का एक सेट है जो उन सभी बुनियादी घटनाओं के एक साथ होने पर शीर्ष घटना की विफलता का कारण बनेगा। प्रत्येक त्रुटि पेड में आमतौर पर एक से अधिक न्यूनतम कट-सेट होते हैं। बूलियन बीजगणित का उपयोग करते हुए न्यूनतम कट-सेट पाए जाते हैं जो शीर्ष घटना की ओर अग्रसर होते हैं।

=TOP=Z = A+X$= A+ B*Y$

$= A + B * (C + D)$

$= A + (B * C) + (B * D)$
3 न्यूनतम कट सेट हैं| चित्र 13 से यह सत्यापित किया जा सकता है

तालिका 2 कट सेट

क्रम सं	कट सेट
1	A
2	B और C
3	B और D

Top Event probability Q = 2.044E-01

No	Probability	%	Event 1	Event 2
1	1.00E-01	48.92	A	
2	8.00E-02	39.14	B	D
3	6.00E-02	29.35	B	C

चित्र 13 रिस्कस्पेक्ट्रम मे न्यूनतम कट सेट कि गणना

3. विभिन्न मापो का अनुमान

3.1 जोखिम वृद्धि कारक (आरआईएफ)

चित्र १ मे दिये गये त्रुटि वृक्ष पर विचार करते हुए:, आरआईएफ की गणना सभी 4 मूल घटनाओं ए, बी, सी और डी (A,B,C AND D) के लिए की जा सकती है। ए का आरआईएफ खोजने के लिए, हमें ए की संभावना 1 ($P(A) = 1$) बनाने और शीर्ष खोजने की आवश्यकता है और शीर्ष घटना की संभावना कि गणना करे. तालिका 3 में सूचीबद्ध किया गया है |

तालिका 3 ***जोखिम वृद्धि कारक (आरआईएफ) गणना***

क्रम सं	Probability of top event due to failure of A, B or C ए, बी या सी की विफलता के कारण शीर्ष घटना की संभावना	RIF computation आरआईएफ गणना
1	$P(TOP\|A = 1)$	$RIF(A) = \frac{\mathrm{P(TOP\|A = 1)}}{\mathrm{P(TOP)}} = \frac{1}{0.6875} = 1.45$
2	$P(TOP\|B = 1) = P(A \cup Y) = 0.875$	$RIF(B) = \frac{\mathrm{P(TOP\|B = 1)}}{\mathrm{P(TOP)}} = \frac{0.875}{0.6875} = 1.27$
3	$P(TOP\|C = 1)$	$RIF(C) = \frac{\mathrm{P(TOP\|C = 1)}}{\mathrm{P(TOP)}} = 1.09$

इसे इस तथ्य के रूप में भी समझा जा सकता है कि, यदि घटक ए निश्चित रूप से विफल हो जाता है, तो शीर्ष घटना विफलता की संभावना यानी 1.45 गुना बढ़ जाएगी। इसी तरह, RIF(B) और RIF(C) के लिए
.

3.2 जोखिम कमी कारक (आरडीएफ)

A के आरडीएफ की गणना करने के लिए, 'ए' की संभावना 0 बनाई जाती है और फिर शीर्ष घटना की संभावना की गणना की जाती है। इसकी व्याख्या इस तथ्य के रूप में भी की जा सकती है कि, यदि घटक ए को अत्यधिक विश्वसनीय बनाया जाता है, तो शीर्ष घटना विफलता की संभावना यानी 1.83 गुना कम हो जाएगी। इसी प्रकार, आरडीएफ (बी) और आरडीएफ (सी) की गणना की जाती है और उन्हें

तालिका 4 तालिका 3त्रुटि में सूचीबद्ध किया गया है |

तालिका 4 ***जोखिम कमी कारक (आरडीएफ) गणना***

क्रम सं	Probability of top event due to **Reliability** of A, B or C ए, बी या सी की विश्वसनीयता के कारण शीर्ष घटना की संभावना	RDF computation आरडीएफ गणना
1	$P(TOP\|A = 0) = 0.375$	$RDF(A) = \frac{\mathrm{P(TOP)}}{\mathrm{P(TOP\|A = 0)}} = \frac{0.6875}{0.375} = 1.83$
2	$P(TOP\|B = 0) = P(A) = 0.5$	$RDF(B) = \frac{\mathrm{P(TOP)}}{\mathrm{P(TOP\|B = 0)}} = \frac{0.6875}{0.5} = 1.375$
3	$P(TOP\|C = 0)$	$RDF(C) = \frac{\mathrm{P(TOP)}}{\mathrm{P(TOP\|C = 0)}} = 1.10$

3.3 आंशिक योगदान (एफसी)

आंशिक योगदान की गणना त्रुटि अनुभाग का उपयोग करके की जाती है|

तालिका 5 ***आंशिक योगदान की गणना***

क्रम सं	Fractional contribution of A,B or C ए, बी या सी का आंशिक योगदान	FC computation आंशिक योगदान की गणना
1	$\frac{\mathrm{P(TOP)} - \mathrm{P(TOP\|\mathbf{A} = 0)}}{\mathrm{P(TOP)}}$	$FC(A) = \frac{\mathrm{RDF(A)} - \mathrm{P(TOP\|A = 0)}}{\mathrm{RDF(A)}} = \frac{0.6875 - 0.375}{0.6875} = 0.455$
2	$\frac{\mathrm{P(TOP)} - \mathrm{P(TOP\|\mathbf{B} = 0)}}{\mathrm{P(TOP)}}$	$FC(B) = \frac{\mathrm{RDF(B)} - \mathrm{P(TOP\|B = 0)}}{\mathrm{RDF(B)}} = \frac{1.375 - 1}{1.375} = 0.273$
3	$\frac{\mathrm{P(TOP)} - \mathrm{P(TOP\|\mathbf{C} = 0)}}{\mathrm{P(TOP)}}$	$FC(C) = \frac{\mathrm{RDF(C)} - \mathrm{P(TOP\|B = 0)}}{\mathrm{RDF(C)}} = 0.091$

3.4 फसेल वेस्ली (FV)

अब पहला एमसीएस है जिसमें, बुनियादि घटना ए, सी और डी शामिल है और दुसरा एमसीएस में सेर्फ बुनियादि घटना बी शामिल है। बुनियादि घटना ए के एफवी कि गणना इस प्रकार किया जा सकता है ।

$$V(A) = \frac{\mathrm{P(A)}}{\mathrm{P(TOP)}} = \frac{0.1}{0.2044} = 0.489$$

इसी प्रकार, बी के लिए एफवी या घटनाओं के समूह सी और डी का एफवी कि गणना होगा |

$$FV(B) = \frac{\mathrm{P\{(B \cap C) \cup (B \cap))\}}}{\mathrm{P(TOP)}} = \frac{(0.2 * 0.3) + (0.2 * 0.4) - (0.2 * 0.4 * 0.3)}{0.2044} = 0.568$$

इसी प्रकार, C का FV और D का FV की गणना की जाती है |

$$FV(C) = FV(D) = 0.364$$

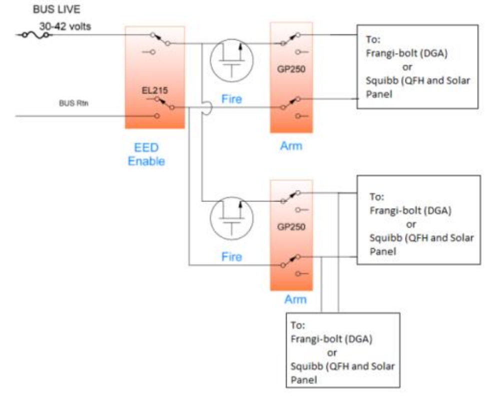
रिस्क स्पेक्ट्रम का उपयोग करके सभी चार प्रभाव मापो, अर्थात् आरआईएफ, आरडीएफ, एफसी और एफवी का (जणना किया)अनुमान लगाया जा सकता है।

4. डिज़ाइन में प्रभाव मापो का उपयोग करने का केस अध्ययन

4.1 आरोहण चरण के दौरान प्व्क्तिबन्धन का प्रभाव विश्लेषण

आवश्यक शर्तें और उन्के परिणाम

चित्र ३ में दिए गए परिनियोजन तंत्र से:और चित्र ४ वर्णित समग्र मिशन संचालन से, हम निम्नलिखित स्थितियाँ प्राप्त कर सकते हैं जिनके तहत मिशन के आरोहण चरण के दौरान प्व्क्तिबन्धन या परिनियोजन हो सकती है और यदि ऐसा हुआ तो उन्का परिणाम घटित किया गय है।



चित्र 14 उधाहरण के तौर पर एक परिनियोजन तंत्र कि व्यवस्था

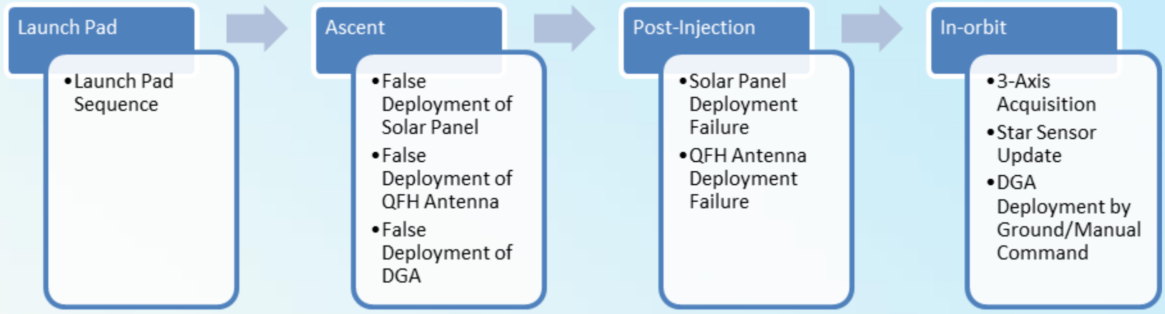
4.1.1 सौर पैनल परिनियोजन और QFH परिनियोजन

(क) सभी सक्षम/अक्षम EL215 रिले, ARM GP250 रिले और FIRE MOSFET को 2 परिनियोजन श्रृंखलाओं में से किसी एक में एक साथ खराब होना होगा। या

(ख) ऑन-बोर्ड कंप्यूटर को एक आउट ऑफ सीक्वेंस कमांड जारी करना पड़ता है जो केवल तब हो सकता है जब उसे गलत स्नैप ध्वज और गलत विंडो लॉजिक ध्वज दोनों प्राप्त होते हैं।

(ग) भले ही दो सौर पैनल सरणिया कॉन्फ़िगर किए गए है ,दोनो मे से एक सौर पैनल सरणियों अगर आरोहण चरण के दौरान परिनियोजन हो जाता है, इससे मिशन को निस्कासित किया जाता है।

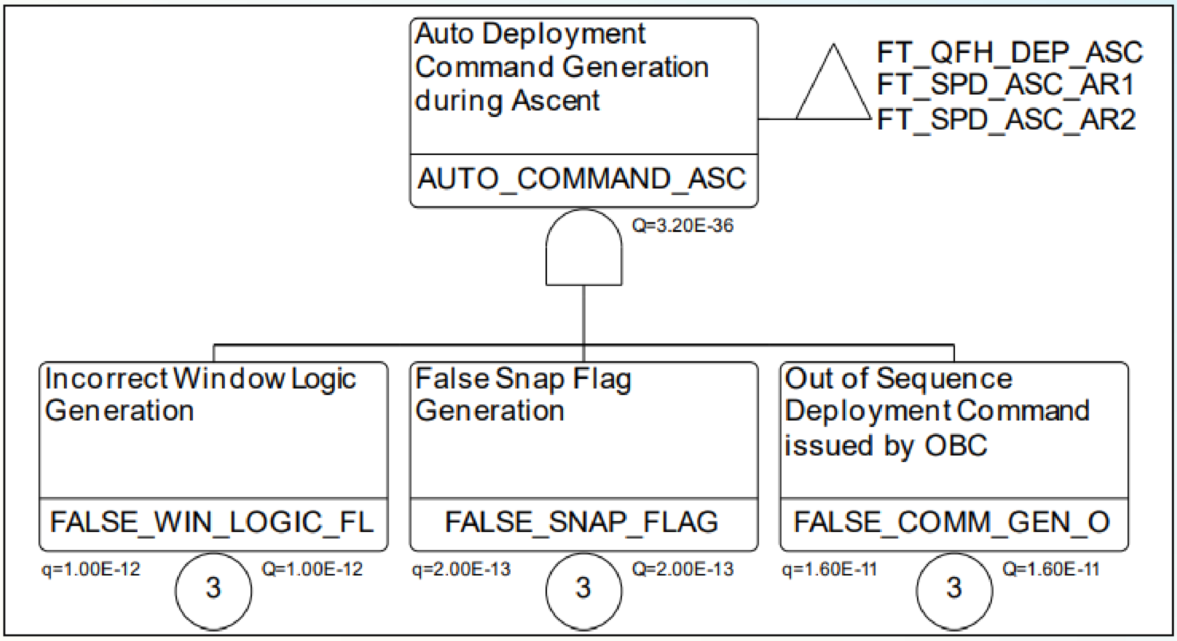
(घ) आरोहण चरण के दौरान क्यूएफएच परिनियोजन से मिशन को निस्कासित किया जाता है।



चित्र 15 **समग्र मिशन के आरोहण चरण के दौरान संचालन अनुक्रम**

4.1.2 त्रुटि पेड और प्रभाव विश्लेषण

चित्र 16 मे, ओबीसी द्वारा अनुक्रम से बाहर परिनियोजन आदेश उत्पन्न करने के लिए त्रुटि पेड विश्लेषण दिखाया गया है।



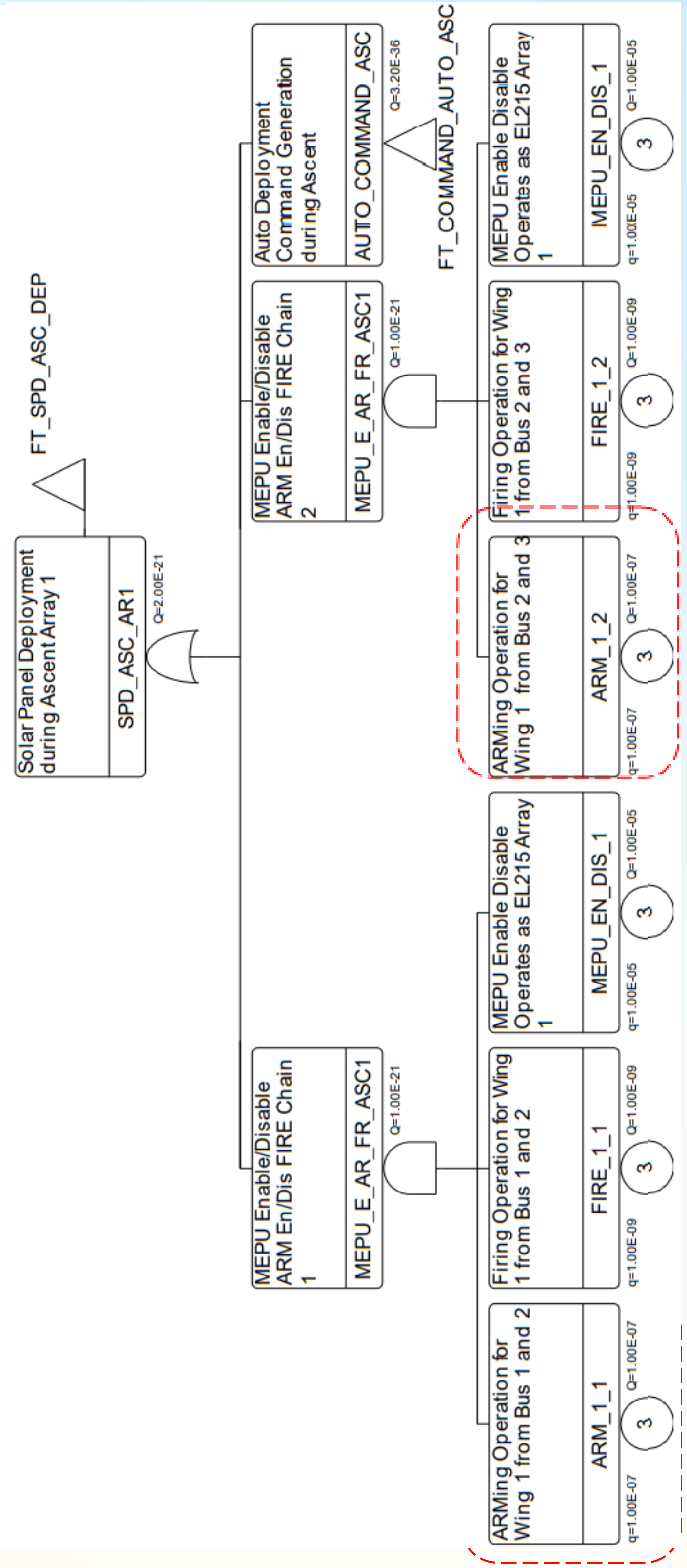
चित्र 16 ओबीसी द्वारा क्रम के बाहर (आउट ऑफ सीक्वेंस डिप्लॉयमेंट) परिनियोजन कमांड के लिए त्रुटि पेड विश्लेषण

आरोहण चरण में सोलर पैनल सरणी-1 परिनियोजन को चित्र 6 , सोलर पैनल सरणी-2 परिनियोजन को

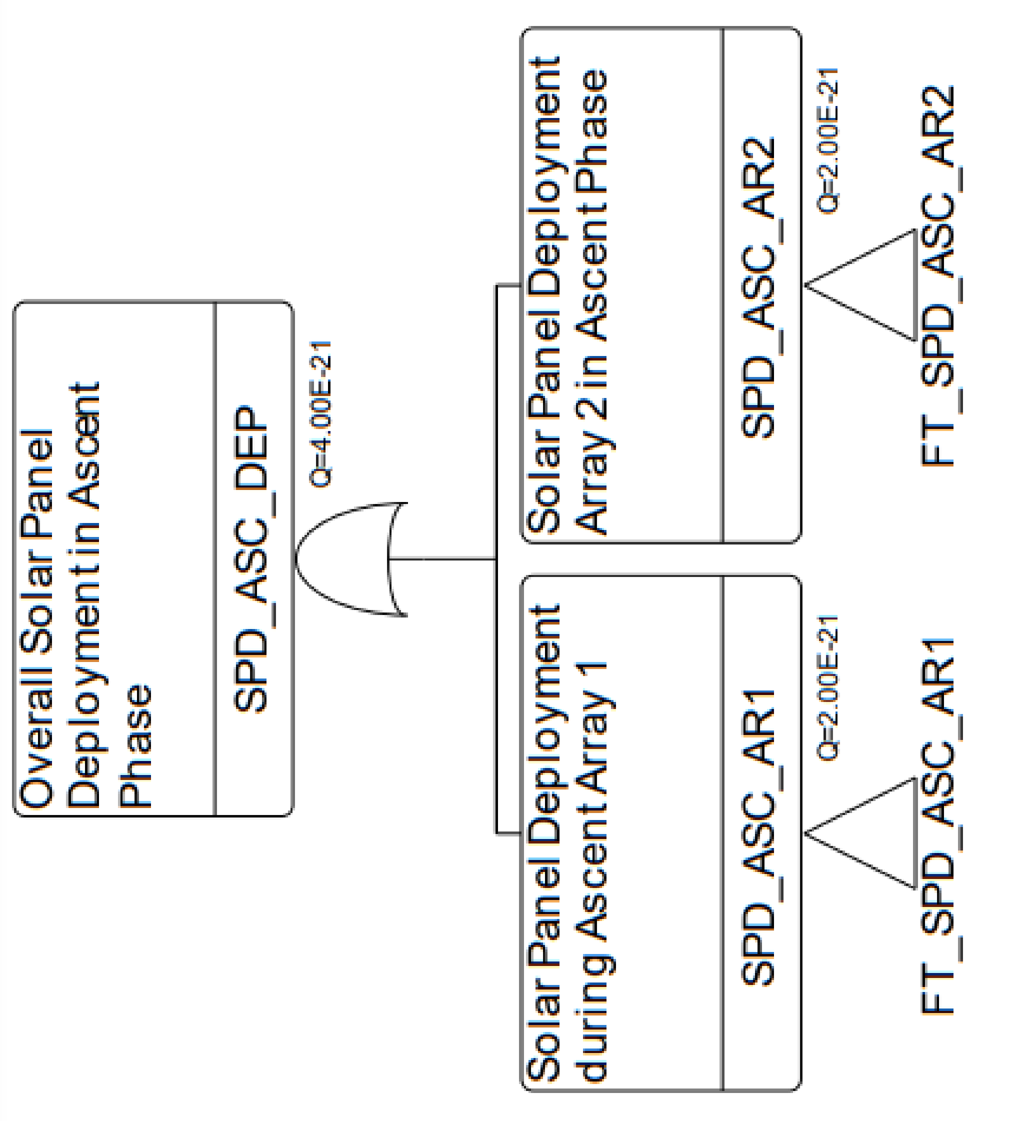
चित्र 7 और समग्र सौर पैनल परिनियोजन चित्र 8 मे दिखाया गया है। चित्र 10 में आरोहण चरण में समग्र रूप से गलत सौर पैनल परिनियोजन के लिए त्रुटि पेड का प्रभाव विश्लेषण दिखाया गया है।

चित्र 17 आरोहणचरण में सोलर पैनल अ सरणी-1 परिनियोजन के लिए त्रुटि पेड

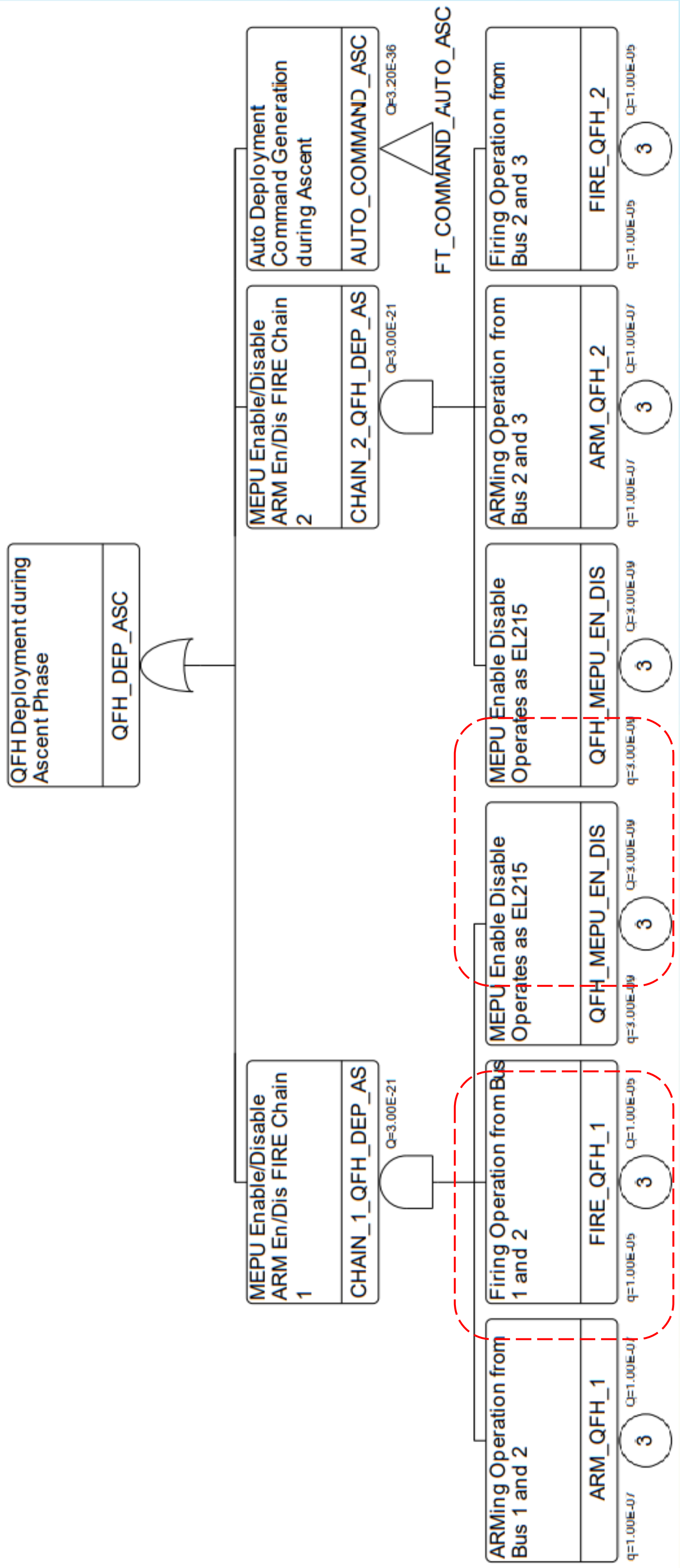
चित्र 18 आरोहणचरण में सोलर पैनल सरणी-2 परिनियोजन के लिए त्रुटि पेड



चित्र 19 आरोहण चरण में समग्र सौर पैनल परिनियोजन के लिए त्रुटि पेड



चित्र 20 आरोहण चरण में क्यूएफएच गलत परिनियोजन के लिए त्रुटि पेड



Top event : SPD_ASC_DEP

Type of calculation = Mean unavailability
MCS list quantification = MCS BDD

EVENTS

No.	Name	Nom. value	FV	RDF	FC	RIF	Sens. high	Sens. low	Sens.
1	MEPU_EN_DIS_1	1.000E-005	5.000E-001	2.000E+000	5.000E-001	5.000E+004	2.200E-020	2.200E-021	1.000E+001
2	MEPU_EN_DIS_2	1.000E-005	5.000E-001	2.000E+000	5.000E-001	5.000E+004	2.200E-020	2.200E-021	1.000E+001
3	ARM_2_1	1.000E-007	2.500E-001	1.333E+000	2.500E-001	2.500E+006	1.300E-020	3.100E-021	4.194E+000
4	FIRE_2_2	1.000E-009	2.500E-001	1.333E+000	2.500E-001	2.500E+008	1.300E-020	3.100E-021	4.194E+000
5	ARM_2_2	1.000E-007	2.500E-001	1.333E+000	2.500E-001	2.500E+006	1.300E-020	3.100E-021	4.194E+000
6	FIRE_2_1	1.000E-009	2.500E-001	1.333E+000	2.500E-001	2.500E+008	1.300E-020	3.100E-021	4.194E+000
7	FIRE_1_1	1.000E-009	2.500E-001	1.333E+000	2.500E-001	2.500E+008	1.300E-020	3.100E-021	4.194E+000
8	ARM_1_1	1.000E-007	2.500E-001	1.333E+000	2.500E-001	2.500E+006	1.300E-020	3.100E-021	4.194E+000
9	FIRE_1_2	1.000E-009	2.500E-001	1.333E+000	2.500E-001	2.500E+008	1.300E-020	3.100E-021	4.194E+000
10	ARM_1_2	1.000E-007	2.500E-001	1.333E+000	2.500E-001	2.500E+006	1.300E-020	3.100E-021	4.194E+000
11	FALSE_COMM_GEN_OBC	1.600E-011	8.000E-016	1.000E+000	6.661E-016	1.000E+000	4.000E-021	4.000E-021	1.000E+000
12	FALSE_WIN_LOGIC_FLAG	1.000E-012	8.000E-016	1.000E+000	6.661E-016	1.001E+000	4.000E-021	4.000E-021	1.000E+000
13	FALSE_SNAP_FLAG	2.000E-013	8.000E-016	1.000E+000	6.661E-016	1.004E+000	4.000E-021	4.000E-021	1.000E+000

चित्र 21 आरोहण चरण में समग्र रूप से गलत सौर पैनल परिनियोजन के लिए त्रुटि पेड का प्रभाव विश्लेषण

Top event : QFH_DEP_ASC

Type of calculation = Mean unavailability
MCS list quantification = MCS BDD

EVENTS

No.	Name	Nom. value	FV	RDF	FC	RIF	Sens. high	Sens. low	Sens.
1	QFH_MEPU_EN_DIS	3.000E-009	1.000E+000	1.875E+015	1.000E+000	3.333E+008	6.000E-020	6.000E-022	1.000E+002
2	ARM_QFH_2	1.000E-007	5.000E-001	2.000E+000	5.000E-001	5.000E+006	3.300E-020	3.300E-021	1.000E+001
3	FIRE_QFH_2	1.000E-005	5.000E-001	2.000E+000	5.000E-001	5.000E+004	3.300E-020	3.300E-021	1.000E+001
4	ARM_QFH_1	1.000E-007	5.000E-001	2.000E+000	5.000E-001	5.000E+006	3.300E-020	3.300E-021	1.000E+001
5	FIRE_QFH_1	1.000E-005	5.000E-001	2.000E+000	5.000E-001	5.000E+004	3.300E-020	3.300E-021	1.000E+001
6	FALSE_COMM_GEN_OBC	1.600E-011	5.333E-016	1.000E+000	4.441E-016	1.000E+000	6.000E-021	6.000E-021	1.000E+000
7	FALSE_WIN_LOGIC_FLAG	1.000E-012	5.333E-016	1.000E+000	4.441E-016	1.001E+000	6.000E-021	6.000E-021	1.000E+000
8	FALSE_SNAP_FLAG	2.000E-013	5.333E-016	1.000E+000	4.441E-016	1.003E+000	6.000E-021	6.000E-021	1.000E+000

चित्र 22 आरोहण चरण में क्यूएफएच गलत तैनाती के लिए त्रुटि पेड का प्रभाव विश्लेषण

5. निष्कर्ष

उपरोक्त विश्लेषण से हम यह अनुमान लगा सकते हैं कि:-

(क) आरोहण चरण के दौरान सौर पैनल की परिनियोजन की संभावना $\mathbf{Qsp_asc = 4.00\ x\ 10^{-21}}$ *है और सबसे महत्वपूर्ण घटना 10.00 की संवेदनशीलता के साथ सरणी-1 और सरणी-2 परिनियोजन दोनों में EL 215 (ई एल 215) रिले के माध्यम से MEPU (एमईपीयू) को सक्षम करना है।*

(ख) "ईएल215 रिले के माध्यम से मेपु सक्षम होता है" इसलिये (RIF) आरआईएफ (सरणी-1 और सरणी-2 परिनियोजन दोनों में) उच्चतम है, इसकि घटने से प्रणालि सुरक्षा में सबसे अधिक कमी आएगी। उनमें से किसी एक घतना का भी , घटना प्रणलि पर समान प्रभाव पड़ता है और इस मामले में यह प्रभाव है प्रणलि का विफल होना है।

(ग) "MEPU EL215 रिले के माध्यम से सक्षम होता है" और देख सकते है कि उसका आरडीएफ (सरणी-1 और सरणी-2 परिनियोजन दोनों में) सबसे उच्च है, यनि इस घटना की विफलता की संभावना में कमी से प्रणलि की सुरक्षा सबसे अधिक बढ़ जाति है।

(घ) आरोहण चरण के दौरान क्यूएफएच एंटीना की परिनियोजन की संभावना $qfh_{asc} = 6.00\ x\ 10^{-21}$ है, और सबसे महत्वपूर्ण घटना 100.00 की संवेदनशीलता के साथ EL215 रिले के माध्यम से MEPU सक्षम करना है।

(ङ) "ईएल215 रिले के माध्यम से मेपु को सक्षम करना" देख सकते है कि उसका उच्चतम आरआईएफ है, इसकी घटना से प्रणालि सुरक्षा में सबसे अधिक कमी आएगी और इसका प्रभाव, प्रणलि विफलता होगा।

(च) "ईएल215 रिले के माध्यम से मेपु सक्षम" में सबसे बड़ा आरडीएफ है, इस घटना की विफलता की संभावना में कमी होने से प्रणलि की सुरक्षा सबसे अधिक बढ़ जाएगी।

ध्यान दे: त्रुटि पेड में निवेश के रूप में उपयोग किए गए सभी मान कल्पित हैं, वास्तविक अन्ख नहीं है। सही अन्ख उपलब्ध होते ही सभी विश्लेषणों के परिणाम सामयिक किए जा सकता हैं।

6. आभारोक्ति

सुरक्षा और जोखिम विश्लेषण एक नया विषय है और श्री फैसल जेसवेंट पीवी जीडी, एससीसीजी, यूआरएससी के साथ चर्चा ने मुझे बहुत मदद की, मैं सभी बातचीत और उपयोगी चर्चाओं के लिए उन्हें ईमानदारी से धन्यवाद देति हूं। मैं समूह प्रमुख एचआरसीजी, यूआरएससी को धन्यवाद देति हूं कि उन्होंने मुझे बिल्कुल नए विषय पर लेख के साथ आने के लिए प्रोत्साहित किया। मैं लेख के अंतिम संस्करण के साथ आने के लिए प्रतिक्रिया प्रदान करने के लिए डीडी एसआरक्यूए, यूआरएससी को भी धन्यवाद देति हूं। मैं अपने केंद्र निदेशक को धन्यवाद देतिहूं जो हमें ऐसी तकनीकी गतिविधियों में भाग लेने के लिए प्रोत्साहित करते हैं।

7. ग्रंथ सूची

[1] रक्षा निर्देश विभाग (डीओडीआई): 5000.02 26 नवंबर, 2013

[2] एमआईएल-एसटीडी-882ई 11 मई 2012: एमआईएल-एसटीडी-882डी का स्थान लेना 10 फरवरी 2000; रक्षा मानक अभ्यास प्रणाली सुरक्षा विभाग

[3] प्रणाली सुरक्षा के लिए खतरा विश्लेषण तकनीक, क्लिफ्टन ए. एरिक्सन द्वारा, ॥

[4] प्रणाली सेफ्टी सोसाइटी द्वारा प्रकाशित प्रणाली सेफ्टी एनालिसिस हैंडबुक

[5] आईडीआरएसएस PDR संचार पेलोड मार्च 2020 ISRO-SAC-IDRSS-PDR-001-Rev1

[6] G1 अभियान के लिए अभियान आवश्यकताएँ, विशिष्टताएँ और एकीकृत अभियान प्रबंधन योजना (अंक 1, रेव 0) GY-HSFC-MA-REQ-TR-31-21

[7] गगनयान जी1 के लिए आरएफ प्रणाली का पीडीआर। इसरो-यूआरएससी-गगनयान-आरआर-1746

8. लेखक परिचय

श्रीमती विजयश्री जो, एलेक्ट्रोनिक्स और दूरसन्चार क्षेत्र में, गुलबर्गा विश्व विद्यालय से स्नातक उपाधि प्राप्त करके 1999 में सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र में शार कम्प्युटर सुविधाएँ समूह मे शामिल हुईं। 2015 मे भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान और प्रोद्योगिकी संस्थान से अंकीय संकेत संसाधन विषय में स्नातकोत्तर की उपाधि प्राप्त की। एसडीएससी शार

से इसरो उपग्रह केंद्र मे अभियान संचालन योजना में करीब 20 वर्ष में भारतीय सुदूर संवेदन उपग्रहों जैसे रिसोर्ससैट, कार्टोसैट और रिसैट श्रृंखला का के समर्थन करते हुए कई उपग्रहों के संचालन निदेशक, अभियान निदेशक और उप परियोजना निदेशक की पदवी में काम किया. चंद्रयान -2 के गतिविधियों के लिए स्टेशन समर्थन आवश्कताओं के लिए इसरो-नासा जेपीएल समर्थन में महत्वपूर्ण भूमिका निभाय।

वर्तमान में वे जिम्मेदार है, यूआरएससी के गगनयान तत्वों के प्रमाणीकरण के लिए मानव रेटिंग प्रमाणन।

11.अंतरिक्ष यात्रियों के स्वास्थ्य पर अंतरिक्ष विकिरण के प्रभाव -समीक्षा

(Space Radiation effects on Astronaut's Health: A Review)

लेखक :

श्रीमती नेहा जैन, इंजीनियर, एस.पी.डी.,
श्रीमती शिल्पी शर्मा, इंजीनियर पी. एस. ए. डी.,

डॉ. उमा बी आर, सहप्रधान- एस.पी.डी.,
श्रीमती कृष्ण प्रिया जी, प्रधान- एस.पी.डी.,

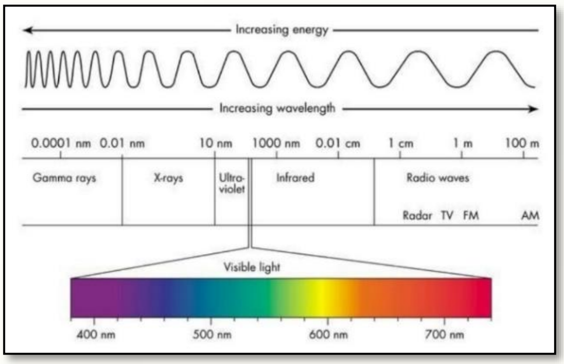
श्री रमेश गुप्ता, प्रधान- पी. एस. ए. डी

सारांश: अंतरिक्ष विकिरण गहरे अंतरिक्ष में मानवयुक्त मिशनों के लिए प्रमुख सीमित कारकों में से एक है। इसरो द्वारा गगनयान(मानव अंतरिक्ष अन्वेषण मिशन) को मिशन में भाग लेने वाले अंतरिक्ष यात्रियों अंतरिक्ष विकिरण से सुरक्षा सुनिश्चित करनी होगी। पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र से दूर गहरे अंतरिक्ष में अंतरिक्ष यात्रियों को जीसीआर (GCR-Gaclatic Cosmic Rays) के निरंतर प्रवाह और सौर कणों से संरक्षित करने की आवश्यकता है। अंतरिक्ष विकिरण पर्यावरण के संपर्क में आने से दीर्घकालिक हानिकारक स्वास्थ्य प्रभाव का खतरा बढ़ जाता है, जो अंतरिक्ष यात्री के जीवन के दौरान, मिशन पूरा होने और पृथ्वी पर लौटने के वर्षों बाद प्रकट हो सकता है। अंतरिक्ष यात्रियों को सौर घटना के दौरान उच्च ऊर्जा प्रवाह कण के आकस्मिक संपर्क से तत्कालिक या अल्पकालिक स्वास्थ्य प्रभावो का सामना करना पड़ता है।इस तकनीकी लेख में इन तत्थयों की समीक्षा की गई है।

1. प्रस्तावना

विकिरण तरंग या कणों के रूप में अंतरिक्ष अथवा पदार्थ के माध्यम से ऊर्जा का प्रसार है। विकिरण को समझाने के लिए विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम का उपयोग किया जा सकता है (चित्र 1) में दिखाया गया है।) विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम ,फोटॉन ऊर्जा के आधार पर तरंगदैर्ध्य (wavelength) की सीमा दिखाता है। इसे चित्र(1) में दिखाया गया है । विकिरण को दृश्य प्रकाश (Visible light) के रूप में देखा जा सकता है या अवरक्त विकिरण (Infrared radiation) के रूप में महसूस किया जा सकता है । एक्स-रे और गामा किरणों जैसे अन्य रूप दिखाई नहीं देते हैं और केवल विशेष उपकरणों का उपयोग करके प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से देखे जा सकते हैं।

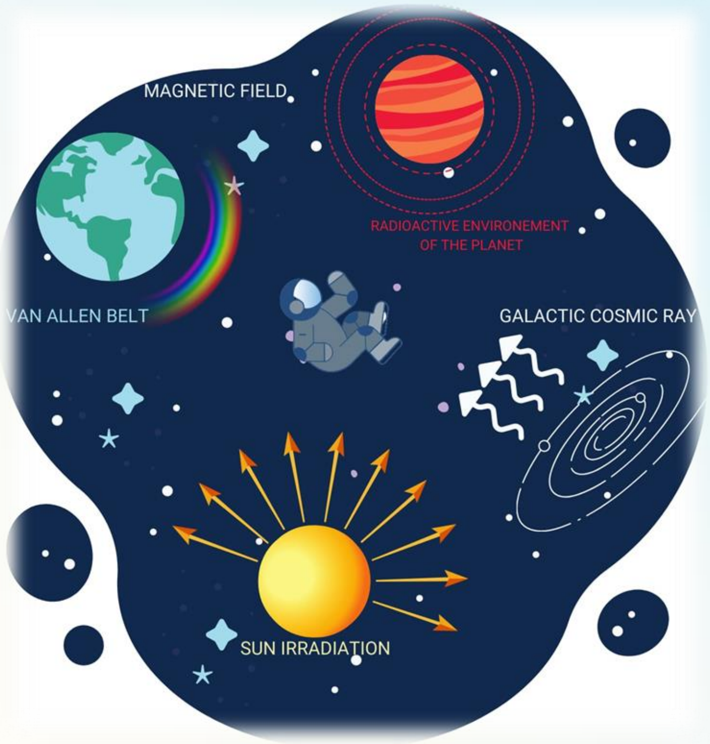
चित्र 1: विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम



अंतरिक्ष विकिरण में तीन प्रकार के विकिरण विकिरणों से मिलकर बना होता है यह निम्न प्रकार के हैं:
1. पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र में फंसा कण

2. सौर ज्वाला (Solar flare) / (सौर घटना – Solar Event) के दौरान कण शॉट - प्रोट्रॉन की बड़ी ऊर्जा पृथ्वी की दिशा में उत्सर्जित होती (release) है। ये उच्च ऊर्जा वाले प्रोटॉन 30 मिनट से भी कम समय में पृथ्वी के ध्रुव (poles)और उच्च ऊंचाई वाली कक्षाओं तक आसानी से पहुंच सकते हैं।

3. गैलेक्टिक कॉस्मिक किरणें- हमारे सौर मंडल के बाहर से उच्च ऊर्जा वाले प्रोट्रॉन और भारी आयन। अंतरिक्ष विकिरण ग़ठन चित्र (2) में दिखाया गया है



चित्र 2: अंतरिक्ष विकिरण ग़ठन

4. अंतरिक्ष विकिरण का प्रभाव (effects of Space radiation)

2.1 <u>ऊतक पर आयनकारी विकिरण का प्रभाव (Effects of ionised radation on tissues)</u>
Tissue में उपस्थित कार्बनिक अणुओं का आयनकारी विकिरण से हानिकारक प्रभाव होता है मानव शरीर के महत्वपूर्ण टिशु डीएनए का इसमें प्रभाव अधिक देखा गया है मानव शरीर के वजन का लगभग 60% हिस्सा पानी से मिलकर बना है। अंतरिक्ष विकिरण से मिलने वाली ऊर्जा इस पानी (H_2O) के अणुओं की सह संयोजक ऊर्जा से ज्यादा होने पर इसे अलग-अलग में विभाजित कर देती है जिसे नीचे दिखाया गया है .

$$H_2O \longrightarrow H^+ + OH^-$$

इसे फ्री रेडिकल कहा जाता है. यह फ्री रेडिकल हमारे शरीर में पहुँचकर जैविक प्रभाव उत्पन्न करते है, इसे चित्र 3 में फ्लोचार्ट द्वारा समझाया गया है।

चित्र 3: अंतरिक्ष विकिरण के प्रभाव से जैविक परिवर्तन

2.2 शरीर के ऊतकों (tissues) पर विकिरण का प्रवेश (Penetration of radiation in tissues)

- विभिन्न आयनकारी विकिरणों की एक महत्वपूर्ण विशेषता यह है कि वे शरीर के Tissues (ऊतकों) में कितनी गहराई तक प्रवेश कर सकते हैं। एक्स-रे, गामा किरणें और पर्याप्त ऊर्जा के न्यूट्रॉन बाहरी स्रोत से शरीर के सभी ऊतकों तक पहुंच सकते हैं। अल्फा कण बहुत कम दूरी में अपनी ऊर्जा एकत्रित कर बहुत करीब क्षति के कई स्थल उत्पन्न करते हैं। इसका मतलब यह है कि गामा विकिरण से होने वाली क्षति की तुलना में मरम्मत में त्रुटियां अधिक होने की संभावना है, जहां क्षति के स्थान अधिक व्यापक रूप से बिखरे हुए हैं।दूसरी ओर, कागज की एक पतली शीट अल्फा कणों को रोकती है। उन्हें त्वचा की सतही मृत परत द्वारा भी रोक सकती है, जो केवल 70 μm मोटी होती है। इसलिए, रेडियोन्यूक्लाइड जो केवल अल्फा कणों का उत्सर्जन करते हैं, हानिरहित हैं ,जब तक कि आप उन्हें शरीर में नहीं लेते।
- यह साँस या खाने और पीने द्वारा हमारे शरीर में प्रवेश कर सकती हैं। बीटा कण शरीर में कितनी गहराई तक प्रवेश कर सकते हैं, यह उनकी ऊर्जा पर निर्भर करता है। उच्च-ऊर्जा बीटा कण (कई MeV) एक या उससे अधिक tissue (ऊतक) में प्रवेश कर सकते हैं, हालांकि अधिकांश पहले कुछ मिमी में अवशोषित हो जाते हैं।

3. अंतरिक्ष यात्रियों के स्वास्थ्य पर विकिरण का प्रभाव (Radiation effects on Astronaut's Health)

3.1 डीएनए में परिवर्तन (Changes in DNA)

अंतरिक्ष विकिरण के संपर्क से डीएनए ऊतकों में दो प्रकार के परिवर्तन होते हैं जिन्हें नीचे वर्गीकृत किया गया है:

1. मरम्मत योग्य जैविक परिवर्तन (Repairable biological change)
विकिरण से डीएनए की संरचना में रासायनिक परिवर्तन होते हैं। स्वयं डीएनए में Coded निर्देश सक्रिय रूप से जीवित कोशिकाओं को repair करने में सक्षम है ।

2. गैर-मरम्मत योग्य जैविक परिवर्तन (Non-repairable biological changes)
डीएनए क्षति के एक छोटे से हिस्से की ठीक से मरम्मत नहीं की जा सकती है और परिणामस्वरूप डीएनए संरचना में स्थायी परिवर्तन हो जाता है। इनमें से कुछ परिवर्तन खुद को एक हानिकारक जैविक प्रभाव के रूप में व्यक्त करते हैं, जैसे विरासत में मिला आनुवंशिक दोष (inherited genetic defect) या कैंसर।

3.2 केंद्रीय तंत्रिका तंत्र में बद्लाव (Changes in Central Nervous System (CNS)

सीएनएस के लिए ब्रह्मांडीय विकिरण के मुख्य जोखिमों में ऑक्सीडेटिव तनाव और न्यूरो सूजन शामिल हैं जो न्यूरोनल क्षति और संज्ञानात्मक loss का कारण बनते हैं। ऑक्सीडेटिव तनाव शरीर में मौजूद मुक्त कणों का परिणाम है, जिससे कोशिका और tissue damage (क्षति) हो सकता है। न्यूरो सूजन मस्तिष्क और रीढ़ की हड्डी और उन्हें जोड़ने वाली नसों के भीतर एक सूजन प्रतिक्रिया है, जो सूचनात्मक संकेत देती है, जिससे निर्णय लेने के कौशल में बाधा आती है। जिनमें से कुछ दीर्घकालिक प्रभावों में मूड डिसऑर्डर, संबंधित मुद्दे शामिल हैं

3.3हड्डियों का नुकसान और फ्रैक्चर (Bone loss and Fracture)
अंतरिक्ष विकिरण के संपर्क में आने से हड्डियों का नुकसान होता है और ऑस्टियोपोरोसिस और फ्रैक्चर का खतरा बढ़ जाता है। यह चंद्रमा, मंगल ग्रह या पृथ्वी के निकट क्षुद्रग्रहों के लिए विस्तारित अंतरिक्ष उड़ान मिशन के दौरान कंकाल की अखंडता पर नकारात्मक प्रभाव डाल सकता है।

3.4 हृदय संबंधी विकार(Cardiovascular Dysfunction) :
विकिरण हृदय प्रणाली को बदल देता है। यह हृदय को नुकसान पहुंचाता है, धमनियों को सख्त और संकीर्ण बनाता है और रक्त वाहिका की परत में कोशिकाओं को खत्म करता है, जिससे हृदय संबंधी रोग होते हैं।

3.5 सीखने और स्मृति हानि (Learning and Memory Impairment)

विकिरण की कम खुराक के संपर्क में आने पर अंतरिक्ष यात्रियों को सीखने और स्मृति हानि का सामना करना पड़ता है। ये अनायास नहीं दिखता बल्कि समय के साथ प्रतिबिंबित होता है। यह प्रभाव चार्ल्स लिमोलियाट यूएस एलरवाइन द्वारा चूहों को छह महीने तक क्रोनिक, कम खुराक वाले विकिरण के संपर्क में रखने पर देखा गया है।

3.6 परिवर्तित कार्यकारी कार्य (Altered executive functions)

कई अध्ययनों से पता चलता है कि अंतरिक्ष विकिरण के संपर्क में आने से कार्यकारी कार्य प्रदर्शन में कमी आती है। अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन (आईएसएस) मिशनों के दौरान, अंतरिक्ष यात्री जटिल समस्याओं को हल करने में मदद के लिए मिशन नियंत्रण पर भरोसा कर सकते हैं, हालांकि चंद्रमा और मंगल ग्रह पर योजनाबद्ध लंबी अवधि के अंतरिक्ष मिशनों के दौरान, अंतरिक्ष यात्रियों को अधिक स्वायत्तता से कार्य करना होगा, इस प्रकार अंतरिक्ष यात्रियों की क्षमता गहरे अंतरिक्ष मिशन के दौरान समस्या समाधान के लिए कार्यकारी कार्य का संचालन महत्वपूर्ण होगा।

3.7 दृश्य प्रभाव (Visual Effect)

अंतरिक्ष विकिरण के संपर्क से जीन उत्परिवर्तित होते हैं (डीएनए अनुक्रम में परिवर्तन) जिससे नए फाइबर कोशिकाओं के उत्पादन में कमी आती है, जिससे मोतियाबिंद का विकास होता है।

4. अंतरिक्ष यात्रियों के लिए विकिरण खुराक (dose limit) की सीमा:

विकिरण खुराक: प्राप्त विकिरण की मात्रा को खुराक कहा जाता है, और विकिरण की इकाई द्वारा दी गई ऐसी खुराक की माप को ग्रे (Gray)कहा जाता है। इसे आयनित विकिरण (1 Gy=1जूल/कि .ग्रा.) की प्रति इकाई(unitize) बनाने में किया जाता है।

सीवर्ट (Sv-Sievert): इसका उपयोग मानव पर लागू होने वाले विकिरण संरक्षण में विभिन्न प्रभावी खुराक (जोखिम अवधि) और समकक्ष खुराक मात्रा को एकजुट करने के लिए किया जाता है। Sv आयनकारी विकिरण की जैविक प्रभावशीलता को दर्शाता है ।

अवशोषित खुराक (Gy)-समतुल्य खुराक(Sv)-प्रभावी खुराक (Sv)

प्रभावी खुराक को जानने के लिए दो संशोधक का उपयोग किया जाता है:

1. **<u>आर डब्ल्यू एफ (रेडिएशन वेटिंग फैक्टर):</u>** यह हमें आयनकारी विकिरण की जैविक रेडियोबायोलॉजिकल प्रभावशीलता (कोशिकाओं के डीएनए को जैविक नुकसान) पर विचार करके Gray को संशोधित करता है। जैसे की:

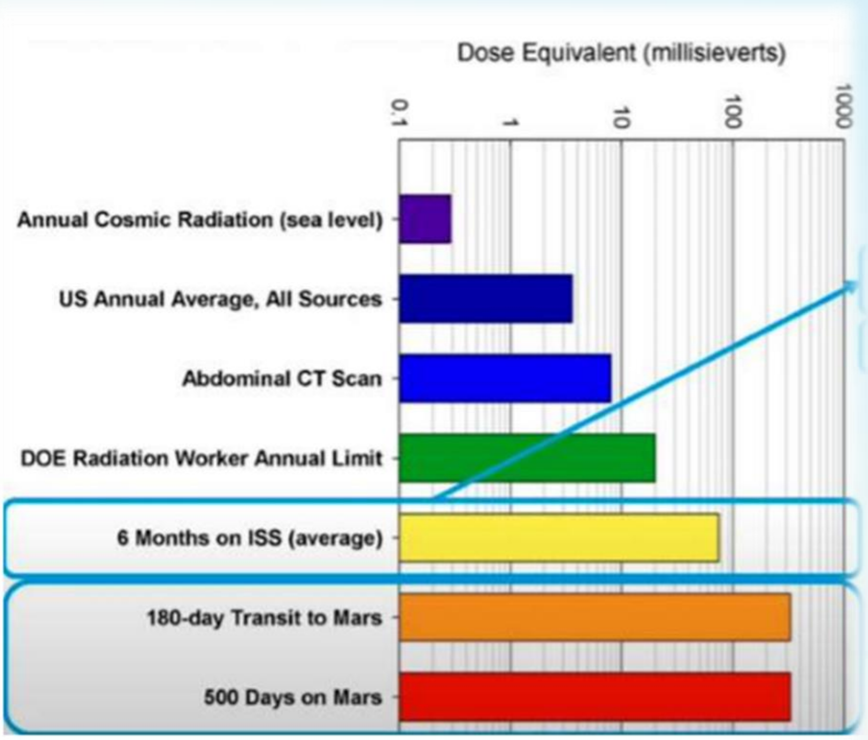
बीटा, गामा, एक्सरे आर.डब्ल्यू .एफ. = 1

अल्फा कण,RWF=20

2. **<u>ऊतक भार कारक (TWF-Tissue weight factor) :</u>** यह संशोधक समतुल्य खुराक को और शरीर में उपस्थित प्रत्येक ऊतक पर विकिरण प्रेरित कैंसर उत्पन्न करने की

सापेक्षिक संवेदनशीलता पर विचार करके इसे और संशोधित करता है। जैसे :

फेफड़े: 0.12
लिवर: 0.04
मस्तिष्क:0.01
समतुल्य खुराक (Sv)=अवशोषित खुराक(Gy/hr) x आर.डब्ल्यू .एफ. (Rays)
प्रभावी संपूर्ण खुराक (Sv) = समतुल्य खुराक (Sv) x टी.डब्ल्यू.एफ(ऊतक की)
REID=प्रभावी खुराक और अंग खुराक का अनुमान व्यक्तिगत आधार पर लगाया गया। विकिरण जोखिम को एक्सपोज़र प्रेरित मृत्यु के जोखिम (REID-Risk of exposed radation, %) के रूप में व्यक्त किया गया
विभिन्न विकिरण रीडिंग चित्र(4) में दिखाया गया है ।



चित्र 4: विकिरण **रीडिंग**

विभिन्न अंतरिक्ष एजेंसियों के अंतरिक्ष यात्रियों के लिए विकिरण खुराक सीमा तालिका (1) में दी गई है ।

अंतरिक्ष एजेंसियों	Career विकिरण खुराक सीमा
Canadian Space agencies कैंडानियन अंतरिक्ष एजेंसी	1000 mSv
यूरोपीयन अंतरिक्ष एजेंसी ESA	1000 mSv
रूसी संघीय अंतरिक्ष एजेंसी	1000 mSv

Russian federal space agencies	
जापानी एयरोस्पेस अन्वेषण एजेंसी Japanese Aerospace exploration agencies	3%REID*
नासा NASA	3%REID

तालिका (1) L: अंतरिक्ष यात्रियों के लिए विकिरण खुराक सीमा
उपरोक्त सीमा के आधार पर अंतरिक्ष यात्री करियर की आयु तय की जाती है ।
महिला एवं पुरुष अंतरिक्ष यात्री की विकिरण खुराक सीमा तालिका (2) में दी गई है ।

आयु	E (mSv) for a 3% REID (Ave Life loss per Death, y)	
	Males	Females
30	620 (15.7)	470 (15.7)
35	720 (15.4)	550 (15.3)
40	800 (15.0)	620 (14.7)
45	950 (14.2)	750 (14.0)
50	1150 (12.5)	920 (13.2)
55	1470 (11.5)	1120 (12.2)

तालिका (2): **महिला एवं पुरुष** अंतरिक्ष यात्री की विकिरण खुराक सीमा

5. अंतरिक्ष यात्रियों के लिए अंतरिक्ष विकिरण सुरक्षा तकनीकें:

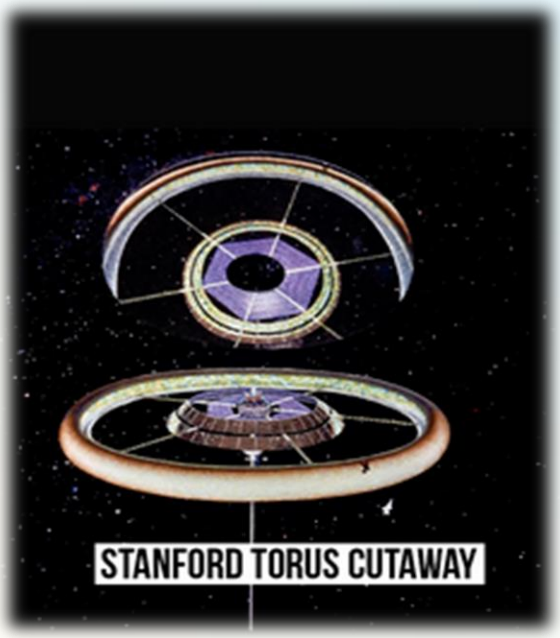
परिरक्षण अंतरिक्ष विकिरण स्पेक्ट्रम को अवरुद्ध कर मनुष्यों को विकिरण से बचाता है इसकी दो मुख्य श्रेणियां हैं:

1.निष्क्रिय परिरक्षण (Passive Sheilding): Crew module की रचना मोटी दीवारों के साथ की जानी चाहिए जो आने वाले कणों को उनकी ऊर्जा के आधार पर रोक सकते हैं। निष्क्रिय विकिरण परिरक्षण में किसी व्यक्ति और विकिरण के स्रोत के बीच भौतिक सामग्री को रखना है। निष्क्रिय परिरक्षण रणनीति में crew module की रचना शामिल है -जिसमें लॉन्च द्रव्यमान की सीमा के साथ-साथ Crew module लिए आवश्यक दीवार की मोटाई सपेक्षित रचना है। crew module को इस तरह से बनाने की आवश्यकता है, ताकि चरम सौर घटनाओं के दौरान अंतरिक्ष यात्री को हानिकारक विकिरण से बचाया जा सके। इसे Crew module में बढ़ी हुई दीवार की मोटाई के साथ एक निर्दिष्ट क्षेत्र समर्पित करके प्राप्त किया जा सकता है, जहां चालक दल के सदस्य सौर घटना के जोखिम को कम करने के लिए आश्रय ले सकते हैं।

2. सक्रिय परिरक्षण (Active sheilding): सक्रिय अंतरिक्ष विकिरण परिरक्षण पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र से प्रेरित है जो आने वाले अंतरिक्ष विकिरण के कुछ हिस्सों को विक्षेपित करने और फंसाने दोनों का काम करता है।
यह निम्नलिखित हैं:

1. <u>इलेक्ट्रोस्टैटिक परिरक्षण **(Electrostatic-shielding):**</u> यह नकारात्मक चार्ज विकिरण को धीमा करने के लिए Crew module के चारों ओर एक विद्युत क्षेत्र बनाता है जिसमें नकारात्मक क्षमता बाहर की ओर होती है।

2.2 <u>चुंबकीय परिरक्षण (Magnetic-shielding):</u> इसमें सुपर संचालित सोलनॉइड का उपयोग करके अंतरिक्ष यान के चारों ओर एक बड़ा चुंबकीय क्षेत्र की रचना शामिल है।)There are known and suspected physiological effects of moving within a strong mag field) एक मजबूत पत्रिका क्षेत्र के भीतर घूमने के ज्ञात और संदिग्ध शारीरिक प्रभाव हैं। Crew module को महत्वपूर्ण चुंबकीय क्षेत्र प्रभाव रहित योग्य क्षेत्र की रचना करनी होती है. एक टोरस के आकार की रचना, जिसमें टोरस के अंदर एक संरक्षित क्षेत्र होता है, यह लेआउट सोलनॉइड्स के बीच एक छोटे से क्षेत्र की अनुमति देता है जो चुंबकीय क्षेत्र से मुक्त है, जबकि अभी भी बड़ी दूरी पर चुंबकीय क्षेत्र आदर्श द्विध्रुव क्षण उत्पन्न करता है। टोरस के आंतरिक परिरक्षित क्षेत्र में आवेशित कण पहुंचने से पहले या तो चुंबकीय क्षेत्र द्वारा विक्षेपित हो जाते हैं या चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं के साथ फँस जाते हैं। टोरस चित्र(5) में दिखाया गया है ।



चित्र 5: टोरस **परिकलपि** चित्र

2.3. <u>**प्लाज्मा परिरक्षण :(Plasma Shielding**)</u> यह आयनित कण का एक द्रव्यमान है ,जो विद्युत चुम्बकीय क्षेत्रों द्वारा फंसा हुआ है एवं crew module के चारों ओर घूमता है। यह सुरक्षा तीन गुना है: पहला, सकारात्मक क्षमता वाला एक इलेक्ट्रोस्टैटिक क्षेत्र, जो सकारात्मक रूप से चार्ज किए गए विकिरण को रोकता है। इसके बाद, सकारात्मक क्षमता की ओर खींचे गए नकारात्मक चार्ज कणों को फंसाने के लिए एक जोड़ा जाता है। अंततः, ये नकारात्मक आवेशित कण धनात्मक आवेशित सतह की ओर खींचे जाएंगे, जो सतह को निष्क्रिय कर सकते हैं; इस प्रकार, निष्क्रिय current अवशोषित ढाल चुंबकीय क्षेत्र में लगाई जाती है, जिससे Negative कणों को सकारात्मक सतह पर कम प्रभाव होता है। वर्तमान- यह प्रणाली अधिक जटिल है, इसमें निष्क्रिय, इलेक्ट्रोस्टैटिक और चुंबकीय परिरक्षण का लाभ लिया गया है,और उन्हें एक अत्यधिक प्रभावी रूप में जोड़ा है।

इलेक्ट्रोस्टैटिक ढाल बेहतर विकल्प हैं, किंतु वे केवल Negative (नकारात्मक) कणों को पीछे हटाते हैं, वह Positve (सकारात्मक) कणों को भी खींचते हैं, जिससे एक करंट प्रवाह बनता है .जिसका प्रतिकार किया जाना चाहिए। इसके अतिरिक्त, इलेक्ट्रोस्टैटिक परिरक्षण वोल्टेज स्तर द्वारा सीमित होती हैं, जो बदले में कणों के ऊर्जा स्तर को सीमित करती हैं जिन्हें वे विक्षेपित कर सकते हैं। दूसरी ओर, चुंबकीय ढालें धाराओं को एकत्रित नहीं करती हैं और सभी अपेक्षित विकिरण स्तरों के लिए प्रभावी परिरक्षण प्राप्त कर सकती हैं। अंत में, प्लाज़्मा ढाल, सभी तीन दृष्टिकोणों में सबसे हल्के और सबसे कम बिजली की खपत करने वाली है लेकिन इसकी रचना बहुत कठिन हैं।

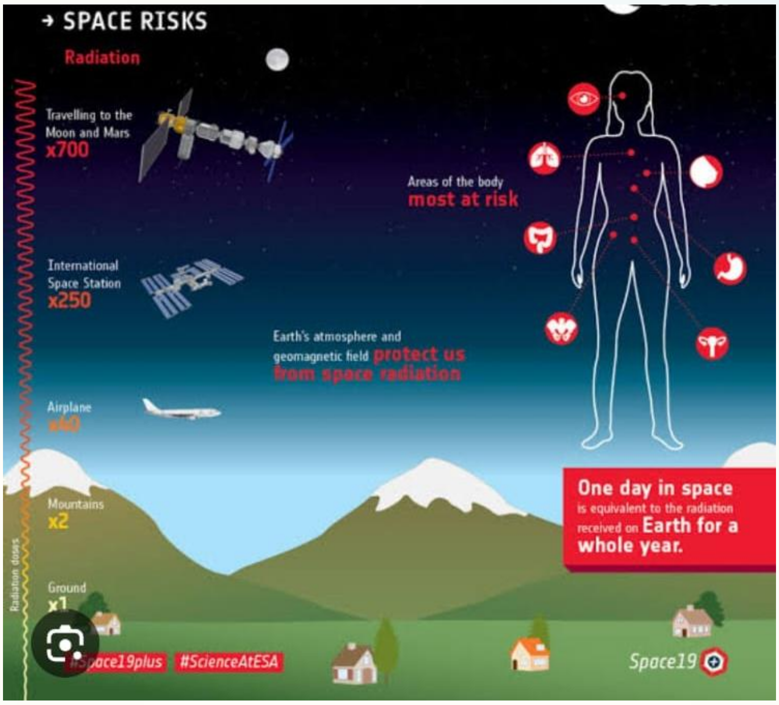
1. **आईएसएस** **(International Space Station)**

आईएसएस ज्यादातर कब्जे वाले स्थानों, जैसे स्लीपिंग क्वार्टर और गैलरी में पॉलीथीन जैसे हाइड्रोजन समृद्ध परिरक्षण का उपयोग करेगा।

2. **नासा** **(NASA):**

अंतरिक्ष यात्री डोसीमीटर पहनेंगे जो अंतरिक्ष यात्रियों पर पड़ने वाले विकिरण की खुराक को मापेगा और यह सत्यापित करने के लिए ग्राउंड स्टेशन द्वारा ट्रैक किया जाएगा कि वे विकिरण खुराक की स्वीकार्य सीमा के भीतर हैं

अपोलो 11 के चालक दल को विकिरण का कितना जोखिम मिला, इसे चित्र(7) में दिखाया गया है ।
अपोलो 11 के चालक दल वैन एलन विकिरण बेल्ट को पार करते समय प्रति सेकंड 1.67 mSv के संपर्क में थे। यह मिशन के दौरान विकिरण बेल्ट के माध्यम से 3 घंटे की यात्रा में 1.8 Sv के कुल जोखिम के बराबर है। हालाँकि, 1 SeV या अधिक के संपर्क में आने से घातक चोटें आती हैं । अपोलो 11 अंतरिक्ष यात्रियों की त्वचा के लिए 0.18 रेड की विकिरण रीडिंग, महत्वपूर्ण रूप से, कम पृथ्वी की कक्षा तक सीमित मिशनों की विकिरण रीडिंग से भिन्न नहीं थी ।



चित्र 7: के चालक दल को विकिरण का जोखिम

स्पेससूट द्वारा विकिरण का बचाव

स्पेससूट एएल, टाइटेनियम और टेफ्लॉन जैसी अन्य सामग्रियों का उपयोग किया गया था,इसे चित्र(8) में दिखाया गया है ।

नासा के अंतरिक्ष यान उन सामग्रियों से बनाए गए हैं ,जो विकिरण के खिलाफ ढाल के रूप में कार्य करते हैं। अपोलो 11 कैप्सूल का परिरक्षण लगभग 7 मिमी मोटी लेड (Lead) की दीवार है। इन स्पेस सूटों में लेड (जो बहुत घना है और गति के प्रति प्रतिरोधी)नहीं था ।लेड के बजाय, विभिन्न सामग्रियां - विशेष रूप से एल्यूमीनियम, टाइटेनियम और टेफ्लॉन - अंतरिक्ष यात्रियों को विकिरण से बचाने के लिए अंतरिक्ष सूट में उपयोग की जाने वाली प्राथमिक सामग्रियां थीं। लेकिन एल्युमीनियम गामा या न्यूट्रॉन किरणें के खिलाफ प्रभावी ढाल प्रदान नहीं करता है । उपलब्ध जैविक डेटा इंगित करता है कि

चित्र 8: स्पेससूट

अनुप्रयोगों के लिए मोटाई सीमा में स्वाभाविक रूप से अस्वास्थ्यकर आंतरिक अंतरिक्ष यान वातावरण उत्पन्न कर सकती हैं । संक्षेप में, वैज्ञानिक प्रमाण बताते हैं कि गहरे अंतरिक्ष में यात्रा की स्वास्थ्य संबंधी चुनौतियाँ अनसुलझी हैं और चंद्रमा और उससे भी आगे तक मानवयुक्त उड़ानों को असंभव बना देती हैं।

6. निष्कर्ष:

अंतरिक्ष विकिरण परिरक्षण के विभिन्न तरीकों की जांच करने पर, यह स्पष्ट है कि अंतरिक्ष यात्रियों को अंतरिक्ष के विकिरण वातावरण से पर्याप्त रूप से बचाने के लिए कोई भी अच्छा समाधान वर्तमान में मौजूद नहीं है। इनमें से अधिकांश सुरक्षा तकनीकें विकास चरण में हैं। हालाँकि, अब जिन विचारों की जांच की जा रही है वे भविष्य में अनिवार्य समाधान के रूप में विकसित होने के लिए एक ठोस आधार तैयार करते हैं।

लेखक परिचय

श्रीमती नेहा जैन ने, जी. आर .के .आई. एस. टी., जबलपुर से यांत्रिकी में स्नातक एवं बीआईटीएस, पिलानी से एम.एस. की डिग्री हासिल की है। वर्तमान में यह वैज्ञानिक/अभियंता- एस. ई. के पद पर सौर पैनल प्रभाग, यू .आर. राव उपग्रह केन्द्र , बेंगलूरु में कार्यरत हैं ।

श्रीमती शिल्पी शर्मा ने सरकारी विश्वविद्यालय, अजमेर से यांत्रिकी में स्नातक एवं टी. यू.डी., जर्मनी से एम.एस. की डिग्री हासिल की है। वर्तमान में यह वैज्ञानिक/अभियंता- एस. ई. के पद पर एस. ए. डी., यू आर राव उपग्रह केन्द्र, बेंगलूरू में कार्यरत हैं ।

12. गगनयान के EEE घटक

- राजीव रंजन, के. विजयपाल,
मेहा श्रीवास्तव, ए. आर. खान

प्रस्तावना

गगनयान भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) के अब तक के अभियानों से अलग पहला मानवयुक्त अभियान हैं| अंतरिक्ष में मानव-वाहक रॉकेट का प्रक्षेपण, मानव-जीवन के लिए अत्यावश्यक परिवेश, सुविधा-सहित गगनयान का निर्माण, उसके सफलतापूर्वक उड़ान और अवतरण के निमित उपकरणों, उपतन्त्रों का संपूर्ण गुणत्ता , शून्य-दोष एवं अतिउच्च विश्वसनीयता के साथ निष्पादन गगनयान अभियान को चुनौतीपूर्ण बनाता हैं | इस परिप्रेक्ष्य में गगनयान में प्रयुक्त होने वाले घटकों की अतिविश्वसनीयता कायम रखना अहम हो जाता हैं| प्रस्तुत पत्र में गगनयान में प्रयुक्त होने वाले घटकों के गुणवत्ता स्तर और उपयोग से पूर्व उनके परीक्षण की विस्तार से विश्लेषण किया गया हैं।

शब्द - संकेत

EEE component - Electrical, Electronic and Electromechanical घटक , QML-Qualified manufacturer list - योग्य निर्माता सूची, QPL-qualified part list - योग्य घटक सूची, PRB - पार्ट्स रिव्यू बोर्ड—QCI - Quality conformance inspection, LAT- Lot acceptance test ,VOQ-verification of quantity, SEE -Single Event Effects - एकल घटना प्रभाव, PPL-preferred parts list, MIL-PRF- US मिलिटरी विनिर्देश , Radiation- विकिरण ESD-Electro static device - विद्युतस्थैतिक युक्ति, WRB -वेबर रिव्यू बोर्ड, screened-संसाधित, एस आर ई - स्पेसक्राफ्ट रिकवरी एक्सपेरिमेंट

परिचय

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) ने कई चुनौतीपूर्ण एवं कठिन अंतरिक्ष अभियानों को सफलतापूर्वक पूरा किया हैं| पर, मानव को अंतरिक्ष में भेजना, चंद्रयान और मंगलयान अभियानों से पूर्णत: भिन्न इसरो के लिए एक नवीन एवं अति जटिल अभियान हैं| मानवयुक्त अभियानों के लिए मुख्य चुनौतियों में से एक, ऐसे अंतरिक्षयान का निर्माण करना हैं जिसमे अंतरिक्षयात्री अंतरिक्ष में भी पृथ्वी –समान वातावरण में रह सके तथा दूसरी चुनौती अंतरिक्षयान को उसकी परिक्रमण कक्षा से सुरक्षित वापस लाना हैं| अब तक के इसरो के अन्य अभियान में मानवयुक्त अंतरिक्षयान को पृथ्वी के वायुमंडल से वापस लाना शामिल नहीं था | एस आर ई (स्पेसक्राफ्ट रिकवरी एक्सपेरिमेंट) अभियान में भी मानवरहित अंतरिक्षयान को ही वापस लाया गया हैं|

जब कोई अंतरिक्षयान पृथ्वी के वायुमंडल में प्रवेश करता है तो उसे अतिउच्च तापमान जो वायु-घर्षण के कारण उत्पन्न होता हैं का सामना करना पड़ता हैं | गगनयान के प्रक्षेपण के समय से लेकर वापस आने तक हर समय आवश्यक उपतंत्रो का वांछित विनिर्दशानुसार काम करते रहना अत्यावश्यक हैं| हर उपतंत्र में विभिन्न प्रकार के सैकड़ो घटक इस्तेमाल किये जाते हैं| इन घटकों की गुणवत्ता और विश्वसनीयता पर ही सभी उपतंत्रो के कार्य निर्भर करते है| इन EEE घटकों को चरम तापमान, दवाब,

विकिरण, त्वरण में भी अपने सभी विनिर्देशों के अनुरूप कार्य करना अभियान की सफलता के लिए अत्यावश्यक है |

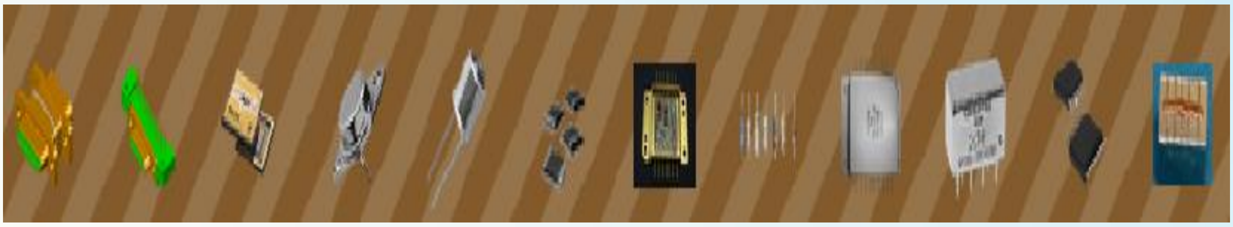
EEE घटक

EEE घटकों के अंतर्गत आते हैं:

संधारित्र तार और केबल रिले स्विच ट्रांसफार्मर सम्बन्धक डायोड ट्रांजिस्टर

थर्मिस्टर प्रतिरोधक प्रेरक फ़िल्टर

कनेक्टर मैक्रो सर्किट्स



ये सारे घटक गगनयान के विभिन्न उपतंत्रों में आवश्यकतानुसार बहुतायत प्रयुक्त होते हैं | विभिन्न प्रकार के परीक्षण लॉट विशेष परीक्षण – QCI (Quality conformance inspection) LAT (Lot acceptance test ,VOQ (verification of quality) कर के अवयवों की गुणवत्ता और विश्वसनीयता सुनिश्चित की जाती है |

ESD स्थैतिक विद्युत विसर्जन प्रकृति से प्रच्छन्न होती है | ESD नियंत्रण पहलू को अभिकल्पना और विकास के ही सभी चरणों में अपनाना चाहिए | ज्यादा संवेदनशील अवयवों के लिए पृथक ESD नियंत्रण योजना को अपनाने की ज़रूरत है | विकिरण के कारण होने वाले प्रभावों (SEE -Single Event Effects) एकल घटना प्रभाव को, निर्माण के समय ही सम्बोधित किया जाना चाहिए क्योंकि प्रक्रम तकनीक द्वारा केवल सीमित रक्षण ही सम्भव हैं |

गगनयान के घटक

- मानवयुक्त और मानवविहीन उड़ानों के EEE अवयवों की गुणवत्ता में कोई अंतर नहीं रखा जाना चाहिए | EEE अवयवों का चयन सिद्ध /परीक्षित योग्यता, निरूपण और इतिहास/परम्परा के आधार पर किया जाना चाहिए |
- किसी भी नये अवयव का उपयोग मेनफ्रेम तंत्र के लिए नहीं किया जाना चाहिए | परंपरागत अवयवो के अप्रचलन के कारण नये अवयवों का प्रयोग आवश्यक योग्यता परीक्षण के बाद किया जाता हैं | PRB (पार्ट्स रिव्यू बोर्ड) के द्वारा अनुमोदन के बाद ही ऐसे नये अवयवों का उपयोग किया जाएगा | प्रायोगिक प्रदायभारों के लिए नये अमानक अवयवों के उपयोग पर PRB (पार्ट्स रिव्यू बोर्ड) के द्वारा अनुमोदन के बाद विचार किया जा सकता हैं |
- वैसे अवयव जो अपने निर्माण तिथि से 5 साल से ज्यादा समय तक संचित (स्टोर्ड) किये गए हो उनका रिलाईफिंग किया जाना चाहिए |

- पीसीबी पर आरोपण के समय EEE अवयवों के डेटकोड (निर्माण-तिथि कोड) को 10 वर्ष से कम होने तक ही सीमित करना चाहिए | WRB (वेबर रिव्यू बोर्ड) के अनुमोदन के बाद ही 10 वर्ष से अधिक समय तक संचित (स्टोर्ड) अवयवों का उपयोग करना चाहिए |
- एक पृथक परियोजना विशेष PPL (preferred parts list) बनाई जानी चाहिए |

EEE अवयव प्रबंधन:

गगनयान के प्रक्षेपण यान में EEE अवयव प्रबंधन :

PPL में सूचित अवयवों का ही उपयोग प्रक्षेपण यान में किया जाना चाहिए | क्रांतिक critical अनुपयोगों के लिए सक्रिय घटकों के कम से कम MIL -STD 883 B स्तर का उपयोग उडडयानिकी उपतंत्रो में किया जाता हैं | अ-क्रांतिक (Noncritical) अनुप्रयोगों के लिए non-mil या औद्योगिक स्तर के अवयवों का उपयोग किया जाता है | क्रांतिक और अक्रांतिक अनुप्रयोगों के लिए स्थापित विश्वसनीयता वाले निष्क्रिय अवयवों जिनकी विफलता दर R या S हो का उपयोग किया जाना चाहिए |

गुणवत्ता निर्धारण के परीक्षण

निम्न चरणों में युक्तियो की गुणवत्ता सुनिश्चित की जाती हैं, साथ ही अयोग्य युक्तियों को पृथक किया जाता

- प्रशिक्षित कार्मिको द्वारा दृश्य परीक्षण के माध्यम से युक्तियो के लीड ,उनके पैकेजिंग स्थिति, युक्तियों पे लिखित सूचनाये जैसे पार्ट नंबर , डेट कोड , निर्माता , निर्माता राष्ट्र इत्यादि सुचनाऍ की जाँच |
- युक्तियों के साथ प्राप्त दस्तावेज़,पत्रों (क्रय आदेश ,क्रमांक संख्या ,पार्ट नंबर ,लाट नंबर डेट कोड , निर्माता के द्वारा विक्रेता को जारी किये गए प्राधिकृति प्रमाणपत्र) की जाँच
- अंकन स्थायित्व (marking permanency) जाँच के द्वारा अंकन की जाँच
- रेडियोग्रफिक परीक्षण के द्वारा युक्तियों के आतंरिक संरचना की जाँच
- जीवन परीक्षण के द्वारा युक्तियों के दीर्घ काल विश्वसनीयता की जाँच
- विनाशकारी भौतिक विश्लेषण द्वारा युक्ति के निर्माण में प्रयुख कर्मकौशल की जाँच
- विद्युतीय जाँच द्वारा युक्तियों के विनिर्देशों के अनुरूप उनकी कार्यात्मकता और परिचालनता की जाँच
- नमूनों पे सील लीक परीक्षण के द्वारा युक्तियों की जाँच
- लीड पदार्थ की संरचना सुनिश्चित करना

गगनयान के EEE घटक प्रबंधन:

वर्तमान दिशानिर्देशों के अनुसार उच्चतम गुणवत्ता MIL /ESA /NASA स्तर वाले घटकों का उपयोग ही उपग्रहों में किया जाता हैं | इन घटकों का निर्माण और परीक्षण अंतरिक्ष मानकों के अनुरूप किया जाता हैं |

NASA /ESA PPL के अनुसार घटकों को 4 भिन्न गुणवत्ता स्तर (स्तर-1, स्तर-2, स्तर-3, स्तर-4) में वर्गीकृत किया गया हैं | अनुप्रयोग, जोखिम के अनुसार घटकों का स्तर चयन किया जाता हैं | मानव अभियानों और विकट अभियानों के लिए नासा स्तर-1, उच्चतम विश्वसनीयता वाले घटकों के उपयोग का सुझाव देता हैं |

इसरो के प्रक्षेपण यान, उपग्रहों और अन्य अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष संगठनो में उपयोग किये जाने वाले घटकों के गुणवत्ता स्तर के आधार पर गगनयान अभियान के लिये EEE अवयवों की द्विस्तरीय गुणवता, स्तर-1 और स्तर-2 के नाम से निर्धारित की गई है | स्तर-1 क्रू और सर्विस मॉडयूल के लिए तथा स्तर -2 प्रक्षेपण यान के लिए |

गगनयान अभियान के लिये EEE अवयवों के लिए निम्नलिखित नीति अपनाई गई हैं

1. मानव और मानवरहित उड़ानों के अवयवो में कोई अंतर नहीं किया जाना चाहिए |
2. EEE अवयवो के उच्चतम गुणत्ता स्तर (स्तर-1) का उपयोग क्रू-माडुल और सर्विस माडुल के लिए किया जाना चाहिए |
3. प्रक्षेपण यानो में स्तर -2 या इससे बेहतर गुणत्ता वाले EEE घटकों का उपयोग किया जाना चाहिए |
   औद्योगिक श्रेणी के घटकों का उपयोग प्रक्षेपण यानो में पुनरीक्षण के साथ किया जा सकता हैं या उनके स्थान पर स्तर -2 के घटक का उपयोग किया जा सकता हैं|
   विभिन्न प्रकार के अवयवों के गुणवत्ता स्तर सारणी -1 और 2 में परिभाषित है |

सारणी -1 (स्तर-1 घटक के गुणवत्ता स्तर)-- सक्रिय घटक	
A. IC (इंटीग्रेटेड सर्किट्स)	
- रैखिक - अंकीय	- QML में सूचीबद्ध उत्पादक से MIL- PRF-38535 में QML V योग्य / संशाधित | - QPL में सूचीबद्ध उत्पादक से ESCC 9000 योग्य / संशाधित | - QPL में सूचीबद्ध उत्पादक से MIL-M-38510, S श्रेणी योग्य / संशाधित |
B. **असतत अर्धचालक**	
डायोड, ट्रांजिस्टर FETS, MOSFETS Opto Couplers	-QPL में सूचीबद्ध उत्पादक से MIL-PRF-19500 JAN S / JAN S योग्य / संशाधित | - QPL में सूचीबद्ध उत्पादक से ESCC 5000 योग्य / संशाधित
C. RF युक्तियाँ	

असतत अर्धचालक युक्तियाँ	- QPL में सूचीबद्ध उत्पादक से MIL-PRF-19500 JANS/ JANS योग्य / संशाधित - QPL में सूचीबद्ध उत्पादक से ESCC 5010 योग्य / संशाधित
कालद दोलित्र	QPL में सूचीबद्ध उत्पादक से MIL- PRF-55310 के अनुसार S श्रेणी संशाधित।
विलगक / परिसंचरित्र	ESCC QPL उत्पादक के आतंरिक उच्च विश्वसनीयता उत्पादन प्रवाह से
अक्रिय घटक	उत्पादक के आतंरिक उच्च विश्वसनीयता उत्पादन प्रवाह से।
सक्रिय घटक	उत्पादक के आतंरिक उच्च विश्वसनीयता उत्पादन प्रवाह से।
MMICs	ESCC सामान्य विनिर्देश के अनुसार
RF संयोजक	MIL-C-39012 योग्य या परीक्षण के साथ वैसे निर्माता से जो पूर्व में आपूर्ति कर चुके है।
अक्रिय घटक	
प्रतिरोधक (लिडेड और चिप)	स्थापित विश्वसनीयता स्तर के घटक जिनकी विफलता दर 'S', 'R' के साथ QPL में सूचीबद्ध उत्पादक से विभिन्न प्रकार के प्रतिरोधको के लिए Mil विनिर्देश के अनुसार क्रय किये जाने चाहिए।
संधारित्र (लिडेड और चिप)	स्थापित विश्वसनीयता स्तर के घटक जिनकी विफलता दर 'S', 'R' के साथ QPL में सूचीबद्ध उत्पादक से विभिन्न प्रकार के प्रतिरोधको के लिए Mil विनिर्देश के अनुसार क्रय किये जाने चाहिए। जिनकी विफलता दर स्तर 'C' for Tantalum संधारित्र के लिए है।
प्रेरक RF Chokes	MIL-PRF-83446. के अनुसार MIL QPL प्रदायक ।
माइक्रो स्विच	MIL QPL प्रदायक से जाँच (स्क्रीनिंग)के साथ। नान -QPL प्रदायक जो पहले आपूर्ति किये हैं , परीक्षण के साथ
थर्मिस्टर	PTC: MIL-T-23648 के QPL निर्माता। NTC: GSFC के S311-P-18 विनिर्देश के अनुसार।
PRTs	ESCC 4006 के अनुसार स्तर B
हीटर	ESCC विनिर्देश. 4009 या इसरो विनिर्देश ISRO- ISAC-TR-0233.
Cores	प्रदायक जो पहले आपूर्ति किये हैं।
EMI छननी	MIL-F-15733 के QPL निर्माता।
तार/केबल	MIL-C-27500/MIL-W-81381 के अनुसार।
विधुतयाँत्रिकी घटक	
रिले -Latching/ Non-latching	- नान लैचिंग रिले QPL में सूचीबद्ध उत्पादक से ESCC 3601 में योग्य / संशाधित। - लैचिंग रिले QPL में सूचीबद्ध उत्पादक से ESCC 3601 में योग्य / संशाधित।
संयोजक	- QPL में सूचीबद्ध उत्पादक से ESCC 3401 में योग्य / संशाधित

फ़्यूज	- QPL में सूचीबद्ध उत्पादक से MIL-F- 23419/8 में योग्य / संशाधित
DICE	
असतत अर्धचालक	-QPL/QML में सूचीबद्ध उत्पादक से MIL-PRF-19500 JANKC में योग्य / संशाधित।
इंटीग्रेटेड सर्किट्स)	-QPL/QML में सूचीबद्ध उत्पादक से MIL-PRF-38534 Class K में योग्य / संशाधित।
HMC	
आयातित	- MIL-PRF-38534 Class K में योग्य / संशाधित। - ESA-PSS-01-606/608
देशज	ISRO-PAS-206

गैर मानक / विकट घटकों को PRB के स्वीकृति के बाद उपयोग किया जाना चाहिए। देशज निर्माताओं से घटकों के क्रय के समय क्रय विनिर्देश योग्यता निर्धारण के समय दिए गए निर्देशों के अनुरूप ही होना चाहिए।

सारणी - (स्तर-2 घटक के गुणवत्ता स्तर)	
युक्तियों के प्रकार	गुणवत्ता आवश्यकताए
माइक्रोसर्किट्स	1. QML में सूचीबद्ध उत्पादक से MIL-PRF-38535 परीक्षण के साथ। 2. QPL में सूचीबद्ध उत्पादक से MIL-M-38510 class B परीक्षण के साथ। 3. देशज class B परीक्षण के साथ।
असतत घटक	QML में सूचीबद्ध उत्पादक से JANTXV, JANTX, परीक्षण के साथ।
हैब्रिड्स	Class H परीक्षण के साथ। देशज class B परीक्षण के साथ।
माइक्रोवेब घटक	उच्च विश्वसनीयता स्तर के घटक ,परीक्षण के साथ।
अक्रिय घटक	स्थापित विश्वसनीयता स्तर दर 'S', 'R' के घटक ,परीक्षण के साथ।

गगनयान घटकों के लिए विकिरण कठोरता आश्वासन

निम्न भू कक्षीय (LEO) अभियानों के लिए अनुशंसित विकिरण आश्वासन स्तर है : TID (पूर्ण आयानित मात्रा)10 Krad (Si), 80 MeV-cm^2/mg SEL (सिंगल इवेंट लैच-अप) रेखीय उर्जा सीमा और 40 MeV-cm^2/mg SEU (सिंगल इवेंट अपसेट) रेखीय उर्जा सीमा।

गगनयान जैसा की निम्न भू-कक्षीय और निम्न काल अभियान हैं। इसके लिए विकिरण कठोरता की आवश्यकता भी निम्न भू-कक्षीय अभियानों जैसी ही होगी। गगनयान के घटकों की क्रय-विनिर्देशो के लिए TID (पूर्ण आयानित मात्रा) 10 Krad (Si) की आवश्यकता को ही आधार माना जाना चाहिए।

घटक स्क्रीनिंग के लिए निम्नलिखित परीक्षणों को अपनाया जाता हैं |

दृश्य परीक्षण	PIND(Particle Impact Noise detection) परीक्षण
विद्युतीय परीक्षण	तापीय चक्रण परीक्षण
बर्न-इन परीक्षण	ज्वलन परीक्षण
रेडिओग्राफिक परीक्षण	अचर त्वरण परीक्षण
आयु परीक्षण (life test)	रुद्ध (सील)) परीक्षण

गगनयान के लिए अधिमानित घटक सूची (PPL - Preferred parts List)

गगनयान के लिए EEE अवयवों की एक अलग अधिमानित घटक सूची जिसमे स्तर-1 और स्तर-2 अलग-अलग हो , तैयार की गई है | घटकों के संचयन के लिए विशेष पर्यावरणीय सुविधा की आवश्यकता होती हैं | जैसे सापेक्षिक आद्रता 50 ± 5% और तापमान 21±2ºC.

निष्कर्ष

गगनयान के लिए EEE घटकों की गुणवत्ता , उनका परीक्षण उनकी विश्वसनीयता के लिए अत्यावश्यक हैं | जिससे पूर्ण गुणवत्ता और शून्य दोष के साथ सभी उपतंत्रो का निर्माण हो सके | विभिन्न EEE घटकों को क्रय करने से पूर्व और उपयोग से पूर्व ही उनके विनिर्देशो के अंतर्गत और परीक्षण के द्वारा उनकी गुणवत्ता और उनकी विश्वसनीयता सुनिश्चित की जानी चाहिए | इस प्रकार गुणवत्ता सबसे छोटे स्तर घटक स्तर से ही शुरू होती है |

लेखक परिचय

श्री राजीव रंजन ने वर्ष 2007 में भागलपुर इंजीनियरिंग कॉलेज से इलेक्ट्रॉनिक्स एवं संचार इंजीनियरिंग अभियांत्रिकी में बी.ई. डिग्री प्राप्त की हैं । वर्ष 2012 में इग्नू से हिन्दी में स्नातकोत्तर की उपाधि प्राप्त की । वर्ष 2007 से 2019 तक इसरो उपग्रह केंद्र के संचार तंत्र समूह के प्रषित्र प्रभाग में कार्य किया । वर्तमान में घटक क्रय एवं संचय प्रभाग में कार्यरत है | इन्होने वर्ष 2013 में सूक्ष्मतरंग अभियांत्रिकी में स्नातकोत्तर डिप्लोमा प्राप्त की ।

के. विजयपाल ने वर्ष 2005 में ओस्मानिया युनिवर्सिटी से इलेक्ट्रिकल्स एवं इलेक्ट्रॉनिक्स में अभियांत्रिकी में बी.ई. डिग्री प्राप्त की हैं । वर्ष 2006 से यू आर. राव उपग्रह केंद्र के उपग्रह परीक्षण समूह में कार्य किया हैं। वर्तमान में घटक क्रय एवं संचय प्रभाग प्रधान के रूप में कार्यरत है |

13. अंतरिक्ष मे किए गए वैज्ञानिक अनुसंधान प्रयोग

Scientific research experiments conducted in space

रूपाली साहू, सुचेता के एच, उमा बी आर-
सौर पैनल विभाग, ऊर्जा प्रणाली समूह,
यू. आर. एस. सी., बैंगलोर

प्रस्तावना- अंतरिक्ष उड़ान अद्वितीय खतरों एवं तकनीकी चुनौतियों के सफलतापूर्वक विमोचन के लिए एक प्रयास है। अन्वेषण अभियान हमारे सौर मंडल मे अधिक दूरी तक और लंबी अवधि के लिए विस्तारित होते हैं। विश्व के 5 देशों ने मिलकर स्पेस स्टेशन का निर्माण किया जो पृथ्वी के निचले कक्षा मे स्थापित है। इसका उद्देश्य ब्रह्मांड की खोज और अंतरिक्ष मे मानव जीवन की सुरक्षा सुनिश्चित करना- उनका शारिरिक एवं मानसिक स्वास्थ्य मिशन की सफलता के लिए महत्वपूर्ण है। अंतरिक्ष यात्री अपने गमन के दौरान एक अंतरिक्ष यान पर प्रयोग करते हैं। कुछ प्रयोग स्टेशन के अंदर किए जाते हैं जबकि कुछ अंतरिक्ष यान के बाहर किए जाते हैं। कुछ प्रयोगों से यह ज्ञात किया जाता है कि मनुष्य, जीव-जंतु एवं वनस्पति सहित जीवित चीजें कैसे जीवित रहती हैं और अंतरिक्ष के वातावरण के अनुकुल हो जाती हैं। अन्य प्रयोग रासायनिक प्रतिक्रियाओं को देखते हैं जिसमे धातु एवं क्रिस्टल अंतरिक्ष मे कैसे व्यवहार करते हैं। इन प्रयोगों के नतीजे वैज्ञानिकों को भविष्य के अंतरिक्ष अभियानों को समझने और बेहतर बनाने मे मदद कर सकते हैं, और हमे पृथ्वी पर जीवन के बारे में और अधिक ज्ञान प्रदान कर सकते हैं जिससे सुधार लाया जा सकता है। यह सब प्रयोग किसी अंतरिक्ष मिशन के विमोचन का मुख्य कारण हो सकता है या किसी दल के कार्यभार का एक हिस्सा मात्र हो सकता है। इस लेख के माध्यम से हम इन्ही कुछ प्रयोग पर प्रकाश डालेंगे, जो विगत वर्षों मे अंतरिक्ष यात्रियों द्वारा पूर्ण किए गए जिससे हमे भविष्य मे भारत के गगनयान मिशन की उन्नति मे सफलता प्राप्त हो सके।

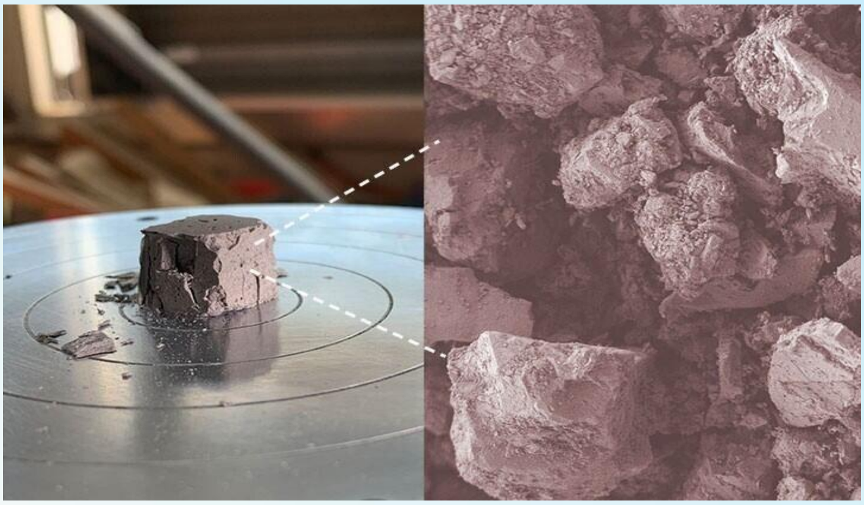
संकेत शब्द: सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण, सीमेंट, चन्द्र, उर्वरता, संचार, वनस्पति, विद्युत ऊर्जा, आहार, अवरक्त प्रकाशिक लेंस, चुंबकीय क्षेत्र, हैम रेडियो, मरम्मत, रोबोटिक, ओ.एस.ए.एम.

अंतरिक्ष मे किए गए प्रयोग जो भविष्य के मानव मिशन के लिए कारगर साबित होंगे-

गैस प्रयोग के साथ “कूल फ्लेम्स” अन्वेषण - वाहनों का इंजन जिसे आंतरिक दहन इंजन भी कहा जाता है विन्दु चिंगारी के संपर्क में आने वाले विस्फोटक ईंधन वायु मिश्रण पर आधारित है। माइक्रोग्रैविटी में लपटें बेहद कम तापमान पर जलती है । ठंडी प्रसार लपटों की रासायनिक संयोजनों के अध्ययन के आधार पर स्वच्छ व अधिक कुशल आंतरिक दहन इंजन निर्माण की संभावना है ।

अन्वेषण के लिए जल प्राप्ति तकनीक- अंतरिक्ष स्टेशन के यूरिन प्रक्रमक असेंबली मैं उत्पादित ब्राइन से अतिरिक्त जल प्राप्त किया जा सकता है ।

चन्द्र आधार बनाना अर्थात सिम्युलेटेड चन्द्र मिट्टी का प्रयोग - अंतरिक्ष में मिलाए गए सीमेंट के गुण पृथ्वी पर मिले सीमेंट से अलग होते हैं । चंद्रमा पर बुनियादी संरचनाओं के निर्माण हेतु सिम्युलेटेड (simulated) चन्द्र मिट्टी का उपयोग एक अच्छा विकल्प प्रस्तुत करता है ।



चित्र 1: जियोपालीमर अलौकिक (Extraterrestrial) सीमेंट का उत्पादन

मानक उपाय अर्थात अंतरिक्ष में मानवीय व्यवहारों का मानकीकरण – अंतरिक्ष में मानव जीवन का अनुकूलन किया जा सके इस हेतु विशेष अध्ययन किए जा रहे हैं । अंतरिक्ष में रहने और काम करने के लिये चालक दल के सदस्यों के अनुकूल होने के तौर तरीकों की जांच हेतु –क्रमांक1) अनुभूति परीक्षण क्रमांक 2) नींद प्रश्नावली क्रमांक 3) रक्त के नमूने तथा क्रमांक 4) अन्य अगणित डेटा । इन सब का प्रयोग करके विश्लेषण किया जा सकता है ।

चित्र 2: मांसपेशी क्षति के रोकथाम हेतु ट्रैडमील का उपयोग(सौजन्य- आई एस एस)

आईएसएस (ISS) हैम रेडियो - विश्व की जनता के साथ अंतरिक्ष यात्रियों का संवाद एक बेहद ही रोचक पहलू है । छात्रों, शिक्षकों और अन्य लोगों को रेडियो इकाइयों का उपयोग करके अंतरिक्ष यात्रियों के साथ संवाद करने का अवसर प्रदान किया जाता है । निर्धारित कॉल से पहले छात्रों को 1)स्पेस स्टेशन 2) रेडियो तरंगों तथा 3) अन्य संबंधित विषयों के बारे में शिक्षित किया जाता है और उनके द्वारा शोध किए गए विषयों के आधार पर प्रश्न सूची तैयार की जाती है ।

प्रयोग व अन्वेषणों में सहायता हेतु एस्ट्रो बी (Astrobee) का उपयोग– आईएसएस (ISS) पर अंतरिक्ष यात्री एस्ट्रो बी (Astrobee) नामक अपने स्वयं के मुक्त उड़ान रोबोटिक सहायकों का उपयोग करते हैं । पहला क्वीन (queen) दूसरा हनी (honey) और तीसरा बम्बल (bumble) क्यूब के आकार (cubed-shaped) की रोबोट की तिकड़ी है, जो स्टेशन को चारों ओर से आबंटित किए हुए हैं । वे चालक दल के सदस्यों को निम्न कार्यों में सहायता करते हैं- नई तकनीक का परीक्षण करने के लिए आईएसएस (ISS) प्रयोगशाला प्रयोजित अन्वेषण में सहायता करना, जो की भविष्य की अंतरिक्ष अभियान को अधिक कुशल व उपाय दे बनाने में सक्षम करेगा ।

अंतरिक्ष में उर्वरता का तथ्य- एक दिलचस्प बात यह है कि अंतरिक्ष विकिरण ने चूहों के शुक्राणु डीएनए या उर्वरता अर्थात प्रजानकता को प्रभावित नहीं किया और धरती पर प्रजानकता को बनाए रखा अर्थात कोई भी असामान्यता पूरी प्रक्रिया में नजर नहीं आई ।

चित्र 3: आई एस एस कक्ष

घर वापस संचार- अंतरिक्ष और पृथ्वी के बीच सूचनाओं के आदान प्रदान के लिए एक सफल प्रौद्योगिकी ने एक संचार व प्रसारण तकनीक की पुष्टि की । इसकी सबसे बड़ी विशेषता यह रही है कि सूचनाएँ अत्यधिक तीव्र गति से प्रसारित की जा सकेंगी तथा द्रुत गति से प्रायोगिक कार्यो का संपादन संभव हो सकेगा ।

अंतरिक्ष में वनस्पति विज्ञान की खोज- अंतरिक्ष में पौधों के विकास के लिए एक नया अविष्कार तंत्र विकसित किया गया जो पौधों को पानी व पोषक तत्व प्रदान कर सकता है । यहाँ पर महत्वपूर्ण यह है कि इस तंत्र को बिजली की आपूर्ति की आवश्यकता नहीं होती ।

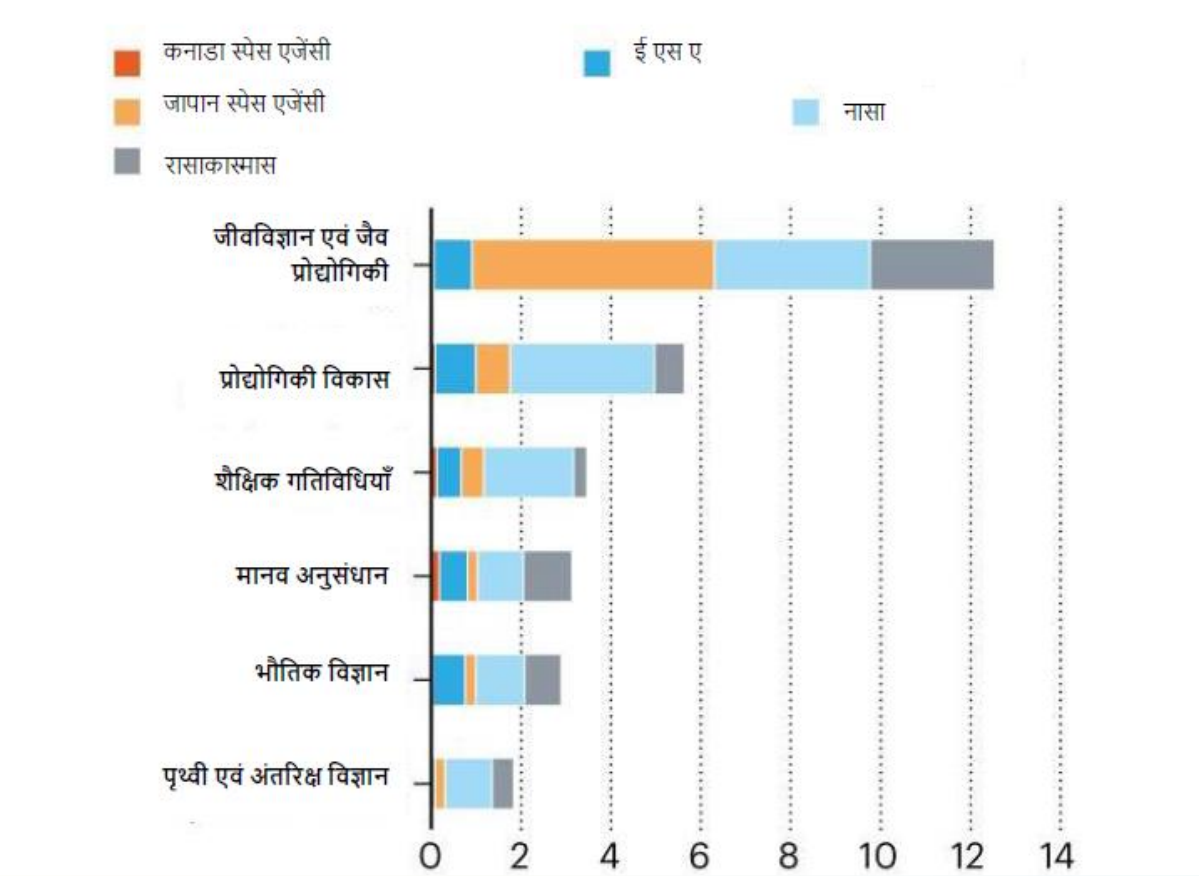
चित्र 4: अंतरिक्ष उद्यान परीक्षण

इस तरह से यह तंत्र पौधों को बढ़ाने के लिए अधिक ऊर्जा प्रदान करता है - विद्युत ऊर्जा की विशुद्ध बचत के रूप में इसे देखा जा सकता है ।

अंतरिक्ष आहार का अनुकूलन- खाद्य फिजियोलॉजी बनाम अंतरिक्ष उड़ान आहार, आहार उन्नयन को अभिव्यक्त करता है । प्रतिरक्षा तंत्र जो की शरीर को संक्रमणों से बचाता है बहुत हद तक आहार की गुणवत्ता के अनुसार बढ़ता है तथा कम पोषक आहार शरीर को जीवाणुओं तथा विषाणुओं के आक्रमण के लिए अनुकूल बना देता है इसलिए खाद्य गुणवत्ता पर अध्ययन करना बेहद जरूरी समझा गया ।

आंत माइक्रोबायो और पोषण संबंधी स्थिति का दस्तावेजीकरण खाद्य शरीर क्रिया विज्ञान (physiology) का उद्देश्य है । आहार के सर्वोत्तम प्रयोग की विधि खोजना इस विज्ञान के द्वारा संभव है। समय के साथ आहार का संयोजन करना जरूरी है इसकी सटीक निगरानी से शारीरिक प्रणालीओं की प्रतिक्रियाओं का अंकन किया जाता है ।

एक JAXA जांच – अवरक्त प्रकाशिक लेंस और विद्युत उपकरणों को बनाने के लिए एक महत्वपूर्ण सामग्री का नाम है – सिलिकॉन(Si) एवं जर्मेनियम (Ge) क्रिस्टल इसके भौतिक गुणों की जांच का कार्य किया जा रहा है खासा दिलचस्प बात है कि पृथ्वी पर ये क्रिस्टल धीरे धीरे बढ़ते हैं तथा ये अशुद्ध होते हैं। लेकिन माइक्रोग्रैविटी में इसकी वृद्धि तेज और अधिक समान होती है तथा ये परिशुद्ध होती है ।



चार्ट 1: विश्व स्तर पर विभिन्न क्षेत्रों मे हुए अंतरिक्ष पर प्रयोग

भविष्य की संभावना यह है कि सिलिकॉन(Si) एवं जर्मेनियम (Ge) सघन क्रिस्टल, हल्के, उच्च रिजॉल्यूशन और कम लागत मूल्य वाले अवरक्त (Infrared) लेंस के उत्पादन में सार्थक हो सकते हैं । वायजर (Voyager) जैसे अंतरिक्ष यान पर ताप-विद्युत (थर्मोइलेक्ट्रिक) उपकरणों हेतु सिलिकॉन(Si) जर्मेनियम (Ge) क्रिस्टल का उपयोग किया गया है ।उत्पादन तकनीक की बेहतरी, भविष्य के अंतरिक्ष अन्वेषण के लिए अच्छे उपकरणों के विकास के काम आ सकता है ।

JAXA का JEM जल पुनर्प्राप्ति तंत्र (JWRS) – यह अशुद्ध जल से पीने योग्य जल के उत्पादन की तकनीक प्रस्तुत करता है । अंतरिक्ष में जीवन को बनाएँ रखने वाले तत्वों की आपूर्ति की दृष्टि से इस तरह का जल पुनर्प्राप्ति तंत्र एक अभिन्न तकनीक की उपयोगिता सिद्ध करता है ।

छात्र कंप्यूटर चुनौती– ई एस ए (ESA) के द्वारा एक अन्वेषण यह किया गया कि कंप्यूटरों को नियंत्रित करने के लिए कोड लिखा गया । एक महत्वपूर्ण तथ्य है कि कंप्यूटर अंतरिक्ष स्टेशन के अंदर के वातावरण को माप सकते हैं अंतरिक्ष यानों के चलने की विधि ज्ञात कर सकते हैं तथा पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र का परीक्षण कर सकते हैं । यह छात्र ई एस ए (ESA) कार्यक्रम अंतरिक्ष मिशनों और अविष्कारों से छात्रों की

जानकारी को उन्नत करने के लिए विकसित किया गया है । नई पीढ़ी को अंतरिक्ष विज्ञान में अपनी सक्रिय सहभागिता की ओर बढ़ाने का कार्य कर रहा है ।

पुराने उपग्रह को अंतरिक्ष में ही मरम्मत करने की क्षमता- नासा (NASA) की नई तकनीक जिससे उपग्रह की उम्र बढ़ाई जा सकेगी । मिशन के तहत उपयोग में न आने वाले उपग्रह को अंतरिक्ष में ही मरम्मत कर दिया जा सकेगा जिससे कुछ और समय तक यह काम कर सकेंगे । इस तकनीक से पुराने उपग्रह में ईंधन भरा जा सकता है और उन्हें उन्नत किया जा सकता है ।

ओ.एस.ए.एम.(OSAM) ऑन आर्बिट सर्विसिंग, असेंबली और मैन्यूफैक्चरिंग- उपकरणों और तकनीक से निर्मित एक रोबोटिक उपग्रह है, जिसे उपग्रह का जीवन बढ़ाने के लिए बनाया गया है है। अंतरिक्ष में इन उपग्रहों की मरम्मत के लिए मनुष्यों को भेजना काफी खर्चीला है । एक बेहतर विकल्प है कि रोबोट को उपग्रहों तक भेजकर उनके मरम्मत करने के साथ साथ उनमें ईंधन भी भरा जा सकता है । यह अमेरिका के महाविद्यालय के अनुसार दो तरह से काम कर सकते हैं- (1) स्वतंत्रतापूर्वक काम करना (2) सार्वजनिक कार्य के मामले में एक दूसरे का सहयोग करना एआईएमएल की मदद से शोधकर्ता टोकन वहाँ ले गए जहाँ आवश्यकता थी ।

चित्र 5: स्पेस सूट डिजाईन

इस तकनीक में पांच रोबोट का उपयोग करके सामूहिक कार्यों को आसानी से पूरा किया जा सकता है ऐस्ट्रोनॉमी मैगजीन के अनुसार आर एस जी एस कार्यक्रम के साथ डी ए आर पी ए उपग्रहों के लिए सर्विसिंग मशीन विकसित कर रहे हैं ताकि उनकी कार्यप्रणाली में बाधाओं को चिन्हित किया जा सके । वर्तमान में हब्बल टेलीस्कोप (Hubble Telescope) और आईएसएस (ISS) पृथ्वी की परिक्रमा करने वाली केवल दो उपग्रह हैं जिन्हें मरम्मत और उन्नयन प्राप्त हुआ है ।

मोटर वाहनों का इंजन जिसे आंतरिक दहन इंजन भी कहा जाता है विन्दु चिंगारी के संपर्क में आने वाले विस्फोटक ईंधन वायु मिश्रण पर आधारित है। सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण में लपटें बेहद कम तापमान पर जलती है। ठंडी प्रसार लपटों की रासायनिक संयोजनों के अध्ययन के आधार पर स्वच्छ व अधिक कुशल आंतरिक दहन इंजन निर्माण की संभावना है ।

इस लेख के सार मे हम यह कह सकते हैं कि, अंतरिक्ष अन्वेषण का वैज्ञानिक क्षेत्र मे कई योगदान या परिणाम- **उपोत्पाद (Spin-offs) है, जो कि निम्नलिखित हैं-**

- जल शोधन एवं पुनर्चक्रण प्रणाली का शोध एवं निर्माण
- हड्डियों एवं मांसपेशियों के पतन की रोकथाम
- सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण में मानव शरीर की कार्यप्रणाली का अध्ययन
- सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण में वनस्पति एवं खाद्य पदार्थों का विकास
- ब्लैक होल का अध्ययन
- सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण में 3डी मुद्रण (3D Printing)
- अंतरिक्ष मे अज्ञात सूक्ष्म जीवों (micro organisms) पर शोध

सूक्ष्मगुरुत्वाकर्षण (Microgravity) वातावरण मे प्रयोगों के लाभ-

- चूंकि अंतरिक्ष वातावरण में लगभग कोई गुरुत्वाकर्षण नहीं है, इसलिए हल्की सामग्री और भारी सामग्री को समान रूप से मिश्रित किया जा सकता है।
- दोष-मुक्त क्रिस्टल संरचनाएँ बनाई जा सकती हैं क्योंकि वहाँ लगभग कोई वजन या गहराई का दबाव नहीं होता है।
- सामग्रियों को पिघलाने वाले बर्तन का उपयोग किए बिना रखा जा सकता है, इसलिए संदूषण अशुद्धियाँ कम हो जाएंगी।

ये सुविधाएँ शोधकर्ताओं को अनुसंधान करने में सक्षम बनाएंगी जो वैज्ञानिक और अभियांत्रिकी के क्षेत्र मे विकास लाएँगी, जैसे कि अंतरिक्ष पर्यावरण की विशिष्ट घटनाओं की खोज करना और उनका दोहन करना या नई सामग्री एवं दवाएँ बनाना।

न्यूनतम निर्वात (vacuum) की स्थिति मे किए गए अन्वेषण-

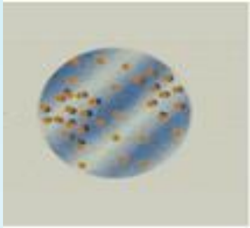
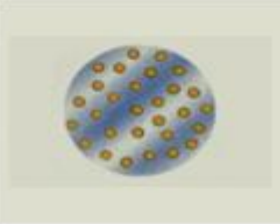
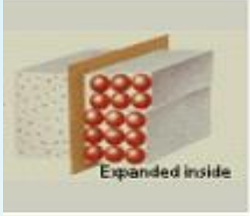
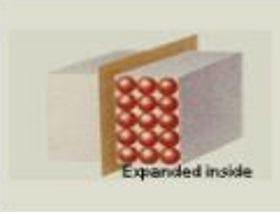
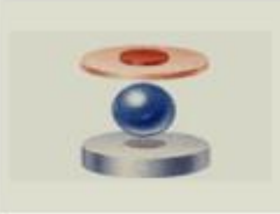
अंतरिक्ष बड़े पैमाने पर न्युनतम निर्वात वातावरण प्रदान करता है जिसे जमीन पर कभी भी प्राप्त नहीं किया जा सकता है। अंतरिक्ष निर्वात का स्तर पृथ्वी से ऊँचाई पर निर्भर करता है। लगभग 400 किमी (250 मील) की आईएसएस ऊंचाई पर, पर्यावरण का दबाव 1Pa का लगभग 100,000वां हिस्सा है, जो जमीन पर दबाव का लगभ 100 मिलियन (10^{-4}) हिस्सा है। इस न्युनतम निर्वातऔर सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण की विशेषताओं का उपयोग करके, पिघली हुई अवस्था से ऐसी शुद्धता के साथ शुद्ध सामग्री का उत्पादन किया जा सकता है जिसे जमीन पर कभी महसूस नहीं किया जा सकता है। इस निर्वात का उपयोग करके उच्च गुणवत्ता वाले अर्धचालकों (semiconductors) का भी उत्पादन किए जाने की उम्मीद है।

अंतरिक्ष मे उत्कृष्ट दृश्यता के लाभ-

अंतरिक्ष के अवलोकन के लिए दृश्यता उत्कृष्ट है क्योंकि पृथ्वी के निकट अंतरिक्ष में लगभग कोई वायुमंडल नहीं है और कोई मौसम संबंधी प्रभाव नहीं है। संपूर्ण पृथ्वी को वायुमंडल के बाहर से देखा जा सकता है। अंतरिक्ष में प्रचुर, निरंतर और उच्च घनत्व वाली सौर ऊर्जा भी उपलब्ध है।

अंतरिक्ष विकिरण का प्रभाव-

अंतरिक्ष आयनित विकिरण, गामा किरणों, एक्स-रे और पराबैंगनी किरणों जैसे सौर विकिरण से भरा है। अंतरिक्ष विकिरण वातावरण विभिन्न प्रकार के कणों से बना है। इनमें एक विकिरण पट्टी शामिल है जिसमें पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र द्वारा पकड़े गए और डोनट की तरह पृथ्वी को घेरने वाले कण शामिल हैं। 10 से 10^{16} MeV तक की ऊर्जा वाले प्रोटॉन, हीलियम, कार्बन, ऑक्सीजन और लौह जैसे कई प्रकार के नाभिकों से बना गैलेक्टिक विकिरण (Galactic cosmic rays) एवं सौर ज्वालाओं (solar flares) द्वारा उत्पन्न कणों का उच्च स्तर पाया जाता है।

सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण के प्रारम्भिक प्रभाव	गुरुत्वाकर्षण के साथ	सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण के साथ
इस प्रभाव मे भारी चीजें नही डूबती (sink) एवं हल्की चीजें नही तैरती(float)		
बिना दोष के अर्धचालक(semiconductor) क्रिस्टल का उत्पादन		
सामग्री को बिना उपकरणों के रखा जा सकता है		
बड़े कार्बनिक (organic) क्रिस्टलों का उत्पादन किया जा सकता है (प्रोटीन क्रिस्टल)		

सारणी 1: सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण हेतु सामग्रियों की उपलब्धता

निष्कर्ष- अंतरिक्ष पर्यावरण में ऐसी विशेषताएं हैं जिन्हें जमीन पर आसानी से प्राप्त नहीं किया जा सकता है, जैसे कि सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण, उच्च स्तर का निर्वात, उत्कृष्ट दृश्यता और अंतरिक्ष विकिरण। अनुसंधान और प्रयोगों या अवलोकनों के विभिन्न क्षेत्रों में इन सुविधाओं का उपयोग किया जा सकता है। विश्व स्तर पर ऐसे वातावरण का उपयोग करके जीवन विज्ञान, चिकित्सा आदि क्षेत्रों में विभिन्न प्रकार के अनुसंधान किए जा रहे हैं। उदाहरण के लिए, अंतरिक्ष वातावरण में जीवित चीजों की अनुकूलनशीलता और पारिस्थिति पर शोध और मानव जाति पर विकिरण के भौतिक प्रभावों पर शोध किया जा सकता है। सूक्ष्मगुरुत्वाकर्षण वातावरण में पृथ्वी पर जीवित चीजों के विकास, विभेदीकरण और वृद्धि जैसे जैविक संरचनाओं और कार्यों पर गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव को स्पष्ट करने के लिए अनुसंधान किया जा सकेगा। वैश्विक स्तर पर हुए इन प्रयोगों से उपलब्ध आंकड़ों के आधार पर भारत के गगनयान मिशन का प्रमोचन कुछ अतिरिक्त प्रकार्यों के साथ किया जा सकता है, जो अंतरिक्ष मे मौजूद विभिन्न संभावनाओं के अध्ययन मे कारगर साबित होगा।

संदर्भ-

[1] श्रेणी: अंतरिक्ष विज्ञान प्रयोग- विकिपीडिया

[2] चंद्रमा के चारों ओर पहली ओरियन उड़ान पर बड़े मिशन के साथ छोटे नमूने:15 फरवरी 2019

[3] https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments_category
[4] https://www.nature.com/articles/d41586-020-03085-8

लेखक परिचय:

मै कु. रूपाली साहू, इसरो के यू. आर. राव उपग्रह केंद्र के सौर पैनल विभाग मे कार्यरत हुँ। मैंने बीटेक मे स्नातक पूर्ण की है। मेरी शिक्षा भिलाई इंस्टीट्युट आफ टेक्नोलोजी से सन् 2013 मे इलेक्ट्रानिक्स एवं टेलीकम्युनिकेशन ब्रांच से पूरी हुई। मैंने यू. आर. राव उपग्रह केंद्र के ऊर्जा प्रणाली समूह मे सन् 2014 से कार्यग्रहण किया। मेरी प्रविष्टि सौर पैनल परिक्षण और विश्लेषण अनुभाग मे है। मैंने GSAT-29, GSAT-7A, CMS-01 (GSAT-12R) और NVS-01 (IRNSS-1J) प्रोजेक्ट मे एक प्रोजेक्ट मैंनेजर के रूप मे काम किया है,जिसमे सौर पैनल डिजाईन, विन्यास, संरचना, परिक्षण एवं निर्माण शामिल है। मै प्रोजेक्ट IRNSS-1I एवं GAGANYAAN मे प्रोजेक्ट इंजीनियर के रूप मे सौर पैनल के विन्यास से निर्माण तक की प्रक्रिया मे भागीदार हुँ। मैंने कई हिंदी एवं कन्नड मे वैज्ञानिक लेख प्रस्तुत किए हैं।

मै डाँ. उमा बी.आर., इसरो के आर, यू. आर. राव उपग्रह केंद्र मे जून 1998 से कार्यरत हुँ। मैने सौर पैनल विभाग, ऊर्जा प्रणाली समूह मे वैज्ञानिक के रूप मे लगभग 25 वर्षों से कार्य किया है। मै सौर पैनल के डिजाईन और परीक्षण मे विशेषज्ञता रखती हुँ। मैने कई राष्ट्रीय और अंतरराष्ट्रीय पत्रिकाओं के लिए वैज्ञानिक लेख लिखे हैं और कई सम्मेलनों मे शोध पत्र प्रस्तुत किए हैं। मैंने कन्नड मे बच्चों के लिए दो किताबें लिखी है और कन्नड एवं हिंदी मे कई वैज्ञानिक पत्र प्रस्तुत किए हैं।

14. गगनयान के ताप-निर्वात परिक्षण में चुनौतियाँ

(Challenges in Thermovac testing of GAGANYAAN)

आलोक कुमार, पर्यावरण परिक्षण सुविधा-1,
सुविधाऐं समूह, यू.आर.राव. उपग्रह केन्द्र, बैंगलोर

सारांश

भारत अपने पहले समानव मिशन के लिए तैयार हो रहा है। इंसानों को अंतरिक्ष में भेजने की तैयारी जोर-शोर से चल रही है। किन्तु किसी भी उपग्रह को अंतरिक्ष में भेजने से पूर्व पृथ्वी पर उसका परिक्षण करना अति-आवश्यक होता है। यह परिक्षण अंतरिक्ष की परिस्थियों में ही किया जाता है जिसे ताप-निर्वात परिक्षण कहते हैं। ताप-निर्वात परिक्षण खास तरह से तैयार कक्षों में होता है जिनके भीतर उच्च कोटि का निर्वात और निम्न तापमान का वातावरण बनाया जाता है। इस परिक्षण कक्ष में मौजूद निर्वात की मात्रा $2X10^{-5}$ मिलिबार से अधिक और तापमान -100 डिग्री सेंटिग्रेट होता है। कोई भी अंतरिक्ष यान अंतरिक्ष की अपनी कक्षा में ऐसे ही वातावरण का सामना करता है। इसलिए परिक्षण कक्ष के इस कठोर वातावरण में किए जाने वाले ताप-निर्वात परिक्षण को सफलतापूर्वक पूरा करने के बाद ही किसी भी अंतरिक्षयान को अंतरिक्ष में प्रक्षेपित किया जाता है। ताप-निर्वात परिक्षण की सफलता अंतरिक्षयान की सफलता का विश्वास पैदा करती है। भारत पहली बार इंसानों को अंतरिक्ष में भेजने का प्रयास कर रहा है। इसके लिए उसे कई चुनौतियों का सामना करना है। इसमें से एक चुनौती है-गगनयान का ताप-निर्वात परिक्षण करना। इस लेख में हम इसके बारे में ही बात करेंगे और यह जानने का प्रयास करेंगे कि गगनयान का परिक्षण, जो कि यू.आर.राव उपग्रह केंद्र के आईसाइट कैंपस में उपस्थित कैटवैक ताप-निर्वात कक्ष में होने जा रहा है, उसमें किस प्रकार की चुनौतियाँ हैं और उसका सामना कैसे किया जाएगा।

1. प्रस्तावना

किसी भी अंतरिक्ष यान को उसकी कक्षा में स्थापित करने से पहले उसके बहुत से परिक्षण किए जाते हैं और उन परिक्षणों को सफलतापूर्वक पूर्ण करने के बाद ही उसे प्रक्षेपित किया जाता है। उन्हीं परिक्षणों में से एक है-ताप-निर्वात परिक्षण। ताप-निर्वात परिक्षण ताप-निर्वात कक्ष में किया जाता है और गगनयान का परिक्षण यू. आर. राव उपग्रह केन्द्र के साढ़े छः मीटर व्यास वाले ताप-निर्वात कक्ष, कैटवैक में किया जाना है जो कि आईसाइट में स्थित है।

कैटवैक इसरो का सबसे उन्नत ताप-निर्वात कक्ष है। ताप-निर्वात परिक्षण के लिए अंतरिक्षयान को इस कक्ष में बंद करने के बाद इसके भीतर $2X10^{-5}$ मिलिबार से अधिक का निर्वात और -100 डिग्री सेंटिग्रेट तापमान वाला वातावरण बनाया जाता है।

उच्च कोटि का निर्वात प्राप्त करने के लिए कैटवैक कक्ष में भिन्न-भिन्न प्रकार के पंप लगे हुए हैं, जो इस कक्ष के भीतर निर्धारित निर्वात उत्पन्न करने में सक्षम हैं। इसके अतिरिक्त -100 डिग्री सेंटिग्रेट का निम्न तापमान प्राप्त करने के लिए द्रव नाईट्रोजन का इस्तेमाल किया जाता है जो पंप, ब्लोअर, नियंत्रण वाल्व आदि की सहायता से कक्ष के अंदर निर्धारित तापमान लाने में सक्षम है।

किसी भी अंतरिक्षयान को कैटवैक कक्ष के भीतर रखने के लिए निम्न प्रणालियाँ मौजूद हैं।

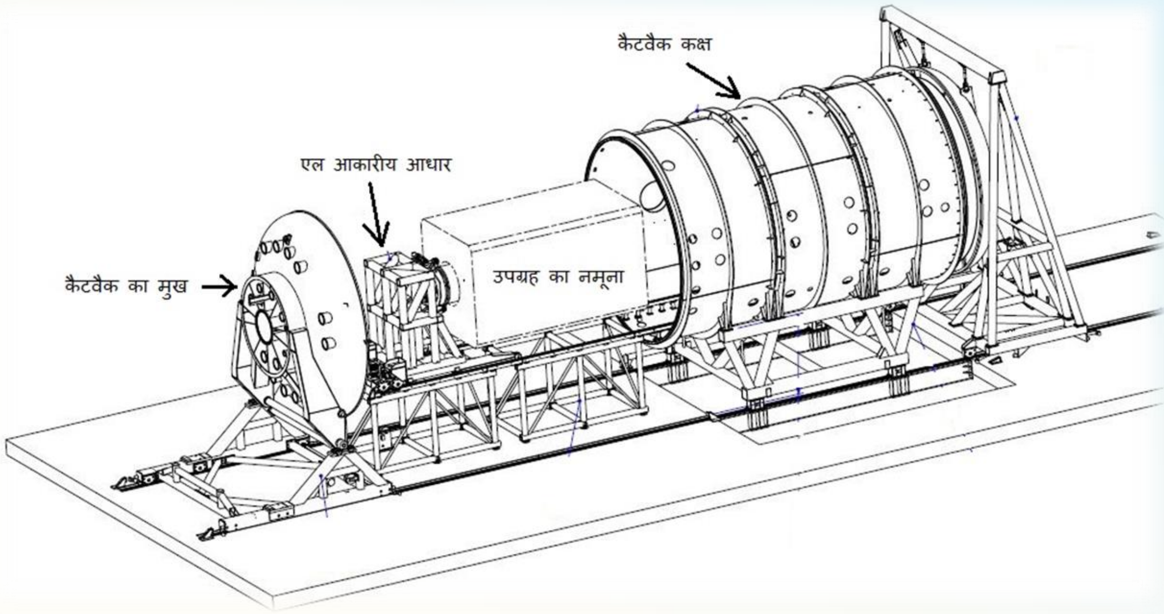
1. कैटवैक के मुख पर
2. कैटवैक के भीतर मौजूद क्रेन से लटकाकर
3. कैटवैक के एल-आकार वाले आधार पर
4. कैटवैक ट्राली पर

कैटवैक के मुख पर अंतरिक्षयान को लगाना बहुत ही आसान है। इसके लिए कैटवैक के मुख को घुमा कर क्षैतिज कर दिया जाता है। तत्पश्चात अंतरिक्षयान को उस पर मौजूद पूर्व निर्धारित स्थान पर लगा कर कैटवैक के मुख को पुन: सीधा किया जाता है और कक्ष को बंद कर दिया जाता है।

कैटवैक के भीतर मौजूद क्रेन पर किसी अंतरिक्षयान को तब लटकाया जाता है जब उसका आकार छोटा हो और उसका परिक्षण लंबवत दशा में करने में कोई कठिनाई न हो।

कैटवैक के एल-आकार वाले आधार पर अंतरिक्षयान रहता तो क्षैतिज ही है किन्तु इसके लिए अंतरिक्ष यान को ही घुमाना पड़ता है। एल-आकार वाले आधार को घुमाने की सुविधा नहीं है। एक बार अंतरिक्ष यान उस पर लगा दिया जाए, उसके बाद उसे आधार सहित कक्ष में मौजूद पटरियों पर रख दिया जाता है और कक्ष को बंद करके उसका परिक्षण करते हैं।

इसके अतिरिक्त कैटवैक में एक ट्राली भी मौजूद है जिस पर अंतरिक्षयान लंबवत रखा जा सकता है और उसे ट्राली समेत कैटवैक कक्ष के भीतर मौजूद पटरियों पर रख सकते हैं।



चित्र-1: कैटवैक ताप-निर्वात कक्ष

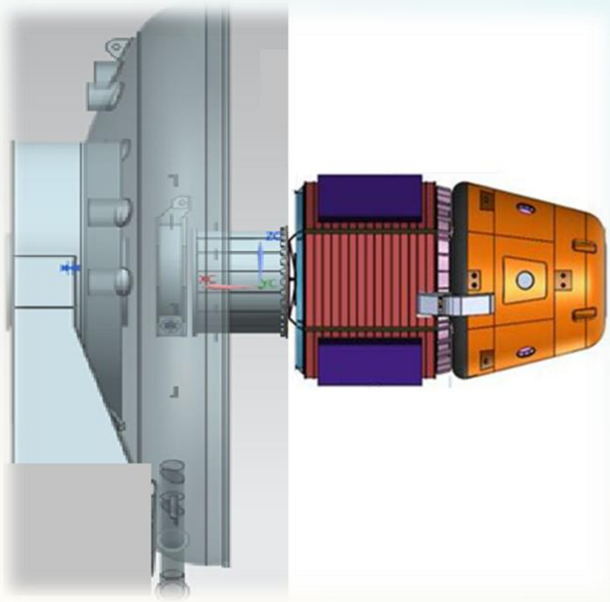
किसी भी अंतरिक्षयान अथवा उपग्रह को किस प्रकार परिक्षण कक्ष के भीतर रखा जाएगा यह कई बातों पर निर्भर करता है जैसे उपग्रह का वजन कितना है या फिर उसके परिक्षण की कोई खास जरूरत है। आमतौर पर उपग्रह कैटवैक के मुख पर ही रखे जाते है क्योंकि यह प्रक्रिया बेहद आसान है।

2. गगनयान के परिक्षण में चुनौतियाँ

गगनयान के दो भाग है-आपूर्ति उपागम (service module) और दल उपागम (crew module)। ये दोनों भाग एक साथ ही अंतरिक्ष में कक्षा में पूर्व निर्धारित समय तक रहने वाले हैं। इसलिए इनके ताप-निर्वात परिक्षण के लिए दो आदर्श स्थितियाँ बनती हैं:

1. आपूर्ति उपागम और दम उपागम को एक साथ कैटवैक के मुख पर रखना (चित्र-2)
2. आपूर्ति उपागम और दम उपागम को एक साथ कैटवैक कक्ष के भीतर ट्राली पर रखना (चित्र-3)

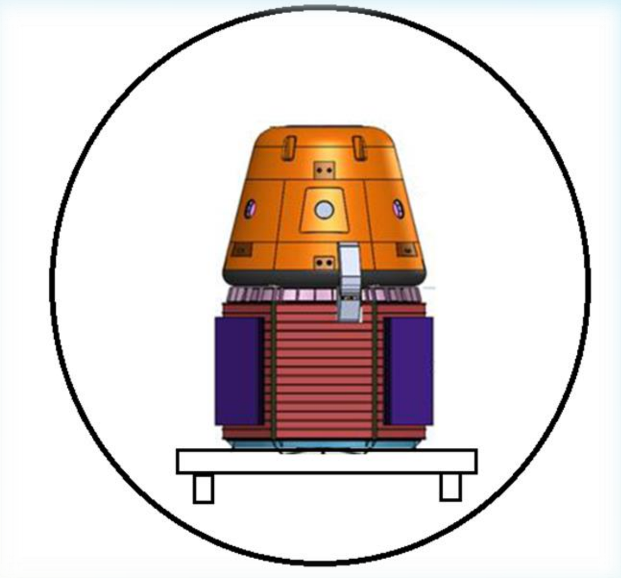
तकनीकि रूप से देखें तो सबसे उत्तम यही होगा कि दोनों उपागम एक साथ एक दूसरे के ऊपर रखकर (जिस अवस्था में दोनों अंतरिक्ष की कक्षा में रहने वाले हैं) ही उनका परिक्षण किया जाए। किन्तु प्रयोगशाला की परिस्थितियों में यह संभव होना तनिक कठिन प्रतीत होता है। इसका कारण है इन दोनों उपागमों का वजन और आकार। आपूर्ति उपागम का वजन करीब दो टन है और दल उपागम लगभग पाँच टन वजनी है। कैटवैक कक्ष इस प्रकार के भारी अंतरिक्षयानों का वजन संभालने के लिए नहीं बनाया गया है। साल २००५ में जब कैटवैक कक्ष बना था तब इसे I6K श्रेणी के उपग्रहों के ताप-निर्वात परिक्षण के लिए बनाया गया था जिनका शुष्क वजन तीन टन के आसपास होता है। इसलिए दल उपागम और आपूर्ति उपागम को एक साथ न तो कैटवैक के मुख पर रखा जा सकता है और न ही क्रेन पर लटकाकर और न ही एल-आकार वाले आधार अथवा ट्राली पर रखकर कैटवैक की पटरियों पर लादा जा सकता है।



चित्र-2: कैटवैक के मुख पर दल उपागम और आपूर्ति उपागम (एक आदर्श स्थिति)

दोनों उपागमों को एक साथ रखने पर उनका आकार (ऊँचाई) इतना अधिक हो जाता है कि उस आकार को मात्र कैटवैक के मुख पर रखकर ही कक्ष के भीतर समाया जा सकता है क्योंकि कैटवैक कक्ष की लंबाई दस मीटर है। किन्तु उसका मुख इस प्रकार के वजन के लिए अभिकल्पित नहीं है। अधिक भार होने पर वह टूट सकता है। इसलिए आपूर्ति उपागम और दम उपागम को एक साथ कैटवैक के मुख पर रखना संभव नहीं है।

अब हम दूसरी स्थिति की बात करते हैं जिसमें आपूर्ति उपागम और दम उपागम को एक साथ कैटवैक कक्ष के भीतर ट्राली पर रखा जा सकता है। नीचे दिए गए चित्र में दल उपागम और आपूर्ति उपागम को एक साथ कैटवैक के भीतर ट्राली पर रखे हुए दिखाया गया है किन्तु यह संभव नहीं है। दल उपागम और आपूर्ति उपागम को एक साथ रखने पर उनका आकार कैटवैक कक्ष के भीतर मौजूद जगह से भी बड़ा हो जाता है। इसलिए यह दशा संभव ही नहीं है और इसे आसानी से खारिज किया जा सकता है।



चित्र-3: कैटवैक के भीतर ट्राली पर दल उपागम और आपूर्ति उपागम (एक आदर्श स्थिति, चित्र पैमाने के अनुसार नहीं है)

अत: कैटवैक के भीतर दोनों उपागमों को उनकी अंतरिक्ष कक्षा की स्थिति में परिक्षण नहीं किया जा सकता है।

3. समाधान

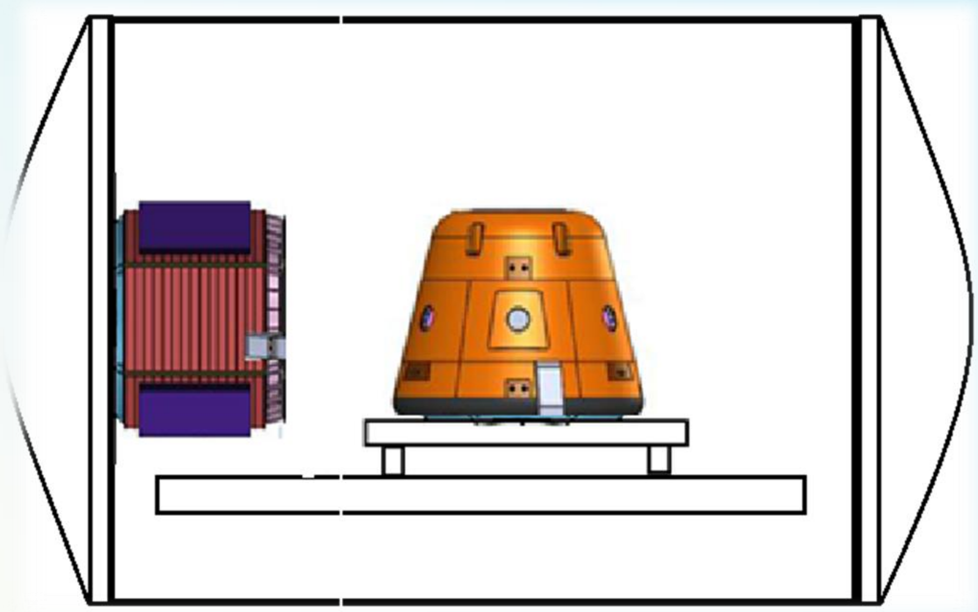
अब एक ही उपाय बचता है कि दल उपागम और आपूर्ति उपागम को अलग-अलग रखा जाए और फिर उनका परिक्षण किया जाए।

ऐसा करने पर भी दो संभावनाऐं बनती हैं।

1. दल उपागम को कैटवैक के भीतर ट्राली पर और आपूर्ति उपागम को कैटवैक के मुख पर रखना (चित्र-4)
2. दल उपागम और आपूर्ति उपागम को एक साथ कैटवैक के भीतर अलग-अलग ट्राली पर रखना (चित्र-6)

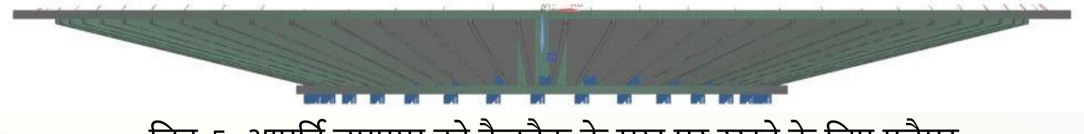
किन्तु इन दोनों दशाओं की भी अपनी सीमाऐं और कठिनाईयाँ हैं। हम एक-एक करके उन पर बात करेंगे।

पहली स्थिति यह है कि आपूर्ति उपागम को कैटवैक के मुख पर लादा जाए क्योंकि उसका मुख तीन टन का भार सह सकता है (आपूर्ति उपागम का वजन मात्र दो टन है) और दल उपागम को कैटवैक कक्ष के भीतर एक ट्राली पर लाद कर पटरियों पर रखा जाए।



चित्र-4: कैटवैक के मुख पर आपूर्ति उपागम और कक्ष के भीतर दल उपागम

इस परिस्थिति में हमें एक नया एडैप्टर बनाना होगा जो आपूर्ति उपागम को कैटवैक के मुख से जोड़े और एक ट्रॉली बनानी होगी जिस पर दल उपागम कैटवैक कक्ष के भीतर पटरियों पर रखा जाए। यह बात ध्यान रखने वाली है कि कैटवैक के मुख पर कुल भार तीन टन का ही लादा जा सकता है। यह भार आपूर्ती उपागम और नये एडैप्टर का सम्मिलित भार होना चाहिए। कैटवैक के मुख पर सामान्य उपग्रहों को लादने के लिए जो एडैप्टर मौजूद है उस पर आपूर्ती उपागम नहीं बैठेगा। उसके लिए एक दूसरा एडैप्टर बनाना होगा जिसे पहले कैटवैक के मुख पर बैठाया जाएगा और फिर उस पर आपूर्ती उपागम को लाद कर उसे कक्ष के भीतर परिक्षण के लिए रखा जाएगा। ऐसा करने के लिए एक एडैप्टर की अभिकल्पना भी की गई, जिसका चित्र नीचे दिया गया है। किन्तु वह एडैप्टर ही बहुत वजनी हो जा रहा था।

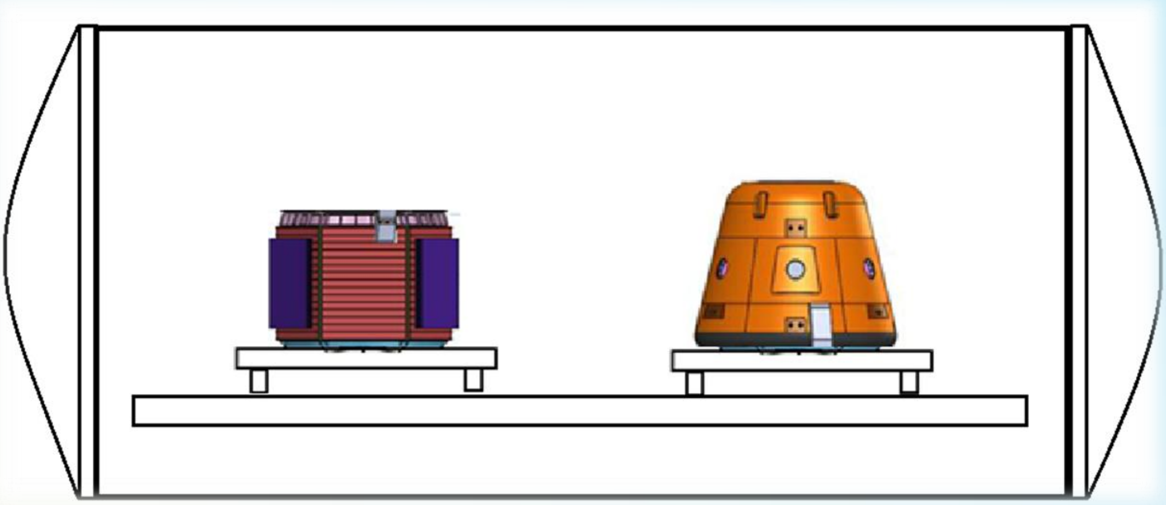


चित्र-5: आपूर्ति उपागम को कैटवैक के मुख पर रखने के लिए एडैप्टर

इस स्थिति में कैटवैक के मुख पर लदा कुल भार तीन टन से अधिक हो जाता जो कैटवैक के मुख के टूटने की संभावना उत्पन्न करता है (क्योंकि गुणता आश्वासन के नियम हैं कि किसी भी ठोस आधार को उस पर लादे जाने वाले कुल भार की कम से कम पच्चीस प्रतिशत अधिक क्षमता के साथ उसका परिक्षण करना चाहिए)। हालांकि नये एडैप्टर के लिए किसी ऐसी धातु का चुनाव किया जाए जो वजन में हल्की हो

तो आपूर्ति उपागम को कैटवैक के मुख पर रखा जा सकता है। किन्तु फिर भी इसमें थोड़े जोखिम की संभावना बनी रहेगी।

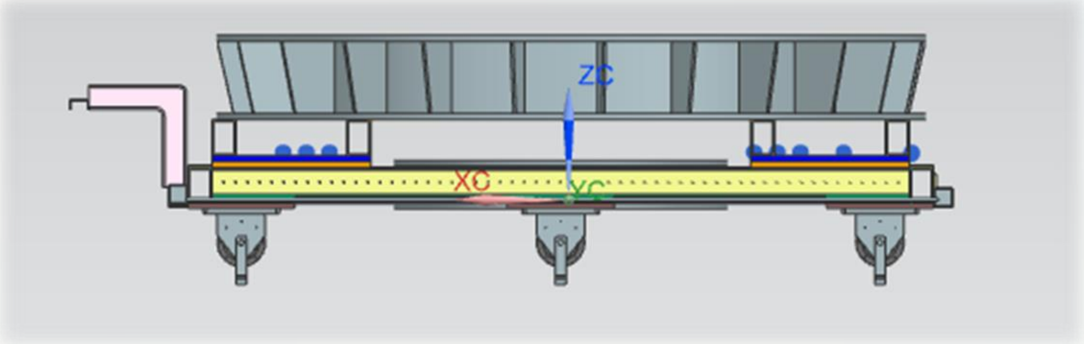
इस स्थिति में एक ही उपाय बचता है कि आपूर्ति उपागम और दल उपागम दोनों को कैटवैक कक्ष के भीतर अलग-अलग ट्राली पर लाद कर पटरियों पर रखा जाए।



चित्र-6: कैटवैक के भीतर अलग-अलग ट्राली पर आपूर्ति उपागम और दल उपागम

इस परिस्थिति में एक समझौता करना होगा। दल उपागम और आपूर्ति उपागम का उस अवस्था में परिक्षण नहीं हो पाएगा जिस अवस्था में वे अंतरिक्ष की अपनी कक्षा में रहने वाले हैं। अर्थात अंतरिक्ष में दल उपागम और आपूर्ति उपागम एक दूसरे से जुड़े हुए होंगे किन्तु कैटवैक की सीमाओं के कारण उन्हें परिक्षण के दौरान एक-दूसरे के अगल-बगल में ही रखा जा सकता है।

इसके लिए भी दो नयी ट्रालियों का निर्माण करना होगा क्योंकि कैटवैक में जो ट्राली उपलब्ध है उस पर आपूर्ति उपागम और दल उपागम नहीं बैठ सकते हैं क्योंकि वह ट्राली सामान्य उपग्रहों के लिए अभिकल्पित है, जो इनका भार वहन नहीं कर सकती है। दल उपागम और आपूर्ति उपागम दोनों के लिए अलग-अलग ट्राली बनानी होंगी।



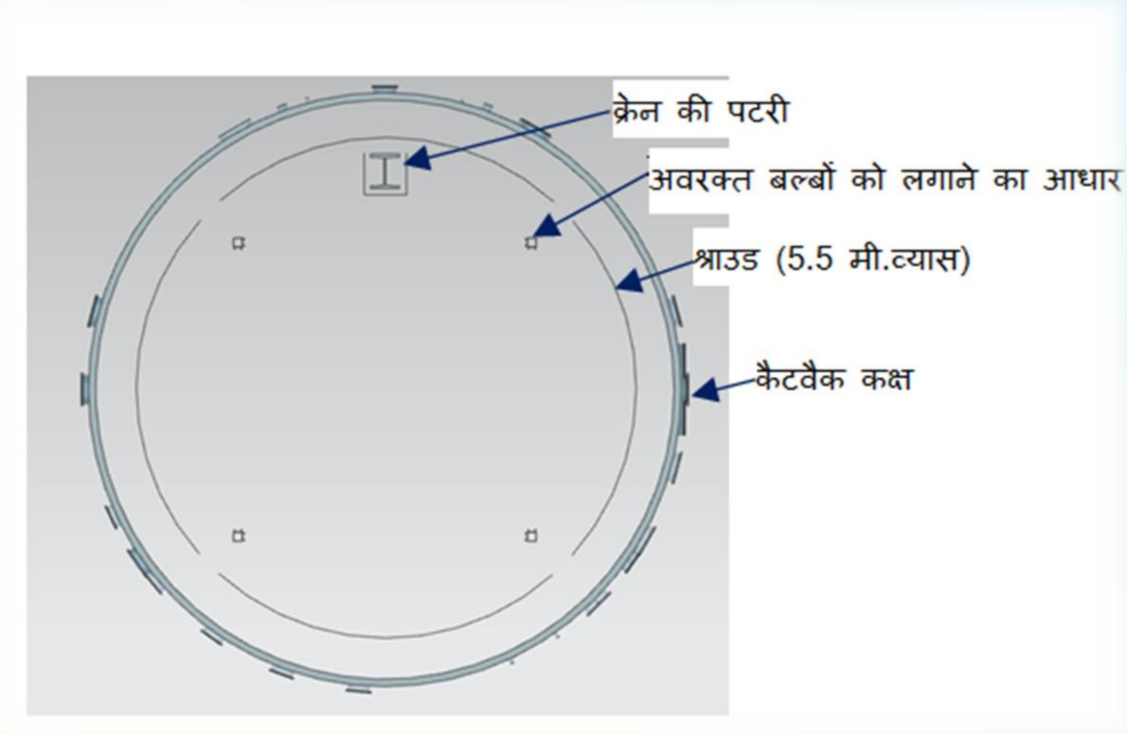
चित्र-7: दल उपागम और आपूर्ति उपागम को कैटवैक के भीतर पटरियों पर रखने वाली ट्राली

ताप-निर्वात परिक्षण के लिए सबसे पहले दल उपागम को ट्राली पर रखकर कैटवैक कक्ष के भीतर रखा जाएगा। उसके नियंत्रण के लिए और परिक्षण के समय डाटा प्राप्त करने के लिए सभी संबंधक को जोड़ने के बाद दूसरी ट्राली पर आपूर्ती उपागम को रखकर उसे कैटवैक कक्ष के भीतर रखा जाएगा और उसके संबंधन पूरे करने के बाद कक्ष को बंद करके दोनों उपगमों का परिक्षण आरंभ होगा।

इस प्रक्रिया में एक समस्या अभी है। जब भी कोई उपग्रह ताप-निर्वात परिक्षण के लिए ताप-निर्वात कक्ष में रखा जाता है तब कक्ष का तापमान -100 डिग्री सेंटिग्रेट होता है और उपग्रह के सभी पैनल उसी तापमान का अनुभव करते हैं। किन्तु गगनयान के ताप-निर्वात परिक्षण के समय, जब दल उपागम और आपूर्ति उपागम एक-दूसरे के अगल-बगल में होंगे, तब उन दोनों उपागमों का एक पक्ष दूसरे उपागम को देख रहा होगा न कि ताप-निर्वात कक्ष के श्राउड को जो -100 डिग्री सेंटिग्रेट के तापमान पर होता है। इस परिस्थिति में उन दोनों उपागमों का वह पक्ष जो दूसरे उपागम की ओर होगा वह -100 डिग्री सेंटिग्रेट का तापमान न अनुभव करते हुए वह तापमान अनुभव करेगा जो उस उपागम का होगा। यह स्थिति अवांछनीय है और इसका समाधान आवश्यक है।

इस समस्या से निपटने के लिए दल उपागम और आपूर्ति उपागम के बीच में एक गौण अथवा सहायक श्राउड लगाना होगा जिसके कारण दोनों उपागम -100 डिग्री सेंटिग्रेट का तापमान अनुभव कर सकें।

नीचे दिए गए चित्र में कैटवैक कक्ष दर्शाया गया है और उसके साथ ही उन हिस्सों को भी दिखाया गया है जो गौण श्राउड लगाने में चुनौती या बाधा उत्पन्न कर सकते हैं।



चित्र-8: कैटवैक कक्ष और उसके कुछ हिस्से

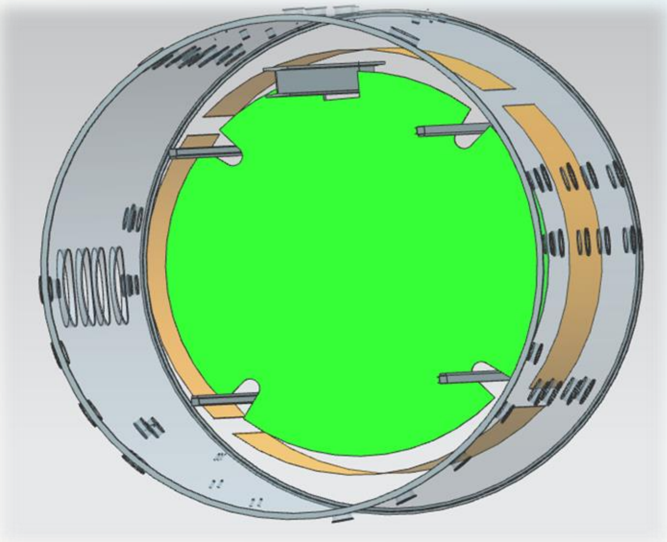
जैसा कि पहले बताया जा चुका है कि कैटवैक कक्ष का व्यास साढ़े छः मीटर का है और उसमें साढ़े पाँच मीटर व्यास वाले श्राउड लगे हुए हैं जिनमें से द्रव नाईट्रोजन प्रवाहित होती है और कक्ष के भीतर वांछित तापमान प्राप्त किया जाता है। गौण श्राउड के आकार का निर्धारण इसी मुख्य श्राउड के आकार पर

निर्भर करेगा। इसके अतिरिक्त कैटवैक कक्ष के भीतर क्रेन के लिए एकल पटरी भी लगी हुई है जो पाँच सौ मिलिमीटर वर्गाकार स्थान घेरती है (जैसा चित्र में दर्शाया गया है)। साथ ही साथ किसी आम उपग्रह के ताप-निर्वात परिक्षण के दौरान उसके तापमान को नियंत्रित करने के लिए ऊष्मीय समूह द्वारा अवरक्त बल्बों का पिंजर लगाने के लिए चार आधार भी कैटवैक कक्ष के भीतर मौजूद हैं जो 3.2 मीटर की वर्गाकार आकृति के सिरों पर मौजूद हैं। इन सभी को ध्यान में रखते हुए गौण श्राउड निम्नलिखित आकार-प्रकार का हो सकता है:

1. बृहत वृताकार श्राउड
2. धनाकार श्राउड
3. लघु वृताकार श्राउड
4. लघु वर्गाकार श्राउड

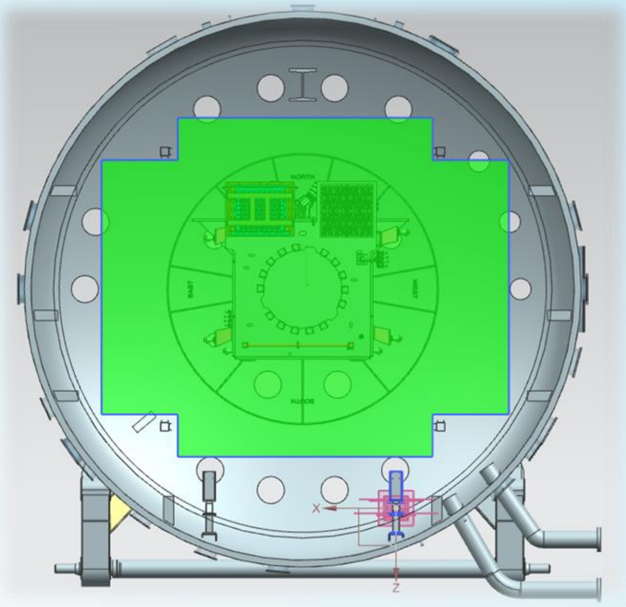
अब हम एक-एक करके इन सभी की विशेषताओं और खामियों की चर्चा करेंगे और यह जानने का प्रयास करेंगे कि गौण श्राउड का कौन-सा आकार सर्वश्रेष्ठ रहेगा।

1. बृहत वृताकार श्राउड का व्यास लगभग पाँच मीटर होगा और इसमें एकल पटरी तथा अवरक्त बल्बों के पिंजर को लगाने वाले चारों आधारों के लिए छिद्र मौजूद होंगे। इसका आकार-प्रकार नीचे के चित्र में दर्शाया गया है। इसका वजन लगभग पाँच सौ किलोग्राह के आसपास होगा। यह वजन ही इसके चुनाव में बाधा है क्योंकि इस प्रकार के वजनी श्राउड को कक्ष के भीतर लगाने के लिए उसकी पटरियों का ही इस्तेमाल होगा जो उन पर अतिरिक्त दबाव डालेगा। इस लिए बृहत वृताकार श्राउड गगनयान के परिक्षण के दौरान गौण श्राउड के लिए उपयुक्त नहीं रहेगा।



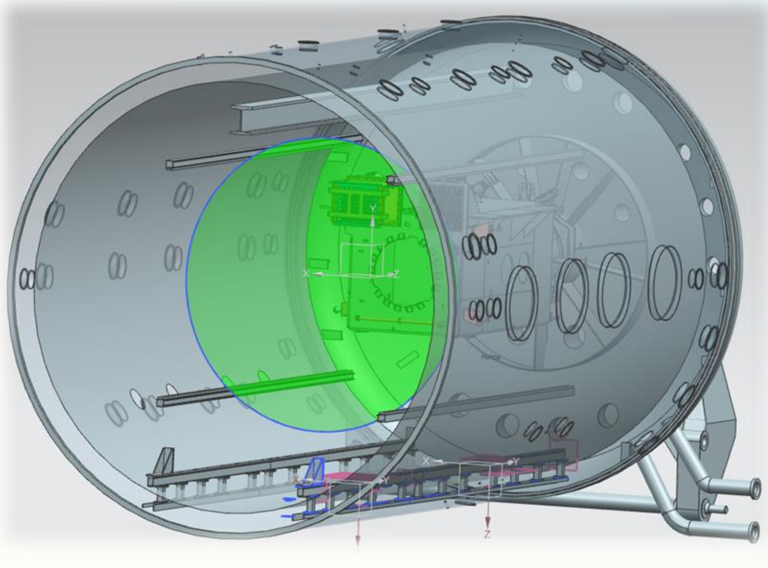
चित्र-9: बृहत वृताकार श्राउड

2. धनाकार श्राउड का आकार-प्रकार नीचे चित्र में दिया गया है। इसकी लंबाई लगभग 4.0 मीटर और 4.8 चौड़ाई होगी। इसका वजन भी लगभग बृहत वृताकार श्राउड के बराबर ही होगा और इसके साथ भी वही परेशानियाँ हैं जो बृहत वृताकार श्राउड के साथ हैं। इसलिए इसका चुनाव भी संभव नहीं है।



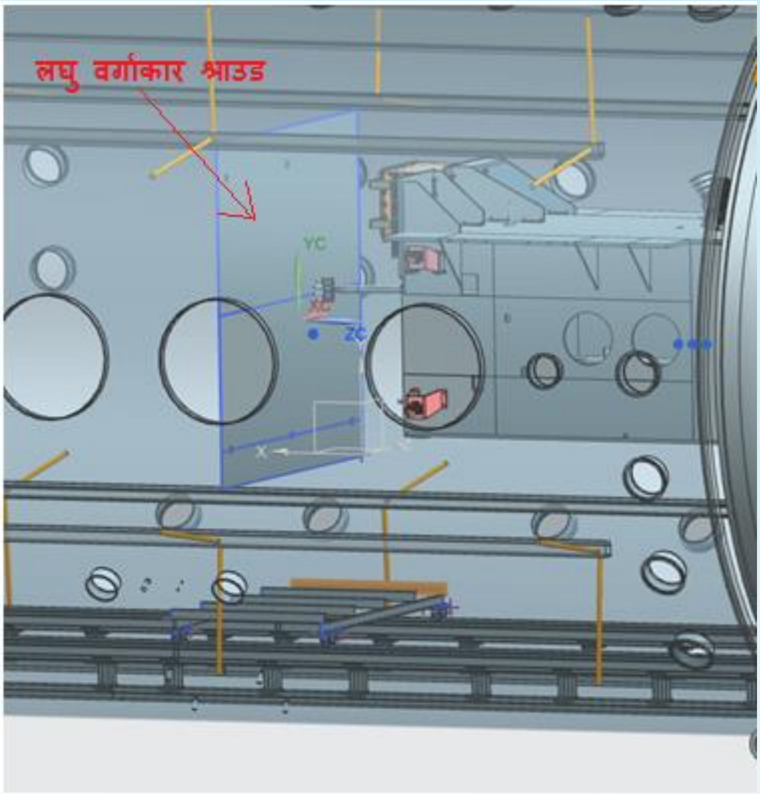
चित्र-10: धनाकार श्राउड

3. लघु वृताकार श्राउड एक अच्छा विकल्प साबित हो सकता है। यह एक वृताकार श्राउड होगा जो ऊष्मीय समूह द्वारा अवरक्त बल्बों का पिंजर लगाने के लिए मौजूद चारों आधारों के बीच में लग जाएगा। इसका व्यास लगभग चार मीटर के आसपास होगा और वजन करीब तीन सौ किलोग्राम। इसका आकार छोटा होने के कारण इसे कक्ष में लगाना और निकाल अपेक्षाकृत सरल कार्य है।



चित्र-11: लघु वृताकार श्राउड

4. लघु वर्गाकार श्राउड 2.8 मी X 2.8 मी के आकार का एक वर्गाकार श्राउड होगा जो बेहद आसानी से अवरक्त बल्बों का पिंजर लगाने के लिए मौजूद चारों आधारों के बीच में लग जाएगा। इसका वजन मात्र दो सौ किलोग्राम के आसपास होगा जिसे लगाने के लिए न तो किसी बड़े और बेहद मजबूत आधार की जरूरत है और न ही इसे लगाने के लिए बहुत अधिक दिक्कत आएगी। यह सरलतम विकल्प है।



चित्र-12: लघु वर्गाकार श्राउड

4. निष्कर्ष

इस प्रकार हमने देखा कि गगनयान मिशन के लिए दल उपागम और आपूर्ति उपागम को बनाने के बाद उनका अंतरिक्ष के कठोर वातावरण में परिक्षण करना एक बड़ी चुनौती है और किसी भी मिशन में उसका परिक्षण बहुत महत्वपूर्ण होता है क्योंकि वही यह भरोसा दिलाता है कि सभी उपकरण धरती से अंतरिक्ष में जाने के बाद सफलतापूर्वक कार्य करेंगे। अब चुंकि इसरो पहली बार मानव को अंतरिक्ष में भेजने का प्रयास कर रहा है इसलिए अभी उसके पास सभी सुविधाऐं मौजूद नहीं हैं। इसी कड़ी में गगनयान के दल उपागम और आपूर्ती उपागम का ताप-निर्वात परिक्षण करने के लिए उसे ताप-निर्वात कक्ष में एक साथ बैठाना एक बड़ी चुनौती हो सकती है। यह तो स्पष्ट है कि सामान्य उपग्रहों को जिस प्रकार ताप-निर्वात कक्ष में स्थापित करके उनका परिक्षण कर लिया जाता है वह विधि दल उपागम और आपूर्ती उपागम के ताप-निर्वात परिक्षण में कारगर नहीं सिद्ध होगी। उनके आकार की विशालता को देखते हुए और कैटवैक कक्ष की सीमाओं को समझते हुए हमें उनके परिक्षण के दौरान कुछ समझौते भी करने होंगे। यह तो सुनिश्चित है कि कैटवैक कक्ष के भीतर दल उपागम और आपूर्ति उपागम को एक-दूसरे के साथ जोड़कर, जिस स्थिति में वे अंतरिक्ष की कक्षा में जाने वाले हैं, उनका परिक्षण नहीं किया जा सकता है। उन्हें अलग-अलग रखकर ही उनका परिक्षण कैटवैक ताप-निर्वात कक्ष के भीतर संभव है। इसके लिए भी दो अलग-अलग ट्राली बनानी होंगी जिन पर रखकर उन्हें ताप-

निर्वात कक्ष के भीतर रखा जाएगा। दल उपागम और आपूर्ती उपागम के बीच एक गौण श्राउड भी रखना होगा जो परिक्षण के लिए निर्धारित तापमान स्थापित करेगा। इन चुनौतिओं का समाधान करने के बाद

ही दल उपागम और आपूर्ति उपागम की कार्य प्रणाली को अंतरिक्ष के कठोर वातावरण में जाँचा जा सकेगा जो गगनयान मिशन की सफलता के लिए अतिमहत्वपूर्ण चरण है।

लेखक परिचय:

आलोक कुमार ने वर्ष 2009 में मेकैनिकल ईंजीनियरिंग में स्नातक की उपाधि प्राप्त की और वर्ष 2010 से यू.आर.राव उपग्रह केन्द्र, बैंगलोर में कार्यरत हैं। आप अभी पर्यावरण परिक्षण सुविधा-1, सुविधाएँ समूह में अपनी सेवा प्रदान कर रहे हैं। अभी तक आप बीस से अधिक उपग्रहों पर कार्य कर चुके हैं। आपके कई हिन्दी लेख, कविताऐं, कहानियाँ प्रकाशित हो चुके हैं। इसके अतिरिक्त आपने दो हिन्दी पुस्तकें भी लिखी हैं।

15. अंतरिक्ष यान के लिये ओ.डी.पी इलेक्ट्रानिक्स पैकेज का ऊष्मीय विश्लेषण

(Thermal analysis of ODP electronics packages for spacraft)

विनोद कुमार गुप्ता, रिषिकेश पांडेय एवं वीरेश डी. आर. ऊष्मीय प्रणाली संमूह ,

यू.आर.राव उपग्रह केन्द्र, बेंगलूरू

सारांश:

सभी इलेक्ट्रानिक्स पैकेज के भीतर मुद्रित परिपथ बोर्ड (Printed circuit board-PCB) लगे होते है, जो कि अनेक लघु-इलेक्ट्रानिक्स उपकरणों से सुसज्जित होते हैं| इन सभी लघु-इलेक्ट्रानिक्स उपकरणों का तापमान नियंत्रण करना आवश्यक है ताकि इलेक्ट्रानिक्स पैकेज सुचारु रूप से कार्य कर सके। अतः सभी इलेकट्रानिक्स पैकेज का ऊष्मीय विश्लेषण किया जाता है, तथापि आवश्यकतानुसार पैकेज में नये उष्मीय तंत्र लगाये जाते है, ताकि पैकेज का तापमान उनकी निर्धारित ताप सीमा में हो।

किसी भी अंतरिक्ष यान में लगाए जाने वाले इलेक्ट्रनिक्स प्रणाली के लिए यह जरुरी है, कि प्रणाली का तापमान निर्धारित स्वीकृत (Acceptance) तापमान के सीमा में हो|

इस लेख में ओ.डी.पी पैकेज का ऊष्मीय अंतरा पृष्ठ का नियंत्रित करने के लिए अत्यंत नवीन एवं महत्वपूर्ण ऊष्मीय अंतरापृष्ठ का क्रियान्वयन (implementation) करने का सुझाव दिया गया।

शब्द सँकेत: ओ.डी.पी. पैकेज, इलेक्ट्रानिक्स पैकेज, ऊष्मीय विश्लेषण

1. प्रस्तावना:

अंतरिक्षविश्व के बदलते परिदृश्य में नयी अंतरिक्ष एवं उन्नत तकनीकियों के विकास में इलेक्ट्रानिक्स पैकेज का योगदान प्रत्येक अंतरिक्ष यान में निहायत ही आवश्यक है। इस नये परिदृश्य में इलेक्ट्रानिक्स पैकेज का आकार छोटा करने की कोशिश की जा रही है साथ ही साथ ऊष्माक्षय (Thermal dissipation) की वृध्दि भी की जा रही है।

इस वजह से तापमान नियंत्रण करना अंतरिक्ष वैज्ञानिकों के लिये एक चुनौतीपूर्ण कार्य है।

ओ.डी.पी पैकेज भी अंतरिक्ष-यान का एक महत्वपूर्ण इलेक्ट्रानिक्स पैकेज है। इस लेख में इस पैकेज के अंदर लगाए गए सभी लघु-इलेक्ट्रानिक अवयवों के तापमान का आंकलन किया गया है। जिसके लिए गहन ऊष्मीय विश्लेषण एवं अभिकल्पना की गई है। इस ओ.डी.पी का कुल ऊष्मा क्षय़ लगभग 9.2 वॉट है।

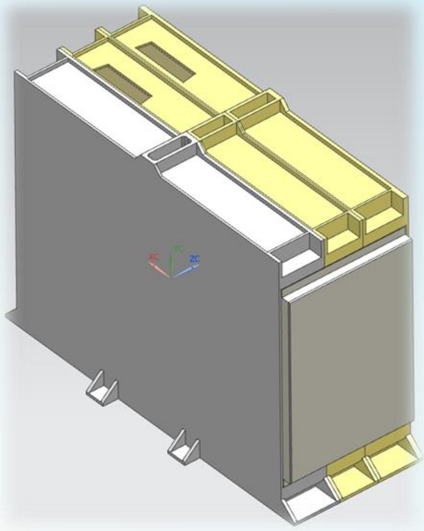
इस शोध पत्र में ओ.डी.पी इलेक्ट्रानिक्स पैकेज के अभिकल्पित ऊष्मीय नियंत्रण स्वरूप एवं विश्लेषण को विस्तार से प्रस्तुत किया गया है।

2. ओ.डी.पी. पैकेज की संरचना:

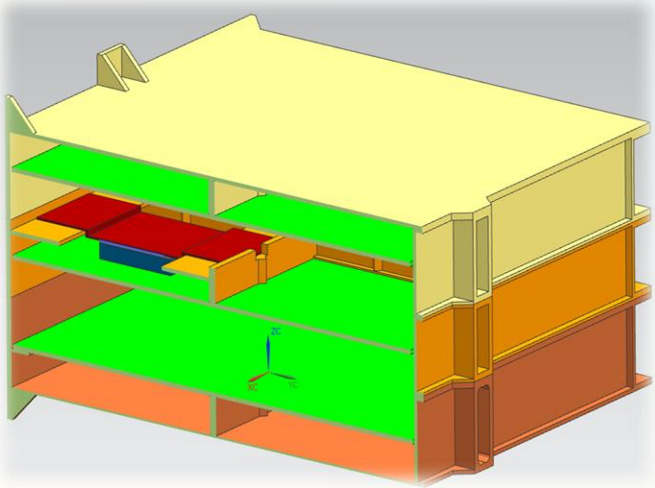
इस पैकेज को यू.आर. एस.सी के आंकड़ा प्रबंध विभाग (Data handling Division) द्वारा विकसित किया गया है।

इस पैकेज में दो संरचनात्मक स्तंभ (ट्रे) है। जिसमे से एक मूक (Dummy) स्तंभ है।

इस पैकेज के यांत्रिक संरचना को चित्र-1 में दिखाया गया है।



चित्र 1 पैकेज की यांत्रिक संरचना



चित्र 2 संरचना में दो मृदुल परिपथ बोर्ड

इस संरचना में दो मृदुल परिपथ बोर्ड (PCB) [चित्र-2] तथा अनेक इलेक्ट्रानिक अवयव लगे होते है। जिन अनेक अवयवों का उपयोग करके इलेक्ट्रानिक्स परिपथ (जैसे – प्रतिरोधक, धारक, आसिलेटर, डायोड

प्रवर्धक , सेमीकंडक्टर चिप्स आदि) का निर्माण किए जाते है। उन्हें इलेक्ट्रानिक्स अवयव कहते हैं। इन इलेक्ट्रानिक अवयवो को टाँक (solder) करके इलेक्ट्रानिक परिपथ में लगाया जाता है।

इन इलेक्ट्रानिक अवयवों को तालिका-1 एवं तालिका-2 में दिखाया है। इन सभी अवयवों का विवरण संबंधित उप-तंत्र द्वारा उपलब्ध कराया गया है।

तालिका 6 एक्स. एस. बी. कार्ड के इलेकट्रानिक अवयव

कोड	इलेकट्रानिक अवय़व	इलेकट्रानिक अवय़व का ऊष्मा क्षय़ (मिली वॉट)
एक्स. एस. बी. कार्ड		
यू-1	XQR17V16	231
यू-2	TPS50601-SP	658.54
यू-4	TPS50601-SP	189
यू-5	TPS50601-SP	117.4
यू-7	TPS50601-SP	274.94
यू-19	XQR17V16	231
यू-24	XC5VFX130T (FF1738)	6000
यू-46	XQR17V16	231

तालिका 7 डी.सी. कार्ड के इलेकट्रानिक अवयव

डी.सी. कार्ड		
यू-1	TPS50601-SP	59.268
यू-19	RTAX2000S-CQFP352	468.000

3. ओ.डी.पी पैकेज की पर्यावरणीय परीक्षण स्तर विनिर्देश (ETLS):

इस पैकेज का कक्ष में स्वीकृत विनिर्देश तापमान 0^0C से 40^0C सेल्सियस है। अंतः इस पैकेज की योग्यता तापमान सीमा (qualification temperature limit) स्वीकृत विनिर्देश सीमा से पाँच डिग्री सेल्सियस का उपांत रखकर किया जाएगा जैसा कि चित्र -3 में दिखाया गया है। अतः इस पैकेज का योग्यता तापमान सीमा -5^0 से 45^0C सेल्सियस होगा।

अतः पैकेज का आधार एवं बाह्य वातावरण 450 C रखकर ऊष्मीय विश्लेषण किया गया ताकि, इस अधिकतम तापमान परिसीमा में सारे इलेक्ट्रानिक अवयवों के तापमान को आंकलित किया जा सके । साथ ही साथ ऊष्मीय घटको एवं अंतरापृष्ठ का उपयोग कर यह सुनिश्चित किया जा सके कि सारे अवयवों का तापमान, स्वीकृत सीमा के अंदर हो। इस पैकेज को अंतरिक्ष यान में उपयोग किया जाता है, ऊष्मीय अनूरूपण मॉडल के दौरान चालन एवं विकिरण ऊष्मा के माध्यम से ही ऊर्जा का स्थानांतरण लिया गया है। आंतरिक्ष में ऊष्मा का स्थानांतरण संवहन माध्यम से नहीं होता।

4. ऊष्मीय मॉडल एवं अनूरूपण :

इस पैकेज का ऊष्मीय गणितीय प्रारूप (TMM) का विकास किया गया ताकि तापमान का आंकलन किया सके। इस प्रारूप का विकास UGNX/TMG™ नामक सॉफ्टवेयर में किया गया।

ऊष्मीय अनूरूपण उपकरण के अंदर सभी अवयवों तापमान का एक दृश्य एवं चित्रकल्प (visualization) प्रदान करता है। तथा ऊष्मीय वैज्ञानिकों को शीतलन प्रणाली के अभिकल्पना में सक्षम बनाता है। तथा अभिकल्पना का विश्लेषण करके अभिकल्पना का सत्यपित करने में सहायता प्रदान करता है।

मृदुल परिपथ बोर्ड (पी.सी.बी.) का ऊष्मीय मॉडल:

पी.सी.बी. एक बहु परतीय संरचना होता है, जिसमें उच्च ऊष्मीय चालकता (तांबा) और निम्न ऊष्मीय चालकता (ग्लॉस-एपाक्सी) का सैंडविच संरचना होता है।

इन दोनों ऊष्मीय चालकता का उपयोग करके पी.सी.बी. (PCB) का प्रभावी ऊष्मीय चालकता (तालिका – 3) का गणना किया जाता है।

$$k_{in-plane} = \frac{k_{copper}(t_1 + t_2 + \ldots + t_n)_{copper} + k_{epoxy}(t_1 + t_2 + \ldots + t_{n-1})_{epoxy}}{t_{PCB}}$$

$$k_{cross-plane} = \frac{t_{PCB}}{\frac{(t_1 + t_2 + \ldots + t_n)_{copper}}{k_{copper}} + \frac{(t_1 + t_2 + \ldots + t_{n-1})_{epoxy}}{k_{epoxy}}}$$

‘t’ = PCB की कुल मोटाई

t_{copper} = तांबे के परत की मोटाई

t_{epoxy}= ग्लॉस एपाक्सी की मोटाई

kcopper = तांबे की ऊष्मीय चालकता

k_{epoxy} = ग्लॉस एपाक्सी की ऊष्मीय चालकता

k_{eff} = पी.सी.बी. (PCB) का प्रभावी ऊष्मीय चालकता

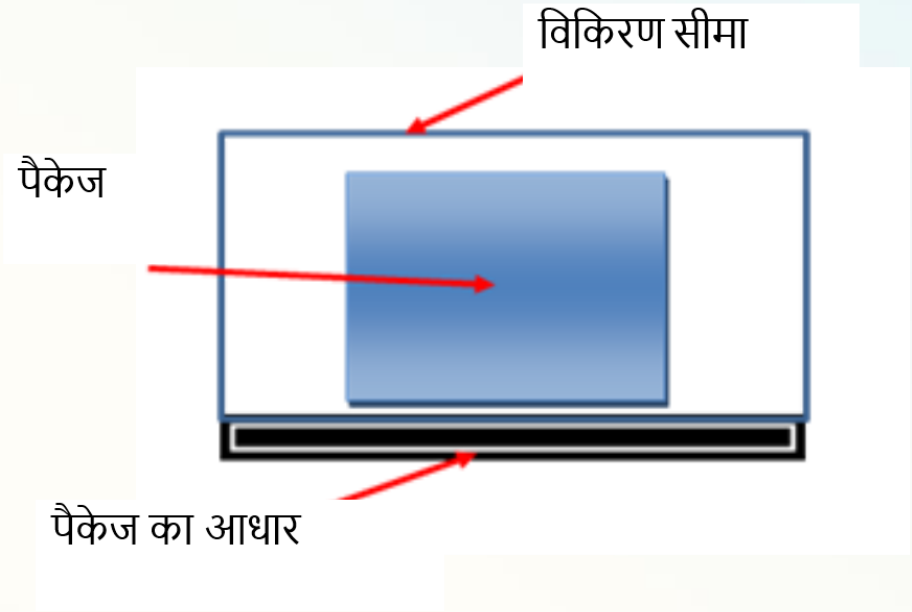
तालिका 8 पी.सी.बी. प्रभावी ऊष्मीय चालकता

PCB	**K_{eff} (W/mk)**
DCDC CARD	19.28
एक्स. एस. बी. कार्ड	22.45

सभी इलेक्ट्रानिक अवयवों का भी ऊष्मीय मॉडल बनाया गया तथा निर्दिष्ट ऊष्मीय गुणधर्म प्रदान किया गया। आवश्यक गुणधर्म प्रदान करने के पश्चात सभी इलेक्ट्रानिक अवयवों को ऊष्मीय मॉडल में निर्दिष्ट ऊष्मीय युग्मन प्रदान किया गया।

5. ऊष्मीय विष्लेषण एवं तापमान आंकलन:

ओ.डी.पी इलेक्ट्रानिक्स पैकेज के आधार को $45^{0}C$ अंतरपृष्ठ में रख कर ऊष्मीय विश्लेषण किया गया। इस विश्लेषण में बाह्य परिसीमा आवरण का मॉडलिंग किया गया जिसका भी तापमान $45^{0}C$ रखा गया। इस बाह्य वातावरण से पैकेज के विकिरण का आदान-प्रदान का अनूरूपण किया गया। इस स्थायी अवस्था ऊष्मीय विश्लेषण के परिसीमा को चित्र-3 में दर्शाया गया है।



चित्र 3 ऊष्मीय विश्लेषण के लिये परिसीमा

सभी अवयवों के आंकलित तापमान को तालिका – 4 एवं 5 में दिखाया गया है। विश्लेषण के दौरान यू-17 अवयव एवं यू-24 नायक अवयवों के तापमान अत्यधिक आंकलित किया गया। इन अवयवों के तापमान को निर्दिष्ट तापमान सीमा से कहीं ज्यादा पाया गया। अंतः इन अवयवों को विशेष एवं उन्नत

तकनीक द्वारा ऊष्मीय अभिकल्पना किया गया। यू-17 के लिये चोथर्म नामक ऊष्मीय अंतरापृष्ट का ऊष्मीय अभिकल्पना कर पुनः ऊष्मीय विश्लेषण किया गया तथा तापमान लगभग 62^0 सेल्सियस पाया गया जो कि स्वीकृत तापमान से कम है, अतः चोथर्म (Chotherm) अंतरपृष्ठ का क्रियान्वयन किया गया।

तालिका 9 अवयवों के आंकलित तापमान

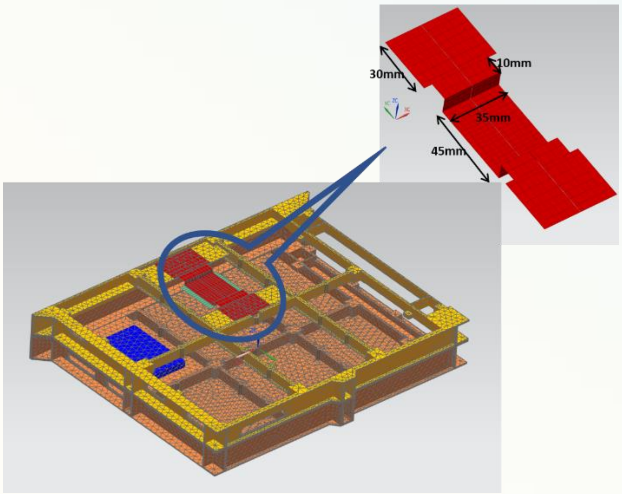
Code	अवय़व	इलेकट्रानिक अवय़व का ऊष्मा क्षय़ (मिली वॉट)	ऊष्मीय़ अंतरर्रा प्रष्ठ का विवरण	अधिकतम तापमान सीमा °C	ऑकलित तापमान °C
एक्स. एस. बी. कार्ड					
यू-1	XQR17V16	231		110	73.2
यू-2	TPS50601-SP	658.54	आधार के तरफ टांका	110	76.50
यू-4	TPS50601-SP	189	आधार के तरफ टांका	110	63.50
यू-5	TPS50601-SP	117.4	आधार के तरफ टांका	110	60.20
यू-7	TPS50601-SP	274.94	आधार के तरफ टांका	110	64.80
यू-19	XQR17V16	231	--	110	74.2
यू-24	XC5VFX130T (FF1738)	6000	ताँम्बे का परत (1 मिमी मोटाई)	85	78.70
यू-46	XQR17V16	231	--	110	74.5
डी.सी. कार्ड					
U1	TPS50601-SP	59.268	चोथर्म	110	60.4
U11	238A790-214T-CFP28	99.000	--	110	67.3

Code	अवय़व	इलेकट्रानिक अवय़व का ऊष्मा क्षय़ (मिली वॉट)	ऊष्मीय़ अंतरर्रा प्रष्ठ का विवरण	अधिकतम तापमान सीमा °C	ऑकलित तापमान °C
U19	RTAX2000S-CQFP352	468.000	डैम एवं फिल	110	59.1

इसी प्रकार यू-24 नामक अवयव का तापमान नियंत्रण करना एक चूनौतीपूर्ण कार्य था। इस अवयव के तापमान को शीतल करने के लिये एक नवीन एवं जटिल तकनीक का उपयोग किया गया।

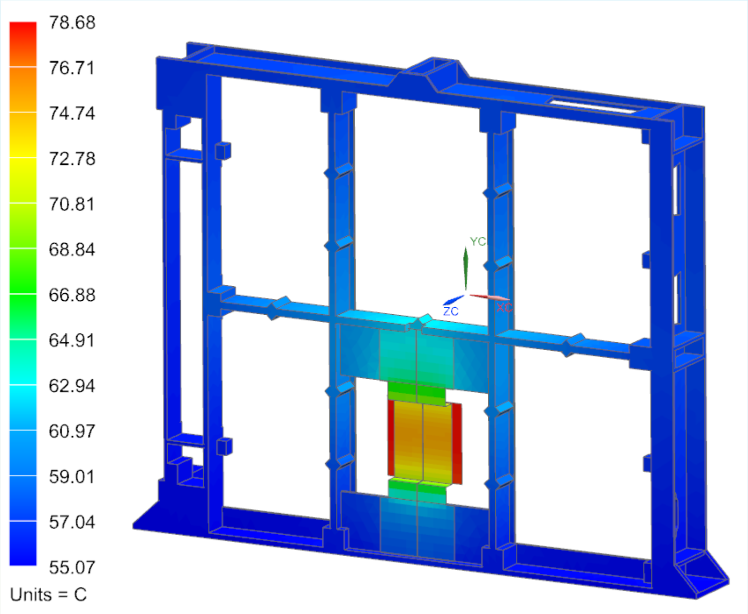
इस तकनीक में यू-24 नामक अवयव को ताम्रपत्र के दो सिराओं को यांत्रिक स्तंभ (housing) के संपर्क में जोड़ा गया। यांत्रिक स्तंभ को हीट सिंक के रूप में उपयोग किया गया जिसका तापमान कम रखा जाता है। इस जटिल युक्ति का क्रियान्वय उपतंत्र समुह एवं यांत्रिक वैज्ञानिकों के सहायता से कार्यान्वित किया गया। इस युक्ति को चित्र-4 में दिखाया गया है।

इलेक्ट्रानिक्स में ऊष्मा अभिगम (हीट सिंक) का उपयोग व्यापक रूप से किया जाने लगा है। आम उपयोग में, हीट सिंक एक धातु की वस्तु है, जिसे इलेक्ट्रानिक्स अवयव के संपर्क में लाया जाता है तथा ऊष्मा के क्षय को हीट सिंक तक स्थानांतरित कर दिया जाता है। इस प्रकार ऊष्मा का स्थानांतकरण गर्म अवयव से ऊष्मा अभिगम (heat sink) तक हो जाता है तदूपरांत गर्म इलेक्ट्रानिक अवयव का तापमान शीतल हो जाता है।

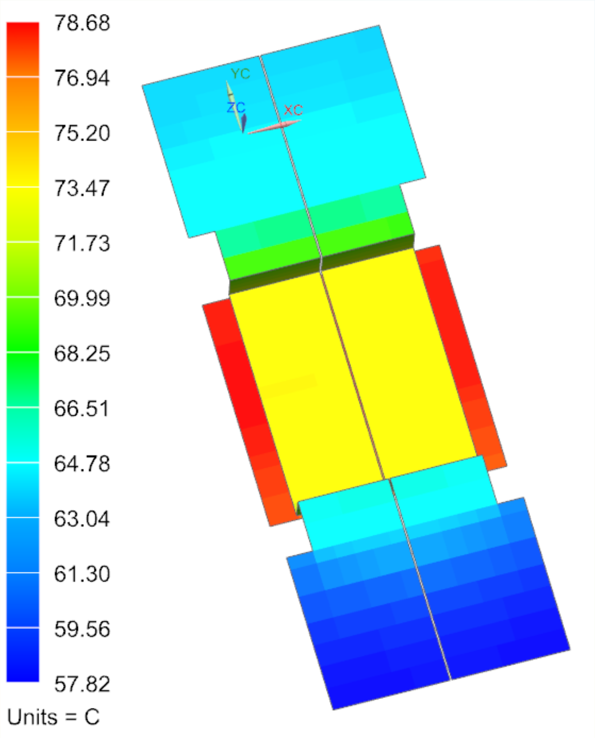


चित्र 4 यू-24 नामक अवयव को ताम्रपत्र के दो सिराओं द्वारा यांत्रिक स्तंभ (housing) के संपर्क में जोडा गया

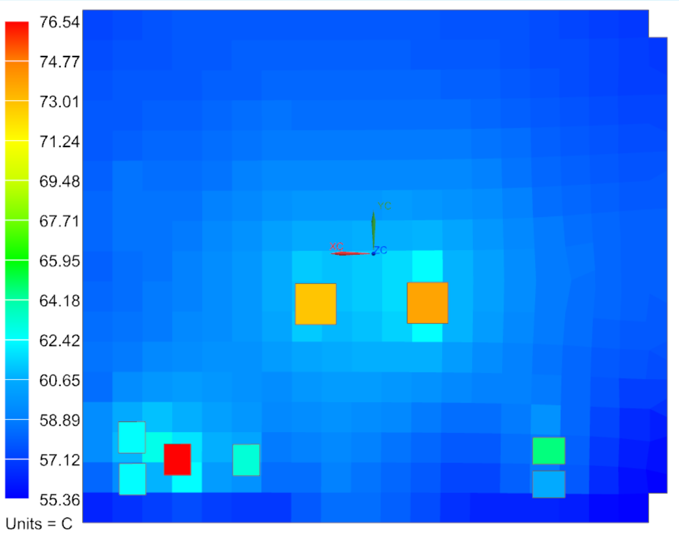
अंततः ताम्रपत्र की मोटाई 1 मिलीमीटर की सुनिश्चित की गई तथा यू-24 का तापमान 79^0 सेल्सियस आंकलित किया गया। अवयवों के आंकलित तापमान के परिणाम को चित्र-5 से चित्र-8 में तापमान चित्ररूपण किया गया है।



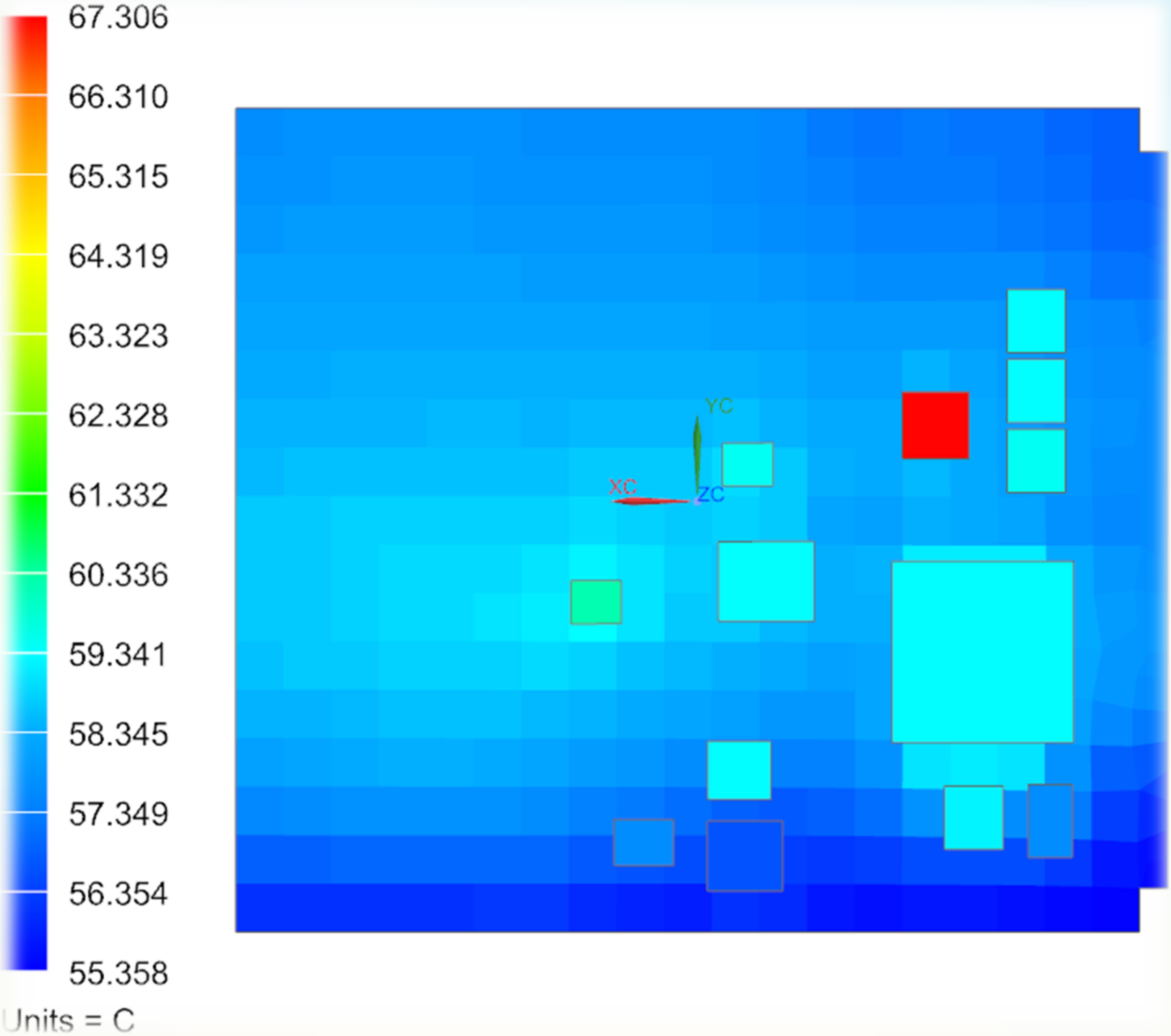
चित्र 5 यांत्रिक संरचना तथा यू-24 अवयव का तापमान चित्ररूपण



चित्र 6 यू-24 अवयव का तापमान चित्ररूपण



चित्र 7 एक्स. एस. बी. कार्ड के अवयवों का तापमान चित्ररूपण



चित्र 8 डी.सी. कार्ड के अवयवों का तापमान चित्ररूपण

6. निष्कर्ष:

(क) सभी अवयवों का मॉडलिंग किया गया तथा तापमान आंकलित किया गया।

(ख) यू-24 नामक अवयव का तापमान 79^0 सेल्सियस अंकलित किया गया। इस अवयव के लिये 1 मिलीमिटर ताम्रपत्र की अनुशंसा की गई। जिसे पुनरीक्षण के पश्चात् उपयुक्त पाया गया। अतः इस 1 मिमी मोटाई के ताम्रपत्र को क्रियान्वय करने के लिये प्रबल अनुशंसित किया गया।

(ग) यू-17, यू-1 एवं कुछ अन्य अवयवों के ऊष्मीय अंतरापृष्ठ हेतु चौथर्म सामग्री लगाने का प्रबल सुझाव दिया गया।

उपरोक्त उपयुक्त ऊष्मीय नियंत्रण प्रणाली द्वारा इस उपकरण का तापमान स्वीकृत तापमान के अंदर नियंत्रित किया जा सकता है।

साभार:

लेखक, श्री ललित कृष्णा ठाकर, श्री सोमसुंदरम एस. एवं सदस्यों का आभार प्रकट करते हैं, जिन्होंने आवश्यक इनपुट आंकड़े प्रदान किये। लेखक गण, श्री मदन मोहन रेड्डी एवं श्री एस.वी. हुइलगोल का भी सधन्यनाद प्रस्तूत करते हैं, जिन्होंने इस विश्लेषण का पुनरीक्षण कर सटीक सुझाव दिए।

लेखक परिचय:

श्री विनोद कुमार गुप्ता, वैज्ञानिक/अभियंता "एस. जी." ऊष्मीय प्रणाली समुह सें कार्यरत है। वर्तमान में वो नाविक (Navic), उपग्रह श्रृंखला एवं GISA-IA उपग्रह के डिप्टी प्रोजेक्ट डायरेक्टर (उप परियोजना निदेशक) के पद में कार्यरत हैं।

श्री रिषिकेश पांडय, वैज्ञानिक/अभियतां "एस.डी." ऊष्मीयप्रणाली समुह के कार्यरत हैं। वर्तमान में वे, GISAT-IA एवं टी.डी.एस. उपग्रह के प्रोजेक्ट मैनेजर के पद में कार्यरत हैं।

श्री वीरेश डी. आर., वैज्ञानिक/अभियतां "एस. एफ." ऊष्मीयप्रणाली समुह के कार्यरत हैं। वर्तमान में वे, आदित्य उपग्रह के प्रोजेक्ट मैनेजर के पद में कार्यरत हैं।

16. अंतरिक्ष पर्यावरण, स्वास्थ्य और चिकित्सा

Space Environment, Health and Medicine

गौरव यादव[1], अंकुर शर्मा[1],
आदित्य करण[1], गौरीशंकर सी के[2],
सुनील अलीयास बलवंतराव[2]
[1] अभियंता, [2] सहयोगी परियोजना निर्देशक

यू आर राव सैटेलाइट सेंटर, बैंगलोर-560017, भारत

सारांश:

अंतरिक्ष उड़ान, चाहे लंबी या छोटी अवधि की हो, एक चरम वातावरण में होती है जिसमें अद्वितीय तनाव होते हैं। उत्कृष्ट चयन विधियों के बावजूद, अंतरिक्ष उड़ान कर्मियों के बीच ऊंचाई की समस्याएं मिशन की सफलता के लिए खतरा बनी हुई हैं। अंतरिक्ष उड़ान के दौरान बुनियादी चिंताओं में शरीर के द्रव्यमान का नुकसान और शरीर के पोषक तत्वों के भंडार में कमी शामिल है। अंतरिक्ष उड़ान से जुड़े शारीरिक परिवर्तनों में हड्डी और मांसपेशियों की हानि, हृदय संबंधी गिरावट, नेत्र संबंधी विकृति, बिगड़ा हुआ प्रतिरक्षा कार्य शामिल हैं। पर्यावरणीय मुद्दों में विकिरण जोखिम और केबिन वातावरण (उदाहरण के लिए, ऑक्सीजन [O2], और कार्बन डाइऑक्साइड [CO2], तापमान, आर्द्रता शामिल हैं। पोषक तत्व इन तनावों के प्रतिकारक के रूप में काम कर सकते हैं। आहार और पोषण का व्यवहार और प्रदर्शन पर भी गहरा प्रभाव पड़ता है। भोजन और पोषण अंतरिक्ष यात्री के स्वास्थ्य और प्रदर्शन और इसलिए अभियान की सफलता का समर्थन करने के लिए आवश्यक हैं।

यह लेख उन विभिन्न कारकों पर चर्चा करता है जो छोटी और लंबी अवधि की अंतरिक्ष उड़ान के दौरान चालक दल के स्वास्थ्य को प्रभावित करते हैं और अंतरिक्ष स्वास्थ्य और चिकित्सा के क्षेत्र में अब तक किए गए विभिन्न शोधों पर प्रकाश डालते हैं। इसके साथ ही इस लेख में अंतरिक्ष चिकित्सा के क्षेत्र में चुनौतियों की भी पहचान करता है जब मानवता चंद्रमा, मंगल और उससे आगे की मानव उपस्थिति के कगार पर है। लेखक उन प्रति उपायों को भी प्रस्तुत करता है जिन्हें अंतरिक्ष पर्यावरण के विभिन्न प्रभावों को पूरा करने के लिए नियोजित किया जा सकता है। अन्य ग्रहों पर लंबी अवधि की अंतरिक्ष उड़ान के दौरान आपातकालीन स्वास्थ्य देखभाल पर भी संक्षेप में चर्चा की गई है।

परिचय

लंबी अवधि की अंतरिक्ष उड़ान की प्रतिबद्धता में वे अंतरिक्ष यात्री भी शामिल हैं जो चंद्रमा पर लौटेंगे और साथ ही वे लोग भी शामिल हैं जो मंगल ग्रह पर मानव मिशन में भाग लेंगे। सफल अन्वेषण के लिए उन प्रभावों की बेहतर समझ की आवश्यकता होगी जो विस्तारित अभियान अंतरिक्ष यात्रियों के व्यवहारिक स्वास्थ्य पर डालते हैं, न केवल उड़ान के दौरान बल्कि उड़ान से पहले और बाद में भी। जैसे-जैसे अंतरिक्ष उड़ान अभियान लंबा होगा, अंतरिक्ष यात्री परिवारों और दोस्तों से दूर लंबी अवधि बिताएंगे। सांसारिक सुविधाओं और दैनिक दिनचर्या की अनुपस्थिति भी उनकी अलगाव की भावनाओं को तीव्र करेगी [1] क्योंकि अंतरिक्ष यात्री अंतरिक्ष यान में सीमित रहने और ऐसे वातावरण में रहने में अधिक समय बिताएंगे जो संभावित खतरे से भरा है। पृथ्वी पर लौटने पर, उन्हें एक ऐसी दुनिया में फिर से बसना

होगा जो उनके बिना अनुकूलित और बदल चुकी है। नतीजतन, अलगाव की विस्तारित अवधि का अंतरिक्ष यात्री के प्रदर्शन और मनोवैज्ञानिक कल्याण पर पड़ने वाले प्रभाव की भविष्यवाणी करना तेजी से महत्वपूर्ण हो गया है [2]। इसके अलावा, अभियान के दौरान या उसके बाद लंबी अवधि के दल में मानसिक विकारों के विकसित होने की संभावना के लिए रोकथाम और उपचार पर विचार करने की आवश्यकता है [3]।

1. अंतरिक्ष विकिरण

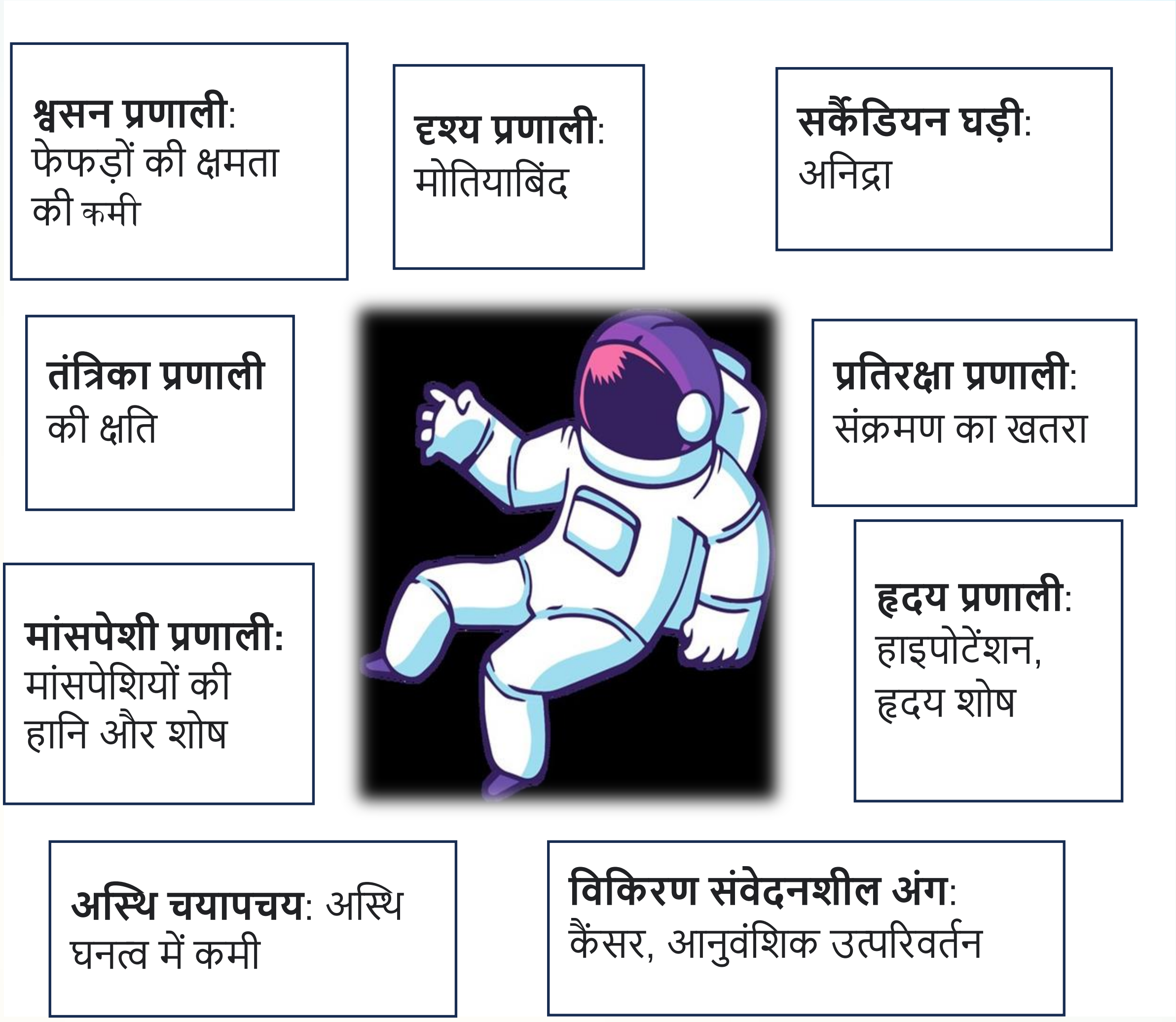
अंतरिक्ष विकिरण, पृथ्वी पर हमारे द्वारा अनुभव किए जाने वाले विकिरण के प्रकार से भिन्न है। अंतरिक्ष विकिरण उन परमाणुओं से बना है जिनमें इलेक्ट्रॉनों को दूर कर दिया गया है क्योंकि अंतरतारकीय अंतरिक्ष में परमाणु की गति प्रकाश की गति के करीब पहुंच गई है - अंततः, केवल परमाणु का नाभिक (nucleus) ही बचा है। [1] अंतरिक्ष विकिरण तीन प्रकार के विकिरण से बना है: पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र में फंसे कण; सौर ज्वालाओं (सौर कण घटनाओं) के दौरान अंतरिक्ष में चले गए कण; और गैलेक्टिक कॉस्मिक किरणें, जो हमारे सौर मंडल के बाहर से उच्च ऊर्जा वाले प्रोटॉन और भारी आयन हैं। ये सभी प्रकार के अंतरिक्ष विकिरण आयनकारी विकिरण (ionizing radiation) का प्रतिनिधित्व करते हैं। निचली पृथ्वी कक्षा से परे, अंतरिक्ष विकिरण अंतरिक्ष यात्रियों को विकिरण बीमारी के जोखिम में डाल सकता है, और कैंसर, केंद्रीय तंत्रिका तंत्र प्रभाव और अपक्षयी बीमारियों का जोखिम बढ़ा सकता है। विकिरण की विभिन्न खुराकों और शक्तियों के संपर्क के शोध अध्ययन इस बात के पुख्ता सबूत देते हैं कि गैलेक्टिक कॉस्मिक किरणों या सौर कण घटनाओं के संपर्क से कैंसर और अपक्षयी बीमारियों की आशंका है। मिल्ली-सीवर्ट (mSv) विकिरण के लिए उपयोग किया जाने वाला माप का एक रूप है। अंतरिक्ष यात्रियों को 50 से 2,000 mSv तक की प्रभावी खुराक के साथ आयनीकृत विकिरण के संपर्क में लाया जाता है। 1 mSv आयनीकरण विकिरण लगभग तीन छाती एक्स-रे के बराबर है। तो यह वैसा ही है जैसे आपको 150 से 6,000 छाती के एक्स-रे करवाने हों। [4]

	खुराक (mSv)
न्यु योर्क से लंदन की परिक्रमा युक्तयात्रा / **छाती एक्स-रे** (1 **फ़िल्म**)	0.1
प्रति वर्ष प्राकृतिक पृष्ठभूमि विकिरण	3
सीटी स्कैन	30-100
आईएसएस पर विशिष्ट अभियान खुराक	100-150
3-**वर्षीय मंगल मिशन के लिए अनुमानित खुराक**	1000-1500
परमाणु बम से बचे लोग	4000 **तक**
मानव एलडी $_{50}$, **कोई चिकित्सीय हस्तक्षेप नहीं**	3500-5500

मानव एलडी$_{50}$, चिकित्सीय हस्तक्षेप के साथ	5000-10000

2. चालक दल पर भारहीनता का प्रभाव

भारहीनता में प्रवेश (तकनीकी रूप से माइक्रोग्रैविटी के रूप में जाना जाता है) निचले छोरों से वक्ष (thorax) और सिर में तरल पदार्थ के बदलाव के साथ जुड़ा हुआ है। उड़ान के शुरुआती दिनों में अंतरिक्ष यात्रियों को अक्सर "फूले हुए" चेहरे का अनुभव होता है। यह प्रभाव कुछ व्यक्तियों में दूसरों की तुलना में अधिक समय तक रहता है। तरल पदार्थों का यह सिर की ओर स्थानांतरण उड़ान के पहले घंटों के भीतर ही देखा जा सकता है| कुल शरीर के पानी में तुच्छ (शरीर द्रव्यमान का ≈1%) कमी देखि जाती हैं, और रक्त की मात्रा में 10% से 15% की कमी देखि जाती हैं । स्थिर होने में लगभग 2 सप्ताह तक लग जाते हैं| [3]



आकृति 1 अंतरिक्ष पर्यावरण का मानव पर प्रभाव

3. कक्ष वातावरण

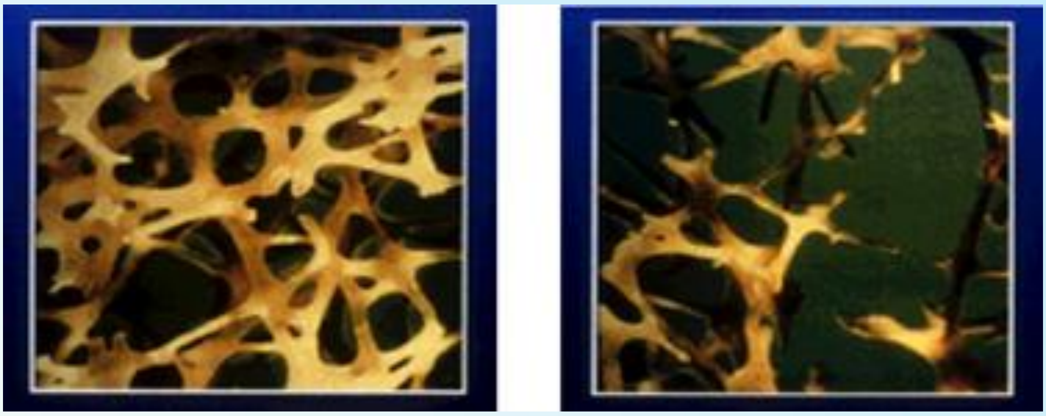
अंतरिक्ष यान का वातावरण चालक दल के सदस्यों के स्वास्थ्य, प्रदर्शन, आहार सेवन और पोषण संबंधी स्थिति को भी प्रभावित कर सकता है। केबिन का दबाव, केबिन की हवा में गैस मिश्रण (यानी, O2 और CO2 का प्रतिशत), तापमान और आर्द्रता सभी शरीर विज्ञान, व्यवहार, कार्य निष्पादन, भोजन और पोषण पर गहरा प्रभाव डाल सकते हैं। आई.एस.एस. पर CO2 की सांद्रता पृथ्वी की तुलना में लगभग 10 गुना अधिक है, यह संभव है कि यह चालक दल के व्यवहार और प्रदर्शन (जैसे, अनुभूति, नींद, सिरदर्द) को प्रभावित कर सकता है|

4. मांसपेशियों पर अंतरिक्ष उड़ान का प्रभाव

अंतरिक्ष में रहना और काम करना मानसिक रूप से कठिन है। लेकिन गुरुत्वाकर्षण की अनुपस्थिति अंतरिक्ष यान में काम करना शारीरिक रूप से कठिन बना देती है। पृथ्वी पर, हमें गुरुत्वाकर्षण बल के विरुद्ध स्वयं को सहारा देने के लिए लगातार कुछ मांसपेशियों का उपयोग करना चाहिए। इन मांसपेशियों, जिन्हें आमतौर पर गुरुत्वाकर्षण विरोधी मांसपेशियां कहा जाता है, में पिंडली की मांसपेशियां, क्वाड्रिसेप्स चतुशिर्सक और पीठ और गर्दन की मांसपेशियां शामिल हैं। चूँकि अंतरिक्ष यात्री भारहीन वातावरण में काम करते हैं, इसलिए उनके शरीर को सहारा देने या घूमने के लिए बहुत कम मांसपेशियों के संकुचन की आवश्यकता होती है। नियमित उपयोग और व्यायाम के बिना हमारी मांसपेशियाँ कमजोर और ख़राब हो जाती हैं। यह शोष नामक एक प्रक्रिया है। अध्ययनों से पता चला है कि अंतरिक्ष यात्रियों को पांच से 11 दिनों तक चलने वाली अंतरिक्ष उड़ानों में मांसपेशियों के द्रव्यमान में 20 प्रतिशत तक की हानि का अनुभव होता है। मांसपेशियों की हानि का अर्थ है ताकत की कमी जो संभावित रूप से खतरनाक हो सकती है यदि किसी अंतरिक्ष यात्री को पृथ्वी के गुरुत्वाकर्षण क्षेत्र में पुनः प्रवेश करने पर एक कठिन आपातकालीन प्रक्रिया करनी पड़े। हालाँकि अंतरिक्ष यात्रियों के पृथ्वी पर लौटने के बाद मांसपेशियों का द्रव्यमान और ताकत फिर से हासिल की जा सकती है, लेकिन अंतरिक्ष में मांसपेशियों को बनाए रखना एक चिंता का विषय है, खासकर लंबी अवधि के अंतरिक्ष अभियानों के लिए। अंतरिक्ष में मांसपेशी शोष को कम करने का एकमात्र तरीका गहन व्यायाम, विशेष रूप से शक्ति प्रशिक्षण अभ्यास, पर्याप्त आहार के साथ संयुक्त है। अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन पर अंतरिक्ष यात्री मांसपेशी शोष के प्रभावों से निपटने के लिए प्रतिदिन 2 1/2 घंटे व्यायाम करते हैं [4]।

5. अस्थि खनिज घनत्व का नुकसान

हड्डी एक संरचना के रूप में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती है जो शरीर को सहारा देती है और कैल्शियम का भंडारण करती है। यह हड्डी के अवशोषण और गठन के संतुलन के माध्यम से रीमॉडलिंग द्वारा फ्रैक्चर प्रतिरोध को बरकरार रखता है। सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण वातावरण में, लोडिंग उत्तेजनाओं में कमी के कारण, हड्डियों का अवशोषण बढ़ जाता है और हड्डियों के गठन में कोई बदलाव नहीं होता है या संभवतः कम हो जाता है, जिससे ऑस्टियोपोरोसिस की तुलना में लगभग दस गुना अधिक दर से हड्डियों का नुकसान होता है। [3] समीपस्थ ऊरु हड्डी (proximal femoral bone) प्रति माह अपने द्रव्यमान का 1.5 प्रतिशत खो देती है, या अंतरिक्ष में छह महीने के प्रवास के दौरान लगभग 10 प्रतिशत खो देती है, पृथ्वी पर लौटने के बाद ठीक होने में कम से कम तीन या चार साल लगते हैं। कैल्शियम संतुलन (सेवन और उत्सर्जन के बीच का अंतर), जो पृथ्वी पर लगभग शून्य है, उड़ान के दौरान घटकर लगभग -250 मिलीग्राम/दिन हो जाता है, जिस के कारण गुर्दे की पथरी खतरे को बढ़ाता है।



आकृति 2 सामान्य अस्थी एवम ऑस्टियोपोरोसिस अस्थी

6. लाल रक्त कोशिका (आरबीसी) द्रव्यमान के संचरण में कमी

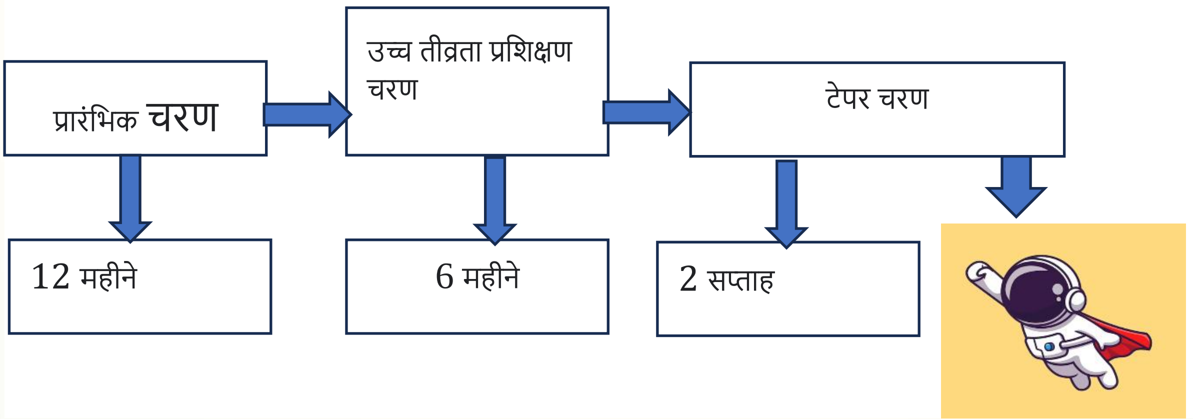
अंतरिक्ष उड़ान रक्ताल्पता: पहले अंतरिक्ष अभियानों के बाद से अंतरिक्ष यात्रियों में रक्ताल्पता देखा गया है। [2] अंतरिक्ष में पहले 10 दिनों में लाल रक्त कोशिका (आरबीसी) द्रव्यमान में 10-12% की कमी इसकी विशेषता है। अंतरिक्ष अन्वेषण अभियान पर जाने वाले यात्रियों के साथ-साथ पर्यटकों की स्क्रीनिंग, निगरानी और अनुवर्ती कार्रवाई में अंतरिक्ष हेमोलिसिस पर विचार किया जाना चाहिए।

प्रत्युपाय (Counter Measures)

सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण वातावरण के संपर्क से ताकत और वायुजीवी (एरोबिक) प्रकार के भौतिक गुण दोनों प्रभावित होते हैं। समवर्ती प्रशिक्षण, जिसमें शक्ति और वायुजीवी प्रशिक्षण रणनीतियों का संयोजन शामिल होता है, के परिणामस्वरूप शक्ति और एरोबिक क्षमताओं दोनों का विकास और रखरखाव हो सकता है। इसके ताकत और वायुजीवी क्षमताओं दोनों का विकास और रखरखाव हो सकता है। [2]

वायुजीवी (एरोबिक) और अवायुजीवी (एनारोबिक) व्यायाम

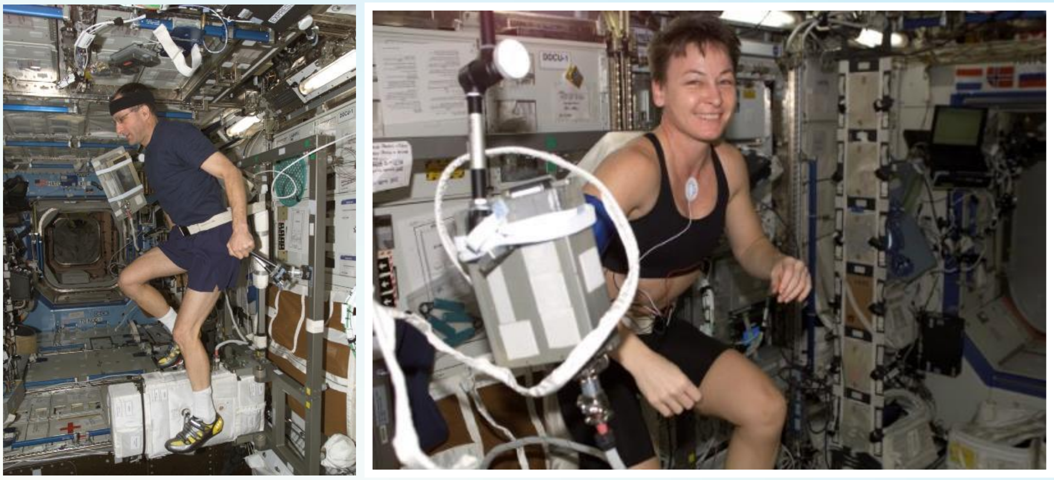
निरंतर वायुजीवी व्यायाम जैसे कि भारी साइकिल चलाना और दौड़ना और ट्रेडमिल पर चलना मांसपेशियों की अखंडता को बनाए रखने और मांसपेशियों की गुणवत्ता को बनाए रखने में मदद करता है। साइकिल और ट्रेडमिल हृदय व्यायाम में मदद करते हैं। [3]



आकृति 3 अंतरिक्षयात्री का व्यायाम कार्यक्रम

प्रतिरोध प्रशिक्षण

प्रतिरोध प्रशिक्षण अनुकूलन के साथ शुरू होता है, जहां अंतरिक्ष यात्रियों को निचले शरीर पर जोर देने के साथ वार्म-अप सेट की बुनियादी कसरत प्रदान की जाती है। इसके बाद लोड में उत्तरोत्तर 5% की वृद्धि की जाती है।



आकृति 4 वायुजीवी (एरोबिक) और अवायुजीवी (एनारोबिक) व्यायाम

लंबी अवधि के अभियानो के लिए ईएसए (ESA) के अंतरिक्ष यात्रियों के लिए एक विशिष्ट अभ्यास कार्यक्रम नीचे दिखाया गया है: [3]

अवस्था	चरण का नाम और उद्देश्य	अवधि
1	अनुकूलन चरण- चालक दल सदस्य को आईएसएस व्यायाम हार्डवेयर से परिचित कराना और चालक दल सदस्य को सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण में व्यायाम करने के लिए अनुकूलित करना	अभियान के पहले 1-20 दिन
2	मुख्य चरण- सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण के लिए शारीरिक अनुकूलन को रोकना	अभियान 130-150 दिन
3	पुनः प्रवेश चरण के लिए तैयारी - पुनः प्रवेश की कठिनाइयों और संभावित ऑफ-नॉमिनल लैंडिंग परिदृश्यों के लिए चालक दल सदस्य को तैयार करें	अभियान के अंतिम 15-30 दिन

आवधिक पोषण

अंतरिक्ष यात्रा में पोषण के कई महत्वपूर्ण कार्य हैं, पर्याप्त पोषक तत्व प्रदान करने और स्वस्थ शरीर की चयापचय (metabolic) आवश्यकताओं को पूरा करने से लेकर किसी व्यक्ति की भावनात्मक भलाई को बढ़ाने तक। अंतरिक्ष यात्रा के कई नकारात्मक प्रभावों, जैसे विकिरण जोखिम, प्रतिरक्षा की कमी, ऑक्सीडेटिव तनाव और हड्डी और मांसपेशियों की हानि को दूर करने में पोषण भी महत्वपूर्ण भूमिका

निभाता है। इसलिए, अंतरिक्ष पोषण को विविध स्वाद, विविधता और स्वीकार्यता को समायोजित करने के अलावा अंतरिक्ष में इष्टतम शारीरिक और मनोवैज्ञानिक कल्याण के लिए उचित समर्थन प्रदान करना चाहिए। अंतरिक्ष पोषण को मानव की दैनिक आवश्यकताओं को पूरा करना चाहिए।

अंतरिक्ष चिकित्सा

अंतरिक्ष चिकित्सा वांतरिक्ष चिकित्सा के अंतर्गत एक विशेष क्षेत्र है जो अंतरिक्ष यात्रियों और अंतरिक्ष उड़ान प्रतिभागियों की चिकित्सा देखभाल पर केंद्रित है। अंतरिक्ष उड़ान का वातावरण मानव शरीर के लिए कई अद्वितीय तनाव पैदा करता है, जिसमें जी बल, सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण, असामान्य वातावरण जैसे कम दबाव या उच्च कार्बन डाइऑक्साइड और अंतरिक्ष विकिरण शामिल हैं। अंतरिक्ष चिकित्सा अंतरिक्ष उड़ान के लिए व्यक्तियों की चिकित्सकीय जांच और प्रमाणित करने के लिए निवारक दवा, जनसंख्या स्वास्थ्य, पर्यावरणीय स्वास्थ्य और नैदानिक चिकित्सा लागू करती है; अंतरिक्ष उड़ान से पहले, उसके दौरान और बाद में उनके स्वास्थ्य को बनाए रखना; और मिशन के उद्देश्यों को पूरा करते हुए मानव स्वास्थ्य और प्रदर्शन के लिए जोखिम को कम करने के लिए वाहन प्रणालियों के अभिकल्प को सूचित करना।

अंतरिक्ष यात्रा के दौरान चिकित्सीय स्थितियों की सूची

अंतरिक्ष अभियानों के दौरान बीमारियाँ और चोटें कई चिकित्सीय स्थितियाँ और चोटें हैं जो अंतरिक्ष उड़ानों के दौरान हो सकती हैं। इनमें से कुछ चिकित्सीय स्थितियाँ अंतरिक्ष उड़ान के दौरान मानव शरीर में होने वाले परिवर्तनों के कारण उत्पन्न होती हैं, जबकि अन्य चोटें हैं जो पृथ्वी की सतह पर हो सकती हैं।

अंतरिक्ष में होने वाली चिकित्सीय स्थितियों को गैर-आपातकालीन और आपातकालीन स्थितियों में वर्गीकृत किया गया है। अभियान के दौरान मोशन सिकनेस, सिरदर्द, नींद न आना और पीठ दर्द जैसी गैर-आपातकालीन स्थितियों को दवा से ठीक किया जा सकता है। आपातकालीन चिकित्सा स्थितियाँ जैसे, दिल का दौरा, दिल की धड्कन रूकना, रक्तस्राव, पथरी बनना, संक्रमण। इनमें से कुछ स्थितियों में उपचार के तौर-तरीके के रूप में ओपरशन शामिल है, जिसके लिए मानव अंतरिक्ष उड़ानों के लिए शल्य चिकित्सा क्षमताओं की भी आवश्यकता होती है।

वर्तमान अंतरिक्ष उड़ानों में ऐसी प्रक्रियाएँ उपलब्ध नहीं हैं। इसके अलावा ये तकनीकें स्वीकृत वजन सीमा में एक और चुनौती पेश करती हैं, जो लंबी अवधि की अंतरिक्ष उड़ानों के लिए हमेशा चिंता का विषय है। भविष्य की अंतरिक्ष उड़ानों में विस्तृत सर्जिकल प्रक्रियाओं को अनुकूलित करने और शामिल करने के लिए कई शोध चल रहे हैं।

अंतरिक्ष स्वास्थ्य और चिकित्सा में भविष्य के क्षेत्र

अंतरिक्ष स्वास्थ्य और चिकित्सा एक विशाल विषय क्षेत्र है जिसमें छोटी बीमारी से लेकर बड़ी जटिलताएँ तक शामिल हैं जिनके लिए ओपरशन की आवश्यकता हो सकती है। साथ ही, वर्तमान योजनाएँ और पद्धतियाँ ऐसी बनाई जाती हैं कि यह सभी के लिए समान रहें। जैसे-जैसे अंतरिक्ष उड़ानों की संख्या और यात्रियों की संख्या बढ़ती है, वैयक्तिकृत चिकित्सा की आवश्यकता होती है। वैयक्तिकृत चिकित्सा का उद्देश्य "एक आकार सभी के लिए उपयुक्त दृष्टिकोण" से अलग होना और रोग की रोकथाम, निदान और उपचार में सर्वोत्तम परिणाम प्राप्त करने के लिए वैयक्तिकरण द्वारा रोगी के स्वास्थ्य में सुधार करना है।

[3].अंतरिक्ष उड़ान से होने वाले नुकसान को रोकने और कम करने के लिए, बल्कि अभियान के दौरान उभरती चिकित्सा समस्याओं के प्रभावी निदान और उपचार को सुनिश्चित करने के लिए यात्रियों के लिए वैयक्तिकृत चिकित्सा दृष्टिकोण लागू किया जाना चाहिए।

तुरंत दवा का निर्माण

दीर्घकालिक अंतरिक्ष अन्वेषण को पूरा करने के लिए एक ऐसे उपकरण की आवश्यकता है जो संग्रहीत तत्व से दवाओं का उत्पादन कर सके। चूंकि दीर्घकालिक अन्वेषण मिशन कई दवा के जीवन से अधिक होने की संभावना है, यह उपकरण दवा का उत्पादन कर सकता है जिसकी आवश्यकता केवल तभी होती है जब दवाओं की आवश्यकता होती है।

यदि अन्वेषण शुरू होने के बाद पृथ्वी पर किसी नए एंटीबायोटिक का आविष्कार किया जाता है, तो सही अनुपात को अंतरिक्ष यान में भेजा जा सकता है और आवश्यक अनुपात में संग्रहीत तत्व का उपयोग करके उपकरण के साथ इसका उत्पादन किया जा सकता है। नई दवा की संरचना को अपलोड करके, तुरंत अपनी दवाएं बनाने की क्षमता की आवश्यकता है। [2]

निष्कर्ष

मानव अंतरिक्ष उड़ान मानव शरीर के लिए कई अनोखी चुनौतियाँ पेश करती है। इनमें विकिरण, सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण, अलगाव शामिल हैं। इनका चालक दल के स्वास्थ्य पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है। यह लेख चालक दल पर अंतरिक्ष पर्यावरण के प्रभाव पर प्रकाश डालता है। वे मांसपेशियों की प्रणाली, श्वसन प्रणाली, हृदय प्रणाली, प्रतिरक्षा प्रणाली, अस्थि घनत्व आदि से लेकर शरीर के अंदर लगभग हर प्रणाली को प्रभावित करते हैं। लेख मानव शरीर पर अंतरिक्ष पर्यावरण के प्रभाव को कम करने और इसे नाममात्र रूप से कार्य करने की अनुमति देने के लिए उठाए गए विभिन्न उपायों पर प्रकाश डालता है। यह लेख मनुष्यों द्वारा मंगल और अन्य ग्रहों जैसे गहरे अंतरिक्ष अन्वेषण की चुनौतियों पर भी प्रकाश डालता है। ऐसे अभियान के दौरान आपातकालीन स्वास्थ्य देखभाल की आवश्यकता पर विशेष रूप से ध्यान देने की आवश्यकता है। तुरंत दवा का निर्माण भी लंबी अवधि की अंतरिक्ष उड़ान का प्रमुख पहलू है।

संदर्भ (References)

1. Human Adaptation to Spaceflight: The Role of Food and Nutrition, Book by NASA
2. www.nasa.gov.in
3. www.wikipedia.com
4. "The effects of spaceflight microgravity on the musculoskeletal system of humans and animals, with an emphasis on exercise as a countermeasure: a systematic scoping review4 ". Moosavi D, Wolovsky D, Depompeis A, Uher D, Lennington D, Bodden R, Garber CE

लेखक परिचय:

गौरव यादव ने आईआईएसटी से एवियोनिक्स में बीटेक की उपाधि एवं आई आई टी दिल्ली से ऍम टेक के उपाधि प्राप्त करी तत्पश्चात |वे यू आर राव सॅटॅलाइट सेंटर बैंगलोर में मानव अन्तरिक्ष उड़ान समूह में परियोजना प्रबंधक -इलेक्ट्रॉनिक्स सिस्टम्स के रूप में कार्यरत हैउनकी | रूचि अतरिक्ष यान पॉवर सिस्टम्स एवं सिस्टम इंजीनियरिंग में है|

अंकुर शर्मा ने राजस्थान विश्वविद्यालय, जयपुर से इलेक्ट्रॉनिक्स और संचार में B.Tech. कि उपाधि प्राप्त की| तत्पश्चात वे यू आर राव सॅटॅलाइट सेंटर बैंगलोर में पीएमएसजी समूह में उप परियोजना निदेशक के रूप में कार्यरत हैं | उनकी रूचि अतरिक्ष यान पॉवर सिस्टम्स एवं सिस्टम इंजीनियरिंग में है |

आदित्य करण ने आईआईएसटी केरला ,से इसवी २०१२ में एयरोस्पेस इंजीनियरिंग में बीटेक की उपाधि प्राप्त करी तत्पश्चात |वे यू आर राव सॅटॅलाइट सेंटर में गुणवत्ता आश्वासन समूह एवं अंतरिक्ष यांत्रिकी समूह में कार्यरत रहे यहाँ |उन्होंने मार्स ऑर्बिटर योजना एवं चंद्रयान २ योजना में कार्य कियाअभी | मानव अन्तरिक्ष उड़ान समूह में परियोजना प्रबंधक यांत्रिकी -प्रणाली के रूप में कार्यरत हैउनकी | रूचि अंतरिक्षयान तंत्र एवं सिस्टम इंजीनियरिंग में है|

17. सूक्ष्म उल्कापिंड और कक्षीय मलबा टकराव संसूचन प्रणाली

(Micrometeoroid and Orbital Debris Impact detector system)

सौरभ कुमार, युवन जैन चिरंजीवी फणींद्र बी, कुमार के
समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन, बेंगलुरु

सारांश:

अंतरिक्ष में पृथ्वी के चारों ओर लाखों प्राकृतिक रूप से पाए जाने वाले सूक्ष्म उल्कापिंड और मानव निर्मित कक्षीय मलबा (एमएमओडी) मौजूद हैं। एमएमओडी कक्षा में अंतरिक्ष यान के लिए एक बड़ा खतरा है और मानव मिशन के मामले में यह और भी गंभीर चिंता का विषय है, क्योंकि इससे मिशन विफलता के साथ-साथ क्रु को भी हानि हो सकती है। इस तरह के खतरे से मिटिगेशन महत्वपूर्ण और अत्यंत आवश्यक है। यह मुख्य रूप से दो तरीकों से किया जाता है - 1. सूचीबद्ध मलबे (आकार > 10 सेंटीमीटर) के लिए अंतरिक्ष यान का सुनियोजित परिचालन 2. गैर-सूचीबद्ध मलबे (आकार < 10 सेंटीमीटर) के लिए संभाव्य जोखिम मूल्यांकन दृष्टिकोण (Probabilistic risk assessment approach) का उपयोग करके एक एमएमओडी टकराव ढाल का विकास। संभाव्य जोखिम मूल्यांकन दृष्टिकोण अंतरिक्ष यान के एमएमओडी टकराव ढाल को डिजाइन और विकसित करने के लिए एमएमओडी फ्लक्स पर्यावरण मॉडल का उपयोग करता है। एमएमओडी टकराव डिटेकशन प्रणाली, एमएमओडी फ्लक्स पर्यावरण मॉडल को बेहतर बनाने के लिए डेटा प्रदान करती है जिसका उपयोग अंततः मलबे टकराव सुरक्षा ढाल के डिजाइन के लिए किया जाएगा। एमएमओडी टकराव का पता लगाने वाली प्रणालियों का उद्देश्य अंतरिक्ष यान के कक्षा चरण के दौरान हुए टकराव का पता लगाना भी है और आगे कैप्चर किए गए डेटा का उपयोग अंतरिक्ष यान पर एमएमओडी टकराव से संबंधित विभिन्न उत्पन्न मापदंडों को निर्धारित करने के लिए किया जाएगा।

परिचय

उपग्रह प्रौद्योगिकी में हो रहे निरंतर वृद्धि से कक्षीय मलबे में भी वृद्धि हो रही है और इस कारण कक्षीय मलबे से सुरक्षा की आवश्यकता अत्याधिक हो गयी है। अंतरिक्ष मे लाखों मानव निर्मित कक्षीय मलबे मौजूद है, जिसमे उपयोग किए गए रॉकेट चरण, पुराने उपग्रह, पेंट के टुकड़े और धातु के छोटे टुकड़े जितनी छोटी वस्तुएं शामिल हैं। इन एमएमओडी कणों की आबादी कक्षा के आकार (orbit size) के साथ बदलती रहती है, कुछ कक्षाओं में मलबे कि फ्लक्स संख्या बहुत अधिक होति है और दुसरी तरफ कुछ कक्षाओं मे उस मुकाबले फ्लक्स संख्या काफी कम होती है। अंतरिक्ष यान को एमएमओडी कण के कारण होने वाले नुकसान से बचाने के लिए आमतौर पर 10 सेंटीमीटर से अधिक आकार के मलबे को ट्रैक किया जाता है और इसके साथ टक्कर से खतरे की स्थिति में अंतरिक्ष यान का सुनियोजित परिचालन किया जाता है। 10 सेंटीमीटर से छोटी वस्तुएं, हालांकि आकार में छोटी होती हैं, पर 7.5 किलोमीटर प्रति सेकंड से 15 किलोमीटर प्रति सेकंड तक के सापेक्ष वेग से यात्रा करती हैं, और इससे टकराव कि स्थिति में विनाशकारी विफलता हो सकती हैं और इस प्रकार अंतरिक्ष यान को छोटे मलबे के कणों से बचाने के लिए सुरक्षा ढाल का डिजाइन आवश्यक है और आदर्श सुरक्षा ढाल डिजाइन 15

किलोमीटर प्रति सेकंड पर 10 सेंटीमीटर आकार कि वस्तु से टकराव को सहन करने की क्षमता प्रदान करेगा, लेकिन संरचनात्मक डिजाइन और द्रव्यमान संबंधी बाधाएं हमें सांख्यिकीय दृष्टिकोण अपनाने के लिए प्रेरित करती है। यहाँ मलबा ढाल के प्रदर्शन का मूल्यांकन प्रोबबिलिटी ऑफ नो पेनिट्रेशन (पीएनपी) के आधार पर किया जाता है। अंतरिक्ष यान के पीएनपी स्तर को निर्धारित करने में एक आवश्यक पैरामीटर एमएमओडी फ्लक्स पर्यावरण कि जानकारी होना है। एमएमओडी टकराव डिटेक्टर जो 10 सेंटीमीटर से कम आकार के एमएमओडी के पर्यावरण को मैप करते हैं, पीएनपी के सटीक अनुमान में काफी मदद करेंगे।

एमएमओडी टकराव डिटेकशन प्रणाली हमें उड़ान के दौरान होने वाले एमएमओडी टकराव की आवृत्ति और गंभीरता को मापने में भी सहायता करती है। दुनिया भर में विभिन्न अंतरिक्ष एजेंसियों द्वारा कई एमएमओडी टकराव डिटेकशन प्रणालीया विकसित की गई हैं और इन सभी प्रणालियों के अपने फायदे और नुकसान हैं। इन एमएमओडी टकराव डिटेक्टर प्रणाली का लक्ष्य आमतौर पर निम्नलिखित मापदंडों का पता लगाना है:

- टकराव कोण (Impact Angle)
- टकराव वेग (Impact Velocity)
- मलबे का आकार (Debris size)
- टकराव का स्थान (Impact location)
- टकराव का समय (Impact time)

1. प्रतिरोधक ग्रिड टकराव जांच सेंसर

यह प्रणाली प्रतिरोधक रेखाओं के माध्यम से विद्युत धारा के प्रवाह की अवधारणा पर आधारित है। इस प्रणाली में पतली प्रतिरोधक लाइनें एक लचीली पीसीबी (लिथोग्राफिक प्रक्रिया द्वारा निर्मित) पर प्रिंट की जाती हैं, और बसेस (buses) से जुड़ी होती हैं जैसा कि चित्र 1 में दिखाया गया है। मूल सिद्धांत एमएमओडी के हाइपरवेलोसिटी टकराव द्वारा इन प्रिंटेड प्रतिरोधी लाइनों कि क्षति है जो प्रतिरोध में परिवर्तन के कारण पोटेंशिअल डिफ्फरेंस में परिवर्तन उत्पन्न करेगा जिसे सेंसिंग मॉड्यूल द्वारा पता लगाया जाएगा। इस प्राप्त डेटा का उपयोग पोटेंशिअल डिफ्फरेंस में परिवर्तन और क्षतिग्रस्त प्रतिरोधी लाइनों की संख्या के आधार पर कण के आकार और टकराव के स्थान का अनुमान लगाने के लिए किया जाएगा।

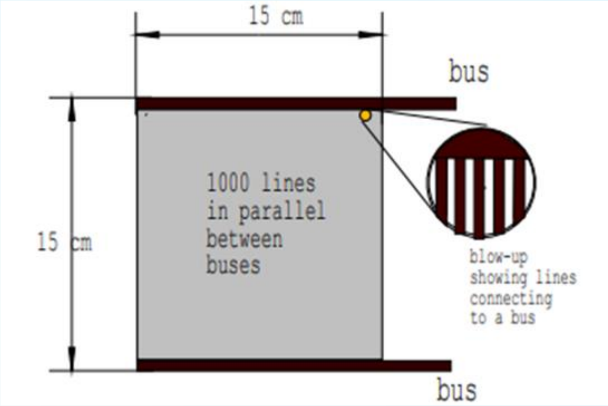
यह प्रणाली उच्च रोबस्ट्नेस प्रदान करती है और इसके निर्माण के लिए कम संसाधनों की आवश्यकता होती है। यह निम्नलिखित मापदंडों का पता लगाने में सक्षम है:

क) टकराव का स्थान

ख) टकराने वाले कण का आकार

ग) टकराव का समय

प्रतिरोधक ग्रिड आधारित प्रणालियों में आमतौर पर 50-माइक्रोन से अधिक आकार के एमएमओडी टकराव कणों का पता लगाने की क्षमता होती है।

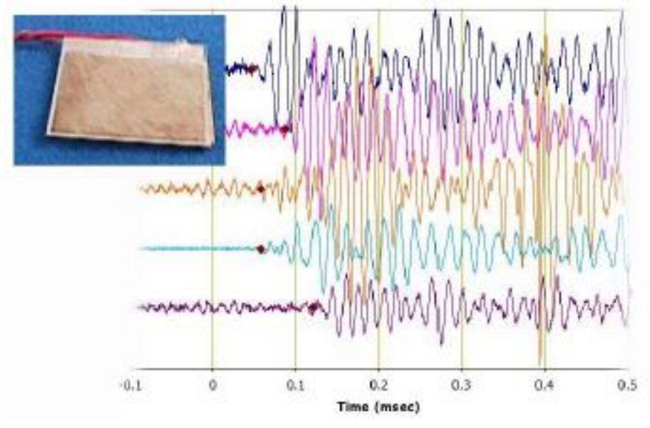


चित्र 1: आरजीएस अवधारणा का चित्रण

इस प्रणाली का उपयोग करने का प्रमुख लाभ यह है कि सिस्टम की द्रव्यमान और बिजली की आवश्यकता कम है और अंतरिक्ष ग्रेड अनुप्रयोग के लिए ये पैरामीटर बहुत ज्यादा महत्व रखते हैं।

2. पिनड्रॉप ध्वनिक टकराव सेंसर

पार्टिकल इम्पैक्ट नॉइज़ डिटेक्शन एंड रेंजिंग ऑन ऑटोनॉमस प्लेटफ़ॉर्म (PINDROP) ध्वनिक सेंसर सिस्टम टारगेट मटेरिअल में उत्पन्न ध्वनिक तरंग को महसूस करके हाइपरवेलोसिटी टकराव का पता लगाता है। ये सेंसर आमतौर पर बहुत पतले (लगभग 25 माइक्रोन) पॉलीविनाइलिडीन फ्लोराइड (पीवीडीएफ) पॉलिमर आधारित पीजोइलेक्ट्रिक मटेरिअल से बने होते हैं। एमएमओडी टकराव के कारण टारगेट मटेरिअल में ध्वनिक तनाव उत्पन्न होगा और यह तनाव सेंसर मे एक विद्‌युत संकेत को उत्पन्न करेगा। विद्‌युत संकेत की शक्ति (आयाम) टकराने वाले कण की ऊर्जा या गति और टारगेट मटेरिअल की प्रकृति पर निर्भर करती है।



चित्र 2: टकराव के बाद ध्वनिक सेंसर द्वारा उत्पन्न संकेत

इस प्रणाली का उपयोग करके 30 माइक्रोन से अधिक आकार के कणों से होने वाले टकराव का आसानी से पता लगाया जा सकता है। किसी कण के टकराव का परिणामी ध्वनिक संकेत आमतौर पर 100 kHz की सीमा में होता है और टकराव ऊर्जा 100 mJ से अधिक होती है। पीवीडीएफ आधारित ध्वनिक सेंसर

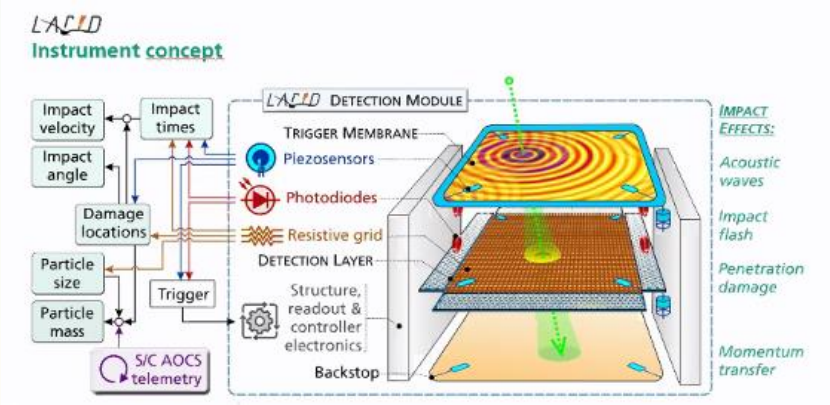
का उपयोग करके इस स्ट्रेन को आसानी से महसूस किया जा सकता है और परिणामी विद्युत संकेत को कैप्चर किया जा सकता है, जिसे आगे की पोस्ट प्रोसेसिंग के लिए डेटा अधिग्रहण प्रणाली में भेजा जाता है।

विभिन्न सेंसरों पर संकेत आगमन के समय का उपयोग करके त्रिकोणीय विधि (Triangulation method) के माध्यम से टकराव होने के स्थान का अनुमान लगाया जा सकता है। इस सेंसर का उपयोग आमतौर पर स्टैंड-अलोन सिस्टम के रूप में नहीं किया जाता है क्योंकि इसे विभिन्न संरचनाओं और टारगेट मटेरिअल पर लगाये जाने की आवश्यकता होती है।

सिस्टम की प्रमुख विशिष्टता यह है की सेंसर, केबल और प्रीएम्प्लीफायर का संयुक्त द्रव्यमान और प्रति सेंसर बिजली की खपत कम है जो सामान्यतः प्रति सेंसर 20 ग्राम और 15 मेगावाट के लगभग होता है।

3. एलएआरआइडी (LArID) इम्पैक्ट डिटेक्शन सेंसर

एलएआरआइडि (लार्ज एरिया लो रीसौर्स इंटीग्रेटेड इम्पेक्ट डिटेक्टर) कण के आकार, वेग और टकराव के कोण जैसे विभिन्न टकराव मापदंडों को ज्ञात करने के लिए महत्वपूर्ण प्रणाली है जिसे वर्तमान में फ्रौन्होफेर ई एम आई (Fraunhofer EMI) के द्वारा विकसित किया जा रहा है।



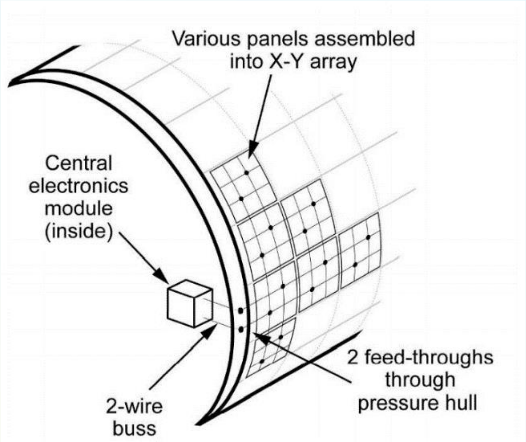
चित्र 3: LARrID सेंसर

यह प्रणाली 0.1 मिमी से अधिक आकार के अंतरिक्ष मलबे के टकराव के डेटा को संग्रह के लिए उपयुक्त है। यह प्रणाली तीन सेंसर तकनीकों पर आधारित है: पीज़ोइलेक्ट्रिक सेंसर, प्रतिरोधक ग्रिड और टकराव फ्लैश (Impact flash) फोटोडिटेक्टर। पीवीडीएफ सेंसर एक पतली ट्रिगर झिल्ली से जुड़े होते हैं, जो डिटेक्टर की सबसे बाहरी परत पर लगी होती है जो सिग्नल आगमन समय का त्रिकोणीकरण कर टकराव स्थान का पता लगाता है। दूसरी परत पर प्रतिरोधक ग्रिड लाइनों का उपयोग टकराने वाले कण के आकार और टकराव के स्थान को निर्धारित करने के लिए किया जाता है। टकराव का वेग और ट्रेजेक्टरी की गणना दो डिटेकशन परतों के बीच उड़ान के समय के माप का उपयोग करके किया जाता है।

LArID एक मॉड्यूलर प्रणाली है जिसका समग्र डिटेकशन क्षेत्र आधार इकाइयों से निर्मित होता है। प्रत्येक इकाई में सेंसर और एकीकृत रीड-आउट इलेक्ट्रॉनिक्स का एक पूरा सेट होता है। LArID डिटेक्टर एक स्टैंडअलोन प्रणाली है, इसके डेटा आउटपुट को अंतरिक्ष यान के अभिव्रत्ति और गति डेटा में परिवर्तन के साथ जोड़कर बड़े कणों के लिए टकरावक द्रव्यमान का अध्ययन किया जा सकता है।

4. पीजोइलेक्ट्रिक फिल्म सेंसर

यह टकराव डिटेकशन प्रणाली पीजोइलेक्ट्रिक इफ्फेक्ट की अवधारणा पर आधारित है। इस प्रणाली मे अंतरिक्षयान के सतह को पीजोइलेक्ट्रिक फिल्म से ढक दिया जाता है जो हिट या टकराव होने पर आउटपुट के रूप में विद्युत संकेत देता है। इस प्रणाली में पॉलिमर आधारित पीजोइलेक्ट्रिक मटेरिअल पीवीडीएफ (पॉलीविनाइलिडीन फ्लोराइड) का उपयोग किया जाता है। विभिन्न पॉलिमर आधारित पीजोइलेक्ट्रिक मटेरिअल में से पीवीडीएफ (पॉलीविनाइलिडीन फ्लोराइड) अंतरिक्ष ग्रेड अनुप्रयोगों के लिए उपयोग किए जाने वाले सबसे अच्छे पॉलिमर में से एक है। टकराव के कारण पीजोइलेक्ट्रिक मटेरिअल मे होने वाले पोटेंशिअल डिफ्फरेंस को मापने के लिए फिल्म के दोनों तरफ धातु की परतें जुड़ी होती हैं और सभी पैनल एक केंद्रीकृत इलेक्ट्रॉनिक्स मॉड्यूल से जुड़े होते हैं जो क्रू-मॉड्यूल या टेलीमेट्री को जमीन पर वास्तविक समय मे डेटा प्रदान करता है।

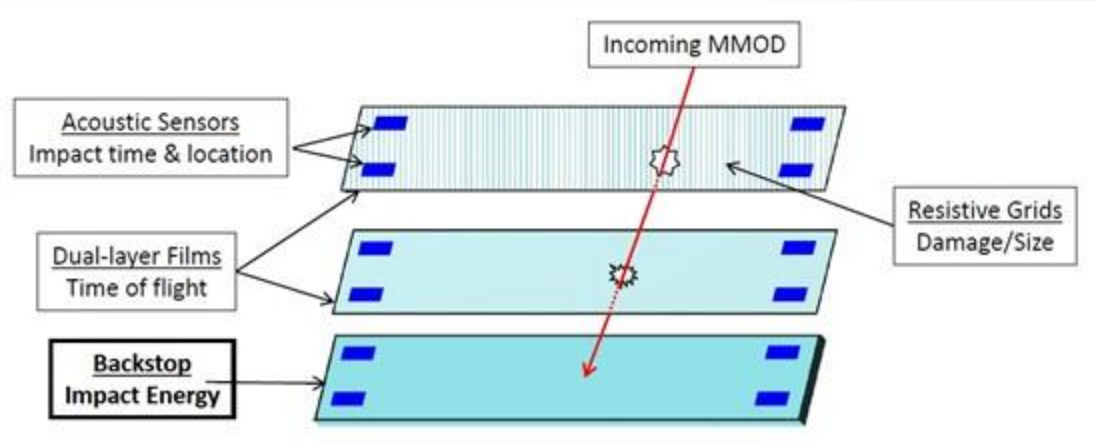


चित्र 4: पीजोइलेक्ट्रिक -फिल्म टकराव डिटेक्टर प्रणाली

टकराव का स्थान पता लगाने के लिए फिल्म को छोटे वर्गों में विभाजित किया जाता है इन छोटे वर्गों को पिक्सेल कहा जाता है और प्रत्येक पिक्सेल उस सबसे छोटे क्षेत्र का दर्शाता है जहां टकराव के स्थान को निर्धारित किया जा सकता है। प्रत्येक पिक्सेल में पैनल इलेक्ट्रॉनिक्स से कनेक्ट करने के लिए एक अलग तार होता है। जैसा कि चित्र 4 में दिखाया गया है दो तार मॉड्यूल (Two wire module) पैनलों को जोड़ते हैं जो सभी पैनलों को शक्ति और डेटा प्रदान करते हैं । ज्यादातर मामलों में, पिक्सेल की संवेदनशीलता इतनी अधिक होती है कि एक टकराव को कई पिक्सेल द्वारा पता लगाया जा सकता है और प्रतिक्रिया करने वाले पिक्सेल की संख्या टकराव की गंभीरता का संकेत देती है। सिस्टम के रिज़ॉल्यूशन को बेहतर बनाने के लिए, एफटीए (पहले आने वाले) रजिस्टर का उपयोग किया जाता है। जिस पिक्सेल पर टकराव हुआ है, वह हमेशा सबसे पहले प्रतिक्रिया देगा और उसका टकराव संकेत एफटीए रजिस्टर में दर्ज किया जाता है, जो फिर आगे आने वाले इनपुट को अस्वीकृत कर देता है और इस प्रकार गैर-प्रभावित पिक्सेल द्वारा उत्पन्न सिग्नल को छोड़ दिया जाएगा और अन्य मापदंडों के निर्धारण के लिए उपयोग नहीं किया जाएगा। इलेक्ट्रॉनिक्स का बैकअप सेट प्रदान करके सिस्टम की विश्वसनीयता को और बेहतर बनाया जा सकता है। इस प्रणाली का मुख्य दोष यह है कि एक बार किसी कण से टकराव होने पर सेंसर का वह क्षेत्र क्षतिग्रस्त हो जाएगा और फिल्म के उस क्षेत्र मे आगे होने वाले किसी भी अन्य टकराव का पता लगा पाना बेहद मुश्किल हो जाएगा।

5. ड्रैगन्स (DRAGONS)

मलबा प्रतिरोधी ध्वनिक ग्रिड ऑर्बिटल नेवी सेंसर (ड्रैगन्स) प्रणाली प्रतिरोध में परिवर्तन के कारण ध्वनिक तरंग संकेतों और वोल्टेज भिन्नता को महसूस करके हाइपरवेलोसिटी टकराव का पता लगाती है। इस सेंसर में प्रतिरोधक ग्रिड सेंसर और PINDROP ध्वनिक सेंसर का संयोजन होता है। सिस्टम में तीन परतें होती हैं जिनमें पहली परत के सामने की तरफ प्रतिरोधक ग्रिड मुद्रित होते हैं और ध्वनिक सेंसर पहली परत के कोनों पर लगे होते हैं, दूसरी परत में कोनों पर ध्वनिक सेंसर लगे होते हैं और नीचे की तीसरी परत एक ठोस बैक प्लेट होती है। ये तीन प्लेटें एक पूर्वनिर्धारित गतिरोध(standoff) पर लगाई जाती है । टकराने वाले कण की आकार का पताप्रतिरोधक ग्रिड का उपयोग करके किया जाएगा , जबकि PINDROP का उपयोग टकराव का समय, वेग, दिशा और टकराव के स्थान की गणना करने के लिए किया जाएगा। दो फिल्मों पर प्रदान किए गए ध्वनिक सेंसर से टकराव समय और स्थान डेटा का संयोजन टकराव की गति और दिशा का मान प्रदान करेगा । ठोस बैकप्लेट का उपयोग उस पर लगे ध्वनिक सेंसर से प्राप्त संकेतों का उपयोग करके टकराव के गतिज ऊर्जा का अनुमान लगाने के लिए किया जाता है। समग्र डेटा का उपयोग करके टकराने वाले कण के घनत्व और द्रव्यमान की गणना की जा सकती है



चित्र 5: ड्रैगन्स सेंसर कॉन्फ़िगरेशन

इस सिस्टम से 50 µm से 1 मिमी तक के कणों का पता लगाया जा सकता है। लैब परीक्षण के नतीजे बताते हैं कि ड्रेगन सिस्टम क्रमशः 1.4 सेंटीमीटर, 0.2 किमी/सेकेंड और 5 डिग्री की औसत त्रुटि(error) के साथ टकराव के स्थान, गति और टकराव के कोण को निर्धारित कर सकता है।

समीक्षा

अंतरिक्ष विज्ञान मे तरक्की के साथ हम लंबी अवधि के अंतरिक्ष उड़ानों की ओर बढ़ेंगे और लंबी अवधि की उड़ानों मे टकराव का पता लगाने वाली प्रणाली का महत्व और अधिक बढ़ जाएगा। लेख में चर्चा की गई प्रणालियों में कुछ कमियां हैं जैसे कि प्रतिरोधक ग्रिड सेंसर मे , टकराव होने से रेसिस्तिव (resistive) ग्रिड लाइन टूटेंगे जिस वजह से उस स्थान पर अगले टकराव को जांचना संभव नहीं होगा। यदि ऐसी

प्रतिरोधक रेखाओं की दो परतों को एक-दूसरे से पूर्व-निर्धारित स्टैंड-ऑफ पर रखा जाये तो टकराने वाले कण के टकराव वेग और टकराव का कोण जैसे अन्य पैरामीटर भी ज्ञात किए जा सकता है ,जिसके लिए उच्च आवृत्ति डेटा अधिग्रहण प्रणाली (High frequency Data Acquisition system) की आवश्यकता होगी।

ध्वनिक सेंसर आधारित डिटेकशन प्रणालियां जैसे की पिनड्रॉप, ऐसे प्रणालियों मे टकरावकारी कण का आकार का पता लगाना मुश्किल होता है और यदि ध्वनिक सेंसर पर कोई हिट होती है तो सिस्टम टकराव डेटा का पता लगाने और संसाधित करने में विफल हो सकता है, और इस समस्या को हल करने के लिए आमतौर पर ध्वनिक आधारित सिस्टम सेंसर की संख्या मे निश्चित अतिरेक के साथ डिज़ाइन किए जाते हैं। इन प्रणालियों में प्रत्येक परत पर आवश्यक सेंसर की न्यूनतम संख्या तीन है और एक या अधिक सेंसर की विफलता की स्थिति में माप में सटीकता प्रभावित होगी, इसलिए सिस्टम को अतिरेक प्रदान करने के लिए प्रत्येक प्लेट पर सेंसर की संख्या को तीन से अधिक रखा जाता है। इसके अलावा, ध्वनिक सेंसर-आधारित प्रणाली में एक बहुत उच्च आवृत्ति डेटा अधिग्रहण प्रणाली की आवश्यकता होती है, इस वजह से बड़ी मात्रा में डेटा को लंबे समय तक संग्रहीत करने की आवश्यकता होती है जो की एक समस्या पैदा कर सकती है। इस समस्या को एक ट्रिगर तंत्र का उपयोग करके हल किया जा सकता है जो डेटा अधिग्रहण प्रणाली इकाई को केवल हिट की स्थिति में डेटा कैप्चर करने के लिए ट्रिगर करेगा।

प्रतिरोधी ग्रिड आधारित प्रणाली की तरह ही पीजोइलेक्ट्रिक फिल्म आधारित सेंसर मे भी हिट होने से टकराने वाले पिक्सल को नुकसान होगा और उसी स्थान पर दूसरे टकराव क पता लगा पाना मुश्किल होगा और इस समस्या को हल करने के लिए सिस्टम में कुछ अतिरेक होने चाहिए, इस पीजोइलेक्ट्रिक फिल्म सेंसर को ध्वनिक डिस्क सेंसर के साथ जोड़ा जा सकता है ताकि किसी क्षेत्र की विफलता की स्थिति में भी सिस्टम कार्य करता रहे।

इन प्रणालियों की कमियों को कम करने के लिए, दो या तीन परतों वाले एक सेंसर सिस्टम का इस्तेमाल किया जा सकता है, जिसमें पहली परत का उपयोग ट्रिगर करने अथवा टकराव डेटा उत्पन्न करने में मदद करेगी, और ट्रिगरिंग सेंसर के अन्य सबसिस्टम के लिए की जाएगी, पीजोइलेक्ट्रिक फिल्म ट्रिगरिंग परत के लिए एक उपयुक्त विकल्प हो सकती है। प्रत्येक परत के कोनों पर या किनारों के पास ध्वनिक सेंसर लगाए जा सकते हैं, जो ट्रिगर सिग्नल मिलने के तुरंत बाद डेटा अधिग्रहण शुरू कर देंगे, इसके अलावा कण के आकार को मापने और सिस्टम में अतिरेक जोड़ने के लिए दूसरी परत पर एक प्रतिरोधक ग्रिड सेंसर लगाया जा सकता है जो टकरावकारी कण का आकार देगी। कई हिट होने के पश्चात भी उच्च सटीकता प्रदान करने के लिए सिस्टम मे उपयोग किए जाने वाले ध्वनिक सेंसर की संख्या बढ़ाई जा सकती है।

उच्च-प्रदर्शन टकराव डिटेकशन प्रणाली बनाने के लिए कई टकराव प्रणालियों को संयोजित करने के बाद भी, अशुद्धि को संभवतः शून्य नहीं किया जा सकता है। सिस्टम में अभी भी सीमित अशुद्धियाँ हो सकती हैं जो सीमित डेटा अधिग्रहण आवृत्ति, प्रतिरोधक रेखाओं की सीमित पिच, ध्वनिक सेंसर के गैर-शून्य प्रतिक्रिया समय आदि जैसे कारकों द्वारा नियंत्रित होती हैं।

निष्कर्ष

इस लेख में चर्चा की गई एमएमओडी टकराव डिटेकशन प्रणाली दुनिया भर में विभिन्न अंतरिक्ष एजेंसियों द्वारा विकसित की गई है, इन प्रणालियों को आवश्यक मात्रा में सटीकता के साथ एमएमओडी टकराव का पता लगाने के लिए डिज़ाइन किया गया है। लेख में चर्चा की गई अधिकांश प्रणालियाँ टकराव मापदंडों के एक निश्चित सेट को निर्धारित करने में सक्षम हैं, लेकिन इन प्रणालियों की कुछ कमियाँ हैं और कुछ टकराव डिटेकशन प्रणालियों के संयोजन से इन कमीयों को कम किया जा सकता है।

एक हाइब्रिड एमएमओडी टकराव डिटेकशन प्रणाली, जो कमियों को न्यूनतम करने के लिए कुछ प्रणालियों की क्षमताओं को एक साथ लाकर भविष्य को ध्यान में रखते हुए प्रस्तावित किया जा सकता है।

विचार करने योग्य कुछ प्रमुख बिंदु हैं, जैसे कि सिस्टम की शक्ति की आवश्यकता और वजन इन दोनों का मान जितना संभव हो उतना कम होना चाहिए और सिस्टम में कुछ अतिरेक होना चाहिए जो सिस्टम को इसके कुछ घटकों की विफलता होने की स्थिति में भी कार्यशील बनाए रखेगा।

सन्दर्भ

[1] www.nasa.gov/mission_pages/station/news/orbital_debris

[2] https://en.wikipedia.org/wiki/Space_debris/Debris_growth

[3] Clark, Lenwood G, Ed, "The long duration exposure facility (LDEF). Mission 1 Experiments" National Aeronautics and Space Administration, Hampton, Va. Langley Research Center. NASA-SP-473

[4] Eric L. Christiansen, "Handbook for Designing MMOD Protection" NASA Johnson Space Centre, JSC- 64399, Version: A, January 28, 2009.

[5] Design and Development of DRAGONS In-situ Orbital Debris Detection and Characterization Payload, H. M. Doyle, Joseph G. Tom

[6] J.-C. Liou, R. Corsaro, "DRAGONS – A Micrometeoroid and Orbital Debris Impact Sensor".

लेखक परिचय :

युवन जैन, वैज्ञानिक/अभिंयता-एस.सी. ने बी.टेक की उपाधि प्राप्त की है। वर्ष 2021 में ये इसरो में भर्ती हुए। वर्तमान में, समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र, बेंगलूरु में मानव कारक अभियांत्रिकी और मिशन इकाई में कार्यरत हैं । इनके कार्य की प्रकृति में, उल्कापिंड तथा कक्षीय मलबे हेतु कवच का विकास, मानव अनुकूल अभियांत्रिकी प्रयोगशाला की स्थापना के कार्य शामिल हैं ।

सौरभ कुमार, वैज्ञानिक/अभियंता-एस.सी. ने बी.टेक की उपाधि प्राप्त की है। वर्ष 2021 में ये इसरो में भर्ती हुए। वर्तमान में, समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र, बेंगलूरु में मानव कारक अभियांत्रिकी और मिशन इकाई में कार्यरत हैं । इनके कार्य की प्रकृति में, उल्कापिंड तथा कक्षीय मलबे हेतु कवच का विकास, मानव अनुकूल अभियांत्रिकी प्रयोगशाला की स्थापना के कार्य शामिल हैं ।

डॉ. चिरंजीवी फणींद्र बी., वैज्ञानिक/अभियंता-एस.सी. समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र (एच.एस.एफ.सी.) में उप परियोजना निदेशक, गगनयान हैं और जैव-मेकैनिक्स एवं परीक्षणात्मक मानवमिति प्रभाग के प्रधान हैं। इन्होंने मेकैनिकल अभियांत्रिकी में आंध्र विश्वविद्यालय से बी.टेक की उपाधि प्राप्त की; वांतरिक्ष अभियांत्रिकी में आई.आई.टी. कानपुर से एम.टेक किया और आई.आई.टी. मद्रास से मेकैनिकल अभियांत्रिकी में पी.एच.डी. की है।

के. कुमार, **उत्कृष्ठ वैज्ञानिक/अभियंता** ने वांतरिक्ष अभियांत्रिकी में स्नातकोत्तर की उपाधि प्राप्त की है। इसरो में 1990 में प्रवेश पाया। वर्तमान में, समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र, बेंगलुरु में मानव कारक अभियांत्रिकी और मिशन इकाई - एच.एफ.एम.ई. (Human Factors Engineering and Mission Entity - HFME) में उप निदेशक का कार्यभार संभाले हुए हैं । इस इकाई में, समानव अंतरिक्ष उड़ान हेतु मिशन एवं शारीरिक मानकों का विकास कार्य किया जाता है।

18. मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन में मानवीय कारक: अंतरिक्ष भोजन

बिजय कुमार पात्रा,

सारांश:

मानव अंतरिक्ष मिशन की सफलता अंतरिक्ष यात्रियों के स्वास्थ्य और पोषण पर निर्भर करती है। अंतरिक्ष भोजन अंतरिक्ष यात्रियों को अंतरिक्ष में रहने के दौरान पोषित और ऊर्जावान बनाने में मदद करता है। अनुसंधान और प्रौद्योगिकी में प्रगति के साथ अंतरिक्ष भोजन मेनू में विभिन्न प्रकार के व्यंजन उपलब्ध हैं। यह पेपर अंतरिक्ष भोजन के विकास पर प्रकाश डालता है, यह संभावित अंतरिक्ष भोजन के रूप में अंतरिक्ष भोजन के प्रकार, इसकी पैकेजिंग और विटामिन ए समृद्ध ऊर्जा गेंदों पर भी प्रकाश डालता है और ध्यान केंद्रित करता है।

मानव शरीर पर बाहरी अंतरिक्ष अन्वेषणों के कई हानिकारक प्रभाव देखे गए हैं जैसे; शरीर के द्रव्यमान में कमी, दृष्टि संबंधी परिवर्तन, हड्डियों के घनत्व में कमी और एनीमिया।इस मुद्दे को दूर करने के लिए अंतरिक्ष भोजन को डिजाइन करते समय विभिन्न विचारों का पालन किया जाना चाहिए। अंतरिक्ष मिशन में पोषण संबंधी आवश्यकताएं महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं। विभिन्न खाद्य पदार्थों में अंतरिक्ष मिशन के कारण उत्पन्न सीमाओं को दूर करने की क्षमता होती है, अंतरिक्ष भोजन विकसित करते समय कमियों और बीमारी जैसे विभिन्न मापदंडों को ध्यान में रखा जाना चाहिए।अंतरिक्ष भोजन कॉम्पैक्ट, आसानी से पचने योग्य और स्व-स्थिर होना चाहिए।

प्रस्तावना

मानव शरीर की प्रत्येक कोशिका भोजन पर निर्भर है जो पृथ्वी के साथ-साथ अंतरिक्ष में भी जीवन को बनाए रखने के लिए आवश्यक है। मानव के सभी अंतरिक्ष अन्वेषणों में पोषण एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है, मानव ने कई मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन पूरे किए हैं, इन मिशनों की उपलब्धि अंतरिक्ष में अंतरिक्ष यात्रियों के पोषण पर निर्भर करती है। अंतरिक्ष पोषण बाहरी अंतरिक्ष में भोजन प्राप्त करने की प्रक्रिया है जो मानव शरीर की वृद्धि और विकास के लिए महत्वपूर्ण है।उचित अंतरिक्ष भोजन अंतरिक्ष यात्रियों के शारीरिक और मानसिक स्वास्थ्य दोनों को बनाए रखता है, पोषण मानव शरीर पर अंतरिक्ष उड़ान के हानिकारक प्रभावों का मुकाबला करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है; तनाव, विकिरण, पोषक तत्वों की कमी के साथ-साथ हड्डी और मांसपेशियों का नुकसान।एक सफल अंतरिक्ष मिशन के लिए स्वस्थ और पौष्टिक आहार महत्वपूर्ण है। अंतरिक्ष वातावरण में भी भोजन से प्राप्त पोषण हमारे शरीर का ईंधन है। अंतरिक्ष यात्रियों को कई पोषक तत्वों की कमी का सामना करना पड़ता है, इसलिए इन कारकों को ध्यान में रखते हुए अंतरिक्ष भोजन विकसित किया जाना चाहिए।

लेख

1. अंतरिक्ष भोजन और उसकी आवश्यकता

अंतरिक्ष भोजन वह भोजन है जिसे विशेष रूप से सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण वातावरण में अंतरिक्ष यात्रियों द्वारा उपभोग के लिए डिज़ाइन किया गया है। लंबे मिशन के दौरान अंतरिक्ष यात्रियों के स्वास्थ्य को बनाए

रखने और उन्हें सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण के नकारात्मक प्रभावों से बचाने के लिए विशिष्ट पोषक तत्वों की पहचान की जानी चाहिए । अंतरिक्ष भोजन पौष्टिक, छोटा आकार, हल्का वजन, ले जाने और उपभोग करने में आसान, शेल्फ-स्थिर होना चाहिए और कंपन, विकिरण और कम दबाव के हानिकारक प्रभावों का सामना करने में सक्षम होना चाहिए। अंतरिक्ष में अंतरिक्ष यात्रियों के लिए डिज़ाइन की गई भोजन प्रणाली में विभिन्न प्रकार के भोजन शामिल हैं। स्पेसफ़ूड के डिज़ाइन और विकास के लिए पिछले कुछ वर्षों में वैश्विक रुचियाँ और प्रयास बढ़े हैं । अंतरिक्ष भोजन को आम तौर पर मिशन के जीवन और अंतरिक्ष यात्रियों की प्राथमिकताओं के अनुसार वर्गीकृत किया जाता है। आम तौर पर अंतरिक्ष भोजन दस प्रकार के होते हैं जिनका वर्णन नीचे दी गई तालिका में किया गया है।

सारणी- 1

अंतरिक्ष भोजन के प्रकार

क्रमांक	अंतरिक्ष भोजन के प्रकार	विवरण
1	प्राकृतिक खाना	बिना किसी प्रसंस्करण के सीधे खाया जाता है , लचीली पैकेजिंग सामग्री में उपलब्ध है। उदाहरण: कुकीज़ और मेवे।
2	पुनर्जलीकृत भोजन	पानी निकालने के बाद खाद्य उत्पादों को पैकेजिंग सामग्री में पैक किया जाता है पानी को हटाने से खाद्य उत्पाद की माइक्रोबियल एक्टिविटी को रोका जा सकता है, उत्पादों को गर्म पानी डालकर पुन: हाइड्रेट करने के बाद खाया जाता है। उदाहरण: टोस्ट, मसालेदार अनाज।
3	ताजा खाद्य पदार्थ	बिना किसी प्रसंस्करण और संरक्षण के ताजे फल और सब्जियां, खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए क्लोरीन से साफ की जाती हैं।
4	फ्रोज़ेन खाद्य पदार्थ	ये त्वरित जमे हुए खाद्य पदार्थ हैं। उदाहरण: चिकन.
5	थर्मोस्टैबिलाइज्ड भोजन	ये गर्म प्रसंस्कृत खाद्य पदार्थ हैं जिन्हें आम तौर पर एल्यूमीनियम फ़ॉइल या बायोमेटेलिक डिब्बे में पैक किया जाता है, और सीधे खाया जाता है। उदाहरण: फल, सब्जियाँ, ग्रील्ड चिकन।
6	विकिरणित खाद्य पदार्थ	ये खाद्य पदार्थ आयनकारी विकिरणों का उपयोग करके तैयार किए जाते हैं और अधिक संगठनात्मक रूप से स्वीकार्य होते हैं। उदाहरण: मांस ।
7	मध्यवर्ती नमी वाले खाद्य पदार्थ	इन खाद्य पदार्थों को सूक्ष्मजीवी गतिविधि को रोकने के लिए पैकेजिंग में पानी की मात्रा यानी 15 - 20% सीमित करके

		उत्पादित और पैक किया जाता है। उदाहरण: हमने नाशपाती और खुबानी को सुखाया।
8	फ्रीज-सूखे खाद्य पदार्थ बिना किसी पूर्व-	प्रसंस्करण या प्रशीतन के सीधे खाया जाता है, इसमें पहले से ठंडा या गर्म पानी मिलाने की आवश्यकता नहीं होती है। उदाहरण: फल और सब्जियाँ क्योंकि वे जल्दी खराब हो जाते हैं और तेजी से नष्ट हो जाते हैं।
9	टॉर्टिला	गेहूं आधारित ब्रेड को भंडारण के लिए प्रशीतन की आवश्यकता होती है; यदि उचित प्रशीतन परिस्थितियों में भंडारण न किया जाए तो फफूंद में वृद्धि हो सकती है, टॉर्टिला में सूक्ष्मजीवी वृद्धि को रोकने के लिए पैकेजिंग सामग्री में ऑक्सीजन नहीं होनी चाहिए।
10	मसालों	सरसों सॉस, मेयोनेज़ और टमाटर सॉस जैसे पाउच में तरल रूपों में उपलब्ध है

अंतरिक्ष यात्रा के दौरान अंतरिक्ष यात्रियों के लिए भोजन के विकास के लिए विभिन्न कारकों को ध्यान में रखना पड़ता है। ले जाया जा रहा भोजन शेल्फ-स्थिर और गैर-विनाशकारी होना चाहिए। अंतरिक्ष यात्रियों के स्वास्थ्य को बनाए रखने के लिए यह पूरी यात्रा के दौरान ताज़ा और पौष्टिक रहना चाहिए। दूसरे, भोजन को इस तरह से डिज़ाइन किया जाना चाहिए कि बिना किसी अतिरिक्त प्रक्रिया के इसे तैयार करना और उपभोग करना आसान हो।

अंतरिक्ष यात्रा के लिए छोटे आकार, काटने के आकार के खाद्य पदार्थों को प्राथमिकता दी जाती है।

अंतरिक्ष भोजन लंबे और कठिन अंतरिक्ष अभियानों के दौरान अंतरिक्ष यात्रियों के स्वास्थ्य को बनाए रखने की कठोर आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए निरंतर अनुसंधान और विकास की आवश्यकता है। दो सीमित कारक, माइक्रोग्रैविटी और समय की कमी, भोजन के इन-फ़्लाइट प्रसंस्करण को अव्यावहारिक बनाते हैं, जिससे अंततः मिशन के दौरान पहले से पैक किए गए भोजन की खपत होती है।

ओडीएफ खाद्य विज्ञान और प्रौद्योगिकी के विकास के साथ खाद्य पदार्थों की विविधता और गुणवत्ता।

भोजन और विज्ञान प्रौद्योगिकी के विकास के साथ अंतरिक्ष में भेजे जाने वाले भोजन की विविधता और गुणवत्ता में बहुत सुधार हुआ है। फ्रीज-सुखाने, वैक्यूम पैकेजिंग विकिरण नसबंदी, उच्च दबाव प्रसंस्करण और 3 डी प्रिंटिंग सहित विभिन्न प्रसंस्करण और संरक्षण तकनीकों का उपयोग करके तैयार किए गए खाद्य पदार्थों का उपयोग अब अंतरिक्ष यात्रियों को खिलाने के लिए किया जाता है। पृथ्वी पर और अंतरिक्ष में भोजन की खपत के बीच मुख्य अंतर पैकेजिंग और उसके डिज़ाइन में है। वजन कम पर्यावरण को ध्यान में रखते हुए, अंतरिक्ष भोजन को सावधानीपूर्वक संसाधित और पैक किया जाता है। भोजन को लचीली पैकेजिंग में वैक्यूम पैक किया जाता है। ब्रेड जैसे टुकड़ों वाले खाद्य पदार्थों से परहेज किया जाता है क्योंकि ये टुकड़े इधर-उधर तैर सकते हैं और अंतरिक्ष यात्रियों को नुकसान पहुंचा सकते हैं या नाजुक मशीनरी में फंस सकते हैं। तरल खाद्य पदार्थों को फ़्रीज़-फ्राइड में भेजा जाता है जिसे बाद में अंतरिक्ष

यात्रियों द्वारा पानी के साथ पुनः हाइड्रेट किया जाता है। खाद्य पैकेजिंग को इस तरह से डिज़ाइन किया गया है कि यह लचीला, कॉम्पैक्ट, उपयोग और निपटान में आसान है और भोजन को अंतरिक्ष के वातावरण से दूर रखता है।

2.अंतरिक्ष यात्री पोषण आवश्यकता

बाह्य अंतरिक्ष मानव शरीर के महत्वपूर्ण अंगों पर बहुत कठोर साबित हो सकता है।

भूख दृश्य और हड्डियों के घनत्व में कमी के साथ कार्डियोवैस्कुलर न्यूरोलॉजिकल और गैस्ट्रोइंटेस्टाइनल सिस्टम अलार्म पर विभिन्न हानिकारक प्रभाव देखे गए हैं।भोजन की आदतें और अंतरिक्ष यात्रियों की पोषण संबंधी आवश्यकताओं को बनाए रखने से अंतरिक्ष यात्री के शरीर पर अंतरिक्ष मिशन के हानिकारक प्रभावों का प्रतिकार करने में मदद मिलती है और पूरे मिशन के दौरान भौतिक तार्किक लाभ मिलते हैं।

3.अंतरिक्ष भोजन डिजाइन

किसी भी अंतरिक्ष मिशन के लिए भोजन डिज़ाइन करना एक चुनौतीपूर्ण कार्य है।डिज़ाइन की गई भोजन प्रणाली को चालक दल के स्वास्थ्य और स्वच्छता को पूरा करना चाहिए।जगह की कमी के कारण अंतरिक्ष यान में रेफ्रिजरेटर की अनुपस्थिति के कारण, अंतरिक्ष भोजन इस तरह से तैयार किया जाना चाहिए कि उसका जीवनकाल लंबा हो।

मिशन पूरा होने तक भोजन ताज़ा, पौष्टिक और स्वादिष्ट रहना चाहिए। प्रत्येक भोजन को अद्वितीय भोजन विकल्प प्रदान करना चाहिए और सभी भोजन पूर्व-प्रसंस्कृत और पूर्व-पैकेज्ड होना चाहिए

भोजन में अन्य आवश्यक तत्वों के साथ उचित कैलोरी सामग्री होनी चाहिए।

नासा चंद्रमा मिशन और मंगल मिशन की योजना बना रहा है जिसके लिए अंतरिक्ष पर मनुष्यों की दीर्घकालिक उपस्थिति की आवश्यकता है। यह खाद्य प्रौद्योगिकी और वैज्ञानिकों के लिए ऐसी चुनौतियाँ खड़ी करता है कि भोजन कम से कम वर्षों तक अच्छी स्थिति में रहे।

डिब्बाबंद भोजन पर निर्भरता कम करने के लिए अंतरिक्ष में फसलें उगाना है प्रयोगों से पता चलता है कि अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन में चीनी गोभी, मटर और सलाद जैसी फसलें उगाना संभव है।

अंतरिक्ष भोजन प्रणाली को डिजाइन और विकसित करने के लिए अत्यधिक समर्पित और केंद्रित प्रयास की आवश्यकता होती है जो अंतरिक्ष यात्रियों को चर्चा की गई सीमाओं के साथ भोजन की एक विस्तृत विविधता प्रदान करता है।

4.अंतरिक्ष खाद्य पैकेजिंग

सुरक्षा और संरक्षण पैकेजिंग के सबसे महत्वपूर्ण कार्यों में से एक हैं। पैकेज उत्पाद और पर्यावरण के बीच एक बाधा के रूप में कार्य करके भोजन को भौतिक, रासायनिक और सूक्ष्मजीवी हमले से बचाता है, जिससे उत्पाद का जीवनकाल बढ़ जाता है। पैकेजिंग सामग्री का चयन भोजन तैयार करने की विधि, प्रक्रिया और डिस्पोजेबल प्रणाली पर निर्भर है। पैकेजिंग हल्की होनी चाहिए और कम जगह घेरनी चाहिए क्योंकि अंतरिक्ष अभियानों में वजन एक बहुत ही संवेदनशील स्थिरांक है। पैकेजिंग सामग्री को अतिरिक्त

भार डाले बिना भोजन को किसी भी प्रकार के खतरे से बचाना चाहिए। पैकेज को कम अपशिष्ट पैदा करना चाहिए।

पैकेजिंग सामग्री गैर-विषैली, टिकाऊ, परिवहन के लिए सुविधाजनक होनी चाहिए और भोजन को खराब नहीं करना चाहिए। पैकेजिंग को प्रभाव और कुचलने वाली ताकतों को दर्ज करने में सक्षम होना चाहिए, अन्यथा यह उत्पाद का आकार बदल सकता है।

5.खाद्य प्रसंस्करण और पैकिंग तकनीक :

खाद्य उत्पाद की संरचना और भौतिक विशेषताओं के अनुसार विभिन्न प्रकार की पैकेजिंग सामग्री का उपयोग किया जाता है।

अंतरिक्ष खाद्य पैकेजिंग प्रणाली के अंतिम लक्ष्यों में से एक ऐसा पैकेज प्राप्त करना है जिसका उपयोग शून्य-गुरुत्वाकर्षण प्रणाली में किया जा सके और 5 साल तक की शेल्फ लाइफ का वादा किया जा सके।

कुछ सामान्य पैकेजिंग सामग्रियां हैं:-

खाने योग्य फ़िल्में : खाद्य फिल्में आमतौर पर स्टार्च और प्रोटीन से बनी होती हैं, इनका उपयोग ताजी सब्जियों और फलों, पके हुए उत्पादों और मांस को संरक्षित करने में किया जाता है।

धातु के कैन: टिन प्लेट और एल्यूमीनियम मिश्र धातु से बने धातु के डिब्बे उत्कृष्ट अवरोधक गुण प्रदान करते हैं और भोजन को 3 साल तक सुरक्षित रखते हैं। कुशल पैकेजिंग सामग्री के विकास के लिए उपयुक्त पैकेजिंग तकनीक का उपयोग करना आवश्यक है।

3 डी फूड प्रिंटिंग एक प्रभावी तरीका है और यह फलों और सब्जियों की पैकेजिंग के लिए उपयोग किए जाने वाले पाउडर कार्ट्रिज से बना है। फ्रीज़ सुखाने की विधि को एक प्रकार की वैक्यूम पैकेजिंग के रूप में भी जाना जाता है जिसका उपयोग जूस और डेयरी उत्पादों की पैकेजिंग के लिए कम तापमान पर किया जाता है। थर्मल स्थिरीकरण एल्यूमीनियम ट्यूबों के रूप में एक पैकेजिंग विधि है और इसका उपयोग सूप और साइड डिश के लिए किया जाता है। विकिरण उपचार और सूक्ष्म तरंग सहायता प्राप्त थर्मल स्थिरीकरण में पॉलिमरिक फिल्म पैकेजिंग सामग्री होती है और इसका व्यापक रूप से मांस उत्पादों और फलों के व्यंजनों की पैकेजिंग के लिए उपयोग किया जाता है।

6. संभावित अंतरिक्ष भोजन के रूप में ऊर्जा बॉल

अंतरिक्ष भोजन के द्रव्यमान में महत्वपूर्ण कमी कैलोरी-सघन भोजन बार को डिजाइन और विकसित करके संभव है, जिसका उपयोग अंतरिक्ष यात्री नाश्ते के लिए कर सकते हैं, प्रत्येक ऊर्जा बार में 700-800 कैलोरी होती है ताकि अंतरिक्ष यात्री अच्छा स्वास्थ्य बनाए रखें। नासा के वैज्ञानिक इस बात पर काम कर रहे हैं कि खाद्य बार चालक दल के सदस्यों को कैसे प्रभावित करेंगे क्योंकि भोजन की विविधता, पसंद और परीक्षण आवश्यक कारक हैं क्योंकि वे अंतरिक्ष अभियानों के दौरान अंतरिक्ष भोजन का उपभोग करते हैं।

संभावित ऊर्जा और पोषक तत्वों से भरपूर अंतरिक्ष भोजन "विटामिन ए से भरपूर ऊर्जा बॉल्स" हो सकता है। नासा ने अंतरिक्ष भोजन के विस्तारित जीवन और सुरक्षा को सुनिश्चित करने और माइक्रोग्रैविटी वातावरण में खपत के लिए अद्वितीय खाद्य पैकेजिंग विधि और सामग्री का उपयोग किया।

7. अनुमानित ऊर्जा आवश्यकता :

बाहरी अंतरिक्ष में अंतरिक्ष यात्रियों के स्वास्थ्य को बनाए रखने के लिए गोलाकार भोजन बार आवश्यक पोषक तत्व शामिल हैं ।

कद्दू, चिया बीज, शहद और खजूर पसंदीदा अंतरिक्ष भोजन हैं।

वैज्ञानिकों द्वारा विभिन्न प्रकार के स्वादों का उपचार किया गया है जिनमें अदरक, वेनिला, संतरा और केला शामिल हैं।

इस प्रकार नाइट्रोजन फ्लशिंग के साथ एसेप्टिक पैकेजिंग का संयोजन अंतरिक्ष मिशनों के लिए सुझाए गए स्नैक के लिए आदर्श होगा।

8. निष्कर्ष

अंतरिक्ष का वातावरण पृथ्वी से बहुत अलग है, इसलिए अंतरिक्ष मिशन के दौरान चुनौतियाँ पैदा होती हैं। सूक्ष्म गुरुत्व वातावरण अंतरिक्ष में मानव शरीर को प्रभावित करता है। उचित स्थान पर भोजन व्यवस्था से प्रतिकूल प्रभाव को रोका जा सकता है। अंतरिक्ष खाद्य पदार्थ विभिन्न प्रकार के खाद्य उत्पाद हैं जिन्हें आमतौर पर किसी अंतरिक्ष मिशन के दौरान अंतरिक्ष यात्रियों की आवश्यकताओं और स्वास्थ्य स्थिति को ध्यान में रखते हुए विकसित और संसाधित किया जाता है। अंतरिक्ष भोजन को इस तरह डिज़ाइन किया जाना चाहिए कि वे पौष्टिक, कॉम्पैक्ट, काटने के आकार के, टुकड़ों से मुक्त, उपभोग करने में आसान, ऊर्जा सघन और शेल्फ स्थिर हों। लंबे अंतरिक्ष अभियानों के दौरान अंतरिक्ष यात्रियों के लिए अंतरिक्ष भोजन में निरंतर सुधार के लिए अन्य शोध की आवश्यकता है।

9. संदर्भ

1. फड़तारे एन, फाड ओ. स्पेस फूड एंड बेवरेज. एफएएसजे 2021; 2(01):42 - 8

2. अंतरिक्ष भोजन का विकास और दायरा, वर्तमान पोषण एवं खाद्य विज्ञान 2022,18,248 – 258

लेखक परिचय:

श्री बिजय कुमार पात्रा - पिछले 16 वर्षों से यू.आर. राव उपग्रह केंद्र, बेंगलूरु के विश्वसनीयता और गुणवत्ता आश्वासन क्षेत्र में वैज्ञानिक/अभियंता के रूप में कार्य रहा हूँ। अंतरिक्ष यान प्राप्ति के संयोजन, एकीकरण और परीक्षण के विभिन्न चरणों के दौरान गुणवत्ता आश्वासन गतिविधियों के लिए जिम्मेदार हूँ।

19. अंतरिक्ष एलिवेटर

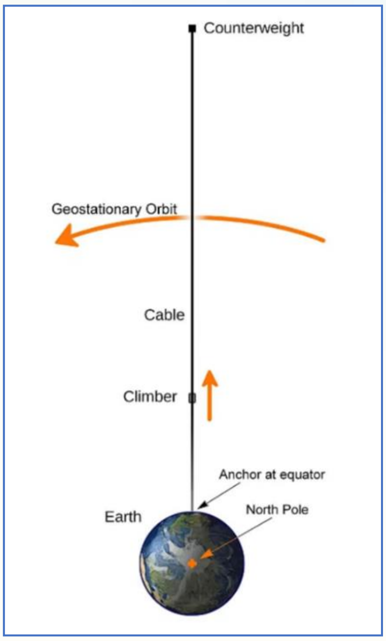
Space Elevator

ए. वर्षित रेड्डी, अरविंद शेणै, चन्दन मालाकर
वैज्ञानिक/ अभियंता
समुच्चयन, प्रणाली जांच एवं पुन:प्राप्ति इकाई (ए.एस.टी.आर.ई),
समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र (एच.एस.एफ.सी)

प्रस्तावना

स्वर्ग की सीढ़ी एक पुरानी कल्पित अवधारणा है। पिछले पचास सालों में, इसे विज्ञान कथा की दुनिया में व्यापक सराहना और प्रतिनिधित्व मिला है। इस आधुनिक युग में प्रौद्योगिकी और इंजीनियरिंग का, यह कोई दंत कथा नहीं है। “अंतरिक्ष एलिवेटर” की अवधारणा का भौतिकी में सुरक्षित आधार है और इंजीनियरिंग के क्षेत्र में सैद्धांतिक संभावना मौजूद है।

अंतरिक्ष एलिवेटर एक प्रकार का ऊपरी तल से अंतरिक्ष परिवहन है। यह पृथ्वी के कक्षा में भार और मानवों को स्थिर करने का एक नियमित, सुरक्षित और आसान तरीका प्रदान करता है। ऐसी एक प्रणाली अंतरिक्ष में पहुंच को पूरी तरह से लोकतांत्रिक करेगी और अंतरिक्ष में संभावनाओं और अवसरों के पर्दाफाश को खोलेगी। पिछली शताब्दी में रॉकेट प्रौद्योगिकी के विकास ने निश्चित रूप से रॉकेट को एक अंतरिक्ष परिवहन प्रणाली के रूप में विश्वसनीयता में वृद्धि की है, जिसमें आज पहले से कम से कम विफलताएं हैं। लेकिन न ही इसने मासिक पैमाने पर इसे काफी सस्ता किया है, और न ही इसने प्रभारों के लिए सुरक्षित माहौल पैदा किया है।



चित्र: अंतरिक्ष एलिवेटर का प्रारूप

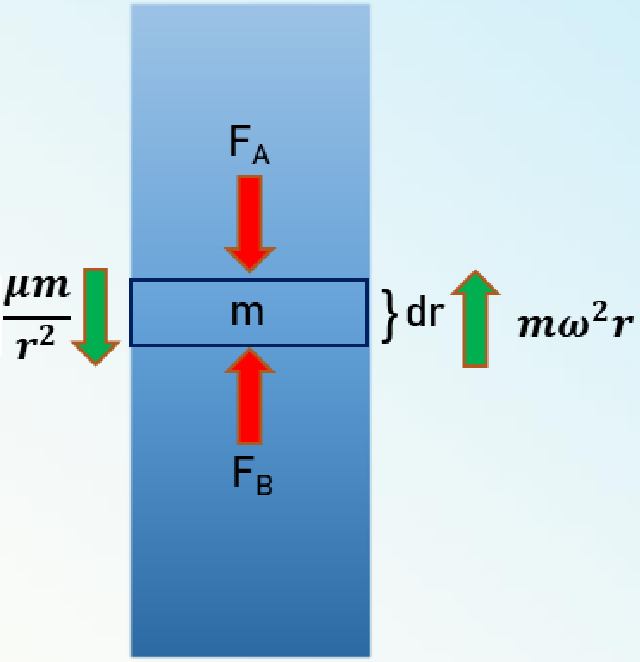
ऐसी एक अंतरिक्ष एलिवेटर प्रणाली का मुख्य घटक वह रस्सी होगी जो सतह को एक काउंटरवेट से जोड़ती है, जो पृथ्वी के कक्षा में एक ऊंचाई पर है, जो लगभग चांद के कक्षा का आधा है। यह पेपर अवधारणा का इतिहास, समस्या का सूत्रीकरण, अवधारणा के लिए भौतिक समाधान और अंतरिक्ष एलिवेटर के संभावित अनुप्रयोगों को प्रस्तुत करता है।

इतिहास

पहला आधुनिक उल्लेख 1895 में रूसी वैज्ञानिक कोंस्टांटिन त्सिओल्कोवस्की(Konstantin Tsiolkovsky) द्वारा प्रस्तुत किया गया था। उन्होंने एक स्पेस टावर का प्रस्ताव रखा, जिसका शीर्ष भूस्थिर कक्षा (36,000 किमी की ऊंचाई) तक पहुंचना है। ऐसी संरचना एक" संपीड़न "संरचना होती है, अर्थात्, संरचना का वजन टावर के आधार पर टिका हुआ है। ऐसी संरचना व्यावहारिक रूप से संभव नहीं होती है क्योंकि संरचना का स्व-भार ही प्रतिबंधक होता है। अंतरिक्ष एलिवेटर का आधुनिक रूप 1959 में रूसी इंजीनियर यूरी एन आर्टसुटानोव(Yuri N. Artsutanov) द्वारा पहली बार प्रस्तावित किया गया था। उन्होंने सुझाया कि भूस्थिर कक्ष में एक मंच को स्थान प्रदान किया जाए जिससे बंधन नीचे की ओर छोड़ा जाएगा। 1975 में, अमेरिकी वैज्ञानिक जेरोम पीयरसन (Jerome Pearson) ने पहली बार एक टेपर्ड टेदर का प्रस्ताव रखा, जिसका सबसे चौड़ा अनुभाग कक्ष में और सबसे पतला अनुभाग आधार पर होता है। 1990 के दशक में कार्बन नैनोट्यूब के विकास के बाद, स्पेस एलिवेटर में रुचि काफी बढ़ी। कार्बन नैनोट्यूबों ने स्टील के मुकाबले 100 गुना अधिक तनावी मजबूती प्रदान की। यह उन्हें स्पेस टेदर को कम सामग्री और आकार की आवश्यकता के साथ साकार करने के लिए एक आदर्श उम्मीदवार बनाता है। 2000 में, ब्रैडली एडवर्ड्स(Bradley Edwards) ने कार्बन नैनोट्यूबों से बनी रिबन जैसे तार का प्रस्ताव रखा। एक रिबन के आकार का तार कई लाभ प्रदान करता है जैसे कि एक बढ़ी हुई सतह क्षेत्र जो पर्वतारोही के लिए बढ़ी हुई धारण क्षमता को सक्षम बनाता है। यह सूक्ष्म उल्कापिंड प्रभावों को झेलने की बेहतर क्षमता भी प्रदान करता है।

चित्र 1: अंतरिक्ष एलिवेटर चढ़ने वाले के लिए विभिन्न अवधारणाएं

धारा को एक स्वतंत्र खड़े निरंतर क्षेत्र की रस्सी के रूप में अनुमानित करते हुए, जिसका आधार भूमध्यरेख पर पृथ्वी से जुड़ा हुआ है। धारा के एक भाग पर कार्य करने वाले बल हैं, इसके ऊपर की रस्सी का वजन, इसके नीचे की रस्सी द्वारा प्रभावित सामान्य बल, भाग के स्वयं पर गुरुत्वाकर्षण बल और घूर्णन के कारण होने वाला केंद्रीय बल। खंड के ऊपर के वजन और इसके नीचे के सामान्य बल के मध्य का अंतर Tension(T) के रूप में सूचित किया है।



चित्र 2: धारा के एक भाग पर कार्य करने वाले बल

$$F_B - F_A = T = \frac{\mu m}{r^2} - m\omega^2 r \qquad \text{Eq. 1}$$

m – Earth Gravitational Constant

ω – Rotational Speed of Earth

भूस्थिर कक्षा (Radius - R_G) पर, कक्षीय घूर्णन गति पृथ्वी की घूर्णन गति के समान होती है। इससे हमें मिलता है

$$\frac{\mu m}{R_G^2} = m\omega^2 R_G \;\Rightarrow\; \omega^2 = \frac{\mu}{R_G^3} \qquad \text{Eq. 2}$$

हमारे मान्यताओं के अनुसार, घनत्व ρ की एक स्थिर क्षेत्र (A) धारा को ध्यान में रखते हुए, पृथ्वी की सतह से भूमध्यरेख (Radius – R_E) से एक त्रिज्या स्थान, r, तक समाकलन करते हुए, हमें मिलता है,

$$\int_{0}^{T(r)} AdT = \int_{R_E}^{r} \rho A\mu \left[\frac{1}{r^2} - \frac{r}{R_G^3}\right] dr \qquad \text{Eq. 3}$$

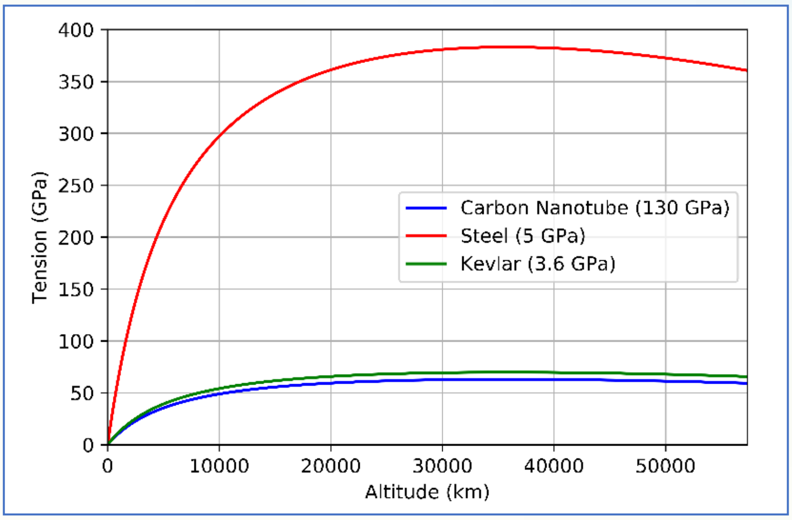
$$T(r) = \rho\mu \left[-\frac{1}{r} + \frac{1}{R_E} - \frac{r^2 - R_E^2}{2R_G^3}\right] \qquad \text{Eq. 4}$$

यहां, *T(r)* प्रति इकाई क्षेत्र तनाव है। आइए निम्नलिखित गुणों वाले तीन सामग्रियों पर विचार करें,

तालिका 1: इस्पात, केवलर और कार्बन नैनोट्यूब के गुण

Material	**Density**	**Max. Tensile Strength**
Steel	7900 kg/m^3	5.0 GPa
Kevlar	1440 kg/m^3	3.6 GPa
Carbon Nanotube (Theoretical)	1300 kg/m^3	130 GPa

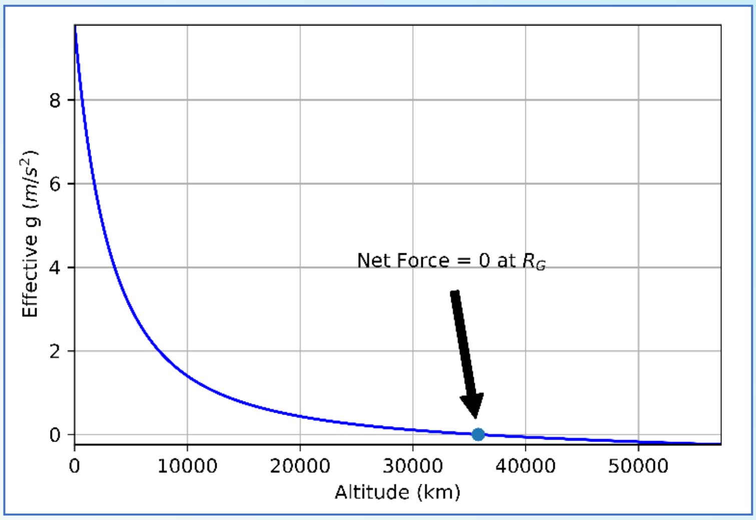
चित्र 4 में T(r) समीकरण को प्लॉट करते हुए, हम देख सकते हैं कि अधिकतम तनाव भूस्थिर कक्षा की ऊंचाई पर होता है। धारा में अधिकतम तनाव इस्पात और केवलर दोनों के लिए अधिकतम तनावीय बल से कई गुणा अधिक है। कार्बन नैनोट्यूब के मामले में, धारा में अधिकतम तनाव सामग्री के अधिकतम तनावीय बल से कहीं कम है।



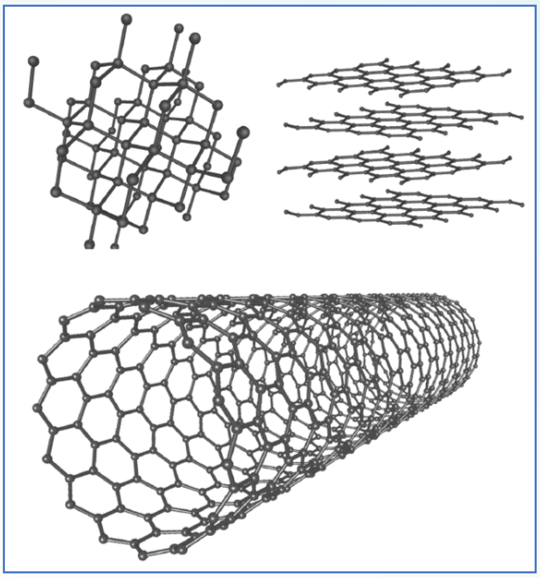
चित्र 3: कार्बन नैनोट्यूब, इस्पात और केवलर के लिए धारा की लंबाई के साथ तनाव का परिवर्तन उनके अधिकतम तनावीय बल के साथ

चित्र 5 में ऊंचाई के साथ धारा के साथ महसूस होने वाली प्रभावी गुरुत्वाकर्षण दिखाया गया है। यह भूमध्यरेख पर 10 मी/से2 से शुरू होता है जब तक कि यह भूस्थिर कक्षा की ऊंचाई पर शून्य नहीं हो

जाता है। इस ऊंचाई के ऊपर, धारा के साथ चलने वाला एक शरीर पृथ्वी से केंद्रीय रूप से दूरी की त्वरण का अनुभव करेगा।



चित्र 4: तंत्र के साथ महसूस होने वाली प्रभावी त्वरण



चित्र 5: कार्बन के तीन अलॉट्रोप: हीरा (ऊपर-बाएं), ग्रेफाइट (ऊपर-दाएं), और कार्बन नैनोट्यूब (नीचे)

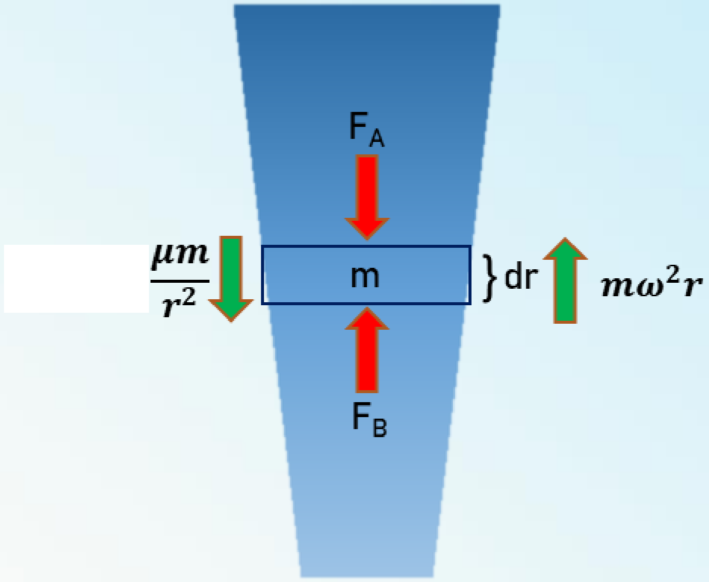
एक स्थिर क्षेत्र धारा के बजाय, हम एक स्थिर तनाव का मान्यता कर सकते हैं। यह सामग्री की मजबूती के हिसाब से बेहतर परिणाम प्रदान करता है। इसका परिणाम एक टेपर्ड केबल में होता है।

स्थिर तनाव के मान्यता के लिए, समीकरण 3 को इस प्रकार लिखा जा सकता है,

$$\int_{A_s}^{A(r)} T \frac{dA}{A} = \int_{R_E}^{r} \rho\mu \left[\frac{1}{r^2} - \frac{r}{R_G^3}\right] dr \qquad \textit{Eq. 5}$$

टेपर अनुपात को इस प्रकार देते हुए,

$$\frac{A(r)}{A_s} = \exp\left[\frac{\rho\mu}{T}\left\{-\frac{1}{r}+\frac{1}{R_E}-\frac{r^2-R_E^2}{2R_G^3}\right\}\right]$$ *Eq. 6*



चित्र 6: Forces acting on a section of a tapered tether

समीकरण 6 में A(r) समीकरण से, हम इस्पात, केवलर और कार्बन नैनोट्यूब के प्रत्येक के लिए टेपर अनुपातों को सारणीबद्ध कर सकते हैं। समीकरण 6 को हल करते हुए, हम देख सकते हैं कि केबल का अधिकतम क्षेत्र 35800 किमी की भूस्थिर ऊंचाई पर होता है। जैसा कि तालिका 2 से स्पष्ट है, टेपर अनुपात सुधारित सामग्री गुणों के साथ कई आदेशों से घटता हुआ है।

तालिका 2: इस्पात, केवलर और कार्बन नैनोट्यूब के लिए टेपर अनुपात

Material	**Density**	**Max. Tensile Strength**	**Taper Ratio**
Steel	7900 kg/m^3	5.0 GPa	1.9 x 10^{33}
Kevlar	1440 kg/m^3	3.6 GPa	2.6 x 10^8
Carbon Nanotube	1300 kg/m^3	130 GPa	1.6

स्पेस एलिवेटर के लाभ

एक अंतरिक्ष एलिवेटर आधारित अंतरिक्ष परिवहन ढांचे के लिए अनेक अनुप्रयोग हैं, जो इसे एक गेम चेंजर बनाते हैं। वे नीचे चर्चा किए गए हैं:

बहुत सस्ता - पेलोड को कक्षा में रखने की वर्तमान लागत GEO के लिए लगभग $8000/किलोग्राम है। इसे GEO तक घटाकर $/500किलोग्राम किया जा सकता है जो कि परिमाण के कई ऑर्डर कम है।

वाणिज्यिक विकास - आधुनिक रेलवे, राजमार्ग और पुलों की तरह, यह परिवर्तनात्मक ढांचा के रूप में काम करेगा जो अंतरिक्ष में जनसाधारण परिवहन को सक्षम करेगा।

अक्सर और नियमित प्रक्षेपण - एक रॉकेट के लिए वर्तमान में प्रक्षेपण कैडेंस महीने में कुछ बार है सबसे अच्छी स्थिति में। एक अंतरिक्ष एलिवेटर प्रक्षेपण को कई बार प्रति दिन स्केल करने की अनुमति देगा। यह स्टैंड-बाय समय को बहुत ही कम करेगा और लंबे समय की प्रारंभ वाहन स्लॉट बुकिंग की आवश्यकता को हटा देगा।

बेहतर सुरक्षा - रॉकेट प्रपुल्सन मूलत: एक रासायनिक विस्फोट है। विश्वस्तता में महान सुधार होने के बावजूद, सुरक्षा संबंधी चिंताएं अभी भी हैं। एक अंतरिक्ष एलिवेटर के साथ, सुरक्षा संबंधी चिंताएँ केवल पर्यावरणीय शक्तियों के कारण होती हैं, न कि रासायनिक प्रणोदन के कारण।

स्थायी बुनियादी ढाँचा - आधुनिक रॉकेट एक बार का उपयोग करने वाली मशीनें हैं जो क्रमिक चरणों को निष्कासित करती हैं। एक स्पेस एलिवेटर एक स्थायी बुनियादी ढाँचा है जिसे केवल नियमित रखरखाव के साथ किसी भी संख्या में पुन: उपयोग किया जा सकता है।

विशाल पेलोड क्षमता - संभावित पर्वतारोही डिज़ाइन हैं जो यात्री डिब्बों के अतिरिक्त मीट्रिक टन के 14 कार्गो खंडों की अनुमति देते हैं।

नवोन्मेषी डिज़ाइन विकल्प - रॉकेटों का उपयोग स्पेस परिवहन प्रणालियों के रूप में करने से उत्पन्न होने वाली प्रतिबंधों के बिना, लोगों और विभिन्न पेलोड के लिए अंतरिक्ष परिवहन प्रणालियों के लिए नए और अभिनव डिजाइन विकल्प विकसित करने की संभावनाएं बहुत अधिक हो गई हैं।

लॉन्च पर्यावरण - वर्तमान में रॉकेटों के पेलोड बे में उपग्रहों और मानवों द्वारा अनुभव की जाने वाली ध्वनिक और कंपन पर्यावरण का स्पेस एलिवेटर में कोई चिंता नहीं है।

न्यूनतम तनावकारक - उपरोक्त बिंदु के समान, लॉन्च के दौरान मानवों और उपग्रहों द्वारा अनुभव की जाने वाली त्वरण भार हाई है। स्पेस एलिवेटर में, धीमी त्वरण के साथ, मानवों के लिए कठोर प्रशिक्षण कार्यक्रम और उपग्रहों के लिए डिजाइन स्थितियों को कम किया जा सकता है, जिससे स्पेस के प्रवेश के लिए प्रतिबंध हटा सकते हैं।

कम सीमा प्रतिबंध - वर्तमान में, रॉकेटों के पेलोड मेले का आकार सैटेलाइट के आकार पर सीमा प्रतिबंध लगाता है। यह स्पेस एलिवेटर के लिए कम समस्या है।

वहनीयता - एलिवेटर के लिए मोटर चलाने के लिए सोलर सेल का उपयोग करने से कोई ईंधन की खपत नहीं होती है। साथ ही, खर्च हुए रॉकेट चरणों के कारण कोई अंतरिक्ष मलबा नहीं होता है।

निष्कर्ष

छापने की मशीन, ऑटोमोबाइल और विमानों के आविष्कार के साथ ही, इस परियोजना से पृथ्वी की सतह पर एक नई पुनर्जागरण का उत्थान होगा, जो मुख्य समस्याओं के समाधान, सौर मंडल में यात्रा को प्रोत्साहित करने और स्पेस के लिए सामान्य सस्ती पहुंच के साथ-साथ पर्यावरण को बेहतर बनाएगा और अंतरिक्ष मलबा को कम करेगा। इसकी मूल ताकतें आज के आवश्यक वैज्ञानिक और प्रौद्योगिकी प्रगति के प्रति हमारी प्रत्याशा के साथ-साथ इसे संपन्न किया जा सकता है। वाणिज्यिक रूप से, आज के बड़े बुनियादी ढांचा परियोजनाओं की तरह, इस मेगा-परियोजना में हेवी अप-फ्रंट पूंजी निवेश होगा, जो लंबे समय में महान मुनाफा पैदा करेगा।

संदर्भ / References

[1] "Space Elevators: An Advanced Earth-Space Infrastructure for the New Millennium", Compiled by D.V. Smitherman, Jr., Advanced Space Infrastructure Workshop on Geostationary Orbiting Tether "Space Elevator" Concepts, NASA Marshall Space Flight Center, June 8–10, 1999.

[2] Bradley C. Edwards, "Design and Deployment of a Space Elevator", PII: S0094-5765(00)00111-9, Acta Astronautica Vol. 47, No. 10, pp. 735-744, 2000

[3] P. K. Aravind, "The physics of the space elevator" (2006), American Journal of Physics 75 (2), February 2007, American Association of Physics Teachers.

[4] Hamer, Trevor, "The Physics of a Space Elevator" (2014). Thinking Matters Symposium Archive. 10.

[5] Peter A. Swan, Cathy W. Swan et al, "Feasibility of Space Elevators, an Academy Cosmic Study" (2014), IAA-SEC2014-WA-1455, IAA Space Exploration Conference, Planetary Robotic and Human Spaceflight Exploration.

लेखक परिचय:

श्री ए. वर्षित रेड्डी, वैज्ञानिक/अभियंता 'एससी' ने भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी संस्थान (आईआईएसटी) से वांतरिक्ष इंजीनियरिंग में बी.टेक. की उपाधि प्राप्त की है। वह समुच्चयन, प्रणाली जांच एवं पुन:प्राप्ति इकाई (ए.एस.टी.आर.ई), समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र (एच.एस.एफ.सी) के यांत्रिक समाकलन प्रभाग में कार्यरत हैं। वह गगनयान मिशन के क्रू मॉड्यूल के लिए सिस्टम इंजीनियरिंग गतिविधियों और यांत्रिक समाकलन गतिविधियों में शामिल हैं। वह क्रू मॉड्यूल की समाकलन गतिविधियों से संबंधित विभिन्न डिज़ाइन कार्यों में भी शामिल हैं।

श्री अरविंद शेणै, वैज्ञानिक/अभियंता 'एसई', समुच्चयन, प्रणाली जांच एवं पुन:प्राप्ति इकाई (ए.एस.टी.आर.ई), समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र के यांत्रिक एकीकरण प्रभागमें कार्यरत हैं। वह उप प्रभाग प्रमुख (यांत्रिक भू-सहाय्य उपकरण (एम.जी.एस.ई) और परिवहन) हैं। वह पहले विक्रम सारभाई अंतरिरिक्ष केंद्र और यू.आर.राव उपग्रह केंद्र में काम कर चुके हैं। वह गगनयान मिशन के क्रू मॉड्यूल के समाकलन गतिविधियों में शामिल हैं।

श्री चन्दन मालाकर, वैज्ञानिक/अभियंता 'एसएफ' , समुच्चयन, प्रणाली जांच एवं पुन:प्राप्ति इकाई (ए.एस.टी.आर.ई), समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र के यांत्रिक समाकलन प्रभागमें में कार्यरत हैं। वह उप प्रभाग प्रमुख (यांत्रिक समाकलन) हैं। वह पहले यू.आर.राव उपग्रह केंद्र में काम कर चुके हैं। वह गगनयान मिशन के क्रू मॉड्यूल के समाकलन गतिविधियों में शामिल हैं।

20. आभासी वास्तविकता व मानवरहित मिशन में इसका उपयोग

विजित राठी
वैज्ञानिक / अभियंता 'एस. सी'
समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र
बेंगलूरु

आभासी वास्तविकता को आमतौर पर 'वर्चुअल रियलिटी' के नाम से जाना जाता है। वर्चुअल अर्थात काल्पनिक सत्य, जो सत्य नही है किंतु सत्य के समान प्रतीत होता है। रियलिटी अर्थात वास्तविकता। वर्चुअल रियलिटी मतलब एक ऐसी वास्तविकता जो सत्य नही है किंतु सत्य प्रतीत होती है। विस्तृत रूप से कहें तो आभासी वास्तविकता संगणक द्वारा उत्तपन्न की गई ऐसी त्री-आयामी छवि अथवा वातावरण है जिसके साथ व्यक्ति विशेष तकनीकी यंत्र जैसे सिर पर पहना जाने वाला दृश्यपटल, संवेदक युक्त दस्ताने आदि के माध्यम से इस वातावरण के साथ अत्यंत वास्तविक व शारीरिक रूप से संचार कर पाए। इस लेख में आभासी वास्तविकता को संक्षिप्त रुप "आ वा" से प्रस्तुत किया गया है। लेख के शुरुआत में आ वा के इतिहास, विशेषताओं व तकनीक को समझाया गया है तथा अंत में मानव रहित अंतरिक्ष मिशन में आ वा के उपयोग का विस्तार से वर्णन किया गया है।

चित्र : आभासी वास्तविकता में खेलता व्यक्ति| व्यक्ति ने सिर पर दृश्यपटल पहना है तथा हाथ मे नियंत्रक लिये है।[स्त्रोत: विकिपीडिया]

इतिहास

वीपीएल रिसर्च के संस्थापक जारोन लैनियर ने "आभासी वास्तविकता" (वर्चुअल रियलिटी) शब्द का उपयोग पहली बार 1980 के दशक के मध्य में किया था। उन्होने चश्मे और दस्ताने सहित गियर विकसित करना शुरू किया, जिसे उन्होंने "आभासी वास्तविकता" (आ. वा.) कहा। 1988 में ऑटोडेस्क आ वा को एक छोटे कम मूल्य वाले संगणक पर कार्यान्वित करने वाला पहला संगठन बना| उन्होंने उसको ' प्रोजेक्ट साइबरस्पेस ' नाम दिया| पहला सिर पर पहना जाने वाला दृश्यपटल (हेड माउंटेड डिस्प्ले) का निर्माण इवान सदरलैंड ने 1968 में किया था| यह बहुत भारी था और छत से इसको

लटकाया जाता था| इसका नाम 'द स्वॉर्ड ऑफ डैमोकल्स' रखा गया| 1970 से 1990 तक आभासी वास्तविकता उद्योग ने चिकित्सा, ऑटोमोबाइल उद्योग, डिजाइन, उड़ान सिमुलेशन तथा सैन्य प्रशिक्षण जैसे उद्देश्यों के लिए आ वा उपकरण प्रदान किए।

आज के समय में कई बड़े संगठन जैसे फेसबुक, गूगल, माइक्रोसॉफ्ट तथा सैमसंग इस तकनीक में बड़े अनुसंधान और निवेश कर रहे हैं| एच टी सी ने अपना आ वा उपकरण एच टी सी वाइव 2016 में बाजार में उतारा था| वहीँ फेसबुक ने अपना आ वा उपकरण ओक्युलस क्रेस्ट 2019 में बाजार में उतारा था| यह दोनों उपकरण आ वा क्षेत्र में सर्वाधिक प्रसिद्ध हैं| फेसबुक ने 2021 में अपनी विशाल परियोजना 'मेटावर्स' को शुरू किया| नासा, ईसा, जाक्सा व रोस्कोस्मोस जैसे बड़े अन्तरिक्ष संगठन आ वा का इस्तेमाल करते हैं।

आभासी वास्तविकता की विशेषताएं

1. तल्लीन्नता पूर्ण वातावरण

आ वा को त्रीआयामी चित्र या चलचित्र के अनुरूप व्यक्ति की इन्द्रियों पर प्रभाव डालना होता है जिससे व्यक्ति को लगे कि वह वास्तविक दुनिया में ही है| जितनी अधिक इन्द्रियाँ आभासी वास्तविकता से जुडी होंगी उतना ही तल्लीन्नता भरा अनुभव होगा| सर्वश्रेष्ठ आभासी वास्तविकता वाला उपकरण पांचो इन्द्रियों को नियंत्रीत कर सकता है| आजकल कई प्रशिक्षण में एवं गेमिंग में इस तरह के आ वा का प्रयोग किया जा रहा है|

2. प्रतिक्रिया

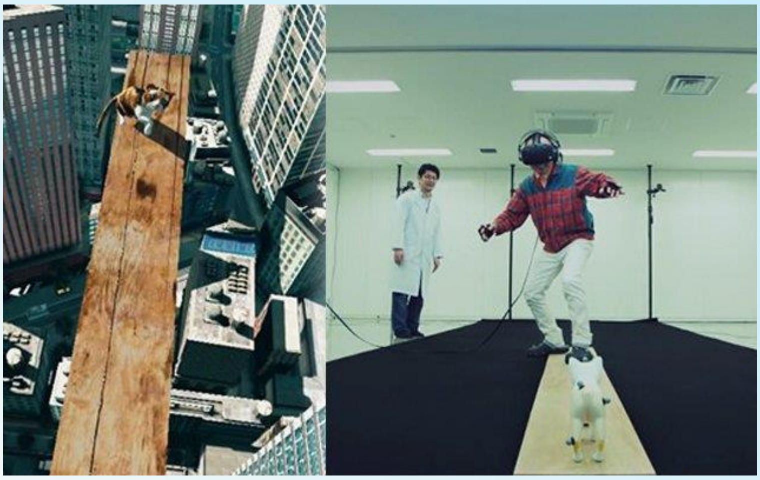
आभासी वातावरण उपयोगकर्ता के द्वारा की गयी किसी गतिविधि की, या उसमे उपस्थित किसी सजीव वस्तु द्वारा, प्रतिक्रिया देना आ वा की एक महत्वपूर्ण विशेषता है| यह आ वा को अधिक वास्तविक बनाता है| जैसे अगर कोई व्यक्ति आ वा में कोई गतिविधि करे तो उसके अनुसार ध्वनि और कम्पन उत्पन्न होना चाहिए|

3. विश्वसनीय आभासी दुनिया

3.1. वास्तविक दुनिया के निकट: आ वा में वास्तविक दुनिया के नियम लागु होने चाहियें| भौतिक विज्ञान के नियम जैसे गुरुत्वाकर्षण आदि का पालन आ वा में भी वास्तविक दुनिया की तरह होना चाहिए|

3.2. त्रुटि रहित: आ वा का अनुभव अच्छा होने के लिए यह त्रुटि रहित होना चाहिए, किसी भी त्रुटि की वजह से अगर त्री-आयामी छाया में कोई समस्या आती है तो यह वास्तविकता विश्वसनीयता से दूर हो जाती है|

3.3. तेज़: आ वा से उत्पन्न त्री-आयामी चित्र वास्तविक समय के साथ चलना चाहिए| ऐसा नहीं होना चाहिए कि उपयोगकर्ता की प्रतिक्रिया के कुछ समय पश्चात उसका प्रतिरूपण आ वा में देखने को मिले |



चित्र : आभासी वास्तविकता में तल्लीन व्यक्ति एक जानवर को ऊंचाई से बचाते हुए [स्रोतः इंडिया न्यूज़]

आभासी वास्तविकता को साकार करने वाली तकनीक

आभासी वास्तविकता को उत्पन्न करने वाला उपकरण एक संगणक की तरह है जिसमे हार्डवेयर और सॉफ्टवेयर दोनों का इस्तेमाल होता है| आ वा को साकार करने वाले कुछ अनिवार्य हार्डवेयर एवं संवेदक निम्नलिखित हैं :

1. जड़त्वीय मापक इकाई

त्वरणमापी (एक्सेलेरोमीटर), घूर्णाक्षदर्शी (जाइरोस्कोप) और चुंबकत्वमापी (मैग्नेटोमीटर) का इस्तेमाल आ वा के उपकरण का स्थान और कोण जानने के लिए किया जाता है जिससे आ वा के भीतर उपयोगकर्ता की स्थिति को जाना जा सके और उसी के अनुसार त्रीआयामी चित्र को प्रक्षेपित किया जा सके| जब भी व्यक्ति चलता है, घूमता है, हिलता डुलता है या किसी भी गतिविधि के कारण अगर व्यक्ति के निर्देशांक (कोआर्डिनेट) अथवा कोण में बदलाव आता है तो आ वा में भी उसकी स्थिति बदल जाती है इसीलिए हर गतिविधि को दर्ज करना आवश्यक है|

2. दृश्यपटल

संगणक के समान आ वा में भी दृश्यपटल की आवश्यकता होती है जो कि त्री-आयामी छवि को व्यक्ति की आँखों पर प्रक्षेपित कर सके| चूँकि आ वा में दृश्यपटल व्यक्ति की आँखों के बहुत समीप होता है, इसका रेसोलुशन बहुत अधिक होना चाहिए| आँखों के समीप होने के कारण इस दृश्यपटल का आकार भी बहुत छोटा होता है| छोटे आकार में अधिक रेसोलुशन रखना एक बड़ी तकनीकी चुनौती है जिस पर कई संगठन अनुसंधान कर रहे हैं| आमतौर पर संगणक के दृश्यपटल का रेसोलुशन 150-200 पिक्सेल प्रति इंच (पी पी आई) होता है वंही आ वा के लिए यह मात्रा 500-600 होती है| जितने अधिक पिक्सेल प्रति इंच होंगे उतना अधिक स्पष्ट दृश्य होगा| दोनों आँखों के लिए अलग दृश्यपटल इस्तेमाल किया जाता है जो ज़्यादातर ओ. एल. ई. डी. अथवा एल. सी. डी. प्रकार का होता है|

3. सूक्ष्मप्रक्रमक (प्रोसेसर)

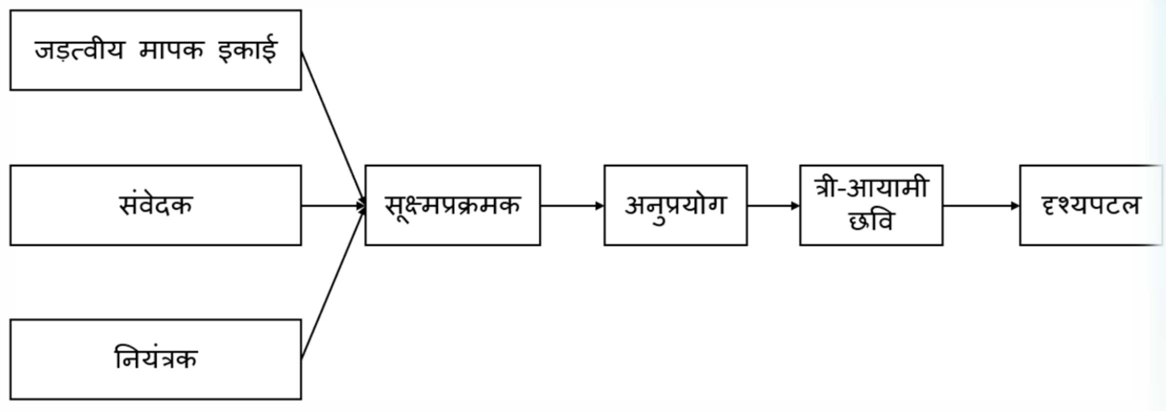
प्रोसेसर को संगणक का मस्तिष्क भी कहा जाता है जो की आ वा के सन्दर्भ में भी सच है| आ वा के प्रोसेसर को बनाने में तीन मुख्य चुनौतियां हैं:

1. उच्च प्रोसेसिंग क्षमता: चूँकि आ वा उपकरण को वास्तविक समय में बहुत अधिक गणना करनी होती है, जैसे अनेक यन्त्र अधिगम (मशीन लर्निंग) अथवा कंप्यूटर विज़न से सम्बंधित गणनाएं, अनेक संवेदक जैसे जड़त्वीय मापक इकाई से प्राप्त जानकारी का प्रक्रमन आदि, इसको बहुत अधिक प्रोसेसिंग क्षमता की आवश्यकता होती है| कंप्यूटर विज़न अनेक संवेदकों से प्राप्त जानकारी के अनुसार त्रीआयामी छवि को उत्पन्न करता है|

2. आकार एवं भार: चूँकि बहुत से आ वा उपकरण एकल होते हैं अर्थात सारे हार्डवेयर एक ही उपकरण में समाकलित होते हैं जो की टोपी की तरह सिर पर पहना जाता है, इसका भार और आकर छोटा होना चाहिए| ऊपर बताये गए मुख्य हार्डवेयर के अलावा विद्युत् कोष (बैटरी), मेमोरी, ब्लूटूथ, स्पीकर आदि सभी हिस्सों को एक छोटे आकर में एकीकृत करना भी इस क्षेत्र की एक बड़ी तकनीकी चुनौती है| और चूँकि अधिकतम मामलों में इसको सिर पर पहना जाता है तो इसका भार भी जितना कम हो सके उतना अच्छा है|

3. ऊष्मा: छोटे से आकार में सभी महत्वपूर्ण हिस्सों के होने से ऊष्मा का निस्तारण करना भी एक बड़ी चुनौती है| अगर यह सही से न किया जाये तो आ वा उपकरण के प्रदर्शन पर नकारात्मक प्रभाव पड़ता है|

नीचे आ वा का एक बुनियादी क्रमदर्शी आरेख दर्शाया गया है :



चित्र : विभिन्न हार्डवेयर से जानकारी प्रोसेसर को जाती है जिसके इस्तेमाल से त्री-आयामी छाया उत्पन्न होती है

उपरोक्त हार्डवेयर के अलावा अन्य कुछ उपकरण जिनका इस्तेमाल आ वा में किया जाता है इस प्रकार हैं :

1. नियंत्रक (कंट्रोलर)

एक कंट्रोलर में कुछ बटन तथा लैपटॉप की भांति स्पर्श (टच) पैड होता है| इसका इस्तेमाल आ वा को नियंत्रीत करने के लिए, उसमें भ्रमण करने के लिए अथवा किसी भी प्रकार की क्रिया जैसे हाथों की गतिविधि आदि के लिए किया जा सकता है| इससे आ वा अधिक सजीव बनती है|

चित्र : आभासी वास्तविकता में इस्तेमाल किये जाने वाले उपकरण [स्त्रोत: रिसर्चगेट]

2. दस्ताने

बहुत से आ वा प्रणाली दस्तानो का भी इस्तेमाल करती हैं जिससे हाथ की उँगलियों की दशा को समझा जा सकता है ताकि उसको हूबहू आ वा वाले वातावरण में हस्तांतरित किया जा सके| अगर आ वा में व्यक्ति को किसी वस्तु को उठाना है या हाथ में उँगलियों के माध्यम से संचालित करना है, उन स्तिथियों में दस्तानो का इस्तेमाल किया जाता है जिसमे संवेदक लगे होते हैं जो उँगलियों एवं हाथ की गतिविधि की जानकारी प्रोसेसर को भेजते हैं|

3. आँखों को ट्रैक करने वाले संवेदक

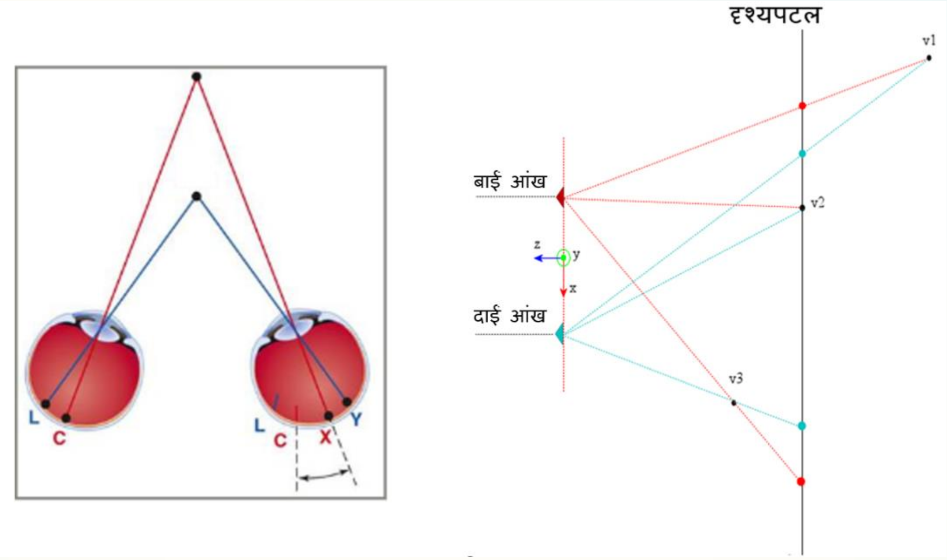
कई आ वा प्रणाली में आँखों को ट्रैक करने वाले संवेदकों का इस्तेमाल भी किया जाता है| इनके इस्तेमाल से यह पता लगाया जा सकता है कि व्यक्ति आ वा में किस दिशा में देख रहा है| मुख्यतः इसका इस्तेमाल दो रूप से किया जाता है| पहला उपयोगकर्ता से जानकारी लेने के लिए जिससे अगर वह आ वा में किसी वस्तु अथवा बिंदु को चुनना चाहता है; यह अधिकतर तब इस्तेमाल किया जाता है जब कंट्रोलर उपलब्ध ना हो| दूसरा, जिस दिशा में व्यक्ति देख रहा है उसी दिशा में प्रोसेसर अधिक रेसोलुशन वाली त्री आयामी छवि उत्पन्न करता है, उससे दूर जो पिक्सेल हैं वहां पर कम रेसोलुशन वाली छवि उत्पन्न करने से भी आ वा की सजीवता में ज्यादा अंतर नहीं आता है| लेकिन ऐसा करने से प्रोसेसर की गणना काफी काम हो जाती है जिससे बैटरी की बचत होती है और ऊष्मा भी कम उत्पन्न होती है|

4. बाहर से ट्रैकिंग

कुछ आ वा प्रणाली में उपयोगकर्ता के स्थान की जानकारी बाहर रखे उपकरणों से ली जाती है| इसको 'इनसाइड आउट ट्रैकिंग' भी कहा जाता है| इसके अलावा कई सारी गणना जैसे व्यक्ति का स्थान व उसके अनुरूप प्रक्षेपित किया जाने वाला चित्र भी बाहर किसी प्रोसेसर अथवा संगणक में उत्पन्न करने के बाद वास्तविक समय में आ वा उपकरण को बेतार (वायरलेस) नेटवर्क के माध्यम से भेजा जाता है| व्यक्ति की स्थिति जानने के लिए अवरक्त संवेदक अथवा पराश्रव्य संवेदक का तथा जानकारी भेजने के लिए रेडियो तरंगों का इस्तेमाल किया जाता है| इससे आ वा उपकरण का भार कम एवं आकार छोटा किया जा सकता है| पर इसके लिए संवेदक और आ वा उपकरण के बिच में विश्वसनीय व तेज नेटवर्क की आवश्यकता होती है| लेकिन इस प्रणाली की एक कमी है कि यह एक ही स्थान पर तथा सीमित क्षेत्रफल में इस्तेमाल किया जा सकता है क्योंकि सारे संवेदक अपने स्थान पर स्थापित होते हैं| अगर दूसरी जगह पर इसका इस्तेमाल करना है तो पूरी व्यवस्था को स्थानांतरित करना पड़ता है|

सॉफ्टवेयर

हार्डवेयर से भिन्न, सॉफ्टवेयर का चुनाव आ वा में बनाए जा रहे कार्यक्रम (एप्लीकेशन) पर निर्भर करता है| लेकिन कुछ सॉफ्टवेयर व कलन विधि (अल्गोरिथम) का इस्तेमाल सामान्यतः किया जाता है| त्री-आयामी प्रतिरूपण (मॉडलिंग) के लिए यूनिटी 3 डी, ब्लेंडर जैसे सॉफ्टवेयर का इस्तेमाल आम तौर पर किया जाता है| विभिन्न संवेदकों से प्राप्त जानकारी को संसाधित किया जाता है जिसके लिए विभिन्न उपलब्ध प्रोग्रामिंग भाषाएं जैसे सी, सी ++, पाइथन आदि का इस्तेमाल किया जा सकता है| फिर प्रोसेसर इस जानकारी की मदद से आ वा में उपयोगकर्ता के स्थान एवं कोण के अनुसार त्री-आयामी छाया उत्पन्न करता है और उसको 2 डी दृश्यपटल पर प्रक्षेपित करता है| दोनों आँखों के लिए दृश्यपटल अलग होता है जिन पर चित्र भी थोड़ा अलग प्रदर्शित किया जाता है जिससे हमारा मष्तिष्क उसको एक 3 डी छाया की तरह स्वीकार करता है| कैसे दो अलग चित्रों से आ वा 3 डी प्रभाव उत्पन्न करता है :



चित्र : लंबन प्रभाव

बाएं चित्र में नीला बिंदु बायीं आँख के दृष्टिपटल पर बिंदु 'L' पर तथा दायीं आँख के दृष्टिपटल पर बिंदु 'Y' पर प्रक्षेपित हो रहा है| इस प्रभाव को लंबन कहते हैं| दोनों आँखों के दृष्टिपटल पर सामान बिंदु जितना अधिक दूर होता है वह बिंदु आँख के उतना समीप होता है| इसी प्रभाव का इस्तेमाल आ वा करता है। आ वा उपकरण के दोनों दृश्यपटलों पर चित्र थोड़ा अलग होता है जिससे मस्तिष्क दो चित्रों से किसी भी बिंदु की आँखों से दुरी का पता लगा सके| दाएं चित्र में इसी प्रभाव को दर्शाया गया है| नीली तरंगें दाएं वाले दृष्टिपटल से दायीं आँख को जा रही हैं तथा लाल तरंगें बाएं दृष्टिपटल से बाईं आंख को जा रही हैं| दोनों दृष्टिपटल पर बिंदु V1 व V3 का स्थान अलग है इसी कारण V1 दूर दिखाई देगा और V3 पास दिखाई देगा जिससे उपयोगकर्ता को त्री-आयामी प्रभाव का अनुभव होगा|

आभासी वास्तविकता के वर्तमान उपयोग

आज के समय में आभासी वास्तविकता का विकास तेज गति से आगे रहा है। विभिन्न संस्थान एवं संगठन इस तकनीक को बेहतर बनाने एवं लोगों तक पहुँचाने के लिए अनुसंधान में सम्मिलित हैं। विज्ञान, चिकित्सा, रक्षा, शिक्षा, अंतरिक्ष, प्रशिक्षण आदि कुछ ऐसे क्षेत्र हैं जिनमें इस तकनीक के इस्तेमाल की अपार संभावनाएँ हैं।

1. समानव अंतरिक्ष मिशन में आ वा के उपयोग

आभासी वास्तविकता अंतरिक्ष में जाने वाले अंतरिक्ष यात्रीयों के परिक्षण का एक अहम हिस्सा है। कर्मी दल (क्रू मॉड्यूल) की संरचना एवं उसके अलग-अलग खंडो को आभासी वास्तविकता के माध्यम से कर्मी दल को बेहतर रूप से अवगत कराया जाता है। साथ में उसको कैसे संचालित करना है उसका भी परीक्षण दिया जाता है। बाहरी उपकरण जैसे गिंबल आदि को आभासी वास्तविकता के साथ एकीकृत करके सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण के प्रभाव का अनुकरण किया जाता है इसी वातावरण में अंतरिक्ष यात्रीयों को क्रू मॉड्यूल को संचालित करने के लिए प्रशिक्षण दिया जाता है| पूर्व में अंतरिक्ष में हुए प्रयोगों से प्राप्त हुई जानकारी को बेहतर रूप से समझने के लिए वैज्ञानिक आभासी वास्तविकता का इस्तेमाल करते हैं जिससे उन्हें भविष्य में होने वाले अभियानों को और बेहतर बनाने में मदद मिलती है| इतना ही नहीं आम व्यक्ति इस तकनीक की मदद से अन्य ग्रहों एवं उपग्रहों की प्रतीकात्मक सैर पर जा सकता है|

1.1. अंतरिक्ष यात्रियों का प्रशिक्षण

विश्व के जाने माने आतंरिक्ष संगठन जैसे नासा और रोसकोस्मोस द्वारा आ. वा. का प्रयोग अंतरिक्ष यात्रियों के प्रशिक्षण के लिए किया जाता है| आ वा के माध्यम से अंतरिक्ष यात्रियों के लिए भिन्न भिन्न प्रकार की स्थितियों को अनुकृत किया जाता है| आ वा दृश्यपटल पर कर्मीदल मॉड्यूल (जिसमें अंतरिक्ष यात्री बैठकर आतंरिक्ष यात्रा करते हैं) का यथार्थ प्रतिमान प्रक्षेपित किया जाता है| सर्वप्रथम सामान्य परिस्थितियों के साथ आतंरिक्ष यात्रियों को प्रशिक्षण दिया जाता है। उनको कर्मीदल मॉड्यूल में स्थित सभी नियंत्रक और दर्शाये जा रहे महत्वपूर्ण मापदंडो के प्रयोग के बारे में प्रशिक्षण दिया जाता है। उनको अलग अलग कार्य जैसे यान में उपस्थित थ्रस्टर को प्रज्वलित करके निर्धारित कक्षा में जाना, कोण बदलना, यान के दबाव अथवा ऑक्सीजन की सघनता को बदलना, पृथ्वी पर वैज्ञानिकों से संचार करना आदि को निष्पादित करने की प्रक्रिया समझायी जाती है। आ वा के माध्यम से अंतरिक्ष यात्री को अंतरिक्ष की अनुभूति भौतिक प्रतिमान से उत्पन्न अनुभूति से ज़्यादा होती है।

चित्र : आ वा में प्रशिक्षण लेता अंतरिक्ष यात्री [स्त्रोत: ईसा]

सामान्य परिस्थितियों के अलावा अंतरिक्ष यात्रियों को आसामन्य परिस्थितियों का भी प्रशिक्षण दिया जाता है। आतंरिक्ष यात्रा जैसी अत्यंत जटिल परियोजनाओं में, जहाँ बहुत ही छोटी चूक से बड़ी त्रासदी हो सकती है, आसामन्य परिस्थितियों का प्रशिक्षण दिया जाना बहुत महत्वपूर्ण है। वास्तविकता की तुलना में आ वा में असामान्य परिस्तिथियों को अनुकृत करना अधिक आसान व असरदार है। आ वा में पहले से मौजूद प्रतिमान में थोड़ा बहुत बदलाव करके विभिन्न आसमान्य परिस्थितियों को अनुकृत किया जा सकता है, वहीं वास्तविक नमूने में किसी भी प्रकार के बदलाव के लिए एक नये ढांचे का निर्माण करना होगा। अनेक आसामन्य परिस्थितियाँ जैसे अंतरिक्ष यान में किसी भी उपकरण का ख़राब हो जाना, दबाव या ऑक्सीजन की मात्रा सामान्य से कम हो जाना, कोई शॉर्ट सर्किट हो जाना, किसी वस्तु में आग लग जाना, साथी यात्री के साथ कोई दुर्घटना हो जाना आदि के उत्पन्न होने पर क्या कदम उठाए जाने चाहिए, उन सभी का प्रशिक्षण दिया जाता है।
इसके अलावा आ वा के माध्यम से अंतरिक्ष यात्रियों को विभिन्न वैज्ञानिक प्रयोगों के निष्पादन का अभ्यास भी कराया जाता है।

1.2. दीर्घावधि के मानवरहित अंतरिक्ष मिशन

अंतरिक्ष यात्री अगर दीर्घावधि के लिए अंतरिक्ष यात्रा पर जाते हैं तो कई समस्याएं जैसे घर से अत्यधिक समय के लिए दूर रहने से उत्पन्न व्याकुलता आदि पैदा हो सकती हैं। वहीं लम्बे समय तक शून्य गुरुत्वाकर्षण में रहने के कारण अनेक मांसपेशियों व हड्डियों से सम्बंधित बीमारियां हो सकती हैं। इस सन्दर्भ में अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन पर अंतरिक्ष यात्री आ वा की मदद से पृथ्वी के आभासी वातावरण को उतपन्न करके गृहवियोग जैसी समस्याओं को दूर करते हैं। आ वा की मदद से अंतरिक्ष यात्री व्यायाम के लिए अनुकूल वातावरण चुन सकते हैं जिससे उनको व्यायाम में मन भी लगा रहे तथा शरीर में शून्य गुरुत्वाकर्षण से पैदा होने वाले बदलावों को भी कम किया जा सके।

1.3. आम व्यक्ति तक अंतरिक्ष की पहुँच

एक पुरानी कहावत है: "स्पेस इज़ हार्ड" अथवा "अंतरिक्ष मुश्किल है"। एक व्यक्ति को धरती से अंतरिक्ष तक ले जाना व सही सालामत वापस लाना अत्यधिक जटिल प्रक्रिया है। इस प्रक्रिया को पूरा करने में

बहुत अधिक पैसा, समय व श्रम व्यय होता है। अंतरिक्ष यात्री का बेहद लम्बी अवधि वाला चुनौतीपूर्ण प्रशिक्षण होता है। वैज्ञानिक व अभियंता अंतरिक्ष यान और अंतरिक्ष पोशाक तैयार करते हैं जो अंतरिक्ष यात्री को कभी ऑक्सीजन, दबाव की कमी न होने दे और अंतरिक्ष की हानिकारक किरणों से तथा पृथ्वी पर पुनः प्रवेश के दौरान उत्पन्न होने वाली अत्यधिक ऊष्मा से सुरक्षा प्रदान करे। इन्हीं सभी जटिलताओं की वजह से प्रत्येक व्यक्ति को अंतरिक्ष की सैर कराना लगभग असंभव है। आ वा के माध्यम से पृथ्वी पर ही अंतरिक्ष जैसा वातावरण निर्मित किया जा सकता है और प्रत्येक आम व्यक्ति तक अंतरिक्ष को पहुंचाया जा सकता है। इसके लिए विभिन्न ग्रहों, उनके चन्द्रमा के बारे में उपलब्ध जानकारी का इस्तेमाल करके उपयुक्त सॉफ्टवेयर की मदद से अंतरिक्ष में अनेक स्थानों की आ वा में त्रि आयमी छवि का निर्माण किया जा सकता है। इसके अलावा विभिन्न नियंत्रकों के संचालन के माध्यम से व्यक्ति को इस आभासिक वातावरण में चलने का विकल्प दिया जा सकता है। आभासी वातावरण के बाहर वास्तविक वातावरण में अलग अलग स्तर का दबाव और ऑक्सीजन की मात्रा को अनुकृत करके इस अनुभूति को और वास्तविक बनाया जा सकता है। कुछ वांतरिक्ष संगठन विमान की मदद से शून्य गुरुत्वाकर्षण वाली उड़ान भी करवाते हैं, जिसमें यात्री अलग अलग अंतराल पर 30 सेकंड के लिए लगभग शून्य गुरुत्वाकर्षण महसूस करता है। इन सभी तकनिकों को मिलाकर पृथ्वी पर ही किसी भी व्यक्ति को अंतरिक्ष की अनुभूति कराई जा सकती है।

1.4. प्रकाश वर्षों की दूरी को समेटना

मौजूदा प्रोद्योगिकी के माध्यम से मनुष्य चन्द्रमा से आगे नहीं गया है। हालांकि हम जानते हैं कि ब्रह्माण्ड बहुत विशाल है, लेकिन आने वाले कुछ वर्षों में भी पडोसी ग्रहों से आगे जाने के लिए हमारे पास तकनीक उपलब्ध नहीं है। आतंरिक्ष में दूसरे ग्रहों और विभिन्न जगहों पर भेजे गए अंतरिक्ष यानों से प्राप्त वैज्ञानिक आंकड़ों का इस्तेमाल आ वा में करके उस जगह के वातावरण की अनुभूति की जा सकती है।

2. शिक्षा

समय के साथ साथ शिक्षा मौखिक माध्यम से श्यामपट्ट, फिर संगणक तथा प्रक्षेपक की तरफ स्थानांतरित हुई। आज के समय इस ज्ञानक्षेत्र में धीरे-धीरे आभासी वास्तविकता भी सम्मिलित हो रही है। विद्यालय एंव महाविद्यालय अपने क्षात्रों को आभासी वास्तविकता के माध्यम से जटिल से जटिल यंत्रों के त्री-आयामी प्रतिरूप दिखा सकते हैं। दिखाने के अलावा प्रतिरूपों के विभिन्न भागों को अंकित किया जा सकता है। प्रतिरूपों को छोटा अथवा बड़ा करके देखा जा सकता है, वियोजित किया जा सकता है। साथ ही साथ उनको ऐनीमेट करके उनके कार्यचालन को बेहतर तरीके से समझा जा सकता है। प्रक्षेपण यान, परमाणु भट्टी, अग्रह कुछ ऐसे ही जटिल यंत्रों के उदाहरण हैं। जीव विज्ञान के छात्र इस तकनीक से शरीर के कई आंतरिक भाग, पाचन तंत्र, श्वसन प्रणाली, मस्तिक्ष व तंत्रीका प्रणाली आदि पर अध्ययन व अन्वेषण कर सकते हैं।

3. चिकित्सा

मनोचिकित्सकों के अनुसार हमारा मस्तिष्क एक साथ दो वास्तविकताओं में नहीं रह सकता है। मस्तिष्क को जो भी विवरण प्रदान किया जाता है वह उसको स्वीकार करता है। आभासी वास्तविकता की मदद से मनोचिकित्सक कष्ट, चिंता व अवसाद आदि जैसे रोगों का निवारण करते हैं। आभासी दुनिया में उपस्थिति के कारण मनुष्य का ध्यान नकारात्मक उत्तेजना से दूर हो जाता है। यह दशकों से चली आ रही डिस्ट्रेक्शन थेरेपी की एक नई एवं प्रभावशाली पद्धति है। वर्चुअल रियलिटी एक्सपोज़र थेरेपी (VRET) पोस्ट ट्रॉमेटिक स्ट्रेस डिसऑर्डर (PTSD) और फ़ोबिया जैसे चिंता विकारों के इलाज के लिए एक्सपोज़र थेरेपी का एक रूप है। आभासी वास्तविकता के माध्यम से शल्य चिकित्सक जटिल मामले जैसे ब्रेन ट्यूमर के उपचार की योजना बना सकते हैं|

आभासी वास्तविकता का भविष्य

वर्तमान में आ वा मुख्य्तः बड़े संगठनों तथा संस्थानों तक ही सीमित है| यह आम लोगों तक नहीं पहुंची है| इसका मुख्य कारण है इसकी ऊँची कीमत| कीमत के अलावा भारी भार तथा बड़ा आकार अन्य कारण हैं जिस वजह से यह तकनीक आम बाज़ार तक नहीं पहुंच पाई है| लेकिन जैसा हमने भूतकाल में देखा है कैसे संगणक का आकर एक फुटबाल के मैदान से स्मार्टफोन जितना छोटा हो गया, उसी प्रकार भविष्य में आ वा के उपकरणों का आकर व भार कम होगा तथा इसकी कीमत में कमी आएगी और यह तकनीक हर घर तक अपनी दस्तक देगी| जैसे आजकल हर घर में दूरदर्शन, रेडियो, मोबाइल होना आम बात है, एक दिन आ वा भी हर घर का हिस्सा होगी| मूर के नियम के अनुसार हर साल सूक्ष्मप्रक्रमक का आकार छोटा होता है व कीमत भी आधी हो जाती है, दोनों ही चीज़ो का फायदा आ वा तकनीक को मिलेगा| समय के साथ आ वा पर बढ़ रहे अनुसंधान व निवेश से इसमें इस्तेमाल किये जाने वाले यन्त्र अधिगम अल्गोरिथम, संवेदक, संचार प्रणाली आदि में अधिक सुधार देख़ने को मिलेगा जिससे इस तकनीक को प्रोत्साहन मिलेगा| छोटे दृश्यपटल पर अधिक रेसोलुशन स्थापित करना एक बड़ी चुनौती है तथा यह प्रक्रिया भी जटिल है| भविष्य में इस औद्योगिक उत्पादन क्षेत्र में उन्नति से उत्पादन क्षमता को बढ़ावा मिलेगा व इसका मूल्य भी नीचे आएगा|

मूल्य घटने के साथ साथ भविष्य में इस तकनीक को इस्तेमाल करने के आयाम भी बढ़ेंगे| शिक्षा के क्षेत्र में यह तकनीक हर विद्यालय तक पहुंचेगी जिससे विद्यार्थियों को जटिल क्रियाएं तथा यंत्रों को समझने में आसानी होगी| छात्रों की रूचि भी बढ़ेगी| विभिन्न यंत्रों के नमूने तथा आ वा में उनके कार्य करने के चलचित्र भी आसानी से उपलब्ध होंगें| चिकित्सा के क्षेत्र में दर्द, चिंता तथा अवसाद जैसे मनोवैज्ञानिक विकार के निवारण के लिए अधिक चिकित्सक इस तकनीक का इस्तेमाल करेंगे| वैद्यकीय छात्र ज्यादा बेहतर तरीके से शरीर के बारे में व अनेक विचित्र तथा जटिल बीमारियों को समझ सकेंगे| आ वा वाली फिल्मों की संख्या में वृद्धि होगी व उनकी कीमत में भी गिरावट आएगी| आर्किटेक्ट, जनपद अभियांत्रिक, चित्रकार व डिज़ाइनर अपनी कला को पहले आ वा में बनाकर योजना बनाएंगे व दूसरों को प्रदर्शित करेंगे| वहीं उपभोक्ता भी आभासी यात्रा की मदद से सही निर्णय ले सकेंगे| सैन्य बल बिना परिष्कृत वातावरण के जटिल व कठिन प्रशिक्षण में भाग लेंगे| खिलाडी आ वा की मदद से अपने कमजोर पहलुओं पर प्रक्षिक्षण करेंगे| वर्तमान समय में आ वा जिस रूप में सबसे अधिक लोगों तक पहुँच रही है

वह है खेल| अपने आसपास के कई मॉल में हम देख सकते हैं आ वा खेल का वहां अलग खंड होता है| इसमें कोई दोराय नहीं है कि भविष्य में आ वा से सम्बंधित खेलों के क्षेत्र को बहुत प्रोत्साहन मिलेगा| **अंतरिक्ष लोगों के समीप आएगा| लोग मंगल, चन्द्रमा बुद्ध तथा अनेक ग्रहो की सतह पर टहल सकेंगे।**

दार्शनिक दृष्टिकोण: वास्तविकता और आभासी वास्तविकता के बीच सीमा

दर्शनशास्त्र व तत्वविज्ञान आभासी वास्तविकता के कई ऐसे पहलुओं को उजागर करता है जो मनुष्य को सोचने पर मजबूर कर दें| प्रसिद्ध दार्शनिक, वरिष्ठ अध्यापक व लेखक डेविड चाल्मर्स के अनुसार आभासी वास्तविकता भी एक वास्तविक वास्तविकता है| आमतौर पर लोग इसको एक नकली वास्तविकता के रूप में देखते हैं| जो भी आ वा में प्रदर्शित किया जा रहा है वह असली नहीं है| कई दार्शनिकों के अनुसार आ वा भी वास्तविक है| उनके अनुसार दोनों वास्तविकताओं में अंतर सिर्फ इतना है कि आ वा में वस्तुएं बिट (0/1) से मिलकर बनती हैं वहीं वास्तविक दुनिया में वस्तुएं अणुओं से मिलकर बनी हैं|

दर्शनशास्त्र में एक प्रसिद्ध प्रश्न है कि हम कैसे पता लगा सकते हैं की हम पहले से ही किसी आभासी वास्तविकता में नहीं जी रहे हैं| जिसका कई विचारात्मक प्रयोगो से अभी तक एक ही उत्तर है कि हम पता नहीं लगा सकते| यही प्रसिद्ध हॉलीवुड फिल्म 'मैट्रिक्स' की कहानी का आधार है| जैसे जैसे आभासी दुनिया का विस्तार होगा, उसमें आभासी समाज, आभासी नौकरियां आदि का निर्माण होगा और लोगों के पास उस दुनिया में आगे बढ़ने की प्रेरणा व इच्छाएं होंगी| अधिकतम कारक जो कि वास्तविक दुनिया को सार्थक बनाते हैं वो आ वा में भी होंगे| आ वा में जगह की कमी नहीं है| लोगों के पास महाशक्तियां होंगी, अपने घर से लेकर अपने गृह जिनमे नए तरह के अनुभव और भौतिक नियम होंगे| फेसबुक ने 'मेटावर्स ' से इस दुनिया की नीव का पत्थर रख दिया है| मनोवैज्ञानिकों के अनुसार भविष्य में आभासी वास्तविकतायें और असली वास्तविकता: वास्तविकता के सामान प्रकार होंगे व आभासी दुनिया जीवन का एक अभिन्न अंग होगी|

अन्य प्रकार की वास्तविकताएँ

1. संवर्धित वास्तविकता

संवर्धित वास्तविकता में आभासी त्री आयामी वस्तुओं को वास्तविक वातावरण के ऊपर अथवा साथ साथ प्रदर्शित किया जाता है| आ वा में जहाँ पूरी तरह से आभासी या नकली वातावरण होता है, संवर्धित वास्तविकता में ऐसा नहीं है| इसमें उपयोगकर्ता वास्तविक वातावरण ही देखता है लेकिन उसपे संगणक द्वारा उत्पन्न की गयी अलग अलग त्री-आयामी वस्तुएं संवर्ध कर दी जाती हैं|

चित्र ६: संवर्धित वास्तविकता का प्रसिद्ध खेल: 'पोकेमोन गो'

2. मिश्रित वास्तविकता

मिश्रित वास्तविकता आभासी वास्तविकता तथा संवर्धित वास्तविकता का मिश्रण है| इसमें असली व आभासी वस्तुएं वास्तविक समय में एक दूसरे के साथ परस्पर संवाद (इंटरैक्ट) कर सकती हैं|

\- - - - - - - - -

सन्दर्भ:

1.Mazuryk, Tomasz & Gervautz, Michael. (1999). Virtual Reality - History, Applications, Technology and Future.

2. https://stanford.edu/class/ee267/

3. Chalmers, D. J. (2022). Reality+: Virtual Worlds and the Problems of Philosophy. United Kingdom: Penguin Books Limited.

4. https://www.lp-research.com/location-based-vr/

5. https://www.nasa.gov/missions/station/nine-ways-we-use-ar-and-vr-on-the-international-space-station/

6. https://www.wikipedia.org/

लेखक परिचय :

विजित राठी ने वर्ष 2021 में एविओनिकी में स्नातक की उपाधि प्राप्त की व 2021 के अंत में समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र में वैज्ञानिक/ अभियंता 'एस सी' के पद पर कार्यग्रहण किया|

21. मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन के लिए नई प्रौद्योगिकियों का विकास
(Development of new technologies for Human space flight mission)

राहुल पाठक
वैज्ञा./अभि.-एस.डी., ए.एस.टी.आर.ई.
समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र(एच.एस.एफ.सी.)

भारत का अंतरिक्ष कार्यक्रम 1960 के दशक में अपनी शुरुआत के बाद से एक लंबा सफर तय कर चुका है। 1975 में अपना पहला उपग्रह आर्यभट्ट लॉन्च करने से लेकर 2014 में मंगल ग्रह पर अंतरिक्ष यान भेजने तक, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) ने कई उपलब्धियां हासिल की हैं।
इस दौरान इसरो ने सैटेलाइट लॉन्च करने वाली कई तकनीकें विकसित कीं और इन तकनीकों की मदद से इसरो ने कई उपलब्धियां हासिल कीं। हालाँकि ये सभी प्रौद्योगिकियाँ उपग्रह प्रक्षेपण के लिए विकसित की गई थीं।

जब भी हम मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन की बात करते है तो उसके लिए कर्मी दल की सुरक्षा को ध्यान में रखकर, इंजीनियरिंग सिस्टम और मानव केंद्रित सिस्टम सहित विभिन्न नई तकनीकों को विकसित किया जाता है| इसरो ने वर्ष 2004 से ही इस दिशा में प्रारंभिक कदम उठाए और अपने इस मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन के सपने को वास्तविकता में लाने के लिए वर्ष 2004 से ही जमीनी काम करना शुरू कर दिया था साथ ही साथ अधिकांश महत्वपूर्ण तकनीकें विकसित करने लगा था, जिनके पिछले एक दशक में सफल परीक्षण भी किए जा चुके हैं | 2004 से 2018 के बीच इसरो ने कई प्रारंभिक शोध किए, जो मानव मिशन को सफल बनाने के लिए आवश्यक थे | इनमे कुछ तकनीकों को यहाँ उल्लेखित किया गया है |

1. अंतरिक्ष पोशाक (स्पेससूट)

स्पेससूट एक परिधान है जो कर्मी दल को बाहरी अंतरिक्ष, निर्वात और अत्यधिक तापमान के कठोर वातावरण में जीवित रखने के लिए पहनाया जाता है। अंतरिक्ष सूट अक्सर केबिन दबाव की कमी होने पर सुरक्षा एहतियात के रूप में अंतरिक्ष यान के अंदर पहना जाता है, और अतिरिक्त वाहन गतिविधि (ईवीए) के लिए आवश्यक है

2. पैराशूट गति रोधक तरकीब (पैराशूट डीएक्सेलेरेशन प्रणाली)

पैराशूट अंतरिक्ष यान (कर्मी दल मॉड्यूल) को प्रवेश, अवतरण और लैंडिंग के दौरान धीमा करने में मदद करता है। जिसकी मदद से कर्मी दल सुरक्षित लैंडिंग कर पाते है |

इसरो ने 2018 में पैड एबॉर्ट टेस्ट के दौरान इस तकनीक का सफलतापूर्वक परीक्षण किया था।

3. कर्मी दल बचाव प्रणाली (क्रू एस्केप सिस्टम)

क्रू एस्केप सिस्टम एक आपातकालीन स्थिति में कर्मी दल को बचाने का उपाय है जिसे लॉन्च निरस्त होने की स्थिति में अंतरिक्ष यात्रियों के साथ क्रू मॉड्यूल को लॉन्च वाहन से सुरक्षित दूरी पर तुरंत खींचने के लिए डिज़ाइन किया गया है।

इसरो ने 2018 में पैड एबॉर्ट टेस्ट के दौरान इस तकनीक का सफलतापूर्वक परीक्षण किया था।

4. पर्यावरण नियंत्रण और जीवन समर्थन प्रणालियाँ

पर्यावरण नियंत्रण और जीवन समर्थन प्रणाली (ईसीएलएसएस) पुनर्योजी जीवन समर्थन हार्डवेयर की एक प्रणाली है जो क्रू मॉड्यूल में कर्मी' दल को स्वच्छ हवा और पानी प्रदान करती है।

अंतरिक्ष में कर्मी दल को पृथ्वी जैसा वातावरण प्रदान करने के लिए जीवन समर्थन प्रणाली अतिआवश्यक है | इसरो इस तकनीकी को विकसित कर रहा है

5. पुन: प्रवेश प्रौद्योगिकी और थर्मल संरक्षण प्रणाली

अंतरिक्ष यान के बाहर का तापमान पुनः प्रवेश के दौरान लगभग हज़ार डिग्री सेल्सियस को छू सकता है, इसलिए इसमे पुनःप्रवेश के दौरान क्रू मॉड्यूल को जला देने की छमता होती है| इसलिए अंतरिक्ष यात्रीयों की सुरक्षा पुनः प्रवेश के दौरान अत्यधिक महत्वपूर्ण हो जाती है |

क्रू मॉड्यूल डिज़ाइन और पुन: प्रवेश कोण यह सुनिश्चित करता है कि क्रू मॉड्यूल और वातावरण के बीच न्यूनतम घर्षण हो।

क्रू मॉड्यूल में विशेष रूप से डिजाइन की गयी टायले लगायी जाती है जो बड़ें पैमानें पर ये एक छिद्रपूर्ण सिलिकॉन सामग्री से बने होते हैं जो बहुत हल्का और अत्यधिक गर्मी प्रतिरोधी होता है। यह टायले एक ताप कवच की तरह काम करती है जो अंतरिक्षयात्रियों को अत्यधिक ताप से बचाती है |

पुन: प्रवेश प्रौद्योगिकी और थर्मल संरक्षण प्रणाली तकनीकी **एस. आर. ई. मिशन** के दौरान प्रोटोटाइप को विकसित कर सफल परीक्षण किया जा चुका है |

6. क्रू मॉड्यूल रिकवरी और अपराइटिंग सिस्टम

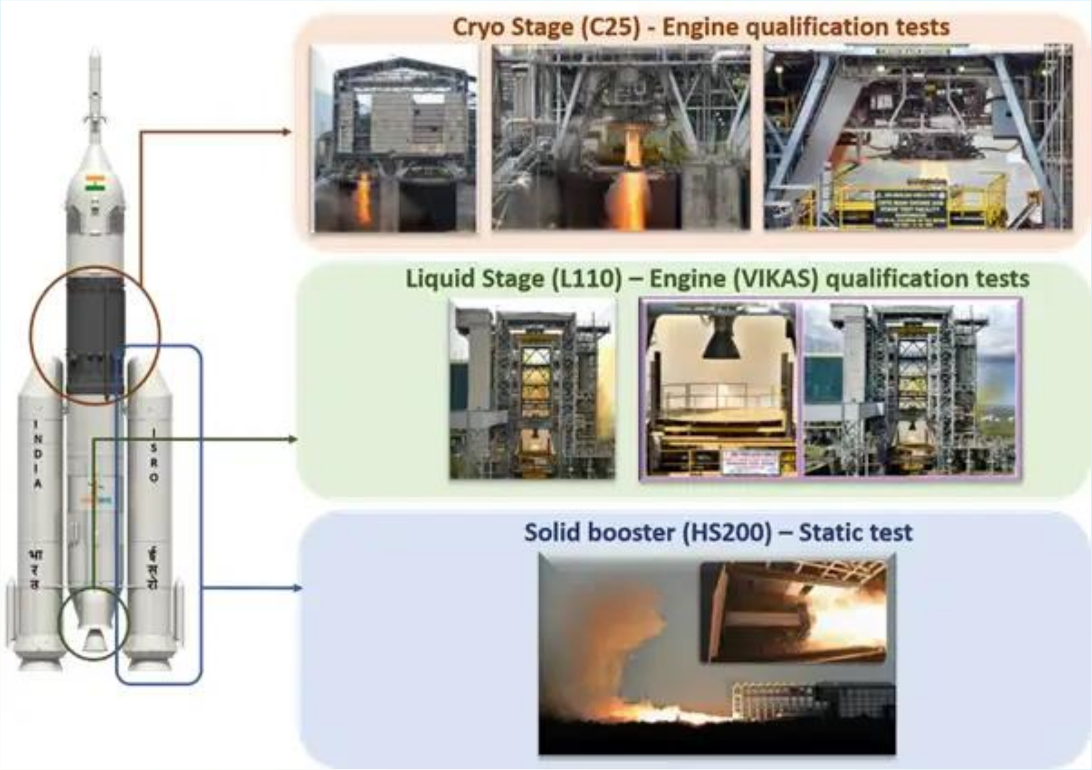
क्रू मॉड्यूल रिकवरी परीक्षणों के दौरान पुनर्प्राप्ति के विभिन्न चरणों का अनुकरण किया गया, जिसमें पुनर्प्राप्ति दौरान उछाल प्रणाली को जोड़ना, जहाज के डेक पर क्रू मॉड्यूल को खींचना, संभालना और उठाना शामिल था। इन प्रक्रियाओं को पुनर्प्राप्ति अनुक्रम के अनुसार क्रियान्वित किया गया, जो इसमें शामिल टीमों की तैयारियों को प्रदर्शित करता है।

हाल ही में इसरो और भारतीय नोसेना ने मिलकर इस प्रणाली का सफल परीक्षण किया

क्रू मॉड्यूल रिकवरी प्रणाली में एक बार कर्मी दल मॉड्यूल के सुरक्षित रूप से नीचे उतर जाने के बाद उसे पुनः प्राप्त कर लिया जाता है। कर्मी दल मॉड्यूल में एक बीकन लगाया जाएगा, जो कर्मी दल माड्यूल के गिरने के स्थान के निर्देशांकों का उत्सर्जन करेगा और बीकन के इन संकेतों की मदद से भारतीय नौसेना और तटरक्षक, जिन्हें स्पलेशडाउन की पूर्व-नियोजित साइट पर तैनात किया जाएगा, वह चालक दल को सुरक्षित रूप से वापस लाएंगे ।

चित्र: - स्पलेशडाउन, प्लवन प्रणाली और रिकावरी

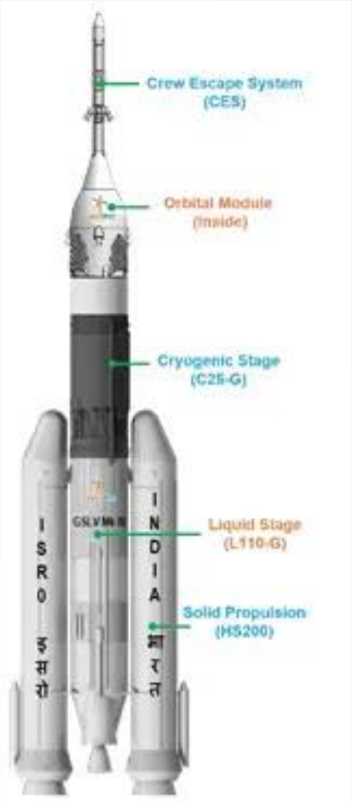
7. विश्वसनीय भारी वजन को वहन करने वाला रॉकेट



इसरो ने विश्वसनीय मानव मूल्यांकित जी.एस.एल.वी. मार्क-III को तैयार कर लिया है। इसका क्रायोजनिक प्रौद्योगिकी के साथ सफलतापूर्वक परीक्षण किया गया है।
इसरो ने 13 मई, 2022 को आंध्र प्रदेश के श्रीहरिकोटा के सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र (एसडीएससी) में गगनयान कार्यक्रम के लिए मानव-रेटेड ठोस रॉकेट बूस्टर (एचएस200) का स्थैतिक परीक्षण सफलतापूर्वक पूरा किया।

इसरो ने गगनयान कार्यक्रम के लिए बड़े मानव रेटेड ठोस रॉकेट बूस्टर का सफलतापूर्वक परीक्षण किया

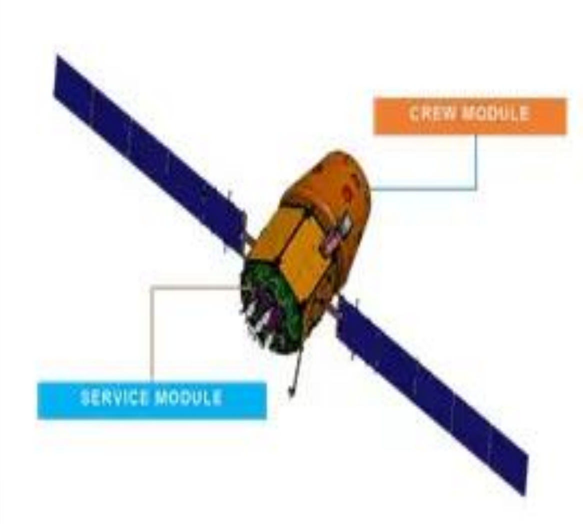
HS200 रॉकेट बूस्टर GSLV Mk III उपग्रह प्रक्षेपण यान के सुप्रमाणित S200 रॉकेट बूस्टर का मानव-रेटेड संस्करण है, जिसे आम तौर पर LVM3 के नाम से जाना जाता है। इस परीक्षण का सफल समापन इसरो के प्रतिष्ठित मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन, गगनयान के लिए एक बड़ा मील का पत्थर है, क्योंकि प्रक्षेपण यान के पहले चरण में पूरी अवधि के लिए इसके प्रदर्शन का परीक्षण किया जाता है।



मानव रेटेड LVM3 - HLVM3:

LVM3 रॉकेट - इसरो का सिद्ध और विश्वसनीय भारी लिफ्ट लांचर, गगनयान मिशन के लिए लॉन्च वाहन के रूप में पहचाना जाता है। इसमें ठोस चरण, तरल चरण और क्रायोजेनिक चरण शामिल हैं। LVM3 लॉन्च वाहन में सभी प्रणालियों को मानव रेटिंग आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए पुन: कॉन्फ़िगर किया गया है और इन्हें मानव रेटेड LVM3 नाम दिया गया है। एचएलवीएम3 ऑर्बिटल मॉड्यूल को 400 किमी की इच्छित निचली पृथ्वी कक्षा में लॉन्च करने में सक्षम होगा।

HLVM3 में क्रू एस्केप सिस्टम (CES) शामिल है जो त्वरित अभिनय, उच्च बर्न दर वाले ठोस मोटर्स के एक सेट द्वारा संचालित होता है जो यह सुनिश्चित करता है कि लॉन्च पैड पर या चढ़ाई चरण के दौरान किसी भी आपात स्थिति के मामले में क्रू मॉड्यूल को चालक दल के साथ सुरक्षित दूरी पर ले जाया जाए।



आरबिटल मॉड्यूल (कक्षीय मॉड्यूल) जो पृथ्वी की परिक्रमा करेगा, उसमें क्रू मॉड्यूल (कर्मी दल मॉड्यूल)) और सर्विस मॉड्यूल (सेवा मॉड्यूल) शामिल हैं। आरबिटल मॉड्यूल में कर्मी दल की सुरक्षा को ध्यान में रखते हुए पर्याप्त रेडनडेनसी (अतिरिक्त सिस्टम)के साथ अत्याधुनिक एवियोनिक्स सिस्टम से सुसज्जित है।

क्रू मॉड्यूल अंतरिक्ष में चालक दल के लिए पृथ्वी जैसे वातावरण वाला रहने योग्य स्थान है। यह दोहरी दीवारों वाला निर्माण है जिसमें थर्मल प्रोटेक्शन सिस्टम (टीपीएस) के साथ दबावयुक्त धात्विक आंतरिक संरचना और बिना दबाव वाली बाहरी संरचना शामिल है। इसमें क्रू इंटरफेस, मानव केंद्रित

उत्पाद, जीवन समर्थन प्रणाली, एवियोनिक्स और डिसेलेरेशन सिस्टम शामिल हैं। उतरने से लेकर उतरने तक के दौरान चालक दल की सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए इसे पुन: प्रवेश के लिए भी डिज़ाइन किया गया है।

कक्षा में रहते हुए क्रू मॉड्यूल को आवश्यक सहायता प्रदान करने के लिए सेवा मॉड्यूल का उपयोग किया जाएगा। यह एक बिना दबाव वाली संरचना है जिसमें थर्मल सिस्टम, प्रोपल्शन सिस्टम, पावर सिस्टम, एवियोनिक्स सिस्टम और तैनाती तंत्र शामिल है ।

इसरो द्वारा विकसित और परीक्षण की गई महत्वपूर्ण मिशन प्रौद्योगिकियाँ निम्नलिखित हैं :-

मानवयुक्त अंतरिक्ष मिशन के क्षेत्र में पहला प्रयोग वर्ष 2007 में हुआ था जब इसरो ने अंतरिक्ष कैप्सूल पुनःप्राप्ति प्रयोग (एस.आर.ई) किया था । यह इसरो द्वारा सफलतापूर्वक प्रमोचित किया गया था,जहां इस अंतरिक्ष कैप्सूल को पृथ्वी की कक्षा में तैनात किया गया था और इसे पृथ्वी के वायुमंडल मे प्रवेश करा कर पृथ्वी की सतह पर वापस लाया गया था । यहाँ इसरो ने सभी री-एंट्री सिस्टम, गतिरोधक परिक्रमा और महत्वपूर्ण तकनीकों का परीक्षण किया ।

हाल ही में 2014 में नव विकसित जी.एस.एल.वी. मार्कIII प्रमोचक राकेट पर कर्मी दल माड्यूल को प्रमोचित करके अर्थात्, कर्मीदलमाड्यूलवायुमंडलीय पुनः प्रवेश(केयर)परीक्षण किया गया था । नव विकसित जी.एस.एल.वी. मार्कIII राकेट का परीक्षण भी इस मिशन के जरिए 2014 में सफलतापूर्वक किया गया था । इस मिशन में केयर माड्यूल को अपने प्रथम पेलोड के रूप में ले जाया गया और साथ ही, कर्मीदलमाड्यूलके पुनःप्रवेश की तकनीक का परीक्षण भी किया गया । इस मिशन में दोनों प्रयोग सफल रहे और तकनीकों का वैधीकरण किया गया।

चित्र: - स्पलेशडाउन केयर माड्यूल

अंत में, जुलाई 2018 में इसरो ने बड़ी सफलतापूर्वक पैड विफलता(अबॉर्ट) परीक्षण किया, पैड विफलता प्रणाली ने पूरी तरह से सफलतापूर्वक काम किया । पैड विफलता (अबॉर्ट) परीक्षण के अंतर्गत कर्मीदल मॉड्यूल को लॉन्च पैड से अलग कर दिया था। यह लॉन्च चरण के दौरान एक महत्वपूर्ण प्रणाली है क्योंकि अगर लॉन्च अनुक्रम के दौरान चीजें गलत होती हैं तो चालक दल की सुरक्षा सुनिश्चित की जा सके।
चालक दल को बचाने की प्रणाली को सक्रिय किया जा सके और इसमें चालक दल से मॉड्यूल को प्रमोचक वाहन से अलग किया जा सके और कर्मीदल मॉड्यूल को एक सुरक्षित स्थान पर ले जाया जा सके ।

एक नया अंतरिक्ष यान लॉन्च करने से पहले, इसके मुख्य संरचनात्मक, इलेक्ट्रॉनिक और प्रणोदन घटकों को उपग्रह संरचना से जोड़ा जाना चाहिए, एक दूसरे से विद्युत रूप से जोड़ा जाना चाहिए,

और फिर एक एकीकृत प्रणाली के रूप में परीक्षण किया जाना चाहिए, एक प्रक्रिया जिसे एकीकरण कहा जाता है

सिस्टम इंजीनियरों ने नई प्रकार की हार्नेस सामग्री भी विकसित की है जो विद्युत प्रणालियों के लिए बेहतर सुरक्षा प्रदान करेगी। इनसे कर्मी दल अधिक सुरक्षित होंगे और समग्र प्रणाली अधिक विश्वसनीय होगी। इनमें से कुछ तकनीकों का उल्लेख नीचे दिया गया है

1. मानव अंतरिक्ष मिशन में विद्युत हार्नेस के लिए तार इंसुलेशन के प्रकार में परिवर्तन (विद्युत हार्नेस के टी.के.टी इंसुलेशन का विकास)
2. डेडफेस कनेक्टर का विकास

मानव अंतरिक्ष मिशन में विद्युत हार्नेस के लिए तार इंसुलेशन के प्रकार में परिवर्तन (विद्युत हार्नेस के टी.के.टी इंसुलेशन का विकास)

मानव अंतरिक्ष मिशन में उड्उयानिकी अंतरापृष्ठ (एवियोनिक्स इंटरफेज़) के लिए सुरक्षा की द्रष्टी से प्रयोग में लाने वाले विद्युत तार के लिए इन्सुलेशन बहुत महत्वपूर्ण है। ऐसा इसलिए है क्योंकि इस प्रकार के मिशन में क्रू मॉड्यूल में बैठे कर्मी दल की सुरक्षा महत्वपूर्ण हो जाती है । यदि विद्युत तार का इन्सुलेशन अच्छी तरह से डिजाइन नहीं किया गया है, तो तार सीधे विद्युत स्पार्क कर सकता है, जिससे इलेक्ट्रिकल सिस्टम एवं ईंधन टंकी में आग लग सकती है और सिस्टम विफल हो सकता है। जिससे कर्मी दल की जान को भी खतरा हो सकता है।
किसी भी मानव युक्त मिशन के लिए जरूरी हो जाता है कि इलेक्ट्रिकल तार में अप्रत्याशित विफलता को रोका जाए जो निम्नलिखित कारणों से हो सकती है।

- आर्क ट्रैकिंग
- आर्किंग
- इन्सुलेशन फ्लैशओवर
- विकिरण प्रतिरोध

समानव अंतरिक्ष मिशन के लिए सुरक्षित प्रणालियों और इंटरफेस की आवश्यकता को ध्यान में रखते हुए, सभी लॉन्च वाहनों और क्रू मॉड्यूल सिस्टम में उपयोग किए जाने वाले तारों के प्रकार पर संबंधित टीमों द्वारा एक महत्वपूर्ण समीक्षा की गई थी। उपयोग विरासत, विफलताओं और विश्लेषण रिपोर्ट/दस्तावेजों पर सर्वेक्षण के आधार पर वर्तमान में उपयोग किए जा रहे तारों और केबलों के प्रकार के सुरक्षा पहलुओं की समीक्षा की गई।

विद्‌युत तार इन्सुलेशन की खामियों' की वजह से यह तार इन्सुलेशन समानव अंतरिक्ष मिशन के लिए उपयोग में लाना सही नहीं है। इस वजह से इसरो ने एक नए प्रकार के तार इन्सुलेशन पर शोध करके टी.के.टी. बनाया है, जो पूरी तरह समानव अंतरिक्ष मिशन में उपयोग के लिए सुरक्षित है।

- **टी.के.टी. इन्सुलेशन का निर्माण: टी.के.टी इन्सुलेशन में तीन परत इन्सुलेशन की होती है जिसमे पहली परत टेफ्लॉन (पी.टी.एफ.ई), दूसरी परत कैप्टन और फिर तीसरी परत टेफ्लॉन (पी.टी.एफ.ई) की होती है। इन्सुलेशन की इस संरचना की वजह से इसमे, आर्किंग एवं इन्सुलेशन फ्लैशओवर** जैसी घटनाएँ नहीं होती है। जिससे इलेक्ट्रिकल सिस्टम के विफल होने की संभावना बहुत कम हो जाती है साथ ही साथ यह एक अच्छा विकिरण प्रतिरोध भी होता है जिससे यह अंतरिक्ष में अल्फा, गामा विकिरण से सुरक्षित रहता है। यह विशेषता **कैप्टन इन्सुलेशन की वजह से आती है।**

समानव अंतरिक्ष मिशनों के लिए टीकेटी इन्सुलेशन प्रकार के गुण:

- आर्क-ट्रैक प्रतिरोधी
- घर्षण प्रतिरोधी
- उच्च गर्मी सहिष्णु
- तरल पदार्थ और रसायन के लिए पीटीएफई इन्सुलेशन के प्रतिरोध के साथ कैप्टन के उत्कृष्ट विद्‌युत और यांत्रिक गुणों को जोड़ती है।
- कैप्टन के सभी सकारात्मक पहलू हैं (हल्के वजन, जलने पर कोई धुंआ नहीं) और कैप्टन के कोई दोष नहीं हैं।
- एफ.ए.आर. आवश्यकताओं को पूरा करता है और कोई ज्ञात समस्या नहीं है।
- विमान के तारों पर विमानन सुरक्षा विश्लेषण अध्ययन में सुरक्षित तार के रूप में वर्गीकृत।

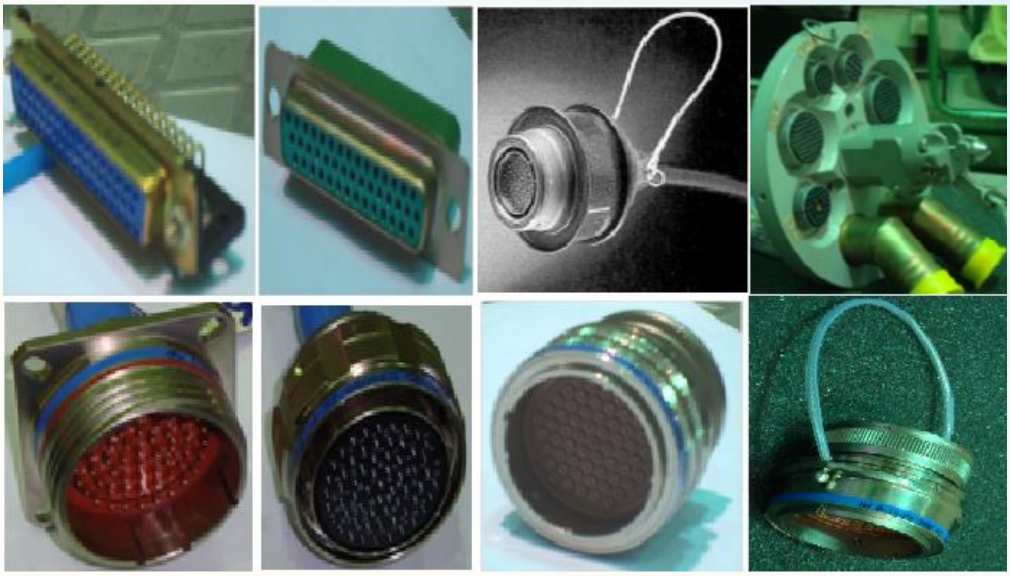
समानव अंतरिक्ष मिशन के सुरक्षा पहलू से विभिन्न तार इन्सुलेशन प्रकारों की उपरोक्त तुलना के आधार पर यह देखा जा सकता है कि टीकेटी (टेफ्लॉन-कैप्टन-टेफ्लॉन) इन्सुलेशन समानव अंतरिक्ष मिशन के लिए सबसे उपयुक्त तार का प्रकार है ।

8. विद्युत डेडफेस कनेक्टर का विकास:

डीएफ कनेक्टर्स में एक आंतरिक शटल होता है जो पृथक्करण विमान पर भौतिक पृथक्करण से पहले विद्युत संकेतों को डिस्कनेक्ट और अलग करता है, पृथक्करण के बाद कठोर पर्यावरणीय परिस्थितियों के दौरान भी, विद्युत इंटरफेस की अपस्ट्रीम अखंडता को सुनिश्चित करता है।

जैसा कि हम जानते हैं, सभी लॉन्च वाहन एवियोनिक्स सिस्टम को इंटरकनेक्ट करने के लिए विभिन्न विद्युत कनेक्टर इंटरफ़ेस का उपयोग किया जाता है। ये सभी कनेक्टर सैन्य मानक योग्यता का पालन करते हैं।

यहां कुछ प्रकार के विद्युत कनेक्टर्स का उल्लेख किया गया है



हालाँकि प्रक्षेपण यान के दो अलग-अलग चरणों या कर्मी दल मॉड्यूल और सेवा मॉड्यूल के बीच विद्युत इंटरफ़ेस के लिए विशेष प्रकार के विद्युत कनेक्टर की आवश्यकता होती है, जो पर्यावरणीय स्थिति के कारण विद्युत शॉर्ट सर्किट से रक्षा करता है
इस विद्युत इंटरकनेक्शन प्रक्रिया में, विभिन्न वातावरणों का सामना करना पड़ सकता है जो आवश्यक हैं डेडफेसिंग का उपयोग शॉर्ट सर्किट को रोकने के लिए किया जाता है, जो सर्किटरी को नुकसान पहुंचा सकता है

अंतरिक्ष उड़ान में डेडफेसिंग का अक्सर उपयोग किया जाता है। उदाहरण के लिए, अपोलो लूनर

मॉड्यूल ने आरोहण और अवरोहण चरणों को जोड़ने वाले कनेक्टर्स के बीच डेडफेसिंग का उपयोग किया, जिससे चंद्र सतह से आरोहण चरण के लिफ्टऑफ से पहले अवरोही चरण को सुरक्षित रूप से अलग किया जा सके।
डेडफेस कनेक्टर इलेक्ट्रिकल इंटरकनेक्ट में मानक MIL-DTL-38999 इंसर्ट और MIL-C-39029 पिन और सॉकेट संपर्क शामिल होते हैं।

इसरो ने हाल ही में 128 पिन डेड फेस कनेक्टर विकसित किया है और इन कनेक्टर को मानव अंतरिक्ष मिशन में उपयोग करने की योजना है।

****

लेखक परिचय :

श्री राहुल पाठक, वर्तमान में समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र, बेंगलूरु में वैज्ञानिक/अभियंता-एस.डी. के पद पर समुच्चयन प्रणाली, जांच एवं पुन:प्राप्ति इकाई में कार्यरत हैं। जहां ये टीम सदस्य, विद्युत समेकन, जांच यान कर्मीदल मॉड्युल (टी.वी.-सी.एम.), पैड विफलन जांच (पी.ए.टी.जी.01-सी.एम.) के रूप में कार्य कर रहे हैं। इन्होंने वर्ष 2016 में विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र, तिरुवनंतपुरम, इसरो में प्रवेश पाया। इन्होंने विद्युत और संचार विषय में बी.टेक. की उपाधि प्राप्त की है।

22. अंतरिक्ष पर्यटन : शुरुआत, वर्तमान एवं भविष्य
(Space tourism: Inception, Now and Future)

उद्दीपना कलिता[1], आरती गुप्ता[1],
अरस कुमार[2], गौरीशंकर सी के [3],
सुनील अलियास बलवंतराव [4]
[1]इंजीनियर, [2] डीपीडी, विद्युत प्रणाली,[3]
सहयोगी परियोजना निर्देशक – 'एसएम'[4]
सहयोगी परियोजना निर्देशक- ओ-एम वैमानिकी,
मानव अंतरिक्ष उडान समूह, यू आर राव सैटेलाइट सेंटर

सारांश:

अंतरिक्ष पर्यटन, अंतरिक्ष उद्योगों के लिए एक आगामी और लोकप्रिय हिस्सा है जो पर्यटकों को अंतरिक्ष यात्री बनने और मनोरंजक या अवकाश उद्देश्यों के लिए अंतरिक्ष यात्रा का अनुभव करने की क्षमता देना चाहता है। अंतरिक्ष पर्यटन की अवधारणा अंतरिक्ष और पर्यटन उद्योगों की सबसे रोमांचक उभरती विशेषताओं में से एक है। इसमें कई प्रकार की उड़ाने जैसे परवलयिक, उप-कक्षीय और कक्षीय उड़ानों की पेशकश करता है। यह लेख अंतरिक्ष पर्यटन, इसके इतिहास, भाग लेने वाली वाणिज्यिक संस्था, इसमें शामिल चुनौतियों और अंतरिक्ष पर्यटन के लिए भविष्य का अवलोकन प्रदान करता है। यह भारत के अंतरिक्ष पर्यटन के सपने को साकार करने के लिए भारत की योजनाओं और प्रगति को भी रेखांकित करता है।

प्रस्तावना

अंतरिक्ष-यात्रा ने मानवता को इतने तरीकों से प्रेरित किया है कि मानवजाति एक नए युग में प्रवेश कर रही है। जिससे जनता के लिए अंतरिक्ष में पहुँचाना सरल है। अंतरिक्ष युग की शुरुआत के बाद, बहुत कम अपवादों को छोडकर , अंतरिक्ष केवल उच्च प्रशिक्षित अंतरिक्ष-यात्रियों तक ही सीमित रहा है।वर्तमान में अंतरिक्ष पर्यटन की मांग बढ़ रही है जिसका उद्देश्य जनता को रोमांचक, साहसिक और मनोरंजक अनुभव प्रदान करना है। अंतरिक्ष यात्रा को, दुनिया के पहले अंतरिक्ष पर्यटक, अमेरिकी व्यवसायी डेनिस टीटो द्वारा 28 अप्रैल 2001 को अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्थल (आईएसएस) पर सात दिन बिताने क बाद से एक नई प्रसिद्धि और महत्व प्राप्त हुआ है। यह एक उभरती हुई अवधारणा है और कई परवलयिक, उप-कक्षीय और कक्षीय पर्यटन के अवसर उपलब्ध हो गए हैं। इसके इतिहास और हाल की विश्वव्यापी गतिविधियों के साथ-साथ इसके वैश्विक बाजार परिदृश्य को अगले अनुभागों में शामिल किया गया है।

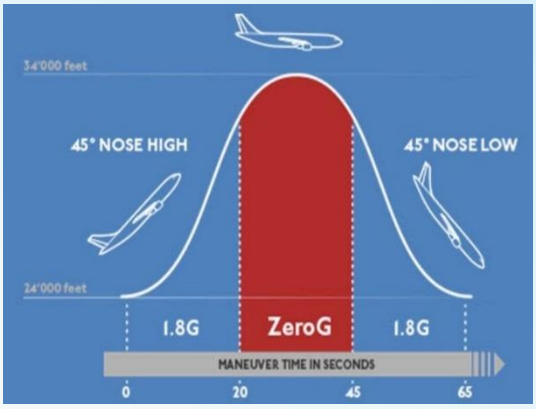
1. **अंतरिक्ष पर्यटन के प्रकार:**
   i) **उच्च ऊंचाई वाले लड़ाकू विमान की उड़ानें[1]:**

मिगफ्लग इस अद्वितीय अंतरिक्ष पर्यटन गतिविधि के लिए एक बिक्री प्रतिनिधि के रूप में कार्य करता है जहां अंतरिक्ष पर्यटकों को एक पराध्वनिक लड़ाकू विमान में 20-22 किमी की ऊंचाई (समताप मंडल)तक ले जाया जाता है। इस अंतरिक्ष यात्रा अनुभव के एक भाग के रूप में, पृथ्वी की वक्रता को देखा जा सकता है, साथ ही अंतरिक्ष को भी देखना संभव है। मिकोयानमिग -29 फुलक्रम एक रूसी सैन्य लड़ाकू जेट है जो मैक संख्या 2.2 की शीर्ष गति के साथ 30-60 मिनट के अनुभव देता है।

चित्र 1: उच्च ऊंचाई वाले लड़ाकू विमान की उड़ान

ii) वायुमंडलीय शून्य-गुरुत्वाकर्षण उड़ानें[1]:

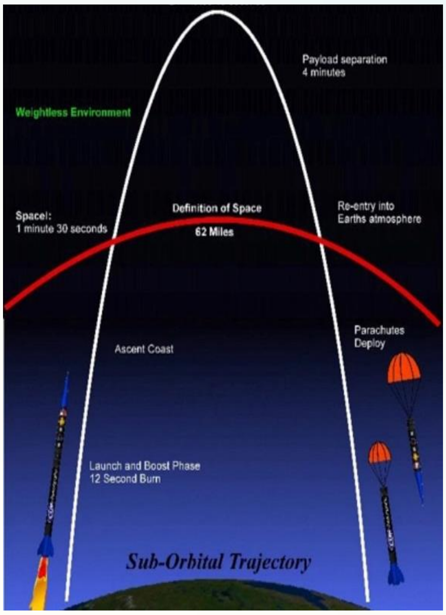
संयुक्त राज्य अमेरिका में शून्य गुरुत्वाकर्षण निगम (स्पेस एडवेंचर्स द्वारा अधिग्रहित) एक विशेष रूप से संशोधित बोइंग 727 का उपयोग करके शून्य-गुरुत्वाकर्षण अनुभव प्रदान करता है जहां प्रशिक्षित पायलट हवाई कालाबाज़ी करते हैं जिसे परवलय के रूप मे जाना जाता है। इसमें 15 परवलयिक युक्ति शामिल हैं जो प्रत्येक 20-30 सेकंड का भारहीनता प्रदान करता है।



चित्र 2: शून्य गुरुत्वाकर्षण के अनुभव के लिए परवलयिक युक्ति

iii) उप-कक्षीय अंतरिक्ष उड़ान[1,3]:

यह एक ऐसा अंतरिक्ष उड़ान है जिसमें अंतरिक्ष यान बाहरी अंतरिक्ष तक पहुंचता है, लेकिन इसका प्रक्षेप पथ पृथ्वी के साथ प्रतिच्छेद करता है। इसलिए यह पृथ्वी के चारों ओर एक पूर्ण परिक्रमा नहीं कर पता है। कोई भी वस्तु जो अंतरिक्ष में प्रक्षेपित होती है लेकिन उसके पास अन्तरिक्ष में रहने के लिए महत्वपूर्ण क्षैतिज वेग नहीं होता है जिससे पृथ्वी पर वापस आती है और इस प्रकार एक उप-कक्षीय प्रक्षेप पथ पर उड़ती है। अथार्त, यदि पृथ्वी से प्रक्षेपित की गयी वस्तु/उड़ान कार्मन रेखा (सुमंदर सतह से 100 किलोमीटर ऊपर) को पार कर प्रथ्वी पर लौट जाये उसे उप-कक्षीय उड़ान माना जाता है।



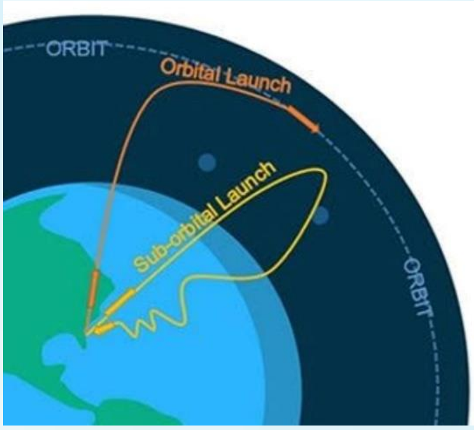
चित्र 3: उप-कक्षीय उड़ान प्रक्षेप पथ

अंतरिक्ष पर्यटन को व्यावसायिक रूप से व्यवहार्य और लाभदायक बनाने के लक्ष्य के साथ, वाणिज्यिक अंतरिक्ष कंपनियों ने उप-कक्षीय उड़ानों पर काम करना शुरू कर दिया है।

वाणिज्यिक चालक दल अंतरिक्ष उड़ान और अंतरिक्ष पर्यटन के एक नए युग की शुरुआत हुई जब स्केल्ड कंपोजिट्स और स्पेसशिप वन (जिसे वर्जिन गैलैटिक पुरस्कार द्वारा वित्त पोषित किया गया), ने सन् 2004 में 10 मिलियन डॉलर X-पुरस्कार जीता, और दो सप्ताह में दो बार 100 किमी की ऊंचाई को पार किया।

iv) कक्षीय अन्तरिक्ष उड़ान[1,4]:

एक कक्षीय अन्तरिक्ष उड़ान उसे कहते है जो स्थिर तरीके से कम से कम एक बार पृथ्वी का चक्कर लगाता है। इसे प्राप्त करने के लिए, वस्तु को लगभग 28000 किमी/घंटा की क्षैतिज गति से यात्रा करने की आवश्यकता है। इस तरह का उपग्रह गुरुत्वाकर्षण के कारण पृथ्वी की ओर बढ़ रहा होता है। लेकिन इसका क्षैतिज वेग नीचे की ओर गति को संतुलित करने के लिए पर्याप्त है जिससे यह एक गोलाकार पथ पर चलता है।



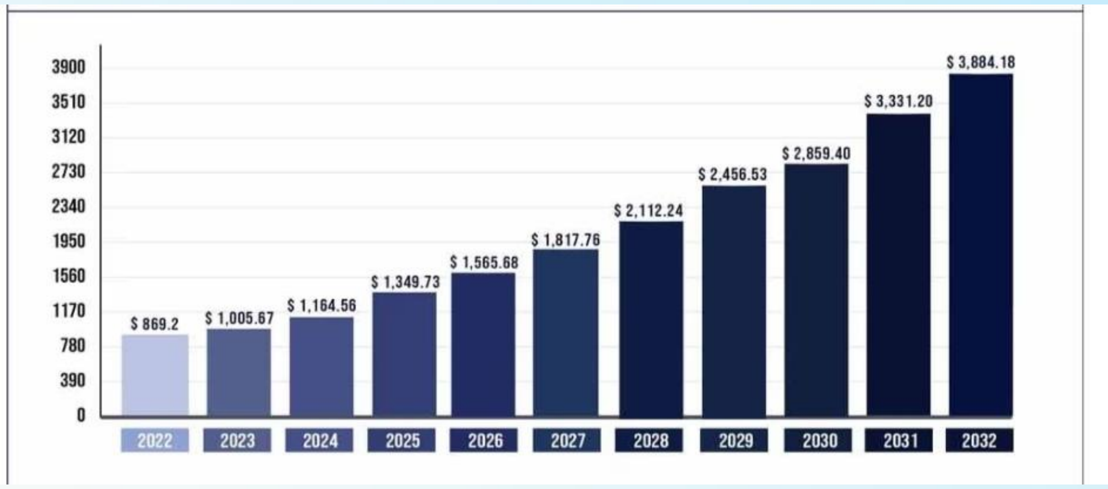
चित्र 7: कक्षीय अन्तरिक्ष उड़ान प्रक्षेप पथ

अब तक, अमेरिकी कंपनियां स्पेस एडवेंचर्स और स्पेस एक्स सार्वजनिक अंतरिक्ष यात्री को कक्षीय अंतरिक्ष यान अनुभव प्रदान करने वाली दो निजी कंपनियां हैं। स्पेस एडवेंचर्स के कुल नौ कार्यक्रम में नौ अंतरिक्ष यात्रियों ने आईएसएस का दौरा किया है और कक्षीय उड़ानों का अनुभव किया है। डेनिस टिटो, सन् 2001 में कक्षीय अंतरिक्ष यात्रा का अनुभव करने वाले पहले अंतरिक्ष पर्यटक बन गए, उन्होंनें रूसी अंतरिक्षयान सोयुज टीएम-32 से यात्रा किया और आईएसएस पर सात दिन बिताए। टिटो के मिशन के बाद, सन् 2002 में मार्क शटलवर्थ और सन् 2005 में ग्रेगरी ओल्सन द्वारा आईएसएस के लिए उड़ानों के साथ कक्षीय अंतरिक्ष पर्यटन बढ़ता रहा।
इन यात्रियों के बाद सन् 2006 में अनुशेष अंसारी गयी, जो पहली महिला अंतरिक्ष यात्री बनीं और इनके बाद 4 अन्य लोगो ने आईएसएस का भ्रमण किया।
इन उपर्युक्त कक्षीय उड़ानों के साथ-साथ, अमेरिकी अन्तरिक्ष निगम स्पेसएक्स ने अपने क्रू ड्रैगन अंतरिक्षयान को कक्षीय उड़ान के लिए किराए पर लेने की अनुमति दी है। ऐसा पहला अभियान इंस्पिरेशन4 था जो सन् 2021 में चार निजी नागरिकों को 3 दिनों के लिए पृथ्वी की कक्षा में ले गया था। यह कक्षीय अन्तरिक्ष अभियान को उड़ाने वाला पहला सर्व-नागरिक दल था।

2. वैश्विक अंतरिक्ष पर्यटन बाजार

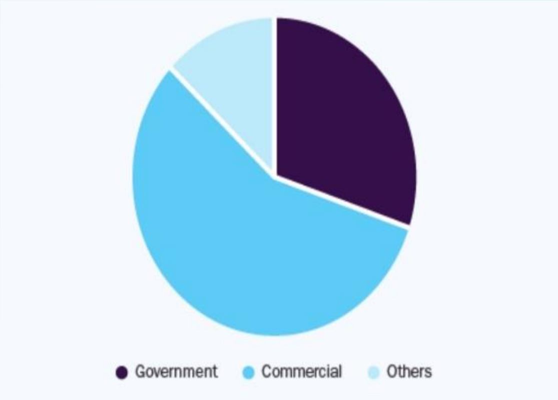
अंतरिक्ष पर्यटन में आश्चर्यजनक चल रही प्रगति और निवेश को देखते हुए, अंतरिक्ष पर्यटन के लिए वैश्विक बाजार में भारी वृद्धि हुई है। कई अंतिम उपयोग क्षेत्रों में अंतरिक्ष पर्यटन के बढ़ते अनुप्रयोग बाजार को चला रहे हैं।
ग्रैनव्यू रिसर्च द्वारा प्रकाशित एक विवरण के अनुसार, यह पाया गया है कि वैश्विक अंतरिक्ष पर्यटन बाजार का आकार सन् 2023 में 1005.67 मिलियन अमरीकी डॉलर होने का अनुमान था, जो सन् 2032 तक लगभग 3,884.18 मिलियन अमरीकी डॉलर को पार करने का अनुमान है।[5]
वर्ष 2022 के लिए अंतिम उपयोगकर्ता (सरकारी, वाणिज्यिक और अन्य) के अनुसार वर्गीकृत

बाजार हिस्सेदारी नीचे दिखाई गई है। इसके साथ हम पुष्टि कर सकते हैं कि वाणिज्यिक कंपनियों की भागीदारी कई गुना बढ़ गई है।[2]



वर्ष 2022 के लिए अंतिम उपयोगकर्ता (सरकारी, वाणिज्यिक और अन्य) के अनुसार वर्गीकृत बाजार हिस्सेदारी नीचे दिखाई गई है। इसके साथ हम पुष्टि कर सकते हैं कि वाणिज्यिक कंपनियों की भागीदारी कई गुना बढ़ गई है।[2]

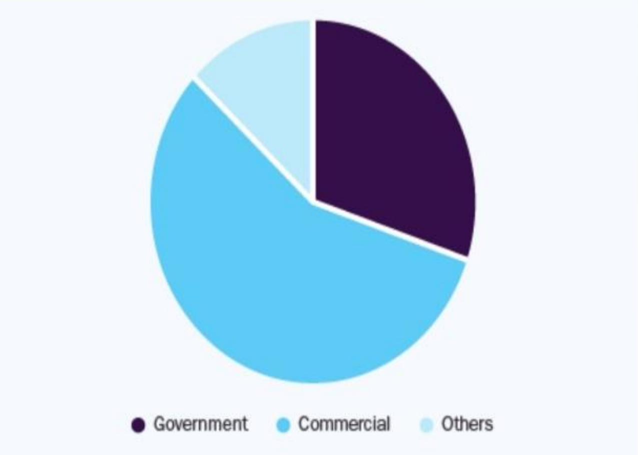
क्षेत्रीय अंतर्दृष्टि के संबंध में, यह पुष्टि की जा सकती है कि उत्तरी अमेरिका 38.6% हिस्सेदारी के साथ बाजार का नेतृत्व कर रहा है। यह क्षेत्र अच्छी तरह से स्थापित बुनियादी ढांचे से सुनियोजित है और एक व्यापक अनुसंधान और विकास आधार का मालिक है



चित्र 6: बाजार हिस्सेदारी -2022

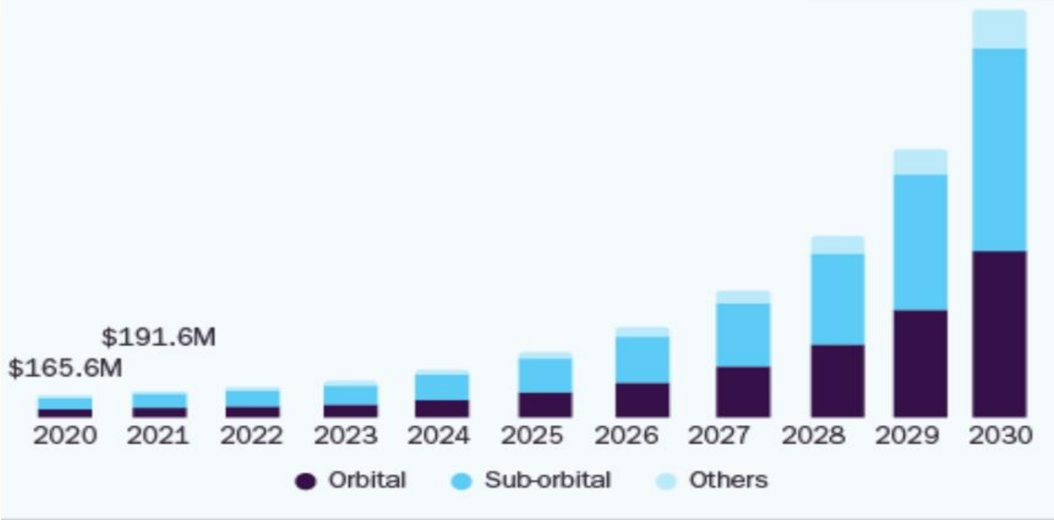
चित्र 5: वैश्विक अंतरिक्ष पर्यटन बाजार 2022-2032

जो अंतरिक्ष पर्यटन उद्योग को गति दे रहा है। चीन के राष्ट्रीय अंतरिक्ष प्रशासन (सीएनएसए), भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) और जापान एयरोस्पेस एक्सप्लोरेशन एजेंसी (जेएक्सा) के योगदान से एशिया प्रशांत के काफी विकसित होने की उम्मीद है। [2]



चित्र-7: क्षेत्रीय बाजार हिस्सेदारी -2022

हाल ही में, कक्षीय उड़ानों की तुलना में कम खर्चीली होने के कारण उपकक्षीय उड़ानों ने अधिक लोकप्रियता हासिल की है और वर्तमान प्रवृत्ति से पता चलता है कि भविष्य में उप-कक्षीय उड़ानों में बाजार हिस्सेदारी अधिक होने की संभावना है। [5]

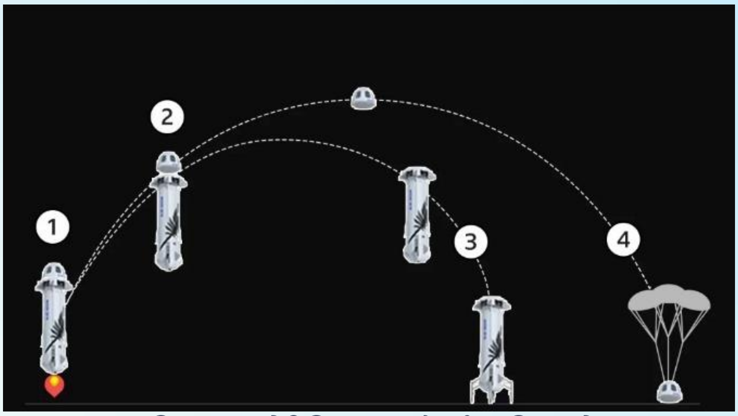


चित्र 8: अंतरिक्ष पर्यटन के प्रकार पर आधारित बाज़ार हिस्सेदारी

अंतरिक्ष पर्यटन के बाजार में प्रतिस्पर्धा में वृद्धि हो रही है, जिससे ये उम्मीद है की भविष्य में एक स्थायी बढ़ता बाज़ार बना रहेगा।

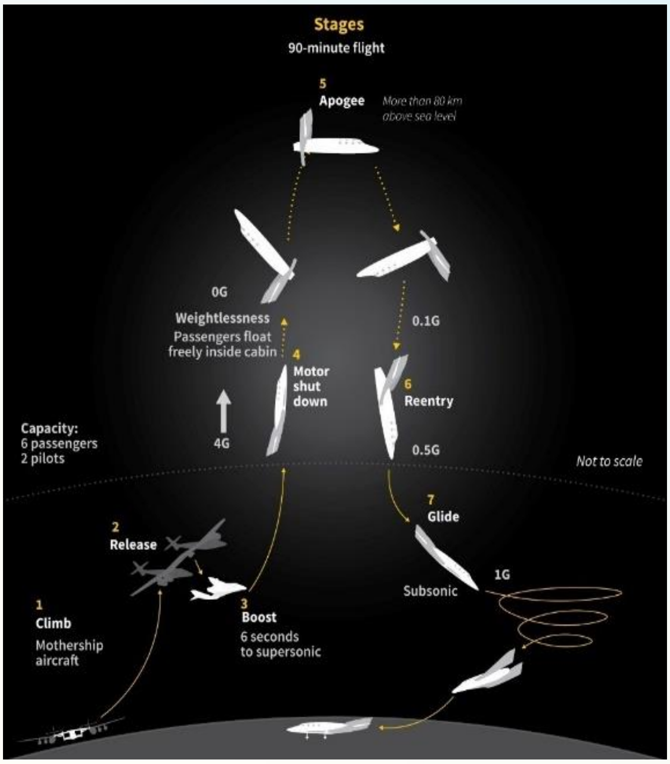
3. अंतरिक्ष पर्यटन उद्योग में प्रमुख खिलाड़ी

i) **ब्लू ओरिजिन [6]**: यह एक अमेरिकी वान्तरिक्ष, रक्षा, अंतरिक्ष अन्वेषण कंपनी है और अमेज़ॅन के संस्थापक जेफ बेजोस के स्वामित्व वाली प्रक्षेपण सेवा प्रदाता है। ब्लू ओरिजिन ने विशेष रूप से छोटी अवधि के अंतरिक्ष पर्यटन को सक्षम करने के लिए न्यू शेपर्ड पुन: प्रयोज्य उप-कक्षीय प्रक्षेपण प्रणाली विकसित किया है। आरएसएस फर्स्ट स्टेप (पुन: प्रयोज्य अंतरिक्ष यान पहला कदम) कैप्सूल 18 मीटर रॉकेट के शीर्ष भाग से जुड़ा हुआ है। रॉकेट 20 जुलाई, 2021 को चार यात्रियों के साथ सफलतापूर्वक प्रक्षेपित किया गया और 107 किमी की ऊंचाई तक पहुंचा, जिसके बाद तीन सफल छोटी अवधि के चालक दल के अभियान हुए हैं जिसका आखिरी अभियान अगस्त 2022 में सफल हुआ है।



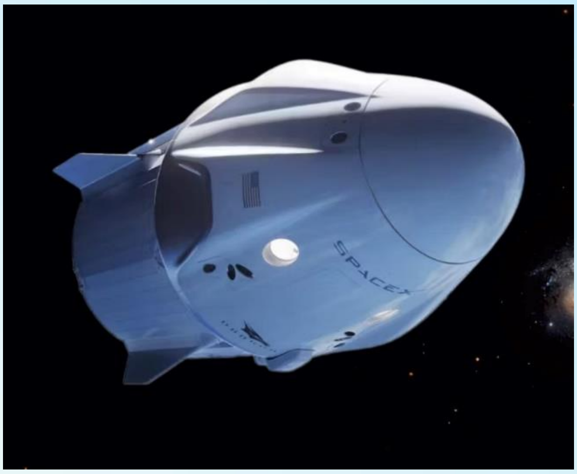
चित्र 9: ब्लू ओरिजिन का न्यू शेफर्ड का मिशन प्रोफाइल

ii) **वर्जिन गैलेक्टिक[6,8]**: यह कंपनी वाणिज्यिक अंतरिक्ष यान विकसित कर रही है और इसका उद्देश्य अंतरिक्ष पर्यटकों को उप-कक्षीय उड़ानें प्रदान करना है। वर्जिन गैलेक्टिक की पहली उड़ान सन् 2018 में अपने वर्जिन स्पेस शिप यूनिटी (वीएसएस यूनिटी स्पेसशिप) के साथ हुई जो 80.5 किमी की ऊंचाई तक पहुंची जिसे नासा और अमेरिकी वायु सेना द्वारा बाहरी अंतरिक्ष की सीमा माना गया। 11 जुलाई 2021 को, कंपनी के संस्थापक रिचर्ड ब्रैनसन और अन्य तीन कर्मचारी यात्रियों के रूप में सवार हुए, जो पहली बार एक अन्तरिक्ष यान कंपनी के संस्थापक ने अपने स्वयं के अंतरिक्ष यान पर यात्रा की है। हाल ही में 29 जून 2023 को, कंपनी ने गैलेक्टिक 01 नामक अपनी पहली वाणिज्यिक अंतरिक्ष पर्यटन उड़ान शुरू की।



चित्र 10: वर्जिन गैलेक्टिक की मिशन प्रोफाइल

iii) **स्पेस एक्स[6]:** यह पहले से ही अंतरिक्ष-बाध्य चालक दल की उड़ानों को प्रक्षेपित करने में बेहद अनुभवी है और कंपनी अंतरिक्ष पर्यटन उद्योग में भी शामिल है। हालांकि, यह कंपनी इस क्षेत्र के अधिकांश अन्य कंपनियों के विपरीत, कक्षीय, चंद्र पर्यटन और पृथ्वी की कक्षा से परे अंतरिक्ष यात्रा के अन्य रूपों को प्राथमिकता देती है। स्पेसएक्स द्वारा पहली अंतरिक्ष पर्यटन उड़ान सन् 2021 में इन्सपिरेशन4 थी जिसने चार निजी नागरिकों को 3 दिनों के लिए पृथ्वी की कक्षा में ले जाया गया था। अप्रैल 2022 में, स्पेसएक्स ने एक्सियॉम स्पेस के लिए एक्सियॉम मिशन 1 प्रक्षेपित किया, जिसमें तीन पर्यटकों को एक क्रू ड्रैगन अंतरिक्ष यान से अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्थल(आईएसएस) भेजा गया। एक्सियॉम ने 21 मई, 2023 को एक्सियॉम मिशन 2 के लिए क्रू ड्रैगन में 3 अन्तरिक्ष यात्री के साथ एक अतिरिक्त अंतरिक्ष पर्यटक प्रक्षेपित किया गया।


चित्र 11:स्पेसक्स-क्रू ड्रैगन कैप्सूल

स्पेसएक्स अब अपने चंद्र मिशन के लिए स्टारशिप अभियान पर काम कर रहा है, जिसके लिए दुनिया के पहले अंतरिक्ष पर्यटक डेनिस टीटो और उनकी पत्नी अकिको टीटो ने पहले से ही कंपनी द्वारा पंजीकरण किया है और यह परियोजना 2025 में लॉन्च होने की उम्मीद है।

iv) **बोइंग [6,7]:** बोइंग कंपनी अंतरिक्ष पर्यटन उद्योग में एक प्रमुख खिलाड़ी के रूप में उभरी है जब उसने अपने वाणिज्यिक चालक दल विकास कार्यक्रम के एक हिस्से के रूप में नासा के साथ एक समझौते पर हस्ताक्षर किया है। बोइंग ने बोइंग सीएसटी -100 स्टारलाइनर नामक क्रू कैप्सूल विकसित करना शुरू कर दिया है। नासा के साथ समझौते के अनुसार, बोइंग को अंतरिक्ष पर्यटकोंज को सीटें बेचने की अनुमति इस विचार के साथ दी गयी है कि प्रत्येक अंतरिक्ष मिशन में कम से कम एक पर्यटक भाग लेगा।

चित्र 12:बोइंग स्टारलाइनर कैप्सूल

v) **स्पेस एडवेंचर्स:** यह एक अमेरिकन अंतरिक्ष पर्यटन कंपनी है जो शून्य-गुरुत्वाकर्षण वायुमंडलीय, उप-कक्षीय और कक्षीय अंतरिक्ष उड़ानों की पेशकश करती है। सन् 2001 के बाद से, स्पेस एडवेंचर्स ने आईएसएस के नौ सफल मिशनों पर नौ ग्राहक प्रक्षेपित किया है और अब भविष्य के चंद्र अभियान के लिए अग्रिम बुकिंग की पेशकश कर रहे हैं, जिसमें निकट भविष्य में चंद्रमा की परिक्रमा करने के लिए यात्रा शामिल है।

4. अंतरिक्ष पर्यटन के लिए भारत की योजना

चित्र 13: गगंयान-क्रू मॉड्यूल का प्रणोदन जांच

भारत के पहले मानव अंतरिक्ष यान कार्यक्रम गगनयान के साथ, इसरो विभिन्न प्रौद्योगिकियों के विकास में लगा हुआ है जो अंतरिक्ष यात्रा के लिए आवश्यक हैं। गगनयान कार्यक्रम को त्रुटिरहित और कई पुनरावृत्तियों के माध्यम से पूरा करके, और यह सुनिश्चित करके कि सभी प्रणालियां विश्वसनीय, आर्थिक रूप से व्यवहार्य हैं, अंतरिक्ष पर्यटन लक्ष्य को प्राप्त किया जा सकता है। इस प्रकार, यह कहा जा सकता है कि गगनयान के माध्यम से जो 2025 तक भारत के पहले मानव मिशन को लॉन्च करने की योजना बना रहा है, भारत के अपने अंतरिक्ष पर्यटन अंतरिक्ष मॉड्यूल का कार्य प्रगति कर रहा है और इसरो ने यह सुनिश्चित किया है कि अंतरिक्ष पर्यटन का सपना 2030 तक वास्तविक बन जाएगा।

5. अंतरिक्ष पर्यटन की चुनौतियां[9]

यद्यपि अंतरिक्ष पर्यटन बढ़ रहा है और रोजगार सृजन, अनुसंधान में प्रगति के अवसर प्रदान कर रहा है, इसके कुछ चुनौतियां हैं जो नीचे सूचीबद्ध हैं:

i) आर्थिक चुनौती : इसकी भारी कीमत अंतरिक्ष यात्रा के लिए एक प्रमुख नकारात्मक पक्ष है; केवल कुछ धनी यात्री ही सीट खरीद सकते हैं जिसके कारण अंतरिक्ष पर्यटन के लिए सीमित ग्राहक हैं।

ii) यह जोखिम भरा है- यह अपेक्षाकृत एक नया उद्योग है और इसके साथ कई जोखिमों और सुरक्षा संबंधी चिंताएँ जुड़ी हुई है। अंतरिक्ष में मानव को ले जाना सुरक्षा के लिए महत्वपूर्ण है और मानव मूल्यांकित परिवहन प्रदान करने के लिए निजी कंपनियों द्वारा नियमों या मानकों का पालन करने की आवश्यकता है। सरकारी अंतरिक्ष एजेंसियां वाणिज्यिक अंतरिक्ष कंपनियों की उड़ानों के सुरक्षा पहलुओं को नियंत्रित करना होगा ।

iii) इसका अधिक समय लेना: अनुभव में इतना समय नहीं लग सकता है, लेकिन उसी के लिए तैयारी में थोड़ा समय लगता है जहां लोगों को प्रक्षेपण और भारहीनता के लिए प्रशिक्षित किया जाएगा। इसके साथ ही चिकित्सा जांच भी शामिल हैं जो तैयारी को लंबा बना देंगे।

iv) यह पर्यावरण के लिए बुरा हो सकता है: अंतरिक्ष यात्रा में वृद्धि जलवायु परिवर्तन में योगदान कर सकती है और पर्यावरण के लिए हानिकारक है। बढ़ती वाणिज्यिक अंतरिक्ष उड़ानें भूमंडलीय उष्मीकरण को तेज कर सकती हैं क्योंकि हर प्रक्षेपण के साथ, समताप मंडल में भारी मात्रा में हानिकारक वाष्प/गैसे जारी किया जाता है।

6. अन्तरिक्ष पर्यटन का भविष्य और निष्कर्ष

भविष्य में जैसे-जैसे अंतरिक्ष पर्यटन उद्योग विकसित होगा, अंतरिक्ष यात्रियों की संख्या बढ़ेगी और ये कक्षीय और उपकक्षीय उड़ानें, चंद्र भ्रमण, मंगल और उससे आगे की यात्राओं का मार्ग प्रशस्त करेंगी, तब तक यह उद्योग एक पूर्ण उद्योग होगा जो वास्तव में यात्रा को उपनिवेशन में बदलने में सक्षम होगा। अंतरिक्ष पर्यटन अंतरिक्ष उपनिवेशन को एक वास्तविकता बना देगा जिसमें मानव जाति के लिए अद्भुत संभावित लाभ हैं। अंतरिक्ष पर्यटन पृथ्वी के अलावा मानव जाति को बसाने के लिए एक बहुत ही आशाजनक उद्योग प्रतीत होता है, लेकिन यह एक महंगा विषय है और अभी के लिए केवल कुछ धनी लोगों द्वारा वहन किया जा सकता है। इसे अधिक लोगों के लिए सस्ता और व्यवहार्य बनाने के लिए, प्रक्षेपण पुन: प्रयोज्यता अंतरिक्ष उड़ान लागत को कम करने की कुंजी है। पुन: प्रयोज्य प्रक्षेपण यान प्रक्षेपण को सस्ता बना देगा और इस प्रकार अंतरिक्ष यात्रा सस्ती हो जाएगी। यह बहुत दूर की बात लग सकती है, लेकिन इसमें निजी उद्योगों की भागीदारी और हाल के वर्षों में उन्होंने जो प्रगति की है, उससे अंतरिक्ष में बसने का सपना उतना दूर नहीं है।

सन्दर्भ

1. The Role of Niche Aviation Operations as Tourist Attractions, Isaac Levi Henderson, Wai Hong Kan Tsui, in Air Transport: A tourism Perspective, 2019
2. Space Tourism Market Size, Share , Trends analysis report by type, by end-use, by region and segment forecasts, 2023-2030 (www. grandviewresearch.com)
3. www.drishtiias.com/daily-news-analysis/suborbital-flight
4. www.britannica.com/topic/orbital-space-tourism
5. www.precedenceresearch.com/space-tourism-market :Space Tourism Market (By Type: Orbital, Sub orbital; By Customer: Government, Commercial, Others; By Form: Innovators Early adopters, Early majority; By Product: High altitude jet fighter, lights, Atmospheric zero-gravity flights, Aircraft replacement flights, Others; By Destination; By Customers; By Service Provider) - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2023 to 2032 Global Deep Dive Analysis
6. www.revfine.com/space-tourism/
7. www.blueorigin.com/new-shepard/fly
8. www.hindustantimes.com/science/virgin-galactic
9. www.converciti.com/science-technology/space-tourism-the-challenges-ahead/

लेखक परिचय:

उद्दीपना कलिता ने एमिटी विश्वविद्यालय, नोएडा से इलेक्ट्रॉनिक्स और संचार में बी.टेक किया है और आईपीआरसी, महेंद्रगिरी में शामिल हो गए जहां उन्होंने स्काडा सॉफ्टवेयर के विकास में काम किया। वर्तमान में वह यूआर राव सैटेलाइट सेंटर, बैंगलोर में तैनात हैं और मानव अंतरिक्ष उडान प्रोजेक्ट में काम कर रही हैं।

आरती गुप्ता ने मदन मोहन मालवीय प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय से इलेक्ट्रॉनिक्स और संचार में बी.टेक किया है और एचएसएफसी में शामिल हो गए हैं। वर्तमान में वह यूआरएससी बैंगलोर में तैनात हैं और मानव अंतरिक्ष उड़ान परियोजना में काम कर रही हैं।

23. अंतरिक्ष यात्रियों के स्वास्थ्य का जोखिम – अल्पीकरण तकनीक एवं अंतरिक्ष चिकित्सा

Health risk of Astronauts- Mitigation techniques & space medicine

उमा बी आर, रूपाली साहू,
सुचेता के एच, कृष्ण प्रिया जी,
सौर पैनल विभाग, ऊर्जा प्रणाली समूह,
यू. आर. एस. सी., बैंगलोर

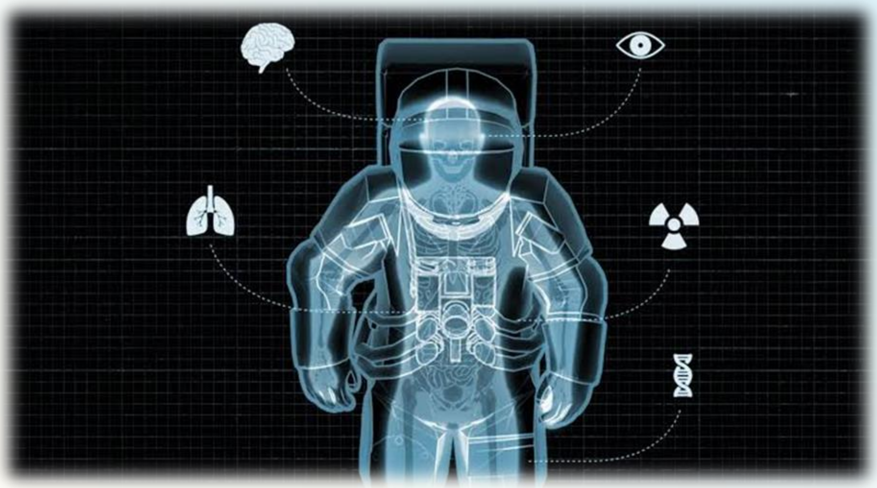
प्रस्तावना- अंतरिक्ष चिकित्सा, मनुष्यों द्वारा अंतरिक्ष मे गमन के लिए मौलिक है। यह चुनौतीपूर्ण और संभावित घातक स्पेस वातावरण मे यात्रियों के कार्य और प्रदर्शन का समर्थन करता है। अंतरिक्ष चिकित्सा- बाहरी अंतरिक्ष के वातावरण मे यात्रियों पर चिकित्सा का अभ्यास है। मूल रूप से इसका उद्देश्य यह ज्ञात करना है कि अंतरिक्ष यात्री, विषम परिस्थितियों मे कितनी अच्छी तरह और कितने समय तक स्वस्थ रह सकते हैं। यह भी महत्वपूर्ण है कि वह अपनी अंतरिक्ष यात्रा के पश्चात कितनी तेजी से पृथ्वी के वातावरण के अनुकूल हो सकते हैं। अंतरिक्ष मे सबसे बडी चुनौती गुरुत्वाकर्षण का न्युनतम होना होता है अथवा यह कहा जा सकता है कि वहाँ माईक्रोग्रैविटी सबसे बडी समस्या है। आम चोट व बीमारियों के अतिरिक्त एक बड़ी चुनौती खतरनाक रेडिएशनों की होती है। ये शक्तिशाली विकिरणें मानव स्वास्थ्य पर बेहद ही बुरा प्रभाव डालते हैं। जैसे हम मोबाईल टावर, मोबाईल सेट अथवा एक्सरे मशीनों से निकलने वाले हानिकारक विकिरणों से बचने की कोशिश करते हैं। साथ ही एन उपकरणों के उपयोग को परिसीमित करने की आवश्यक्ता है। अंतरिक्षमें चिकित्सीय स्थितियों का इलाज करना विशेष रूप से चुनौतीपूर्ण हो सकता है। गुरुत्वाकर्षण की अनुपस्थिति एक घायल शरीर को स्थिर करने का कार्य बहुत ही कठिन बना सकती है। यदि चोट की तीव्रता कम है तो अंतरिक्ष यान के भीतर सीमित स्थान संभव चिकित्सा के उपचार के लिए अतिरिक्त उपकरणों को संग्रहीत करने की अनुमति नहीं देता है। एक अंतरिक्ष यात्री के जीवन को संरक्षित करने के लिए उपलब्ध संसाधनों का उपयोग करते हुए शीघ्रता से निर्णय लिए जाने की आवश्यक्ता है।

संकेत शब्द: हानिकारक विकिरण, माइक्रो ग्रैविटी, प्रतिरक्षा तंत्र, HEMOCUE, ISS, टेली मीटरिंग तंत्र, ऐरोबिक दक्षता, स्पेस हैबिटेट्स, डीएनए, एक्स्ट्रावेहिक्युलर एक्टिविटी, सेंसर, BioWATCH, प्यूमा

अंतरिक्ष चिकित्सा के क्षेत्र मे मौजूद चुनौतियाँ- अंतरिक्ष मे मौजूद वृद्धा अवस्था की अस्थि समस्या- यह समस्या आस्टीयोपोरोसिस (Osteoporosis) अर्थात मानव शरीर मे हड्डी के घनत्व (Bone density) मे विरलता की है, जो अस्थि को टूटने के प्रति संवेदनशील बना देती है। यह अंतरिक्ष यात्री के संदर्भ मे एक बहुत ही बड़ा जोखिम बिंदु है । विकिरणों के कारण कमजोर होती जाती प्रतिरक्षा प्रणाली कहीं ना कहीं अस्थि मज्जा से भी संबंधित होती है।

अंतरिक्ष पर शरीर में सन्निहित वायरस का प्रबल हो जाना- धरती पर परिस्थितिओं के विपरित ज्यादातर अवधि मे अंतरिक्ष यात्रियों की दिनचर्या कम शारिरिक श्रम वाली होती है, तथा छोटे कक्ष मे सामान्य दिनचर्या से उत्पन्न नीरसता शरीर को बीमार बना देते हैं तथा मानव शरीर का प्रतिरक्षा तंत्र वायरस से लड़ने मे असक्षम हो जाता है।

बढती जाती अंतरिक्ष मिशन की दूरी के साथ अंतरिक्ष मे निराशा या डिप्रेशन की समस्या मे भी समानुपातिक वृद्धि- मंगल ग्रह जैसे लंबी दूरियों के मिशन पर जा रहे अंतरिक्ष यात्रियों तक दवा की आपूर्ति आदि समस्याएँ पाई जाती हैं। इस समस्या के विकल्प के तौर पर पारंपरिक तरीकों का त्यागकर नए तरीकों के परीक्षण करने की आवश्यक्ता है। इस दिशा मे किए गए अविष्कार यहाँ सम्मिलित हैं। हम मौजूदा स्थलीय प्रौद्योगिकी को अनुकूलित कर सकते हैं ताकि इसका उपयोग अंतरिक्ष में किया जा सके, लेकिन हम अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी को भी अनुकूलित कर सकते हैं ताकि इसका उपयोग पृथ्वी पर किया जा सके। वह पहनने योग्य सेंसर के माध्यम से मानव व्यवहार की समझ को आगे बढ़ाने के लिए सॉफ्टवेयर और एल्गोरिदम विकसित करते हैं। यह अंतरिक्ष यात्रियों के मानसिक स्वास्थ्य का आकलन करने के लिए उपयोगी हो सकता है। अंतरिक्ष उड़ान में नींद की अवधि और नींद की गुणवत्ता दोनों को कम किया जा सकता है। ऐसे कई कारक हैं जो अंतरिक्ष यात्रियों के सोने के तरीके को प्रभावित करते हैं जैसे प्राकृतिक प्रकाश की कमी, शोर, अन्य चालक दल के सदस्यों की गड़बड़ी। अंतरिक्ष यात्री छोटे चालक दल के केबिन में स्थित स्लीपिंग बैग में सोते हैं।



चित्र 1: स्पेस सूट मे अंतरिक्ष यात्री और विभिन्न कारक

'प्रिवेंशन ईस बैटर दैन क्योर' की रणनीति अपनाना- बीमारियों के गंभीर रूप मे रूपांतरण होने के पहले ही नियंत्रण पर जोर देने की आवश्यक्ता है। सबसे अधिक ध्यान केंद्रित डायगनोसिस पर किया जाता है, ताकि शुरुआती दौर मे ही ईलाज संभव हो सके।

हड्डियों का कमजोर हो जाना अथवा घनत्व का 12% कम हो जाना -माइक्रोग्रैविटी यह न्यूनतम गुरुत्वाकर्षण हड्डी के क्रियाकलापों को नकारात्मक ढंग से प्रभावित करता है जैसे कैल्शियम का रक्त में विलीन हो जाना। यही कारण है कि हड्डी कमजोर हो जाती है, जिसमे न्यूनतम 2 घंटे का व्यायाम इस समस्या के निदान के लिए आवश्यक है ।

वर्तमान तकनीक से आधुनिक तकनीक की यात्रा- EMI से HemoCue का सफर, एक रोमांचक सफर है तथा HemoCue स्पेस चिकित्सा के क्षेत्र मे एक चमत्कार है। शरीर का प्रतिरक्षा तंत्र चिकित्सा विज्ञान की भाषा मे सफेद रक्त कोशिकाओं की संख्या मे नापा जाता है। वर्तमान मे ब्लड सैम्पल को फ्रिज करके धरती पर भेजा जाता है, लेकिन HemoCue मशीन की खोज ने अब इसे अंतरिक्ष शटल मे भेजना आसान बना दिया है, क्युकि इसका आकार एक टोस्टर जितना है। टेस्ट के लिए अन्य तरल

यौगिकों की जरुरत नही पड़ती। इस तरह बायोहाजार्ड (Biohazard) वाले अपशिष्ट की मात्रा को अत्यधिक कम करने मे मदद मिलती है।

दवाओं के भंडारण की चुनौती- ISS अर्थात अंतरराष्ट्रीय स्पेस स्टेशन के बोर्ड पर 200 प्रकार की अलग अलग दवाएँ रखी गई है। यह विभिन्न प्रकार की दवा ना होकर मुख्यतः तीन प्रकार की दवाएँ होती है, जिनका भंडारण एक चुनौतीपूर्ण कार्य है। यह दवाएँ पृथ्वी की तुलना मे तेजी से खराब होतीं हैं। इस अध्ययन मे दवाओं के भौतिक एवं रासायनिक विशेषताओं की जाँच की गई।

अंतरिक्ष चिकित्सा क्षेत्र का क्रमिक विकास- उत्तर अमेरिका के रॉकेट संचालित एयरक्राफ़्ट एक्स-15 ने मानव शरीर तंत्र पर अंतरिक्ष के करीबी वातावरण के कारण पड़ने वाले दुष्प्रभावों को चिन्हित करने में सहयोग किया। इस मिशन से न्युनतम दबाव में काम करने के लिए जरूरी उपकरणों के विकास में मदद मिली। इनके नाम है - प्रेशर सुइट्स (Pressure suit)। यह अंतरिक्ष यात्रियों द्वारा पहना जाने वाला एक सुरक्षात्मक सूट है जो कम हवा के दबाव मे आक्सीजन प्रदान करता है। साथ ही फिजियोलॉजिकल डेटा के संग्रहण हेतु टेली मीटरिंग तंत्र का विकास किया गया। इससे भविष्य के मिशन के लिए अच्छी प्लानिंग संभव हो सकी ।

अंतरिक्ष मे विभिन्न मानव अभियानों पर किए गए प्रयोग एवं निष्कर्ष- इन अध्ययनों से उप्लब्ध डेटा के आधार पर भविष्य के अभियानों को न्युनतम त्रुटि के साथ एवं ज्यादा दक्षतापूर्वक संरचित किया जा सकता है।

प्रोजेक्ट मर्करी- इस प्रोजेक्ट में यात्रियों के लिए सीट बेल्ट का प्रयोग किया ताकि वे अपनी पोजिशन पर स्थिर रहे । अनुभवी पायलटों को प्राथमिकता दी गयी क्योंकि वे उच्च ग्रैविटी मान के प्रति स्वयं को स्थिर बनाए रख सकते हैं । इस मिशन में क्रू मेंबर्स को आइसोलेटेड केबिन में रखा गया । यह प्रयोग करने का कारण था कि जानवरों के ट्रायल से अर्जित अध्ययन की डेटा उपलब्ध थीं।

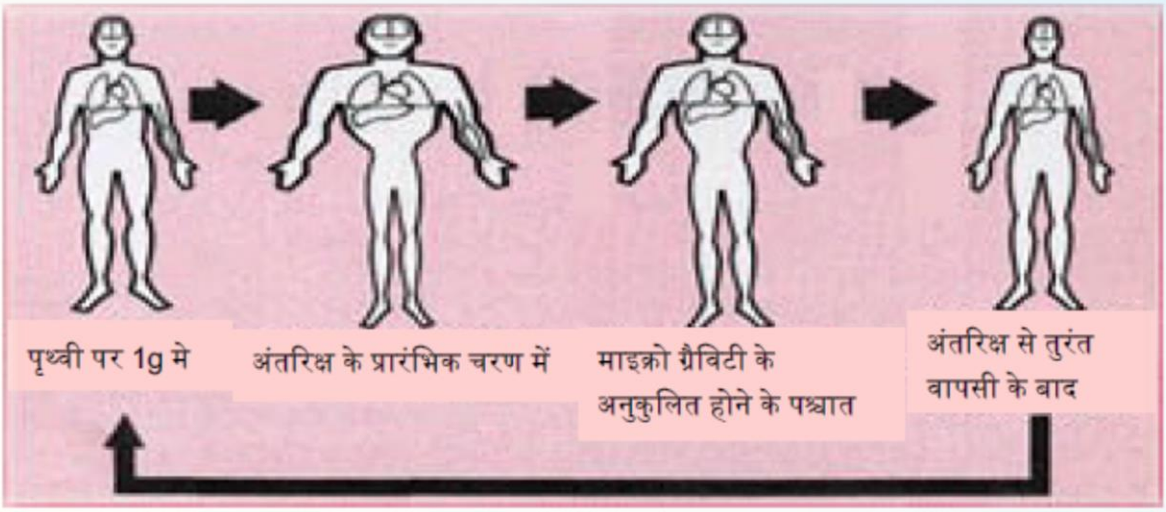
चित्र 2: मांसपेशी अपक्षय (muscle atrophy) अनुसंधान और व्यायाम प्रणाली (सौजन्य: ई एस ए)

प्रोजेक्ट जेमिनी- इस प्रोजेक्ट में दो क्रू मेंबर्स पर अध्ययन किया गया एवं यह पाया गया की उनकी शारीरिक संतुलन बनाए रखने की क्षमता कम हुई और साथ ही ऐरोबिक दक्षता (Aerobic performance) में भी न्यूनता देखी गई। एक मनुष्य की ऐरोबिक दक्षता आक्सीजन की अधिकतम मात्रा है जिसे शरीर अधिकतम तीव्रता वाले व्यायाम के दौरान उपभोग कर सकता है। यह मानक सीधे तौर पर हृदय संबंधी फिट्नेस के स्तर का संकेतक है।

प्रोजेक्ट अपोलो - प्रोजेक्ट मर्करी व जेमिनी के अभियान से प्राप्त अनुभवों के आधार पर इस अभियान को डिजाइन किया गया। इस प्रोजेक्ट मे अधिकतम एवं न्युनतम ग्रैविटी के अध्ययन का बेहतरीन तरीके से दस्तावेजीकरण किया गया । इस के दो विभाग किये गए - पहला फ्लाइट पूर्व मॉनीटरिंग दूसरा फ्लाइट पश्चात मॉनीटरिंग । क्रू मेंबर्स के अस्वस्थ होने की वजह से कुछ अपोलो मिशन को या तो आगे की तिथि

पर शिफ्ट करना पड़ा या संशोधित करना पड़ा। अपोलो-14 इसलिए उल्लेखनीय है क्योंकि इसमे क्रू मेंबर्स को क्वारंटाइन किया गया ताकि वह संक्रमणकारी बिमारी से बचे रहे। इसका नामकरण किया गया था "द फ्लाइट क्रू हेल्थ स्टेबलाइजेशन प्रोग्राम"। यह प्रयास भी संशयात्मक निष्कर्ष दे गया क्योंकि क्रू मेम्बर्स आइसोलेशन के बावजूद वह संक्रमणकारी बिमारी की चपेट में आ गए। परंतु एस अनुभव द्वारा भविष्य के प्रोजेक्ट के लिए काफ़ी जानकारी इकट्ठा कर ली गई ।

बायो एस्ट्रोनॉटिक्स- एक अंतरिक्ष यात्री पृथ्वी से दूर यात्रा करने पर भारहीनता, अंतरिक्ष विकिरण और मनोवैज्ञानिक तनाव से प्रभावित होता है एवं पूर्ण रूप से कृत्रिम जीवन समर्थन पर निर्भर होता है। बायो एस्ट्रोनॉटिक्स की चुनौती अंतरिक्ष उड़ानों के दौरान और उसके बाद अंतरिक्ष यात्री की सुरक्षा करना, हवा, जल, भोजन और टेलीमेडिसिन प्रदान करना है। इसमें मुख्यतः बायोलॉजिकल और एस्ट्रोनॉटिकल अनुसंधान के मिलेजुले निष्कर्षों का अध्ययन किया जाता है । इसमें छह तरह के विभाग है – (1) जैव वैज्ञानिक (2) बिहेवरियल (behavioral) (3) मनुष्य तथा अन्य जीवों के अंतरिक्ष में जरूरी चिकित्सा प्रबंधन (4) पेलोड संरचना (5) स्पेस हैबिटेट्स तथा (6) जीवन समर्थन तंत्र (Life support system) । संक्षेप में यह कहा जा सकता है कि इस विषय के अंतर्गत अंतरिक्ष में जीवन को बनाए रखना तथा नए क्षेत्रों में अध्ययन को जारी रखने की अवश्यक्ता है ।



चित्र 3: मानव शरीर मे ग्रैविटी का प्रभाव

आई वी जी ई एन (Intravenous fluid generation IVGEN) प्रयोग- कुछ उपचारों मे अंतरिक्ष यान के वातावरण मे तरल पदार्थों का प्रबंधन – जैसे गैस-तरल मिश्रण का प्रबंधन एवं तापमान नियंत्रण शामिल है। यह एक द्रव है जो आपातकालीन चिकित्सा के तौर पर अंतरिक्ष में त्वरित व तात्कालिक ढंग से तैयार किया जाता है ।

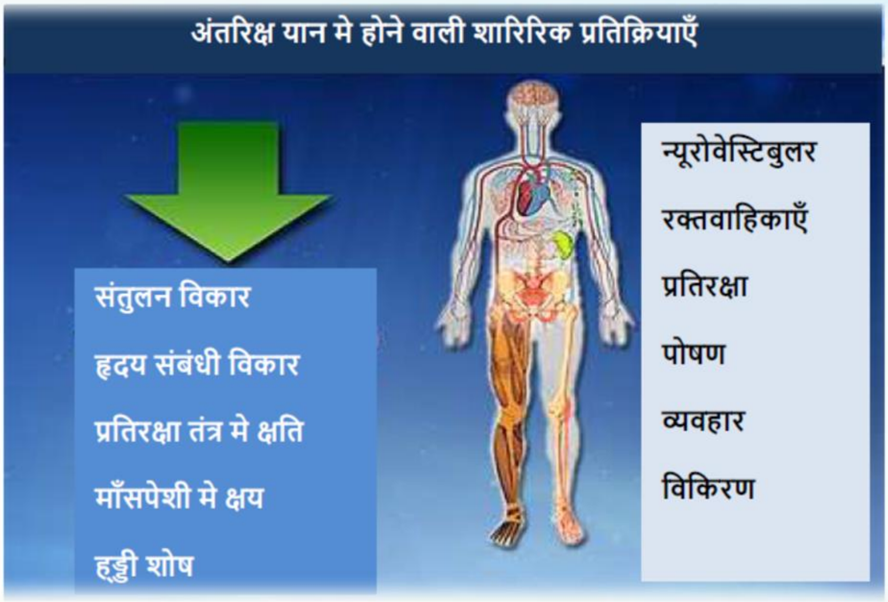
इंटीग्रेटेड मेडिकल मॉडल (IMM)- के एक अन्य भाग के रूप में, लंबी अवधि के अन्वेषण मिशनों के साथ-साथ एक अंतरिक्ष यात्री के पृथ्वी पर वापस आने के बाद गुर्दे की पथरी के जोखिम का आकलन करने के लिए एक मॉडल भी विकसित किया जा रहा है। यह स्थिति रक्त में कैल्शियम (Ca) की वृद्धि के कारण हो सकती है, जो अंतरिक्ष उड़ान के दौरान हड्डियों के नुकसान का परिणाम है। एक अतिरिक्त

जटिलता के रूप में, अंतरिक्ष यात्री माइक्रोग्रैविटी में निर्जलित हो जाते हैं, जिससे गुर्दे की पथरी बनने का खतरा भी बढ़ सकता है।

आंखो में तकलीफ होना - लगभग 3.5 माह जो अंतरिक्ष यात्रीअंतरिक्ष में बिता कर पृथ्वी पर आए उन पर कुछ प्रयोग के आधार पर यह पाया गया कि 80% आंखो की पुतलियां पीछे से दब गई है ।

हृदय के आकार में परिवर्तन अथवा बीपी का कम हो जाना- शरीर में रक्त के सर्कुलेशन का कम होना धरती पर वापस लौटने पर बीपी का कम हो जाना, जिस वजह से धरती पर लौटने पर इन्हें चक्कर आता है और थकान से संबंधित बिमारी हो जाती है।

पेशिय संरक्षण- पेशियों के सिकुड़ जाने की वजह से अतिरिक्त टिश्यूज अवशोषित हो जाते हैं।



चित्र 4: अंतरिक्ष यान मे होने वाली शरिरिक प्रतिक्रियाएँ

नासा के दो यात्रियों को 5 साल तक स्पेस में रखा गया। यह प्रयोग डीएनए में परिवर्तन की संभावनाओं की जांच के लिए किया गया और इनके डीएनए के नमूनों के साथ तुलनात्मक टेस्ट किया गया । इन परीक्षणों का ध्येय अंतरिक्ष यात्रा को आसान बनाने के साथ यात्रियों को तकलीफों से बचाना है ।

एक्स्ट्रावेहिक्युलर एक्टिविटी (EVA)-यह मानव अंतरिक्ष अन्वेषण की सबसे खतरनाक गतिविधियों मे से एक है। अंतरिक्ष यात्रियों की सुरक्षा और मिशन की सफलता सुनिश्चित करने के लिए EVA से जुड़े अंतर्निहित जोखिमों और चुनौतियों की पहचान करना और उन्हे कम करना अनिवार्य है। इन जोखिमों को कम करने के लिए ज्ञात जोखिमों को परिभाषित और वर्गीकृत करना महत्वपूर्ण है। यह करने से अंतरिक्ष यात्री कम एवं लंबी अवधि के अंतरिक्ष मिशनों पर अनिवार्य रूप से उत्पन्न होने वाली बाधाओं को दूर करने के लिए आवश्यक तकनीक और कौशल दोनो से लैस होंगे।

स्पेससूट के पास चरम वातावरण के कारण अद्वितीय चुनौतियाँ होती है जिनमे उनका उपयोग किया जाता है। एक्स्ट्रावेहिक्युलर मोबिलिटी यूनिट (EMU) को लो अर्थ आर्बिट (LEO) के लिए डिजाईन किया

गया था। जैसे जैसे मानव अंतरग्रहीय (Interplanetary) यात्रा करेंगे स्पेससूट को अतिरिक्त बाधाओं का सामना करना पड़ेगा। स्पेससूट डिजाईन मे महत्वपूर्ण दो चिजों का ध्यान रखा जाता है- भौतिक चयन जिसमे विकिरण परिरक्षण एवं धूल शमन शामिल है और शारिरिक स्वास्थ्य जिसमे हाईपरकेपनिया निवारण एवं तापमान नियंत्रण शामिल है।

चित्र 5: अंतरिक्ष मे कोशिकाओं मे परिवर्तन

हाईपरकेपनिया की रोकथाम- स्पेससूट सर्कुलेशन सिस्टम का उद्देश्य अपशिष्ट गैसों के निर्माण को रोकना है अर्थात CO2 जो बड़ी मात्रा मे स्वास्थ्य के लिए खतरनाक है। हाईपरकेपनिया अधिक सांद्रता वाले CO2 जो सुट की विफलता से उत्पन्न हुए है, के यात्रियों द्वारा फिर से साँस लेने से हो सकता है। EMU पोर्टेबल लाईफ सपोर्ट सिस्टम थर्मल सुरक्षा प्रदान करते हुए CO2 और अतिरिक्त जलवाष्प को हटाता है।

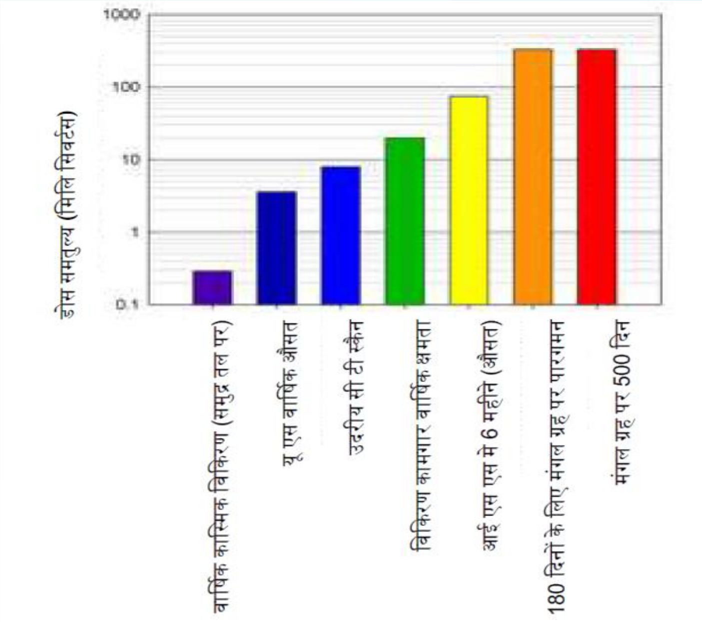
कुछ शोध- 1924 में जानवरों पर किए गए प्रयोग मैं पाया गया कि, डिजिटॉलिस दवा का असर उच्च एल्टीट्यूड में बढ़ जाता है, अर्थात् यदि धरती के जितना ही डोज दिया जाए तो वह ओवरडोज होगा। तथा लाभ की बजाए हानि करेगा। तब अनेको प्रयोगों के बाद यह पाया गया कि खुराक को 2/5 (40%) कर दिया जाए। 1924 में चयापचय सिस्टम की गड़बड़ी, पहली बार पता चला कि यह एक तरह से, ऑर्थोस्टेटिक स्ट्रेस की वजह से हुआ।

निवारण यंत्रो का विकास- एम.ई.एम.एस. सेंसर (MEMS sensor)

विमान इंजनों में पाए जाने वाले कठोर वातावरण के लिए माइक्रो-इलेक्ट्रो-मैकेनिकल सिस्टम्स (MEMS sensor) विकसित किया गया है। पारंपरिक सिलिकॉन को सब्सट्रेट सामग्री के रूप में उपयोग करने के बजाय, सिलिकॉन कार्बाइड (SiC) का उपयोग किया गया, जो कि अधिक टिकाऊ है। अस्थमा के दौरे की शुरुआत का पता लगाने के लिए उपयोग की जाने वाली मास्क प्रणाली के भीतर मौजूद ऑक्सीजन और कार्बन डाइऑक्साइड सेंसर का उत्पादन करने के लिए इस तकनीक का उपयोग किया जा चुका है। अन्य एम.ई.एम.एस. सिस्टम का उपयोग चंद्र या मंगल आवास में मौजूद धूल की मात्रा को मापने के लिए किया जा सकता है।

मेटाबोलिक विश्लेषण के लिए पोर्टेबल यूनिट (PUMA)- यह एक अंतरिक्ष यात्री द्वारा उपभोग की जाने वाली ऑक्सीजन की मात्रा और उत्पादित कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा को मापता है। PUMA की हृदय गति मापन के साथ संयुक्त होने पर, PUMA सॉफ़्टवेयर यह निर्धारित करता है कि अंतरिक्ष यात्री कितनी ऊर्जा का उपयोग कर रहा है। यह जानकारी अंतरिक्ष यात्री को अंतरिक्ष सूट के भीतर उपलब्ध सीमित आपूर्ति के संसाधनों का प्रबंधन और संरक्षण करने में मदद करती है। इसके अतिरिक्त, अंतरिक्ष यात्री के फिटनेस स्तर की सबसे अधिक जानकारी प्रदान करने और अंतरिक्ष यात्री को थकावट से पहले काम रोकने के लिए इस डेटा का उपयोग किया जाता है। PUMA बैटरी से चलने वाला और स्वयं-निहित उपकरण है, जिसमें एक इलेक्ट्रॉनिक बॉक्स है जो एक छोटे और पहनने योग्य पैक में है।

BioWATCH- इस यंत्र को रोगियों के हृदय के पल्स की निगरानी करने के लिए उपयोग किया जाता है, जो एक हृदय के पल्स की अनियमितता को खत्म करने के लिए डिज़ाइन की गई प्रक्रिया का पालन करता है। BioWATCH को बायोसेंसर के निम्नलिखित वर्गों के साथ संगत होने के लिए बनाया गया है: ईसीजी, ईईजी, ईएमजी, ईओजी, हृदय गति, रक्त ग्लूकोज, रक्तचाप, तापमान और पल्स ऑक्सीमीटर।



चार्ट 1: विकिरण डोस समतुल्य (Dose equivalent) की तुलना

वित्तीय संसाधन मुहैया कराने वाली एजेंसी का नाम है- इंटीग्रेटेड स्पेस स्टेम सेल ऑर्बिटल रिसर्च ,जो कि मूल रूप से अमेरिकन अंतरिक्ष एजेंसी NASA द्वारा वित्तपोषित है.

इनमें निम्नोक्त तीन एजेंसियां मिलकर काम कर रही हैं :-

1. कैलीफोर्निया विश्वविद्यालय सैनडिएगो सैनफोर्ड स्टेम सेल संस्थान,
2. जेएस फाउंडेशन तथा
3. AXIOM स्पेस

डेटा के एनालिसीस का दायित्व, यूसी सैनडिएगो का होगा| यूसी सैनडिएगो स्कूल ऑफ मेडिसीन की प्रोफेसर के अनुसार, अंतरिक्ष में वातावरण मानव जीवन के लिए अत्यधिक तनावपूर्ण होता है| इसकी फलश्रुति यह है कि, कैंसर पर अनुसंधान के सफ़ल होने में लगने वाला समय, धरती पर लगने वाले समय

की तुलना में बहुत कम होगा| एक्जिओम स्पेस में, “इन-स्पेस सोल्युशंस ” के कार्यकारी अध्यक्ष इसे आगे बढ़ाने हेतु संकल्पबद्ध हैं। इस कंपनी द्वारा प्रायोजित निजी अंतरिक्ष यात्री मिशन कैंसर मूनशॉट पहल के उद्देश्यों के साथ संबद्ध हैं| एक्जिओम स्पेस, दुनिया के पहले वाणिज्यिक स्टेशन के निर्माण एवं संचालन से परे, संभावनाओं को एक कदम आगे बढ़ाते हैं| वह कदम है – धरती पर मानव जीवन की गुणवत्ता में सुधार करना|

निष्कर्ष- अंतरिक्ष यात्री मिशन के कुल मिलाकर निम्नलिखित उद्देश्य है :-

1. अंतरिक्ष के अद्वितीय माइक्रोग्रेविटी माहौल में, मानव शरीर की प्रतिक्रियाओं का अध्ययन करना
2. मानव शरीर के स्टेम सेल पर प्रभाव
3. उम्र बढ़ने पर प्रभाव, कैंसर पर प्रभाव, शरीर में सूजन पर प्रभाव
4. वर्तमान तकनीक से आधुनिक तकनीक की यात्रा
5. विकिरण डोस समतुल्य का प्रभाव
6. अन्वेषण मिशन के दौरान उपस्थित चुनौतियों के निवारण मे सेंसरों का प्रयोग

इसका सबसे अधिक दिलचस्प पहलू यह है कि, अंतरिक्ष में हो रहे प्रयोग, धरती पर भी कारगर होगी| निष्कर्ष बताते हैं कि, माइक्रोग्रैविटी का वातावरण, मनुष्य की स्टेम सेलों में उम्र बढ़ने, स्वेलिंग और प्रतिरक्षा तंत्र की कमजोरी के कारक के रूप में खोजी गयी है। कुछ मिशन के तहत कंपनी यह जांचने का प्रयास करेगा कि, क्या दो निरोधात्मक दवाओं के प्रयोग द्वारा, कैंसर के ऑर्गेनाइज्ड मॉडल में रिप्रोडक्शन को उलट सकती है , जिससे कैंसर कोशिकाओं की वृद्धि को रोका जा सके| अन्वेषण मिशन के दौरान उपयोग किए जाने वाले बायोसेंसर या कई उपकरण छोटे एवं मजबूत होने चाहिए और कम विद्युत शक्ति के उपयोग से इनका प्रचालन होना चाहिए। इसके अतिरिक्त, उन्हें ऐसे वातावरण में और उसके आसपास कार्यरत होना चाहिए जैसे मानव शरीर जो अधिकांश सेंसरों के लिए क्षतिपूर्ण है।

संदर्भ-

[1] Managing space radiation risk in the new era of space exploration- National research council, Washington D.C.,2008

[2] मंगल ग्रह मिशन के लिए सर्वोच्च प्राथमिक्ता मानव स्वास्थ्य जोखिम- जरानाएस. पटेल ,टायसन जे. ब्रुनस्टेटर ,विलियम जेटारवर ,एलेक्जेंड्राएम. व्हिटमायर -05 नवंबर 2020

[3] http://microgravity.grc.nasa.gov/SOPO/ICHO/HRP/ExMC/Biosensors/

[4] लंबी अवधि के अंतरिक्ष मिशनों के लिए ग्रहों की इ वी ए जोखिम शमन रणनीतियाँ- ब्लेज बेलोब्राजडिक, केट मेलोन, एना डियाज आर्टिल्स-2021

[5] https://sciencenode.org/feature/space-radiation.php

लेखक परिचय:

मै डॉ. उमा बी.आर., इसरो के आर, यू. आर. राव उपग्रह केंद्र मे जून 1998 से कार्यरत हुँ। मैने सौर पैनल विभाग, ऊर्जा प्रणाली समूह मे वैज्ञानिक के रूप मे लगभग 25 वर्षो से कार्य किया है। मै सौर पैनल के डिजाईन और परीक्षण मे विशेषज्ञता रखती हुँ। मैने कई राष्ट्रीय और अंतरराष्ट्रीय पत्रिकाओं के लिए वैज्ञानिक

लेख लिखे हैं और कई सम्मेलनों मे शोध पत्र प्रस्तुत किए हैं। मैंने कन्नड मे बच्चों के लिए दो किताबें लिखी है और कन्नड एवं हिंदी मे कई वैज्ञानिक पत्र प्रस्तुत किए हैं।

मै कु. रूपाली साहू, इसरो के यू. आर. राव उपग्रह केंद्र के सौर पैनल विभाग मे कार्यरत हुँ। मैंने बीटेक मे स्नातक पूर्ण की है। मेरी शिक्षा भिलाई इंस्टीट्युट आफ टेक्नोलोजी से सन् 2013 मे इलेक्ट्रानिक्स एवं टेलीकम्युनिकेशन ब्रांच से पूरी हुई। मैंने यू. आर. राव उपग्रह केंद्र के ऊर्जा प्रणाली समूह मे सन् 2014 से कार्यग्रहण किया। मेरी प्रविष्टि सौर पैनल परिक्षण और विश्लेषण अनुभाग मे है। मैंने GSAT-29, GSAT-7A, CMS-01 (GSAT-12R) और NVS-01 (IRNSS-1J) प्रोजेक्ट मे एक प्रोजेक्ट मैंनेजर के रूप मे काम किया है,जिसमे सौर पैनल डिजाईन, विन्यास, संरचना, परिक्षण एवं निर्माण शामिल है। मै प्रोजेक्ट IRNSS-1I एवं GAGANYAAN मे प्रोजेक्ट इंजीनियर के रूप मे सौर पैनल के विन्यास से निर्माण तक की प्रक्रिया मे भागीदार हुँ। मैंने कई हिंदी एवं कन्नड मे वैज्ञानिक लेख प्रस्तुत किए हैं।

24. समानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन के लिए एम.एम.ओ.डी. सुरक्षा और परिरक्षण

MMOD protection and shielding for Human Spaceflight Mission

अर्पित दहिया, चिरंजीवी फणींद्र बी, कुमार के
समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र, बेंगलुरु

सार

यह रिपोर्ट प्रभावी एमएमओडी सुरक्षा के डिजाइन और कार्यान्वयन के लिए दिशानिर्देश प्रदान करती है। जिसमें एमएमओडी ढाल सुरक्षा की एक संक्षिप्त पृष्ठभूमि, हाइपरवेलोसिटी प्रभाव की प्रभाव भौतिकी, जोखिम का अनुमान लगाने के लिए संभाव्य दृष्टिकोण, जोखिम चालकों की पहचान करना और एमएमओडी प्रभाव के कारण गगनयान मिशन के लिए विफलता के जोखिम को कम करना शामिल है। हाइपरवेलोसिटी प्रभाव परीक्षणों के पीछे के प्रोटोकॉल और विज्ञान को हाइड्रोकोड विश्लेषण द्वारा इसके सत्यापन के साथ भी समझाया गया है। इस रिपोर्ट में प्रस्तुत समीकरणों का उपयोग गगनयान कक्षीय मॉड्यूल के लिए एमएमओडी सुरक्षा **शील्ड** को डिजाइन और कार्यान्वित करने के लिए किया गया है।

1. परिचय

पृथ्वी की परिक्रमा करने वाले अंतरिक्षयानों को सूक्ष्म उल्कापिंड और कक्षीय मलबे (एमएमओडी) की चपेट में आने का गंभीर खतरा रहता है, जिसके परिणामस्वरूप प्रदर्शन में गिरावट से लेकर मानव जीवन की हानि तक हो सकती है। उल्कापिंड सूर्य के चारों ओर कक्षा में प्राकृतिक रूप से पाए जाने वाले कण हैं। जबकि, ऑर्बिटल मलबा पृथ्वी के चारों ओर कक्षा में मानव निर्मित वस्तुएं हैं, जिसमें खर्च किए गए रॉकेट चरण, पुराने उपग्रह, और पेंट के गुच्छे और छोटे धातु के टुकड़े जितनी छोटी वस्तुएं शामिल हैं। चालक दल की सुरक्षा और गगनयान मिशन की उत्तरजीविता सुनिश्चित करने के लिए, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) द्वारा विशिष्ट एमएमओडी सुरक्षा आवश्यकताएं स्थापित की गई हैं। क्रू मॉड्यूल डिज़ाइन और मिशन ऑर्बिटल पैरामीटर दोनों ही एमएमओडी शील्ड डिज़ाइनिंग को प्रभावित करते हैं।

यह रिपोर्ट एमएमओडी टकराव और सामान्य तकनीकों के प्रभाव का दस्तावेजीकरण करती है जिनका उपयोग अंतरिक्ष यान के लिए एमएमओडी सुरक्षा और परिरक्षण में किया जाता है।

1.1 पृष्ठभूमि

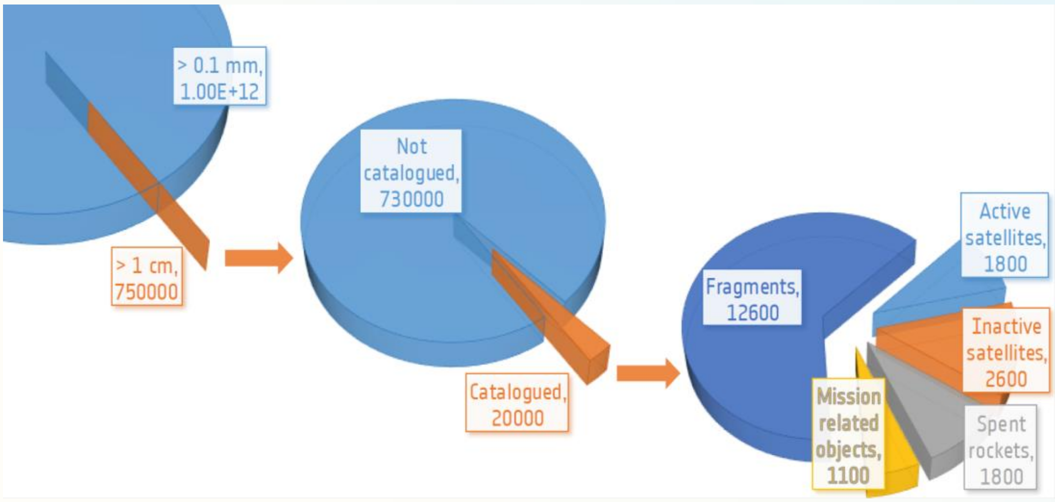
विभिन्न अंतरिक्ष अन्वेषणों के वैज्ञानिक प्रयोगों से संकेत मिलता है कि एक उल्कापिंड का औसत द्रव्यमान घनत्व 0.5 ग्राम प्रति घन सेंटीमीटर है और औसत निरपेक्ष वेग 20 किलोमीटर प्रति सेकंड है [1]। नासा (NASA) ने अपोलो मिशन के आरंभ में ही एमएमओडी

परिरक्षण की परिकल्पना की थी। और तब से अंतरिक्ष मलबे की आबादी लगातार बढ़ रही है।

1981 में एक प्रसिद्ध अमेरिकी खगोलशास्त्री और नासा जेएससी के पूर्व वैज्ञानिक डोनाल्ड जे केसलर ने केसलर सिंड्रोम के नाम से जाना जाने वाला विकास किया, जिसने संकेत दिया कि अंतरिक्ष वस्तु की आबादी उपग्रह के टुकड़ों और पुराने पेलोड और रॉकेट मोटर्स के बीच टकराव से उत्पन्न टुकड़ों के माध्यम से "स्व-उत्पादक" बन सकती है।[2] उन्होंने 1984 में यह भी भविष्यवाणी की थी कि परिक्रमा कर रहे मलबे की आबादी कुछ प्रकार के मिशनों के लिए प्राकृतिक उल्कापिंड के खतरे से भी बड़ा खतरा होगी, जो हाल के वर्षों में सही साबित हुई है। डी. जे. केसलर ने संकेत दिया कि मलबे के वातावरण से निपटने के लिए निम्नलिखित तीन मूलभूत विकल्प मौजूद हैं:

1. जोखिम स्वीकार करें
2. जोखिम को कम करने के लिए परिरक्षण जोड़ें
3. पर्यावरण को बदलें

कक्षीय मलबे को मोटे तौर पर दो श्रेणियों में वर्गीकृत किया गया है: (क) सूचीबद्ध (आकार 10 सेंटीमीटर से अधिक) और (ख) गैर-सूचीबद्ध (आकार 10 सेंटीमीटर से कम)। जैसा कि चित्र 1 में दिखाया गया है, गैर-सूचीबद्ध कक्षीय मलबे अधिक प्रचुर मात्रा में हैं। लेकिन सूचीबद्ध कक्षीय मलबा अपनी गतिज ऊर्जा (Kinetic Energy) के कारण बड़ा खतरा पैदा करता है।



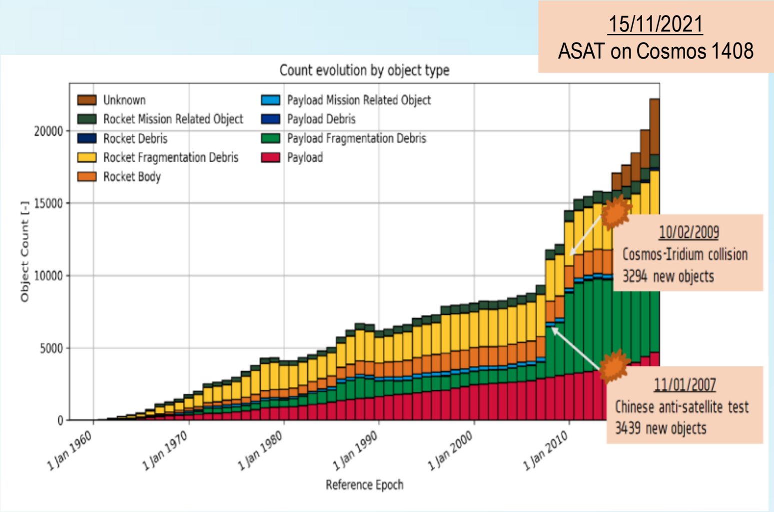
चित्र 1: अंतरिक्ष मलबा जनसंख्या विभाजन [3]

1.1.1 सूचीबद्ध कक्षीय मलबा पर्यावरण [4]

10 सेंटीमीटर से अधिक आकार की लगभग 23,000 वर्गीकृत और अवर्गीकृत मानव निर्मित अंतरिक्ष मलबे की वस्तुओं को अमेरिकी अंतरिक्ष निगरानी नेटवर्क द्वारा नियमित रूप से ट्रैक और सूचीबद्ध किया जाता है। किसी प्रभाव के खतरे की स्थिति में, संयोजन से बचने के लिए अंतरिक्ष यान को संचालित किया जाता है।

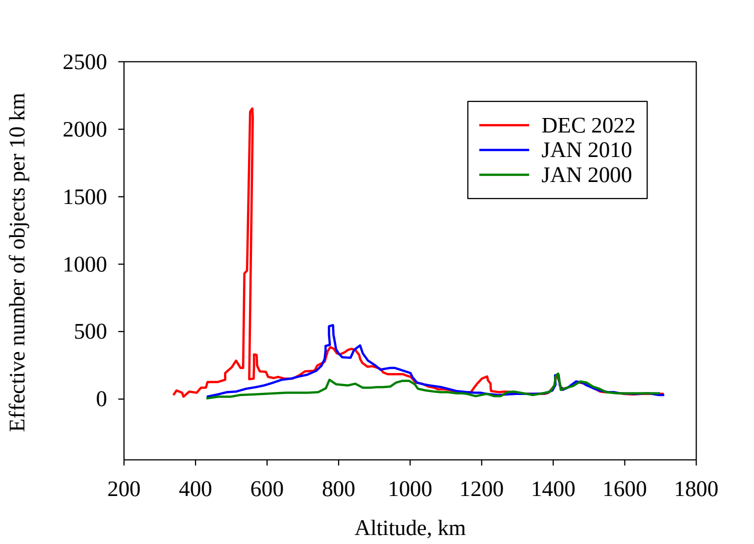
चित्र **2** सूचीबद्ध वस्तुओं की जनसंख्या वृद्धि दर्शाता है। यह ध्यान दिया जा सकता है कि जिस दर से विखंडन मलबा बढ़ रहा है वह अंतरिक्ष यान, मिशन से संबंधित मलबे और

रॉकेट निकायों की तुलना में बहुत अधिक है। यह भी स्पष्ट है कि 2007 में, जब चीन द्वारा फेंगयुन-1सी एंटी-सैटेलाइट परीक्षण किया गया था और 2009 में जब इरिडियम 33 और कॉसमॉस 2251 की टक्कर हुई थी, तब खंडित मलबे में वृद्धि हुई थी।



चित्र 2: सूचीबद्ध कक्षीय मलबे की जनसंख्या वृद्धि [3]

चित्र 3 पृथ्वी की सतह से ऊपर विभिन्न ऊंचाई पर मलबे की आबादी दिखाता है। यह स्पष्ट है कि सबसे अधिक मलबे की आबादी लगभग 800 किलोमीटर की ऊंचाई पर है। 400 किलोमीटर की ऊंचाई पर प्रस्तावित गगनयान कक्षा में मलबे की आबादी तुलनात्मक रूप से बहुत कम है।



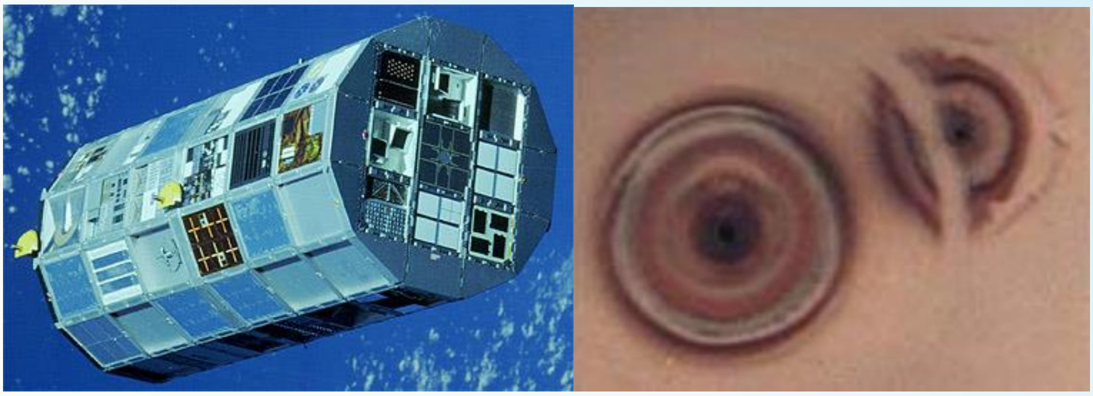
चित्र 3: विभिन्न ऊंचाई पर मलबे की आबादी [5]

1.1.2 गैर-सूचीबद्ध कक्षीय मलबा पर्यावरण [6]

लो अर्थ ऑर्बिट या पृथ्वी की निचली कक्षा (LEO) में मिलीमीटर और माइक्रोन-आकार के कणों पर ज्ञान, जो अब तक सबसे प्रचुर है, समर्पित इन-सीटू प्रयोगों या अंतरिक्ष से लौटी सामग्री के विश्लेषण के माध्यम से प्राप्त किया जाता है । उदाहरण के लिए, उपग्रह या उसके हिस्से (शटल, सोलर मैक्स, पालापा, वेस्टार, एलडीईएफ, एमआईआर, यूरेका,

एचएसटी)। अंतरिक्ष पर्यावरण के थोड़े समय के संपर्क में रहने के बाद भी, सतहें छोटे आकार के मलबे और उल्कापिंडों के प्रभाव से ढकी रहती हैं। इस ज्ञान के आधार पर, नासा (NASA) ने ORDEM विकसित किया और **ईसा** (ESA) ने एमएमओडी टकराव मूल्यांकन के लिए मास्टर (MASTER) विकसित किया [7]। इन मॉडलों को अतिरिक्त डेटा प्राप्त होने पर उसके आधार पर नियमित रूप से अपडेट किया जा रहा है।

जनवरी 1990 में **लांग** ड्यूरेशन एक्सपोज़र फैसिलिटी (एलडीईएफ) की पुनर्प्राप्ति के साथ अंतरिक्ष यान पर टकराव के विश्लेषण को बढ़ावा मिला। एलडीईएफ 1984 में लॉन्च किया गया एक सस्ता उपग्रह था। इसका एकमात्र उद्देश्य निकट-पृथ्वी अंतरिक्ष पर्यावरण के विभिन्न पहलुओं को मापना था, जिसमें अन्य चीजों के अलावा परमाणु ऑक्सीजन, विकिरण, कक्षीय मलबा और उल्कापिंड शामिल हैं। अपने जीवनकाल के दौरान, एलडीईएफ लाखों बार टकराव हुआ था। चित्र 4 एलडीईएफ पर टकराव क्रेटर दिखाता है।



(a) **एलडीईएफ** (**बी**) **एलडीईएफ पर एमएमओडी प्रभाव**

चित्र 4: एलडीईएफ पर प्रभाव क्रेटर [4]

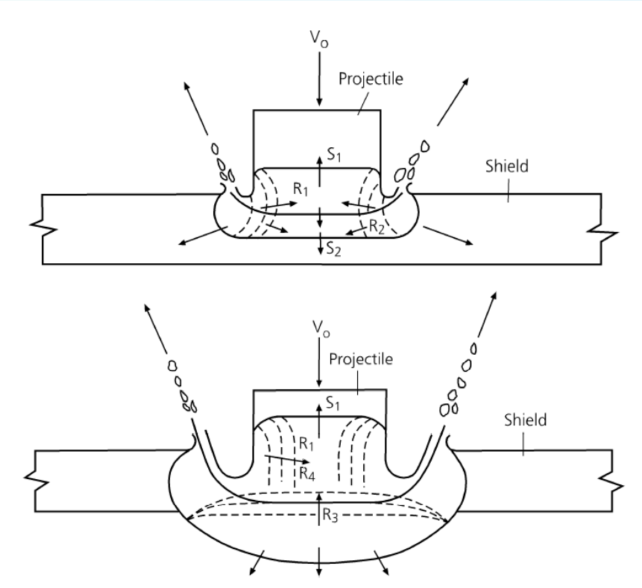
अगस्त 1992 में लॉन्च किया गया यूरेका अंतरिक्ष यान, और अप्रैल 1990 में लॉन्च किया गया हबल स्पेस टेलीस्कोप (एचएसटी) अन्य पुनर्प्राप्त अंतरिक्ष यान के प्रमुख उदाहरण हैं जिन्होंने मलबे की आबादी का अनुमान लगाने में काफी मदद की है।

1.2 टकराव भौतिकी [8]

जब प्रक्षेप्य **(projectile)** हाइपरवेलोसिटी (1 किलोमीटर प्रति सेकंड से 15 किलोमीटर प्रति सेकंड की सीमा में) पर एक लक्ष्य को **टकराता** है, तो शॉक वेव (shock waves) दोनों संरचनाओं में फैल जाती हैं। चित्र 5 एक पतली दीवार पर एक आयामी सिलेंडर के हाइपरवेलोसिटी टकराव (एचवीआई) को दर्शाता है। प्रारंभ में, **S1** और **S2** शॉक वेव टकराव सतह से दूर फैलती हैं और **R1** और **R2** रेयरफैक्शन वेव (rarefaction waves) टकराव अक्ष (समरूपता की धुरी) की ओर फैलती हैं। इन रेयरफैक्शन वेव के निर्माण के परिणामस्वरूप लक्ष्य और प्रक्षेप्य मैटेरियल का ऊपर की ओर प्रवाह होता है। नीचे की ओर जाने वाली शॉक वेव **S2** निचली सतह से **R3** रेयरफैक्शन वेव के रूप में परावर्तित होती है। संपीड़न तरंगों (compression waves) के कारण लक्ष्य मैटेरियल के शॉक हीटिंग से मैटेरियल की ताकत में कमी आती

है। उच्च वेग पर बहुत अधिक टकराव दबाव और तापमान के कारण, प्रक्षेप्य और लक्ष्य मैटेरियल पिघलना और वाष्पीकृत होना शुरू हो जाती है। इसलिए, टुकड़े हो सकते हैं।

यदि लक्ष्य प्लेट पतली है, तो मलबे के **डेब्रिस क्लाउड** (Debris cloud) आगे और पीछे दोनों सतहों से बाहर निकल जाते है। इस मलबे के बादल में प्रक्षेप्य घनत्व, आकार, प्रभाव कोण और प्रभाव वेग जैसे प्रभाव मापदंडों के आधार पर ठोस, तरल और गैसीय कणों के विभिन्न संयोजन होते हैं।



चित्र 5: हाइपरवेलोसिटी प्रभाव योजनाबद्ध [9]

1.3 शील्ड डिज़ाइन आवश्यकताएँ

एमएमओडी टकराव प्रकृति में काफी यादृच्छिक होते हैं और किसी अंतरिक्ष यान के लिए अगले टकराव के सटीक समय और स्थान की भविष्यवाणी करना असंभव है। 10 **सेंटीमीटर** से कम आकार की गैर-सूचीबद्ध मलबा, हालांकि आकार में छोटी हैं, हाइपरवेलोसिटी से यात्रा करने से मिशन और चालक दल की सुरक्षा के लिए भी खतरा पैदा होता है। आदर्श रूप से, ढाल को 15 किलोमीटर प्रति सेकंड की गति से हमला करने वाले 10 **सेंटीमीटर** प्रक्षेप्य का सामना करना चाहिए। ऐसे प्रभाव से बचने के लिए 600 **मिलीमीटर** मोटी संरचनात्मक दीवार की आवश्यकता होती है। इतने भारी द्रव्यमान संरचना को ले जाना व्यवहारिक रूप से संभव नहीं है। लेकिन, सेंटीमीटर आकार में मलबे वाली मलबा की संख्या मिलीमीटर और माइक्रोमीटर आकार की मलबा की तुलना में बहुत कम है। इस प्रकार, एमएमओडी शील्ड डिज़ाइन को पूरा करने के लिए संभाव्यता आधारित दृष्टिकोण अपनाया जाता है।

एमएमओडी सुरक्षा के लिए शील्ड बनाने में, अनमैन्ड और मैन्ड अंतरिक्षयानों के बीच कुछ मुख्य भिन्नताएं हैं। अनमैन्ड अंतरिक्षयानों के डिज़ाइन में सामान्यत: भार और लागत को कम करने का प्राथमिकता होता है, क्योंकि यहां कोई मानव जीवन की स्थिति नहीं होती है। अनमैन्ड मिशन्स के लिए शील्ड की डिज़ाइन सामान्यत: मिशन के उद्देश्यों के साथ सुरक्षा की बराबरी करने के लिए अनुकूलित किया जाता है, और यह सिस्टम साधारिता और

पुनःरचना की सुविधा से कम हो सकती है। मिशन की अवधि भी महत्वपूर्ण है, और इसमें यात्रा के दौरान संभावित जोखिमों के लिए बढ़ावा करने के लिए लंबे समय तक स्थिति के लिए सटीक शील्ड की आवश्यकता है।

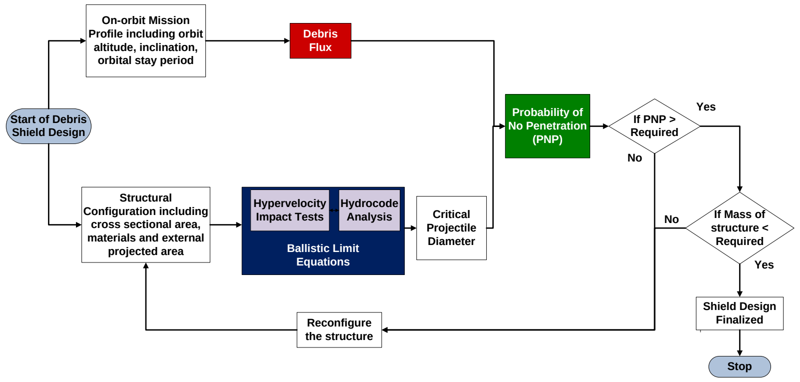
एमएमओडी शील्ड डिज़ाइन को प्रभावित करने वाले प्रमुख कारकों में शामिल हैं**: (क)** मिशन अवधि**, (**ख**)** अंतरिक्ष यान का आकार**, (**ग**)** कक्षीय पैरामीटर**, (**घ**)** सुरक्षा का आवश्यक स्तर**, (**ङ**)** विफलता मानदंड

2. **एमएमओडी शील्ड डिज़ाइन प्रक्रिया**

एमएमओडी इंजीनियर के काम में शामिल हैं**: (क)** मानवयुक्त अंतरिक्ष यान के लिए **अंतरिक्ष यात्री** सुरक्षा सुनिश्चित करना**, (**ख**)** अंतरिक्ष यान की उत्तरजीविता में सुधार करना। स्वीकृत सुरक्षा स्तर मिशन आवश्यकताओं और अंतरिक्ष यान संरचना के आधार पर परिभाषित किए जाते हैं। इन आवश्यकताओं को आम तौर पर किसी मिशन की अवधि में कोई क्षति न होने की संभावना के रूप में व्यक्त किया जाता है। जोखिम की गणना के लिए**,** नासा के बंपर (BUMPER) और **ईसा** के बेस (BASE) नामक दो कोड का उपयोग किया जाता है। शील्ड डिजाइन की प्रक्रिया चित्र 6 में दिए गए फ्लो चार्ट में दिखाई गई है। विफलता के जोखिम का अनुमान लगाने और एमएमओडी शील्ड को डिजाइन करने के लिए निम्नलिखित इनपुट की आवश्यकता है**:**

क. कक्षा विवरण
ख. अंतरिक्ष यान **की** ऊंचाई
ग. **बनावट कॉन्फिगरेशन**
घ. क्रॉस सेक्शनल कॉन्फ़िगरेशन **(**विभिन्न मैटेरियल की मोटाई और यदि कोई हो तो स्टैंडऑफ दूरी सहित**)**
ङ. मैटेरियल **प्रॉपर्टी**
च. **प्रोजेक्टड** क्षेत्र

किसी दी गई कक्षा में **डेब्रिस अभिवाह या फ्लक्स** (flux) का अनुमान नासा के **ऑर्डम** (ORDEM) या **ईसा** के मास्टर (MASTER) सॉफ़्टवेयर द्वारा कक्षा निर्धारण विवरण और अंतरिक्ष यान **की** ऊंचाई का उपयोग करके लगाया जा सकता है।



चित्र 6: मलबे ढाल डिजाइन का प्रवाह चार्ट

निम्नलिखित प्रमुख पैरामीटर हैं जो एमएमओडी शील्ड डिजाइन प्रक्रिया को प्रभावित करते हैं और उनकी समझ आवश्यक है (आगे के अनुभागों में समझाया गया है)।

क. प्रवेश न होने की संभावना की गणना (Probability of No Penetration)
ख. अंतरिक्ष यान **ज्योमेट्री** मॉडल (Spacecraft geometry model)
ग. **असफलता** क्राइटेरिया (Failure criteria)
घ. बैलिस्टिक सीमा **इक्वेशन** (Ballistic Limit Equation)
ङ. हाइपरवेलोसिटी टकराव परीक्षण (Hypervelocity impact test)
च. हाइड्रोकोड विश्लेषण (Hydrocode analysis)

2.1 प्रवेश न होने की संभावना

आम तौर पर, एमएमओडी सुरक्षा **शील्ड** की आवश्यकताएं बिना प्रवेश की संभावना (पीएनपी) के संदर्भ में लिखी जाती हैं। यह लंबे समय से विफलता के जोखिम का आकलन करने के लिए अंतरिक्ष एजेंसियों का एक मानक दृष्टिकोण रहा है। पीएनपी का मूल्यांकन पॉइसन आंकड़ों के आधार पर किया जाता है, और इसे निम्नानुसार परिभाषित किया गया है

एमएमओडी फ्लक्स के संपर्क में आने वाले क्षेत्र और समय के अनुपात में प्रभाव की संख्या बढ़ जाती है, जिसे निम्नानुसार परिभाषित किया गया है

$$N = \sum_{i=1}^{n} N_i = \sum_{i=1}^{n} (FAT)_i \qquad (1)$$

जहाँ

F : कक्षा में वस्तुओं का प्रवाह जो अंतरिक्ष यान संरचना के माध्यम से प्रवेश कर सकता है

A : एक्सपोज़र का क्षेत्र

T : समयावधि वर्षों में

$$PNP = exp^{-N} \qquad (2)$$

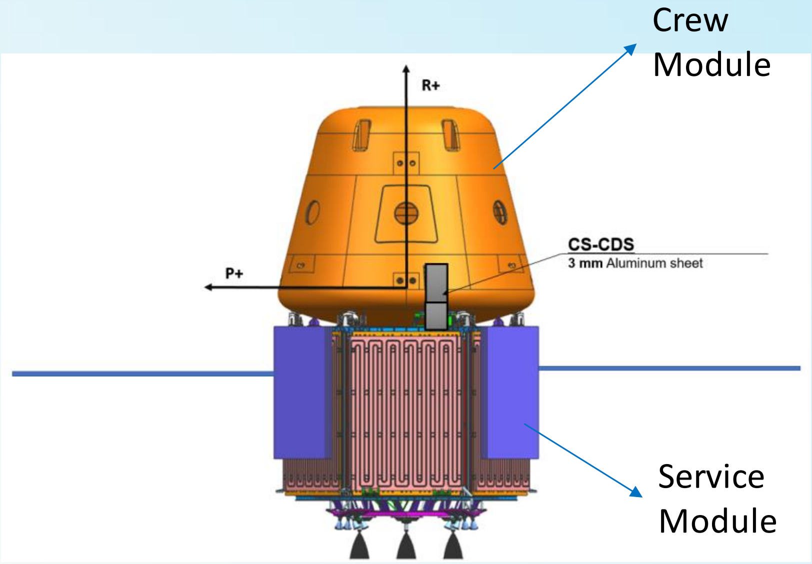
प्रवेश का जोखिम इकाइयों में दिया गया है: एक्स में **1**, जिसका अर्थ है, एक्स मलबे वाली वस्तुओं से हिट में से, एक वस्तु से प्रवेश का जोखिम होता है।

$$Risk = 1 - PNP \; (3)$$

2.2 अंतरिक्ष यान ज्योमेट्री मॉडल

अंतरिक्ष यान **ज्योमेट्री** मॉडल में विभिन्न **मटेरियल** से बनी विभिन्न बाहरी सतह परतें होती हैं। अंतरिक्ष यान के प्रत्येक खंड के अपने **मैटेरियल प्रॉपर्टी**, मोटाई, **बनावट कॉन्फिगरेशन** और **असफलता क्राइटेरिया** हैं। गगनयान के ऑर्बिटल मॉड्यूल (Orbital module) में क्रू मॉड्यूल (Crew module) और सर्विस मॉड्यूल (Service module) शामिल हैं जैसा कि चित्र 7 में दिखाया गया है। कक्षा से डी-बूस्ट के बाद और वायुमंडल में फिर से प्रवेश करने से पहले, क्रू मॉड्यूल और सर्विस मॉड्यूल अलग हो जाते हैं। क्रू मॉड्यूल में एक आंतरिक आवरण और बाहरी आवरण होता है। आंतरिक आवरण एक प्रेशराइज़्ड कम्पार्टमेंट है और पूरे मिशन के दौरान चालक दल को पृथ्वी जैसा वातावरण प्रदान करता है। बाहरी आवरण को मिशन के पुनः प्रवेश चरण के दौरान एरोडाइनैमिक लोड और एयरो

थर्मल हीटिंग लेने के लिए डिज़ाइन किया गया है, जिसे विभिन्न क्षेत्रों में विभाजित किया गया है और प्रत्येक विभाजित क्षेत्र के लिए पीएनपी (PNP) की गणना की जाती है।



चित्र 7: गगनयान कक्षीय मॉड्यूल

2.3 असफलता क्राइटेरिया

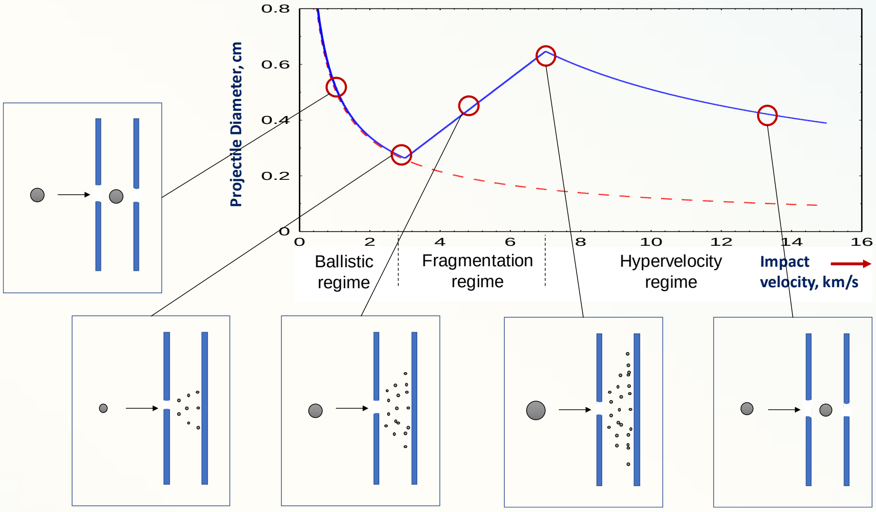
क्राइटेरिया जो उस सीमा को परिभाषित करता है जिसके ऊपर एमएमओडी टकराव को विफलता माना जाता है, मलबे सुरक्षा ढाल को डिजाइन करने में महत्वपूर्ण महत्व रखता है। एक अंतरिक्ष यान में विभिन्न हार्डवेयर होते हैं जो एमएमओडी टकराव के प्रति संवेदनशील होते हैं। हार्डवेयर के दो व्यापक वर्ग हैं**: (क)** कार्यात्मक हार्डवेयर और **(ख)** महत्वपूर्ण हार्डवेयर । थर्मल, पावर और डेटा सबसिस्टम के डिजाइन में पर्याप्त अतिरेक मौजूद होगा ताकि किसी भी टकराव से मिशन या **अंतरिक्ष यात्री** का नुकसान न हो। इन **सिस्टम** के **कम्पोनन्ट** को कार्यात्मक हार्डवेयर के रूप में परिभाषित किया गया है। विफलता दर को कम करने के संभावित साधनों को निर्धारित करने के लिए कार्यात्मक उपकरणों के लिए जोखिम मूल्यांकन आयोजित किया **जाता** है। दूसरी ओर, क्रू मॉड्यूल पर मौजूद मॉड्यूल और प्रेशराइज़्ड **वेसल** को महत्वपूर्ण उपकरण के रूप में परिभाषित किया गया है। इन तत्वों के दबाव और/या संरचनात्मक अखंडता का नुकसान **अंतरिक्ष यात्री** को खतरे में डाल सकता है। इस ज्ञान के आधार पर, **ज्योमेट्री** मॉडल के प्रत्येक क्षेत्र के लिए एक **असफलता** क्राइटेरिया परिभाषित किया गया है।

2.4 बैलिस्टिक सीमा इक्वेशन (BLE)

बैलिस्टिक सीमा को न्यूनतम वेग (velocity) के रूप में परिभाषित किया जा सकता है जिस पर एक प्रक्षेप्य से घटना के एक निर्दिष्ट कोण पर दी गई मोटाई और भौतिक गुणों की ढाल को लगातार और पूरी तरह से भेदने की उम्मीद की जाती है। बैलिस्टिक सीमा **इक्वेशन (बीएलई)** एक सेमी - एम्पिरिकल कॉरलैशन है जो कई हाइपरवेलोसिटी टकराव परीक्षणों और हाइड्रोकोड विश्लेषणों के माध्यम से उत्पन्न होता है। प्रक्षेप्य वेग, घनत्व, आकार और

टकराव कोण जैसी टकराव स्थितियों के लिए एमएमओडी शील्ड के सुरक्षा प्रदर्शन को मापने के लिए बीएलई का उपयोग बेंचमार्क के रूप में किया जाता है। चित्र 8 एल्युमीनियम प्रक्षेप्य द्वारा प्रभावित एल्युमीनियम व्हिपल शील्ड (Whipple shield) के लिए एक विशिष्ट बैलिस्टिक सीमा वक्र को दर्शाता है**,** और इसकी तुलना समान द्रव्यमान वाले एल्युमीनियम मोनोलिथिक (Monolithic) शील्ड के लिए बैलिस्टिक सीमा वक्र से की जाती है। एक विशिष्ट बैलिस्टिक सीमा वक्र में तीन क्षेत्र होते हैं**:** (**क**) बैलिस्टिक (Ballistic) **क्षेत्र**, (ख) टूटना**/**विखंडन (fragmentation) **क्षेत्र,** (ग) पिघल**/**वाष्पीकरण (Melt) **क्षेत्र** । व्हिपल शील्ड के प्रदर्शन को नियंत्रित करने वाला एक प्रमुख कारक बम्पर से पीछे की दीवार की ओर प्रक्षेपित **डेब्रिस क्लाउड** की "स्थिति" है। प्रारंभिक टकराव **प्रेशर** के आधार पर मलबे के **डब्री** में ठोस, तरल, या वाष्पीकृत प्रक्षेप्य और बम्पर **मटेरियल**, या तीन राज्यों का संयोजन हो सकता है। **डेब्रिस क्लाउड** में ठोस टुकड़े आमतौर पर तरल या वाष्प कणों की तुलना में पीछे की दीवार से संपर्क करने पर अधिक भेदनशील होते हैं। टकराव **पर प्रक्षेप्य और बम्पर में उत्पन्न** प्रेशर **और** मटिरीअल **की परिणामी स्थिति प्रक्षेप्य वेग**, **प्रभाव तिरछापन कोण**, **प्रक्षेप्य और ढाल की मोटाई पर निर्भर करती है। पिछली दीवार में ब्लास्ट लोडिंग** शील्ड स्टैन्ड ऑफ **पर निर्भर करती है ।**

बैलिस्टिक **क्षेत्र** में**,** कम टकराव वेग **(**3 किलोमीटर प्रति सेकंड से नीचे**)** पर, व्हिपल शील्ड का प्रदर्शन कम प्रभावी होता है क्योंकि टकराव शॉक **प्रेशर** कम होता है और बम्पर टकराव के बाद प्रक्षेप्य अनिवार्य रूप से बरकरार रहता है। विखंडन **क्षेत्र** में**,** 3 किलोमीटर प्रति सेकंड से 7 किलोमीटर प्रति सेकंड की वेग सीमा पर**,** बम्पर पर प्रभाव पड़ने पर प्रक्षेप्य **के** काफी हद तक टुकड़े हो जाते हैं और पिघलना शुरू हो जाते हैं। जैसे-जैसे प्रक्षेप्य के टुकड़े अधिक से अधिक होते जाते हैं**,** पीछे की दीवार को होने वाली क्षति कम हो जाती है। हाइपरवेलोसिटी **क्षेत्र** में, 7 किलोमीटर प्रति सेकंड से अधिक वेग पर, पीछे की दीवार पर प्रभाव डालने वाले **डेब्रिस क्लाउड** में टकराव की स्थिति (बम्पर मोटाई**,** घनत्व**,** प्रक्षेप्य व्यास, आकार, प्रभाव तिरछापन, आदि) के आधार पर प्रक्षेप्य और बम्पर के ठोस**,** तरल और वाष्प घटकों के विभिन्न अंश शामिल **होते है** ।



चित्र 8: व्हिपल शील्ड और एल्युमीनियम मोनोलिथिक के लिए बैलिस्टिक सीमा वक्र की तुलना

2.5 **अतिवेगता टकराव परीक्षण**

अंतरिक्ष यान परिरक्षण के डिजाइन को अंतिम रूप देने में हाइपरवेलोसिटी टकराव **(**एचवीआई**)** परीक्षण महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। एचवीआई परीक्षण डेटा का उपयोग बीएलई को मान्य करने के लिए किया जाता है। प्रत्येक परीक्षण डेटा का उपयोग बैलिस्टिक सीमा **इक्वेशन** को **बेहतर करने** के लिए किया जा सकता है। ऐसे हाइपरवेलोसिटी टकराव परीक्षण एक समर्पित एचवीआई परीक्षण सुविधा में किए जाते हैं।

अधिकांश आधुनिक राइफलें 2 किलोमीटर प्रति सेकंड से कम वेग तक सीमित हैं। एचवीआई सुविधा में दो चरण वाला लाइट गैस गन लॉन्चर शामिल है (जैसा कि चित्र 9 में दिखाया गया है) जो 9 किलोमीटर प्रति सेकंड से अधिक वेग पर प्रक्षेप्य को तेज करने के लिए अत्यधिक संपीड़ित (compressed) हाइड्रोजन या हीलियम का उपयोग करता है।

चित्र 9: WSTF .50 कैलिबर दो-चरण लाइट-गैस गन [7]

2.6 **हाइड्रोकोड विश्लेषण**

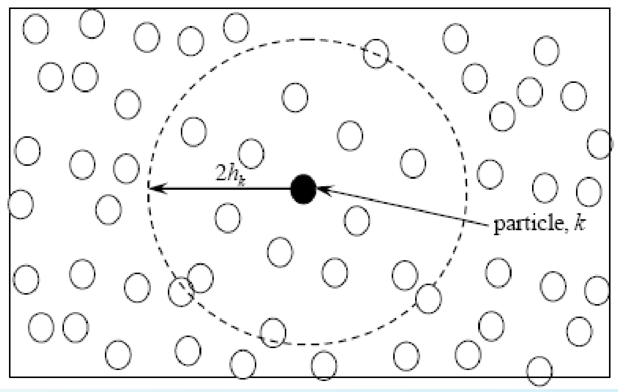
हाइपरवेलोसिटी इम्पैक्ट परीक्षणों के दौरान**,** प्रक्षेप्य और लक्ष्य का स्थानीय दबाव और तापमान क्रमशः सामग्री की ताकत और पिघलने के तापमान से अधिक हो जाता है। इसलिए**,** सामग्री हाइड्रोडायनामिक तरल पदार्थ (hydraulic) की तरह व्यवहार करती है। इसीलिए**,** हाइपरवेलोसिटी प्रभावों के कम्प्यूटेशनल सिमुलेशन को हाइड्रोकोड कहा जाता है। बैलिस्टिक सीमा **इक्वेशन** उत्पन्न करने के लिए**,** कक्षा पर **टकराव** की वेग सीमा में**,** यानी 1 किलोमीटर प्रति सेकंड से 15 किलोमीटर प्रति सेकंड तक, विभिन्न हाइपरवेलोसिटी **टकराव** परीक्षणों की आवश्यकता होती है। चूंकि 7 किलोमीटर प्रति सेकंड से ऊपर की गति वर्तमान हाइपरवेलोसिटी **टकराव** परीक्षण सुविधाओं की क्षमताओं से परे है**,** बैलिस्टिक सीमा **इक्वेशन** हाइड्रोकोड और विश्लेषणात्मक समाधानों के माध्यम से उत्पन्न होते हैं। चूंकि विश्लेषणात्मक मॉडल (analytical model) के माध्यम से केवल सरल ज्योमेट्री और बाउन्ड्री कन्डिशन्ज़ ही संभव हैं**,** एमएमओडी इंजीनियरों को हाइड्रोकोड का सहारा लेना चाहिए।

लेकिन हाइड्रोकोड ब्लैक बॉक्स प्रदान नहीं करते हैं जहां निर्देश दिए जाते हैं और सिमुलेशन और स्पष्टीकरण की अपेक्षा की जाती है। यहां, प्रभावी ढंग से और सटीक रूप से अनुकरण करने के लिए अंतर्निहित भौतिकी, संबंधित गणित और नूमेरिकल तरीकों के बारे में अच्छी समझ की आवश्यकता होती है। **टकराने** वाली **मटेरियल** के लिए गवर्निंग इक्वेशन निर्दिष्ट करना सटीक मॉडल के निर्माण के लिए उपयोगकर्ता की जिम्मेदारी का एक ऐसा उदाहरण है।

गवर्निंग इक्वेशन को नूमेरिक्ली (numerically) हल करने के लिए, समस्या डोमेन की शामिल ज्यामिति को अलग-अलग डोमेन में विभाजित करने की आवश्यकता है। विभिन्न नूमेरिकल तरीकों के लिए डोमेन विवेकीकरण (discretisation) तकनीकें भिन्न हो सकती हैं। डोमेन विवेकीकरण आमतौर पर डोमेन की एक सीमित संख्या के साथ एक सातत्य समस्या डोमेन का प्रतिनिधित्व करने को संदर्भित करता है, जो संख्यात्मक सन्निकटन के लिए कम्प्यूटेशनल फ्रेम बनाते हैं। कम्प्यूटेशनल फ्रेम परंपरागत रूप से जाल या ग्रिड का एक सेट होता है, जिसमें समस्या डोमेन की ज्यामिति का अनुमान लगाने के लिए बिंदुओं या ग्रिड नोड्स की एक जाली होती है। ग्रिड नोड्स वे स्थान हैं जहां फ़ील्ड चर का मूल्यांकन किया जाता है, और उनके संबंधों को अंतर्निहित नोडल कनेक्टिविटी द्वारा परिभाषित किया जाता है। कनेक्टिविटी के बाद ग्रिड नोड्स एक जाल बनाने के लिए जुड़े हुए हैं। नूमेरिकल सन्निकटन (approximation) की सटीकता **मेश** सेल आकार और मेश पैटर्न से संबंधित है।

लैग्रेंजियन परिमित तत्व विधि ठोस यांत्रिकी के मामले में उपयोग की जाने वाली सबसे लोकप्रिय मेशिंग तकनीक है, लेकिन मेश विरूपण और मेश उलझाव के कारण हाइपरवेलोसिटी प्रभाव सिमुलेशन के मामले में परिणाम विचलित हो जाते हैं। ग्रिड-रहित स्मूथ पार्टिकल हाइड्रोडायनामिक्स (एसपीएच) मेशिंग तकनीक का उपयोग करके इन कमियों को दूर किया जाता है। एसपीएच का प्रमुख नुकसान यह है कि यह कम्प्यूटेशनल मांग वाला है।

एसपीएच फॉर्मूलेशन में द्रव को गतिमान कणों के एक समूह के रूप में दर्शाया जाता है, प्रत्येक एक प्रक्षेप बिंदु का प्रतिनिधित्व करता है, जहां सभी द्रव गुण ज्ञात होते हैं। किसी भी बिंदु पर फ़ील्ड चर का अनुमान एक इंटरपोलेशन सूत्र द्वारा अनुमति दी जाती है, जिसे कर्नेल फ़ंक्शन कहा जाता है। कार्यप्रणाली की परिभाषा में पड़ोसी खोज प्रक्रिया द्वारा एक बहुत ही महत्वपूर्ण भूमिका निभाई जाती है, यानी चरण-दर-चरण मूल्यांकन कि कौन सा कण दूसरों के साथ बातचीत करेगा। प्रत्येक कण का यह प्रभाव **2h** की त्रिज्या के एक गोले के अंदर स्थापित होता है, जिसे सपोर्ट डोमेन Ω_h कहा जाता है, जहां **h** स्मूथिंग लंबाई है, जैसा कि चित्र **10** में दिखाया गया है। प्रत्येक कण की स्मूथिंग लंबाई समय के साथ बदलती रहती है। जब कण अलग होते हैं तो स्मूथिंग की लंबाई बढ़ जाती है, जबकि जब वे एक-दूसरे के करीब आते हैं, तो स्मूथिंग की लंबाई तदनुसार कम हो जाती है। सातत्य चर के सन्निकटन को मान्य करने के लिए पड़ोस में पर्याप्त कण रखना आवश्यक है।



चित्र 10: एसपीएच पद्धति में प्रभाव क्षेत्र [10]

प्रारंभिक स्मूथिंग लंबाई 'हो' की गणना पड़ोसी कणों के बीच अधिकतम दूरी लेकर की जाती है। 'h' समय के साथ इस प्रकार बदलता रहता है**:**

$$\frac{dh(t)}{dx} = h(t)\nabla v \qquad (4)$$

जहाँ**, v** वेग क्षेत्र फलन है।

सिमुलेशन के लिए समय चरण का उपयोग करके पाया जाता है**:**

$$\partial_t = C_{CFL} min_i \left(\frac{h_i}{c_i + |v_i|}\right) \qquad (5)$$

जहां**, CCFL** एक संख्यात्मक स्थिरांक है और **c** सामग्री में ध्वनि की गति है।

3. निष्कर्ष:

सूचीबद्ध मलबे **(≥10** सेंटीमीटर**)** के मामले में**,** टकराव से बचने के लिए युक्तिचालन आयोजित किए जाते हैं**,** जबकि गैर-सूचीबद्ध मलबे **(<10** सेंटीमीटर**)** से खतरे को कम करने के लिए**,** निष्क्रिय एमएमओडी शील्ड को लागू किया जाना है। सूचीबद्ध मलबे को जमीन-आधारित अवलोकनों का उपयोग करके ट्रैक किया जाता है**,** और गैर-सूचीबद्ध मलबे का अनुमान इन-सीटू प्रभाव का पता लगाने और लौटी वस्तुओं पर टिप्पणियों के आधार पर सांख्यिकीय तरीकों का उपयोग करके किया जाता है। यह रिपोर्ट एमएमओडी शील्ड डिजाइन प्रक्रिया का विवरण प्रदान करता है**,** जिसमें बिना प्रवेश अनुमान की संभावना**,** बैलिस्टिक सीमा इक्केशन और हाइपरवेलोसिटी टकराव परीक्षण और हाइड्रोकोड सिमुलेशन का उपयोग करके उनका मान्यकरण शामिल है। मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन के लिए प्रस्तावित विभिन्न मलबे शील्ड अवधारणाओं और मलबे शील्ड का विवरण दिया गया है।

सन्दर्भ:

[1] Meteoroid Environment Model – 1969 [Near Earth to Lunar Surface], NASA SP-8013, March 1969

[2] Donald J. Kessler, "Sources of Orbital Debris and the Projected Environment for Future Spacecraft", AIAA 80-0855R, Vol. 18, No. 4, July-August 1981

[3] [Online]. Available: https://esa.int

[4] Astromaterials Research and Exploration Science, Johnson Space Centre (JSC), NASA. [Online]. Available: https://ares.jsc.nasa.gov/orbital_debris

[5] [Online]. Available: https://nasa

[6] G. Drolshagen, W. C. Carey, J. A. M. McDonnell, T. J. Stevenson, J. C. Mandeville and L. Berthoud, "HST Solar Array Impact Survey: Revised Damage Laws and Residue Analysis", Advances in Space Research, Vol. 19, No. 2, p. 239-251, 1997

[7] Handbook for Designing MMOD Protection, Version: A, NASA Johnson Space Centre, JSC- 64399, January 28, 2009.

[8] Shannon Ryan, "Hypervelocity Impact Induced Disturbances on Composite Sandwich Panel Spacecraft Structures", Ph.D. Thesis, School of Aerospace, Mechanical and Manufacturing Engineering Science, Engineering and Technology Portfolio RMIT University, July 2007

[9] Gerhard Drolshagen, "Hypervelocity Impact Effects on Spacecraft", Proceedings of the Meteoroids 2001 Conference, Swedish Institute of Space Physics, Kiruna, Sweden, ESA SP-495, November 2001

[10] LS-DYNA keyword user's manual Volume II Material models LS-DYNA R11 10/12/18 (r:10572) Livermore Software Technology Corporation (LSTC)

[11] Younghoon Kim , Jeonghoon Yoo, and Minhyung Lee, "Optimal design of spaced plates under hypervelocity impact", Journal of Mechanical Science and Technology 26 (5) (2012) 1567~1575

[12] Michael A. Tsao, Hau T. Ngo, Robert D. Corsaro, and Christopher R. Anderson, "An In Situ Measurement System for Characterizing Orbital Debris", IEEE Transactions on instrumentation and measurement, vol. 65, no. 12, December, 2016

लेखक परिचय :

श्री अर्पित दहिया ने 2020 में भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एंव प्रौद्योगिकी संस्थान, तिरुवनंतपुरम से वांतरिक्ष अभियांत्रिकी में अपनी बी.टेक. की पढाई पूरी की। इन्हेंने वर्ष 2021 में वैज्ञानिक/अभियंता-एस. सी. के रूप में समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र में कार्यभार ग्रहण किया। श्री दहिया वर्तमान में एम.एम.ओ.डी. मलबा कवच डिजाइनिंग तथा मानव कारक अभियांत्रिकी के क्षेत्र में कार्यरत हैं।

श्री चिरंजीवी फणींद्र बी. समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र(एच.एस.एफ.सी) में उप परियोजना निदेशक, गगनयान और प्रधान, जैवयांत्रिक एवं मानवमिति हैं। इन्होंने आँध्र विश्वविद्यालय में यांत्रिक अभियांत्रिकी में अपनी बी.टेक., आई.आई.टी. कानपुर से एम.टेक. तथा आई.आई.टी. मद्रास से यांत्रिक अभियांत्रिकी में पीएच.डी. किया है।

श्री के. कुमार, वैज्ञानिक/अभियंता-जी. ने वांतरिक्ष अभियांत्रिकी में स्नातकोत्तर की उपाधि प्राप्त की है। इन्होंने इसरो में 1990 में प्रवेश पाया। श्री कुमार वर्तमान में समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र, बेंगलूरु में मानव कारक अभियांत्रिकी एवं मिशन इकाई में उप निदेशक का पद पर आसीन हैं। इस इकाई में, समानव अंतरिक्ष उड़ान हेतु मिशन एवं शारीरिक मानकों का विकास कार्य किया जाता है।

25. विभिन्न अंतरिक्ष संस्थाओं द्वारा कर्मीदल प्रशिक्षण अनुकारक पर साहित्य सर्वेक्षण

(Literature Survey on Crew Training Simulator by Various Space Agencies)

कश्यप यशपाल, नितिन सचान

एच.एस.एफ.सी., बेंगलूरु

परिचय : कर्मीदल प्रशिक्षण अनुकारक (सिम्युलेटर) एक उपकरण या प्रणाली है अंतरिक्षयान या विमान की स्तिथियाँ, अंतरिक्षयात्रियों, पायलट और अन्य कर्मीदल के सदस्यों को एक सुरक्षित और नियंत्रित सेटिंग मैं विभिन्न परिद्दश्यों और उद्देश्यों के लिए अभ्यास और प्रशिक्षण की अनुमति देता है | आकस्मिकताओं सहित सभी संभावित स्थितियों के लिए कर्मीदल को तैयार करने के लिए अंतरिक्षयात्री प्रशिक्षण दिया जाना आवश्यक हैऔर उन्हें मिशन की सभी परिस्थितियों का प्रबंधन करने के लिए तैयार किया जाना चाहिए। इन अनुकारकों (सिमुलेशन) का उपयोग कई तरह के कार्यों और परिद्दश्यों के प्रशिक्षण के लिए किया जा सकता है, जैसे कि अंतरिक्ष में चलना (स्पेसवॉक्स), रोबोटिक हथियारों का संचालन और अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन (आई.एस.एस.) [या] अन्य अंतरिक्षयान के माध्यम से नौवहन करना।

लेख का उद्देश्य:

इस लेख का उद्देश्य तकनीकी पृष्ठभूमि वाले लोगों को अंतरिक्ष अनुकारक के बारे में संक्षिप्त लेकिन महत्वपूर्ण परिचय देना है। इस लेख का मुख्य लक्ष्य अंतरिक्ष अनुकारक से तकनीकी लोगों को परिचित कराना है जो इस तरह की प्रणालियों के साथ काम करने में रुचि रखते हैं।

क्या है अंतरिक्ष अनुकारक:

अंतरिक्ष अनुकारक (space simulator) एक प्रणाली है जिसका उद्देश्य है बाह्य अंतरिक्ष में अनुभव को यथासंभव निकटता से दोहराना या अनुकरण करना। इस तरह का अनुभव आमतौर पर अंतरिक्ष नौवहन में केंद्रित होता है जैसा कि कर्मीदल द्वारा देखा जाता है, विशेष रूप से कॉकपिट से जहां अंतरिक्षयान के अंदर मुख्य नियंत्रण होता है। अन्य प्रकार के अंतरिक्ष अनुकारकों का उद्देश्य है बाह्य अंतरिक्ष वातावरण का अनुकरण करना, अंतरिक्षयात्रियों को वजनहीनता का अनुकरण करने हेतु बड़े और गहरे पानी के तालाबों से बड़े निर्वात कक्ष तक प्रशिक्षित करना, जिसका उद्देश्य संभावित अंतरिक्ष पर्यावरण के रूप में बहुत बारीकी से अनुकरण करना है।

कर्मी दल प्रशिक्षण अनुकारक के उद्देश्य:

कर्मी दाल को विभिन्न परिस्थितियों के लिए तैयार करना:

- सूक्ष्म-गुरुत्व वातावरण
- मिशन के विभिन्न चरणों के दौरान कर्मीदल मॉड्यूल के आंतरिक और बाह्य वातावरण की जानकारी।

- एल.एस.एस., प्रणोदन और थर्मल नियंत्रण तंत्र सहित कर्मी दल मॉड्यूल की इंजीनियरिंग प्रणालियों से परिचित होना।
- विभिन्न मिशन चरणों के दौरान कर्मीदल गुरुत्वाकर्षण - भार का परिचय।
- प्रक्रिया प्रशिक्षण
- सूक्ष्म-गुरुत्वाकर्षण वैज्ञानिक प्रयोग करते हैं।

विभिन्न मिशन के लिए अंतरिक्ष संस्थाओं द्वारा उपयोग किए गए सिमुलेटर:

1. अपोलो मिशन

अपोलो कार्यक्रम, जिसे प्रोजेक्ट अपोलो के नाम से भी जाना जाता है, राष्ट्रीय एयरोनॉटिक्स और अंतरिक्ष प्रशासन (नासा) द्वारा संचालित तीसरा संयुक्त राज्य अमेरिका मानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम था, जो 1968 से 1972 तक चंद्रमा पर पहले मानव को तैयार करने और उतरने में सफल रहा।

अपोलो ने कई प्रमुख समानव अंतरिक्ष उड़ान के मील के पत्थर स्थापित किए। यह पृथ्वी की निचली कक्षा से परे कर्मीदल मिशन भेजने वाला अकेला है। अपोलो-8 एक अन्य खगोलीय पिंड की परिक्रमा करने वाला पहला कर्मीदल का अंतरिक्ष यान था, और अपोलो-11 मानवों को अंतरिक्ष में उतारने वाला पहला अंतरिक्षयान था।

कुल मिलाकर अपोलो कार्यक्रम 842 पाउंड (382 किलो) चंद्र चट्टानों और मिट्टी को पृथ्वी पर वापस लाया, जो चंद्रमा की रचना और भूवैज्ञानिक इतिहास को समझने में बहुत योगदान देती हैं।

विभिन्न प्रकार के कर्मीदल प्रशिक्षण अनुकार उपलब्ध हैं, प्रत्येक अंतरिक्ष उड़ान या विमान प्रचालन के विभिन्न पहलुओं को अनुकरण करने के लिए बनाया गया है। कुछ उदाहरणों में निम्न शामिल हैं:

- पूर्ण गति अनुकारक : ये अनुकारक गति प्रणाली का उपयोग करते हैं ताकि उड़ान के दौरान अनुभव किए जाने वाले बलों और गतिविधियों का अनुकरण किया जा सके।
- आंशिक-कार्य अनुकारक (पार्ट-टस्क सिम्युलेटर): ये अनुकारक विशिष्ट कार्यों या प्रक्रियाओं पर ध्यान केंद्रित करते हैं, जैसे कि एक विशेष उपकरण का संचालन करना या एक विशिष्ट कार्य करना।
- प्रणाली प्रशिक्षक : ये अनुकारक अंतरिक्षयान या विमान जैसे नौवहन, संचार और बिजली प्रणाली की समग्र प्रणाली और संचालन पर प्रशिक्षण प्रदान करते हैं।

चित्र 1 पूर्ण गति अनुकार

2. स्टारलाइनर मिशन

स्टारलाइनर को कम पृथ्वी कक्षा में मिशन के लिए सात यात्रियों, या चालक दल और कार्गो के मिश्रण को समायोजित करने के लिए बनाया गया था। नासा के अंतरराष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन के सेवा मिशनों के लिए, यह नासा द्वारा प्रायोजित चार क्रू सदस्यों और समय-महत्वपूर्ण वैज्ञानिक अनुसंधान को पूरा करेगा|

इसमें विभिन्न प्रकार के अनुकारक भी शामिल हैं:

- बोइंग स्टारलाइनर प्रशिक्षण अनुकारक: यह शुरू से लेकर अंत तक का मिशन अनुकारक है। अनुकारक का आकार स्टारलाइनर के उड़ान डेक के समान ही होता है (इसका आंतरिक बिल्कुल स्टारलाइनर के समान है)|
- कर्मीदल के कार्य से संबंधित प्रशिक्षक (क्रू पार्ट टास्क ट्रेनर): अंतरिक्षयात्रियों को अधिकांशत:, कक्षा शैली के वातावरण में एक स्टारलाइनर मिशन के व्यक्तिगत तत्वों का अभ्यास कराने के लिए बनाया गया है | अंतरिक्षयात्री प्रशिक्षक के साथ एस.ओ.पी. का अभ्यास करते हैं। शिक्षक छात्र के पीछे बैठता है और वे बिना वॉइस लूप और हेडसेट के सामान्य बातचीत कर सकते हैं।

चित्र 2 क्रू पार्ट टास्क ट्रेनर

- बोइंग मिशन ट्रेनर (मॉक अप ट्रेनर):
  यह अभ्यास विभिन्न स्थितियों (पैड एंट्री या आपातकालीन ई.ओ.जी.) में अंतरिक्षयान के अंदर और बाहर जाने के साथ-साथ वाहन के अंदर कुशलतापूर्वक आगे बढ़ने के तरीके सीखना है। प्रमोचन पैड (लॉन्च पैड) पर उड़ान कर्मी की आपातकालीन वापसी (रिकवरी) का भी अभ्यास कराया गया है।

3. सोयूज़ कैप्सूल अनुकारक

सोयूज़ कार्यक्रम चल रहा एक समानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम है जो 1960 के दशक की शुरुआत में सोवियत संघ द्वारा शुरू किया गया था, मूल रूप से चंद्रमा पर एक सोवियत अंतरिक्षयान रखने के उद्देश्य से यह एक चंद्र अवतरण परियोजना का हिस्सा था। वोस्तोक और वोसखॉड कार्यक्रमों के बाद यह तीसरा सोवियत समानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम है।

इस अनुकारक में आंशिक पर्यावरण अनुकरण (सिमुलेशन) और सीमित मात्रा में आवाजाही के साथ सीटें शामिल हैं|

4. **अरतिमिस चंद्र लैंडर अनुकारक**

आर्टेमिस कार्यक्रम एक रोबोटिक और मानव चंद्रमा अन्वेषण कार्यक्रम है जिसका नेतृत्व संयुक्त राज्य अमेरिका के राष्ट्रीय एरोनॉटिक्स और अंतरिक्ष प्रशासन (नासा) के नेतृत्व में चार साझेदार एजेंसियाँ - यूरोपीय अंतरिक्ष एजेंसी (ईएसए), जापान एयरोस्पेस एक्सप्लोरेशन एजेंसी (जेएएक्सए) और कनाडा अंतरिक्ष एजेंसी (सीएसए) के साथ मिलकर करते हैं।

आर्टेमिस कार्यक्रम का उद्देश्य 1972 में अपोलो-17 मिशन के बाद पहली बार चंद्रमा पर मानव उपस्थिति स्थापित करना था|

चित्र 3 डी.एल.आर. रोबोटिक मोशन अनुकारक

डी.एल.आर. रोबोटिक मोशन अनुकारक एक औद्योगिक रोबोट आर्म पर आधारित है, जिसमें एक उड़ान डेक कैप्सूल लगा हुआ है, जो एक आभासी उड़ान डेक खिड़की के साथ लगा हुआ है।

5. **अंतरिक्ष शटल मिशन**

स्पेस शटल कार्यक्रम यू.एस. नेशनल एरोनॉटिक्स एंड स्पेस एडमिनिस्ट्रेशन (NASA) द्वारा चलाया गया चौथा मानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम था। जिसे 1981 से 2011 तक अंतरिक्ष शटल कार्यक्रम के हिस्से के रूप में अमेरिकी राष्ट्रीय एरोनॉटिक्स और अंतरिक्ष प्रशासन (नासा) द्वारा संचालित किया जाता था। इसके आधिकारिक कार्यक्रम का नाम अंतरिक्ष परिवहन प्रणाली (एस.टी.एस.) था, जिसे 1969 की योजना से पुनः प्रयोज्य अंतरिक्षयान की प्रणाली के लिए लिया गया, जहां यह विकास के लिए वित्त पोषित एकमात्र वस्तु थी।शटल मोशन अनुकारक (एसएमएस) में 6 डी.ओ.एफ. हाइड्रोलिक-संचालित गतिमान (मूविंग) प्लेटफ़ॉर्म सिस्टम पर होता है जिसमें गति 'क्यूइंग'(इशारे) के लिए अतिरिक्त विस्तारित पिच धुरी होती है। इस मूविंग प्लेटफॉर्म पर एक कक्ष है जिसमें बाहरी दृश्य का अनुकरण (सिमुलेशन) करने के लिए खिड़कियों के बजाय कम्प्यूटर स्क्रीन हैं, जो स्पेस शटल के उड़ान डेक (कॉकपिट) के अगले हिस्से मे से जो दृश्य दिखता है वो उसे कम्प्यूटर स्क्रीन मै दिखाता है |

6. **गगनयान मिशन**

गगनयान में लगभग 400 किमी की कक्षा में 3 कर्मीदल 3 दिवसीय अभियान के माध्यम से समानव अंतरिक्ष उड़ान क्षमता के प्रदर्शन की परिकल्पना की गई है और मिशन के बाद इन्हें सुरक्षित रूप

से पुनर्प्राप्त किया जा सकता है। गगनयान मिशन पर सीमित संख्या में कर्मीदल और जटिल गतिविधियों के परिमाण को देखते हुए, प्रत्येक कर्मीदल का प्रदर्शन समान रूप से महत्वपूर्ण हो जाता है। कर्मीदल को विभिन्न चरणों के लिए प्रशिक्षित किया जाएगा जो कि इस प्रकार है :1) आरोहण चरण (अस्सेंट फेस) (2) कक्षीय चरण (ओरबिट फेस) (3) कक्षा से निकलने का चरण (देबूस्ट फेस)। कर्मीदल को आवश्यक स्तर की विशेषज्ञता के लिए प्रशिक्षित करने और उन्हें सामान्य के साथ-साथ असामान्य के परिदृश्यों में प्रभावी ढंग से प्रदर्शन करने हेतु तैयार करने के लिए, गगनयान के लिए विभिन्न प्रकार के कर्मीदल प्रशिक्षण अनुकारक (सीटीएस) का उपयोग करके व्यापक प्रशिक्षण की योजना बनाई गई है। भारत में मिशन विशिष्ट प्रशिक्षण के विकास के लिए तीन प्रकार के अनुकारक की पहचान की गई थी जैसा कि बाद के खंडों में वर्णित है। प्रशिक्षण के दौरान, कर्मीदल को उन उपकरणों से परिचित कराया जाएगा जिनसे वे पारस्परिक क्रिया करेंगे और साथ ही उन संचालनों से भी परिचित होंगे जिन्हें वास्तविक मिशन के दौरान किए जाने की आवश्यकता होती है। तदनुसार, कर्मीदल को निम्नलिखित तंत्र /उप तंत्र के संबंध में व्यापक प्रशिक्षण दिया जाता है।

कर्मी दल के प्रशिक्षण को 3 चरणों में विभाजित किया गया है

1. स्वतंत्र प्रशिक्षण अनुकारक (आई.टी.एस)
2. आभासी वास्तविकता (वी.आर) अनुकारक:
3. स्टेटिक मॉक-अप अनुकारक (एस.एम.एस.):
4. डाइनेमिक प्रशिक्षण अनुकारक(डी. टी.एस)

चित्र 4 आभासी वास्तविकता (वी.आर) अनुकारक

निष्कर्ष:

आधुनिक प्रौद्योगिकी प्रगति विभिन्न प्रकार के अनुकारक के माध्यम से मानव केंद्रित मिशन के प्रत्येक चरण को संपूर्ण रूप से दोहराना संभव बनाती है | कर्मीदल प्रशिक्षण कर्मी अपने आस-पास के घटकों के बारे में अवगत करने में मदद करता है और किसी भी कार्य को करने के लिए उन्हें किन प्रक्रियाओं का पालन करना होगा उसके लिए कई घंटों का प्रशिक्षण प्रदान किया जा सकता है | इस तरह के अनुकारक कर्मी दल के आत्मविश्वास के स्तर को बढ़ाने में मदद करते हैं एवं वे वास्तविक मिशन और आपातकालीन स्थितियों के लिए दल तैयार करते हैं ।

संदर्भ:

लेखक ने उक्त लेख इसरो की वेबसाइट तथा एच.एस.एफ.सी., इसरो एवं इंटरनेट पर उपलब्ध सामग्री और कर्मीदल प्रशिक्षण अनुकारक से संबंधित लेखों की सहायता से लिखा है। इस लेख को पूरा करने के लिए उपयोग किए गए चित्रों का संदर्भ नीचे दिया गया है।

चित्र 1: https://airandspace.si.edu/collection-objects/crew-compartment-apollo-command-module-simulator/nasm_A19751445000

चित्र 2: https://www.nasa.gov/feature/astronauts-train-like-you-fly-in-boeing-starliner-simulations

चित्र 3: https://www.eoportal.org/other-space-activities/artemislandersim-1#artemislandersim-artemis-lunar-lander-simulation

लेखक परिचय:-

श्री कश्यप यशपाल, वैज्ञा./अभि.-एस.सी. ने इलेक्ट्रॉनिकी तथा संचार में बी.टेक. की उपाधि प्राप्त की है। इन्होंने मार्च 2022 में एच.एस.एफ.सी. में प्रवेश पाया । वर्तमान में गगनयान परियोजना में कार्यरत हैं । पुस्तक पढ़ना और क्रिकेट इनके शौक हैं ।

श्री नितिन सचान, वैज्ञा./अभि.-एस.सी. ने संगणक विज्ञान और अभियांत्रिकी में बी.टेक. की उपाधि प्राप्त की है। इन्होंने मार्च 2021 में एच.एस.एफ.सी. में प्रवेश पाया । वर्तमान में गगनयान परियोजना में कार्यरत हैं।

26.समानव अंतरिक्ष उड़ान के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता : प्रगति, अनुप्रयोग और चुनौतियाँ

(Artificial Intelligence for Human Space Flight: progress, Application and Challenges)

श्वेता कृष्णन
वैज्ञानिक/अभियंता - एस.सी.
ए.एस.टी.आर.ई., एच.एस.एफ.सी.

सारांश:
कृत्रिम बुद्धिमत्ता (ए.आई.) एक परिवर्तनकारी तकनीक के रूप में उभरी है, जो अंतरिक्ष अन्वेषण के लिए सिस्टम में शामिल विभिन्न चरणों में बेहतर स्वचालन, निर्णय लेने और दक्षता को सक्षम बनाती है। यह शोध लेख मानव अंतरिक्ष उड़ान में ए.आई. की महत्वपूर्ण भूमिका की पड़ताल करता है, जिसमें कई ए.आई. तकनीकों की हालिया प्रगति, अनुप्रयोगों और चुनौतियों और मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन के विभिन्न पहलुओं के भीतर उनके एकीकरण पर प्रकाश डाला गया है। यह अनुसंधान की वर्तमान स्थिति पर भी चर्चा करता है, प्रमुख चुनौतियों की पहचान करता है, और अंतरिक्ष अन्वेषण में ए.आई.के लिए भविष्य की दिशाओं में अंतर्दृष्टि प्रदान करता है।

परिचय

अंतरिक्ष की विशालता और कठोरता निरंतर अंतरिक्ष अन्वेषण को प्राप्त करने में कई तकनीकी बाधाएँ प्रस्तुत करती है। इन बाधाओं में अत्यधिक तापमान, मानव शरीर विज्ञान पर माइक्रोग्रैविटी प्रभाव, विकिरण जोखिम और जीवन समर्थन प्रणालियों की आवश्यकता शामिल है। मानव अंतरिक्ष उड़ान में हमारी समझ की सीमाओं को आगे बढ़ाना शामिल है, जिसके लिए प्रौद्योगिकी, ज्ञान और नवाचार में निरंतर प्रगति की आवश्यकता होती है। अंततः, अंतरिक्ष यात्रियों की सुरक्षा सुनिश्चित करते हुए अंतरिक्ष की जटिलताओं से निपटने के लिए सभी क्षेत्रों में विशेषज्ञता की आवश्यकता होती है।

मानव अंतरिक्ष उड़ान में ए.आई. का अत्यधिक महत्व है क्योंकि यह सुरक्षित और अधिक कुशल और सफल अंतरिक्ष अभियानों को सक्षम करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। इसकी तकनीकी कौशल और जटिल कार्यों को संभालने की क्षमता अंततः ब्रह्मांड के बारे में हमारी समझ का विस्तार करने और भविष्य की खोज का मार्ग प्रशस्त करने में योगदान करती है।

शेष लेख की रूपरेखा इस प्रकार है:

खंड-1: विशेष रूप से मानव अंतरिक्ष उड़ान के लिए ए.आई. के महत्व का एक अवलोकन। खंड-2: मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशनों में उपयोग की जाने वाली विभिन्न ए.आई. तकनीकों का अवलोकन।
खंड-3: मानव अंतरिक्ष उड़ान में ए.आई. के विशिष्ट संभावित अनुप्रयोगों की पड़ताल।
खंड-4: मानव अंतरिक्ष उड़ान में ए.आई. के कार्यान्वयन से जुड़ी चुनौतिया और सीमाएँ।
खंड-5: मानव अंतरिक्ष उड़ान में ए.आई. के लिए संभावित भविष्य की दिशाओं पर चर्चा, अनुसंधान और विकास।

खंड-6: निष्कर्ष ।

ए.आई. तकनीकों का प्रारंभिक वर्णन

मानव अंतरिक्ष उड़ान के लिए ए.आई. तकनीकों पर चर्चा करने से पहले, हम पहले विभिन्न ए.आई. तकनीकों और उनकी मुख्य विशेषताओं की एक संक्षिप्त पृष्ठभूमि प्रस्तुत करते हैं:

1. मशीन लर्निंग (एम.एल.): एम.एल., ए.आई. का एक उपसमूह है जो कंप्यूटर को डेटा से सीखने और प्रागुक्ती या निर्णय लेने में सक्षम बनाता है। इसमें डेटा एकत्र करना और पूर्व-प्रसंस्करण करना, उपयुक्त एमएल मॉडल का चयन करना या डिज़ाइन करना, अनुकूलन प्रक्रिया का उपयोग करके अपने मापदंडों को समायोजित करके मॉडल को प्रशिक्षित करना, अलग-अलग डेटा पर इसके प्रदर्शन का मूल्यांकन करना, भविष्यवाणियों के लिए इसे तैनात करना और सटीकता में सुधार करने के लिए पुनरावृत्त करना शामिल है। ऐसी तकनीकों के लिए उपयोग किए जाने वाले एल्गोरिदम डेटा में पैटर्न और संबंध सीखते हैं, कंप्यूटर को कार्यों को स्वचालित करने, अंतर्दृष्टि को उजागर करने और नए डेटा के आधार पर सूचित निर्णय लेने के लिए सशक्त बनाते हैं। ऐसी एमएल तकनीकों में पर्यवेक्षित शिक्षण, अनपर्यवेक्षित शिक्षण और सुदृढीकरण शिक्षण शामिल हैं।

2. कंप्यूटर विज़न: कंप्यूटर विज़न ए.आई. का एक क्षेत्र है जो कंप्यूटर को दृश्य जानकारी को समझने और व्याख्या करने में सक्षम बनाने पर केंद्रित है। इसमें एल्गोरिदम और तकनीकें शामिल हैं जो सार्थक अंतर्दृष्टि निकालने के लिए छवियों या वीडियो का विश्लेषण करती हैं। कंप्यूटर विज़न एल्गोरिदम छवि विभाजन, वस्तु पहचान, छवि वर्गीकरण और छवि पहचान जैसे कार्य करके दृश्य डेटा को संसाधित करता है। ये एल्गोरिदम वस्तुओं की पहचान करने, उनके स्थानिक संबंधों को समझने और प्रासंगिक जानकारी निकालने के लिए फीचर निष्कर्षण, पैटर्न पहचान, गहन शिक्षण और तंत्रिका नेटवर्क जैसी तकनीकों का लाभ उठाते हैं। मानव दृश्य धारणा की नकल करके, कंप्यूटर विज़न कंप्यूटर को दृश्य डेटा की व्याख्या करने, वस्तुओं को पहचानने और दृश्य जानकारी के आधार पर सूचित निर्णय लेने में सक्षम बनाता है।

3. प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण (एन.एल.पी.): एन.एल.पी. ए.आई. की एक शाखा है जो कंप्यूटर और मानव भाषा के बीच बातचीत पर केंद्रित है। एन.एल.पी. एल्गोरिदम कंप्यूटर को मानव भाषा को समझने, व्याख्या करने और उत्पन्न करने में सक्षम बनाता है। यह पाठ को सार्थक इकाइयों (टोकनीकरण) में तोड़कर, व्याकरणिक संरचना का विश्लेषण (पार्सिंग), अर्थ निकालना (अर्थ विश्लेषण), और मशीनी अनुवाद, भाषा मॉडलिंग, भावना विश्लेषण, प्रश्न उत्तर और पाठ निर्माण जैसे कार्यों को निष्पादित करके प्राप्त किया जाता है। एन.एल.पी. कंप्यूटरों को मानव भाषा को समझने और उस पर प्रतिक्रिया देने में सक्षम बनाता है जो वॉयस कमांड, वाक् पहचान और मनुष्यों के लिए प्राकृतिक भाषा इंटरफेस सहित विभिन्न अनुप्रयोगों के लिए उपयोगी और सार्थक है।

4. योजना और अनुकूलन: ए.आई. आधारित अनुकूलन तकनीक किसी समस्या के इष्टतम समाधान पर पुनरावृत्तीय खोज और अभिसरण के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता सिद्धांतों का उपयोग करके काम करती है।

इन तकनीकों में समस्या को परिभाषित करना, एक वस्तुनिष्ठ कार्य तैयार करना और किसी भी बाधा पर विचार करना शामिल है। आनुवंशिक एल्गोरिदम, अनुमानी खोज, बाधा प्रोग्रामिंग, कण झुंड अनुकूलन, या सिम्युलेटेड एनीलिंग जैसे ए.आई. एल्गोरिदम का लाभ उठाकर, ये तकनीकें जटिल, उच्च-आयामी खोज स्थानों को कुशलतापूर्वक नेविगेट करती हैं, जिससे विस्तृत श्रृंखला के लिए इष्टतम या निकट-इष्टतम समाधानों की खोज की अनुमति मिलती है।

5. स्वायत्त प्रणालियाँ: स्वायत्त प्रणालियाँ निरंतर मानवीय हस्तक्षेप के बिना स्वतंत्र या अर्ध-स्वतंत्र संचालन को सक्षम करने के लिए ए.आई. तकनीकों का लाभ उठाती हैं। ये सिस्टम अपने वातावरण को समझने और व्याख्या करने, सूचित निर्णय लेने और तदनुसार कार्यों को निष्पादित करने के लिए एल्गोरिदम और मॉडल का उपयोग करते हैं। नेविगेशन, वस्तु पहचान, निर्णय लेने और समस्या-समाधान जैसे कार्यों को संभालने के लिए मशीन लर्निंग, कंप्यूटर विज़न, प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण और योजना जैसी तकनीकों का उपयोग किया जाता है। अपने परिवेश को लगातार महसूस करने और उसका विश्लेषण करने से, ए.आई. आधारित स्वायत्त प्रणालियाँ वास्तविक समय में अनुकूलन और प्रतिक्रिया करती हैं। यह उन्हें गतिशील और जटिल वातावरण में प्रभावी ढंग से और स्वायत्त रूप से काम करने में सक्षम बनाता है, अंततः मानवीय हस्तक्षेप को कम करता है और दक्षता और सुरक्षा को बढ़ाता है।

6. विशेषज्ञ प्रणालियाँ: विशेषज्ञ प्रणालियाँ विशिष्ट डोमेन में मानव विशेषज्ञों की निर्णय लेने और समस्या-समाधान क्षमताओं को दोहराने के लिए ए.आई. तकनीकों को जोड़ती हैं। इन प्रणालियों में एक ज्ञान आधार होता है जो विशेषज्ञ ज्ञान को संग्रहीत करता है और अनुमान नियमों का एक सेट होता है जो तर्क और निर्णय लेने का मार्गदर्शन करता है। नियम-आधारित तर्क, पैटर्न पहचान और ज्ञान प्रतिनिधित्व जैसी तकनीकों को नियोजित करके, विशेषज्ञ सिस्टम इनपुट डेटा का विश्लेषण करते हैं, इसे ज्ञान के आधार से मिलाते हैं, और विशेषज्ञ-स्तरीय सिफारिशें या समाधान उत्पन्न करते हैं। विशेषज्ञ प्रणालियाँ मानव विशेषज्ञता और कंप्यूटर स्वचालन के बीच अंतर को पाटती हैं, विशेष ज्ञान के प्रसार और अनुप्रयोग को सक्षम बनाती हैं और विभिन्न क्षेत्रों में निर्णय लेने में सुधार करती हैं।

7. डेटा माइनिंग और नॉलेज डिस्कवरी: डेटा माइनिंग बड़े डेटासेट से मूल्यवान अंतर्दृष्टि, पैटर्न और ज्ञान निकालने की प्रक्रिया है। इसमें डेटा का विश्लेषण करने, सहसंबंधों की पहचान करने, छिपे हुए पैटर्न की खोज करने और भविष्यवाणियां या वर्गीकरण करने के लिए एल्गोरिदम और सांख्यिकीय तकनीकों को लागू करना शामिल है। डेटा माइनिंग तकनीकों में क्लस्टरिंग, एसोसिएशन रूल माइनिंग, वर्गीकरण और आउटलायर डिटेक्शन शामिल हैं। डेटा की खोज और व्याख्या करके, डेटा माइनिंग सार्थक जानकारी, रुझानों और संबंधों की खोज को सक्षम बनाता है जिसका उपयोग निर्णय लेने, अनुकूलन और विभिन्न डोमेन में अंतर्दृष्टि प्राप्त करने के लिए किया जा सकता है।

मानव अंतरिक्ष उड़ान में ए.आई. के अनुप्रयोग

ए.आई. तकनीकें सामूहिक रूप से मिशन संचालन, वैज्ञानिक अन्वेषण, निर्णय लेने और मानव अंतरिक्ष उड़ान में चालक दल के समर्थन को बढ़ाने में योगदान दे सकती हैं। इन तकनीकों के विभिन्न संभावित अनुप्रयोग इस प्रकार हैं:

1. स्वायत्त प्रणालियाँ: AI स्वायत्त प्रणालियों के विकास को सक्षम बनाता है जो स्वतंत्र रूप से या न्यूनतम मानवीय हस्तक्षेप के साथ कार्य कर सकते हैं। इन प्रणालियों में स्वायत्त अंतरिक्ष यान नेविगेशन, डॉकिंग और मिलन क्षमताएं शामिल हैं, जो अंतरिक्ष में कुशल और सटीक संचालन की अनुमति देती हैं।

2. मशीन लर्निंग और पैटर्न पहचान: अंतरिक्ष अभियानों के दौरान एकत्र किए गए बड़ी मात्रा में डेटा का विश्लेषण करने के लिए मशीन लर्निंग एल्गोरिदम लागू किया जाता है। इसमें सेंसर, टेलीस्कोप और प्रयोगों से प्राप्त डेटा शामिल है। पैटर्न, सहसंबंध और विसंगतियों की पहचान करके, ए.आई. वैज्ञानिक खोज, डेटा वर्गीकरण और वस्तु पहचान में सहायता करता है।

3. डेटा विश्लेषण और विज़ुअलाइज़ेशन: ए.आई. तकनीक अंतरिक्ष अभियानों के दौरान उत्पन्न बड़ी मात्रा में डेटा के प्रसंस्करण और विश्लेषण में सहायता करती है। इसमें इमेज और सिग्नल प्रोसेसिंग, डेटा माइनिंग और डेटा फ़्यूज़न शामिल हैं। ए.आई. एल्गोरिदम मूल्यवान अंतर्दृष्टि को उजागर कर सकता है, निर्णय लेने में सहायता कर सकता है और जटिल डेटा को दृश्य और समझने योग्य प्रारूप में प्रस्तुत कर सकता है।
4. रोबोटिक्स और रोबोटिक सहायक: ए.आई. को रोबोटिक्स में विभिन्न उद्देश्यों, जैसे बाह्य वाहन गतिविधियों (ई.वी.ए.), मरम्मत और रखरखाव कार्यों के लिए नियोजित किया जाता है। रोबोटिक सहायक अंतरिक्ष यात्रियों को स्पेसवॉक के दौरान सहायता कर सकते हैं, सम्मिश्र ऑपरेशन कर सकते हैं और दोहराए जाने वाले कार्यों को संभाल सकते हैं, दक्षता बढ़ा सकते हैं और मानव चालक दल के सदस्यों के लिए जोखिम को कम कर सकते हैं।

5. स्वास्थ्य निगरानी और सहायता प्रणाली: ए.आई. तकनीक अंतरिक्ष मिशन के दौरान अंतरिक्ष यात्री के स्वास्थ्य और कल्याण की निगरानी करती है। वे मेडिकल सेंसर, पहनने योग्य उपकरणों और शारीरिक निगरानी प्रणालियों से डेटा संसाधित करते हैं। ए.आई. एल्गोरिदम विसंगतियों का पता लगा सकता है, प्रारंभिक चेतावनी प्रदान कर सकता है और चिकित्सा स्थितियों के निदान और उपचार में सहायता कर सकता है, जिससे अंतरिक्ष यात्रियों की समग्र भलाई सुनिश्चित हो सके।

6. आभासी वास्तविकता और प्रशिक्षण: ए.आई. आधारित आभासी वास्तविकता (वी.आर.) सिमुलेशन और प्रशिक्षण प्लेटफॉर्म अंतरिक्ष यात्री प्रशिक्षण के लिए यथार्थवादी वातावरण प्रदान करते हैं। ये सिमुलेशन अंतरिक्ष यात्रियों को सुरक्षित और नियंत्रित सेटिंग में स्पेसवॉक, आपातकालीन प्रक्रियाओं और मिशन-विशिष्ट कार्यों का अभ्यास करने की अनुमति देते हैं, जिससे उनके कौशल और तैयारियों में सुधार होता है।

7. प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण और मानव-मशीन इंटरेक्शन: प्राकृतिक भाषा प्रसंस्करण (एन.एल.पी.) अंतरिक्ष यात्रियों और एआई-संचालित आभासी सहायकों या मिशन नियंत्रण प्रणालियों के बीच निर्बाध संचार को सक्षम बनाता है। ए.आई. सिस्टम अंतरिक्ष यात्री के निर्देशों को समझ और व्याख्या कर सकते हैं, वास्तविक समय मार्गदर्शन प्रदान कर सकते हैं और चुनौतीपूर्ण अंतरिक्ष वातावरण में कुशल संचार की सुविधा प्रदान कर सकते हैं।

8. <u>मिशन योजना और अनुकूलन:</u> ए.आई. एल्गोरिदम मिशन योजना, प्रक्षेप पथ गणना और संसाधन प्रबंधन को अनुकूलित करने में सहायता करता है। ईंधन की खपत, प्रक्षेपवक्र अनुकूलन और संसाधन आवंटन जैसे मापदंडों पर विचार करके, ए.आई. मिशन के उद्देश्यों को अधिकतम करने, जोखिमों को कम करने और अंतरिक्ष मिशनों की दक्षता में सुधार करने में मदद करता है।

चुनौतियाँ और सीमाएँ

जबकि मानव अंतरिक्ष उड़ान में ए.आई. के कार्यान्वयन से कई लाभ मिलते हैं, वहीं कुछ चुनौतियाँ और सीमाएँ भी हैं जिन पर विचार करने की आवश्यकता है। इस क्षेत्र में ए.आई. के उपयोग से जुड़ी कुछ प्रमुख चुनौतियाँ और सीमाएँ इस प्रकार हैं:

1. <u>डेटा सीमाएँ:</u> इष्टतम प्रदर्शन प्राप्त करने के लिए ए.आई. एल्गोरिदम को बड़ी मात्रा में उच्च गुणवत्ता वाले प्रशिक्षण डेटा की आवश्यकता होती है। मानव अंतरिक्ष उड़ान के संदर्भ में, सीमित मिशन डेटा, गोपनीयता चिंताओं और अंतरिक्ष वातावरण की अनूठी स्थितियों के कारण विविध और प्रतिनिधि डेटासेट प्राप्त करना चुनौतीपूर्ण हो सकता है। सीमित डेटा AI मॉडल की सटीकता और सामान्यीकरण को प्रभावित कर सकता है।

2. <u>विश्वसनीयता और सुरक्षा:</u> ए.आई. सिस्टम अत्यधिक विश्वसनीय और त्रुटि मुक्त होना चाहिए, खासकर महत्वपूर्ण संचालन और निर्णय लेने में। अंतरिक्ष मिशनों की जटिलता और अप्रत्याशितता उनकी मजबूती और सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए ए.आई. एल्गोरिदम का पूरी तरह से परीक्षण और सत्यापन करना महत्वपूर्ण बनाती है। ए.आई. सिस्टम की विफलता या खराबी से चालक दल के सदस्यों और मिशन की सफलता पर गंभीर परिणाम हो सकते हैं।

3. <u>गतिशील वातावरण के प्रति अनुकूलनशीलता:</u> अंतरिक्ष वातावरण गतिशील, कठोर और अप्रत्याशित परिवर्तनों और विसंगतियों के अधीन हैं। ए.आई. सिस्टम को इन गतिशील स्थितियों को अनुकूलित करने और प्रभावी ढंग से प्रतिक्रिया देने की आवश्यकता है। ए.आई. की अनुकूलनशीलता, मजबूती और नई स्थितियों को संभालने की क्षमता सुनिश्चित करना एक महत्वपूर्ण चुनौती है जिसके लिए ए.आई. मॉडल की निरंतर निगरानी और अद्यतन की आवश्यकता होती है।

4. <u>कम्प्यूटेशनल संसाधन और बिजली की कमी:</u> अंतरिक्ष मिशनों को अक्सर कम्प्यूटेशनल संसाधनों, बिजली और बैंडविड्थ में सीमाओं का सामना करना पड़ता है। ए.आई. एल्गोरिदम अभिकलनीय रूप से गहन हो सकते हैं और इसके लिए महत्वपूर्ण प्रसंस्करण शक्ति और ऊर्जा की आवश्यकता हो सकती है, जो अंतरिक्ष यान पर आसानी से उपलब्ध नहीं हो सकती है। संसाधन बाधाओं के साथ ए.आई. सिस्टम की कम्प्यूटेशनल आवश्यकताओं को संतुलित करना एक महत्वपूर्ण विचार है।

5. <u>नैतिक और कानूनी चिंताएँ:</u> मानव अंतरिक्ष उड़ान में ए.आई. की तैनाती नैतिक और कानूनी चिंताओं को बढ़ाती है। इनमें गोपनीयता, डेटा स्वामित्व, एल्गोरिथम पूर्वाग्रह और ए.आई. सिस्टम की जवाबदेही

के मुद्दे शामिल हैं। अंतरिक्ष मिशनों में नैतिक मानकों को बनाए रखने के लिए जिम्मेदार ए.आई. विकास सुनिश्चित करना, पूर्वाग्रह को संबोधित करना और पारदर्शिता बनाए रखना आवश्यक है।

6. <u>मानव-ए.आई. सहयोग और प्रशिक्षण:</u> क्रू संचालन में ए.आई. सिस्टम को एकीकृत करने के लिए प्रभावी मानव-ए.आई. सहयोग और प्रशिक्षण की आवश्यकता होती है। अंतरिक्ष यात्रियों को ए.आई. सिस्टम की क्षमताओं और सीमाओं को समझने, ए.आई. इंटरफेस के साथ सहजता से बातचीत करने और एआई-जनित सिफारिशों पर भरोसा करने की आवश्यकता है। मिशन की सफलता के लिए ए.आई. सिस्टम का प्रभावी ढंग से उपयोग और सहयोग करने के लिए अंतरिक्ष यात्रियों को प्रशिक्षण देना महत्वपूर्ण है।

इन चुनौतियों का सावधानीपूर्वक समाधान करके, सुरक्षा, विश्वसनीयता और मिशन की सफलता सुनिश्चित करते हुए मानव अंतरिक्ष उड़ान में ए.आई. के कार्यान्वयन को अधिकतम किया जा सकता है।

भविष्य की दिशाएँ

मानव अंतरिक्ष उड़ान के प्रति ए.आई. का दायरा एल्गोरिदम की सीमा के बारे में हमारी वर्तमान समझ पर गहराई से नज़र डालने की मांग करता है। ए.आई. के लिए अनुसंधान की भविष्य की दिशा में कई प्रमुख क्षेत्र शामिल हैं, जिनका सारांश इस प्रकार है:

व्याख्या योग्य एआई: ए.आई. सिस्टम की व्याख्या और व्याख्या क्षमता को बढ़ाना अनुसंधान का एक महत्वपूर्ण क्षेत्र है। इसमें ए.आई. एल्गोरिदम और तकनीक विकसित करना शामिल है जो उनके निर्णयों और तर्क के लिए स्पष्ट स्पष्टीकरण प्रदान करते हैं। यह अंतरिक्ष यात्रियों और मिशन नियंत्रण को ए.आई. सिफारिशों के आधार को समझने, विश्वास बनाने और ए.आई. सिस्टम की पारदर्शिता और जवाबदेही सुनिश्चित करने में सक्षम बनाता है।

अनुकूली प्रणालियाँ: भविष्य के अनुसंधान का लक्ष्य ए.आई. सिस्टम विकसित करना है जो गतिशील अंतरिक्ष वातावरण और उभरती मिशन आवश्यकताओं के अनुकूल हो सके। इसमें ए.आई. एल्गोरिदम बनाना शामिल है जो वास्तविक समय में अपने ज्ञान को सीख और अपडेट कर सकता है, जिससे उन्हें अंतरिक्ष अभियानों के दौरान बदलती परिस्थितियों, अप्रत्याशित घटनाओं और विसंगतियों के साथ तालमेल बिठाने की अनुमति मिलती है। अनुकूली प्रणालियाँ अंतरिक्ष अनुप्रयोगों में ए.आई. की लचीलापन, मजबूती और स्वायत्तता को बढ़ा सकती हैं।

मल्टी-एजेंट सिस्टम: अनुसंधान मल्टी-एजेंट सिस्टम के लिए ए.आई. एल्गोरिदम विकसित करने, कई ए.आई. संस्थाओं, मानव अंतरिक्ष यात्रियों और रोबोटिक सिस्टम के बीच सहयोग और समन्वय को सक्षम करने पर केंद्रित है। ये सिस्टम अंतरिक्ष अन्वेषण, संसाधन प्रबंधन और सहकारी समस्या-समाधान जैसे जटिल कार्यों को पूरा करने के लिए एक साथ काम कर सकते हैं। मल्टी-एजेंट सिस्टम में प्रगति संसाधनों के कुशल उपयोग, वितरित निर्णय लेने और बेहतर मिशन प्रदर्शन को बढ़ावा देती है।

एआई-सक्षम मानव-रोबोट सहयोग: इस क्षेत्र में अनुसंधान का उद्देश्य मानव अंतरिक्ष यात्रियों और रोबोटिक प्रणालियों के बीच सहयोग को बढ़ाना है। इसमें ए.आई. एल्गोरिदम विकसित करना शामिल है जो मनुष्यों और रोबोटों के बीच निर्बाध बातचीत, संचार और कार्य आवंटन को सक्षम बनाता है। यह

सहयोग संयुक्त निर्णय लेने की सुविधा प्रदान करता है, अंतरिक्ष संचालन की दक्षता में सुधार करता है और अंतरिक्ष यात्रियों की सुरक्षा और भलाई सुनिश्चित करता है।

संज्ञानात्मक सहायता और निर्णय समर्थन: भविष्य का अनुसंधान ए.आई. सिस्टम विकसित करने पर केंद्रित है जो अंतरिक्ष यात्रियों को बुद्धिमान संज्ञानात्मक सहायता और निर्णय समर्थन प्रदान करता है। ये सिस्टम वास्तविक समय के डेटा का विश्लेषण कर सकते हैं, जटिल निर्णय लेने में सहायता कर सकते हैं और वास्तविक समय की सिफारिशें प्रदान कर सकते हैं, जिससे अंतरिक्ष यात्रियों को सूचित विकल्प चुनने और मिशन चुनौतियों का प्रभावी ढंग से जवाब देने में सक्षम बनाया जा सकता है। संज्ञानात्मक सहायता प्रणालियाँ मानवीय क्षमताओं को बढ़ा सकती हैं और मिशन दक्षता को बढ़ा सकती हैं।

डेटा-कुशल शिक्षण और स्थानांतरण शिक्षण: अंतरिक्ष वातावरण में सीमित प्रशिक्षण डेटा की सीमाओं को संबोधित करना एक प्रमुख शोध दिशा है। भविष्य के अध्ययनों का उद्देश्य ए.आई. एल्गोरिदम विकसित करना है जो डेटा की एक छोटी मात्रा से कुशलतापूर्वक सीख सकता है, एक कार्य या मिशन से दूसरे में ज्ञान को सामान्य बनाने के लिए स्थानांतरण सीखने की तकनीकों का लाभ उठा सकता है। यह अंतरिक्ष अभियानों में ए.आई. मॉडल के अधिक प्रभावी प्रशिक्षण और उपयोग को सक्षम बनाता है।
नैतिक और निष्पक्ष एआई: अनुसंधान अंतरिक्ष अभियानों में नैतिक और निष्पक्ष ए.आई. सिस्टम के विकास पर जोर देता है। इसमें ए.आई. एल्गोरिदम में पूर्वाग्रहों को संबोधित करना, गोपनीयता और डेटा सुरक्षा सुनिश्चित करना और जिम्मेदार ए.आई. विकास और तैनाती के लिए रूपरेखा स्थापित करना शामिल है। नैतिक विचार मानव अंतरिक्ष उड़ान में निष्पक्षता, पारदर्शिता और मानवाधिकारों की सुरक्षा को बढ़ावा देने के लिए ए.आई. सिस्टम के डिजाइन और उपयोग का मार्गदर्शन करते हैं।

मानव अंतरिक्ष उड़ान में ए.आई. के लिए अनुसंधान की भविष्य की दिशा का उद्देश्य अधिक सक्षम, अनुकूली और पारदर्शी ए.आई. सिस्टम को सक्षम करने के लिए इन क्षेत्रों को आगे बढ़ाना है। ये प्रगति मिशन दक्षता, सुरक्षा और वैज्ञानिक अन्वेषण को बढ़ाएगी, अंततः मनुष्यों को बाहरी अंतरिक्ष और उससे आगे की विशालता का पता लगाने और समझने में सक्षम बनाएगी।

निष्कर्ष

जैसे-जैसे हम अंतरिक्ष के लिए बड़ी और अधिक जटिल प्रणालियों की ओर बढ़ते हैं, ए.आई. की आवश्यकता अधिक स्पष्ट हो जाती है। इस पेपर में विभिन्न तकनीकों, अनुप्रयोगों और चुनौतियों पर प्रकाश डालते हुए मानव अंतरिक्ष उड़ान में ए.आई. के प्रभाव को रेखांकित किया गया है। इस क्षेत्र में निरंतर अनुसंधान और विकास की आवश्यकता पर भी बल दिया गया है।

लेखक परिचय

श्वेता कृष्णन इसरो के समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र (एच.एस.एफ.सी.) में वैज्ञानिक/इंजीनियर-एस.सी. हैं। उनका फ़ोकस क्षेत्र गगनयान परियोजना के परीक्षण वाहन मिशनों के लिए विद्युत समाकलन और परीक्षण गतिविधियों में निहित है। उन्हें कृत्रिम बुद्धिमत्ता में रुचि है और उन्होंने कंप्यूटर विज़न और डीप लर्निंग प्रोजेक्ट्स पर काम किया है।

27. गगनयान के एकीकरण के लिए मेकैनिकल प्रहस्तन प्रणाली की मॉड्यूलर अभिकल्पना

(Modular Design of the Mechanical Handling System for Integration of Gaganyaan)

डॉ. शशांक श्रीवास्तव, अतुल निगोटिया,
डॉ. कोटेश्वर राव सी, जयंती राजेश
सिस्टम इंटीग्रेशन ग्रुप, यू.आर. राव उपग्रह केंद्र, बेंगलूरु

सारांश:

अंतरिक्ष यान के कोडांतरण एकीकरण और परीक्षण में बड़ी संख्या में प्रहस्तन प्रचालन (handling system) शामिल हैं। अंतरिक्ष यान प्रहस्तन प्रणाली इन गतिविधियों के दौरान एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। अभिकल्पना के दौरान इसकी प्रमुख कार्यात्मक आवश्यकता पर विचार किया गया है, जैसे संपीड़ित भार या अंतरिक्ष यान मधुकोश संरचना में स्थानांतरित होने वाले क्षणों जैसे अनुचित भार से बचना, सीजी ऑफसेट के कारण अंतरिक्ष यान के झुकाव की समस्याओं को संबोधित करना, अंतरिक्ष यान तत्वों में से किसी के साथ हस्तक्षेप किए बिना अंतरिक्ष यान को अंतरापृष्ठ प्रदान करना, प्रहस्तन संचालन के दौरान मनोयोग्यता पहलू, आसान प्रहस्तन और भंडारण के लिए हल्के वजन का निर्माण। पारंपरिक प्रकार की प्रहस्तन प्रणाली में माइल्ड स्टील अनुभाग होता है और इसके लिए कई ड्रिलिंग और वेल्डिंग यांत्रिक प्रक्रिया की भागीदारी की आवश्यकता होती है।पारंपरिक प्रकार की प्रहस्तन प्रणाली का उपयोग निश्चित पिच उपलब्धता के कारण प्रति प्रहस्तन प्रणाली एक निश्चित अंतरिक्ष यान अनुप्रयोग का उपयोग किया जा सकता है। पारंपरिक प्रहस्तन प्रणाली पर, यहां इस पेपर में एक उपन्यास मॉड्यूलर प्रहस्तन प्रणाली प्रस्तुत किया गया है। यह पेपर अंतरिक्ष यान अनुप्रयोग के लिए अत्याधुनिक प्रहस्तन प्रणाली , उन्हें अभिकल्पना करने में नवीनतम रुझान, पारंपरिक अभिकल्पना दृष्टिकोण पर मानकीकरण के फायदे प्रस्तुत करता है।

शब्द संकेत: एमजीएसई: मैकेनिकल ग्राउंड सपोर्ट उपकरण, गुरूत्व केंद्र (सेंटर ऑफ ग्रेविटी), एआईटी: कोडांतरण एकीकरण और परीक्षण |

I. परिचय

अंतरिक्ष यान एआईटी संचालन में अपनी स्थापना से लेकर प्रमोचन तक सभी अंतरिक्ष यानों पर विभिन्न यांत्रिक और विद्युत संचालन शामिल थे जैसे इलेक्ट्रॉनिक पैकेज असेंबली, हार्नेस असेंबली, विशेष अभिकल्पना किए गए फिक्स्चर का उपयोग करके अंतरिक्ष यान का विभिन्न अभिविन्यास, एक ऑपरेशन से दूसरे ऑपरेशन तक हैंडलिंग, एक केंद्र से दूसरे केंद्र में अंतरिक्ष यान का परिवहन।अंतरिक्ष यान प्रहस्तन प्रणाली पर अभिकल्पना रिपोर्ट [2] प्रहस्तन प्रणाली को अभिकल्पना करने का पारंपरिक तरीका है, जो एक इन-हाउस विकसित मैकेनिकल ग्राउंड सपोर्ट उपकरण (एमजीएसई) था। इस नए मॉड्यूलर अभिकल्पना का उद्देश्य पारंपरिक विधि पर न्यूनतम लीड समय और न्यूनतम जनशक्ति की आवश्यकता के लिए हार्डवेयर का एहसास करना है [2]। अंतरिक्ष यान प्रहस्तन प्रणाली विभिन्न एआईटी संचालन के दौरान उपग्रह उठाने के लिए एक 2, 3 या 4 पॉइंट प्रहस्तन प्रणाली है। सुरक्षा के पर्याप्त कारक के साथ प्रहस्तन प्रणाली क्रेन और अंतरिक्ष यान के बीच एक मध्यवर्ती सदस्य के रूप में कार्य

करता है, जो यह सुनिश्चित करता है कि अंतरिक्ष यान प्रहस्तन अंतरापृष्ठ पर कोई अनुचित भार प्रेरित न हो। यह परियोजना की आवश्यकता के आधार पर सीजी खोजक के साथ / बिना मॉड्यूलर और कॉन्फ़िगर करने योग्य है। डिजाइनिंग करते समय निम्नलिखित कार्यात्मक आवश्यकताओं पर विचार किया जाना चाहिए:

• संरचनात्मक पैनल (जो हनीकॉम्ब से बना है) पर प्रदान किए गए अंतरिक्ष यान के प्रहस्तन अंतरापृष्ठ पर अनुचित भारण को कम किया जाना चाहिए।

• इसमें अंतरिक्ष यान आवरण से दूर, अंतरिक्ष यान अंतरापृष्ठ तक पहुंचने के प्रावधान होने चाहिए।

• अभिकल्पना को यह सुनिश्चित करना चाहिए कि प्रहस्तन प्रणाली या इसका उपयोग करने वाले व्यक्ति के तत्वों को अंतरिक्ष यान तत्वों में से किसी के साथ हस्तक्षेप नहीं करना चाहिए।

• प्रहस्तन प्रणाली 20 टन तक की क्षमता वाले क्रेन के अनुकूल होना चाहिए।

• आसान प्रहस्तन और भंडारण को सक्षम करने के लिए, प्रणाली वजन में हल्का और आकार में छोटा और सुगठित होना चाहिए।

• प्रत्येक प्रहस्तन रस्सी में स्वातंत्र्य कोटि होनी चाहिए ताकि प्रहस्तन अंतरापृष्ठ को प्रहस्तन प्रणाली से सरलता पूर्वक जोड़ा जा सके।

II. प्रणाली का विवरण

इस प्रहस्तन प्रणाली में निम्नलिखित प्रमुख घटक शामिल हैं:

• बेड़ियाँ

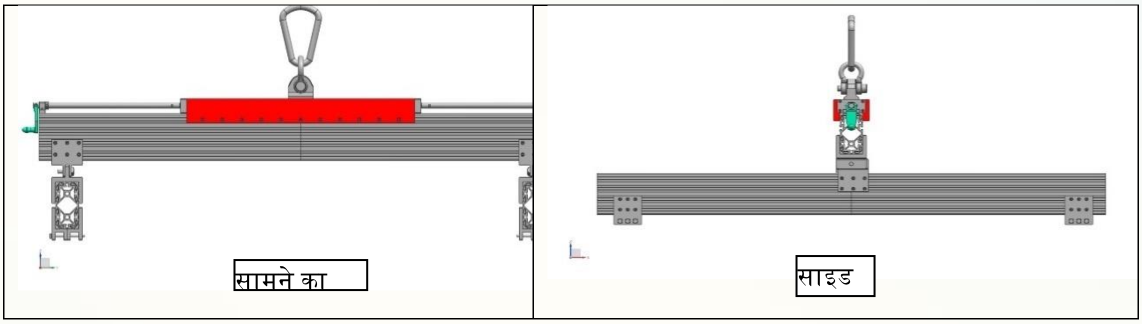
• एल्यूमिनियम बहिर्विर्धित प्रोफाइल बीम

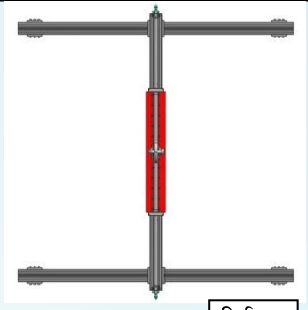
• कमानी नट्स

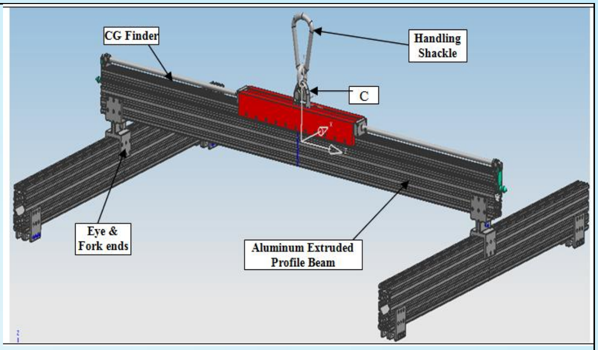
• आई एवं फोर्क एण्ड

• तार रस्सी

• गुरूत्व केंद्र निर्धारक

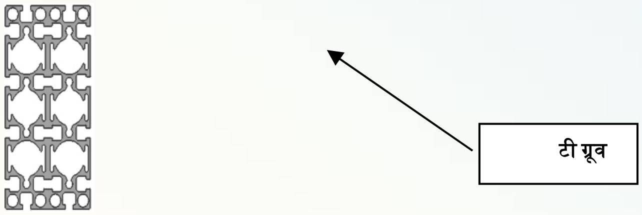






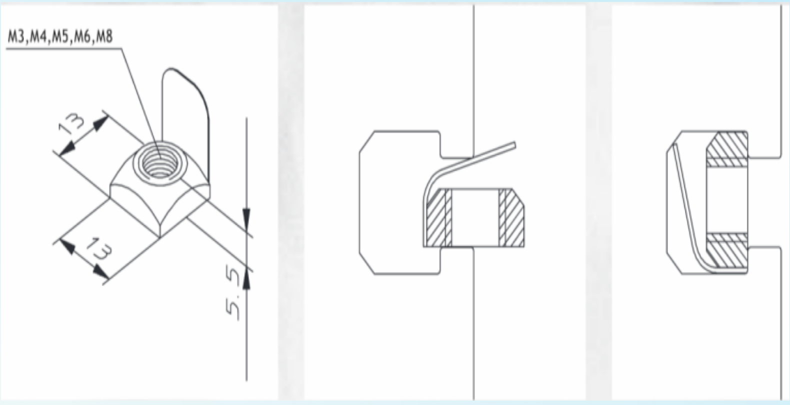
चित्र 1 अंतरिक्ष यान प्रहस्तन प्रणाली के योजनाबद्ध दृश्य

1. **<u>बेंडियाँ :</u>** प्रहस्तन बेड़ियों को 20 टन तक की क्षमता के क्रेन हुक फिट करने के लिए अभिकल्पित किया गया है। शैकल अपने केंद्र में बीम पर टिका हुआ है और अपने ऊर्ध्वाधर अक्ष के चारों ओर घूमने के लिए स्वतंत्र है। यह बीम से जुड़े एक निश्चित असर ब्लॉक के अंदर एक घूर्णन योग्य आंख के अंत के उपयोग से किया जाता है। घूमने योग्य आंख का अंत बेड़ियों के कांटे के अंत से जुड़ा होता है। यह "क्रॉस्बी" द्वारा एक मानक उत्पाद है।
2. **एल्यूमीनियम एक्सट्रूडेड प्रोफाइल बीम:** प्रहस्तन बीम मुख्य भार वाले सदस्यों में से एक है, जिसमें तीन बीम, एक मुख्य और दो सहायक होते हैं। प्रत्येक बीम विशेष मानक एल्यूमीनियम बहिर्विर्धित प्रोफाइल से बना होता है[3] चित्र 2 में दिखाया गया है। इस तरह के बीम के लिए सामग्री एल्यूमिनियम – मैगनीशियम - सिलीकॉन मिश्र धातु है। प्रोफाइल में "टी" नाली कमानी नट्स के लिए विभिन्न पिच आवश्यकताओं को समायोजित करने के लिए सर्पण (स्लाइडिंग) सुविधा प्रदान करती है।



चित्र 2: बहिर्विर्धित बीम का क्रॉस सेक्शन

3. **<u>कमानी नट्स:</u>** मानक कमानी नट्स[3] का उपयोग सभी बीम कोडांतरण के लिए किया जाता है। यहां नट् को छोटे मोड़ स्टील शीट के साथ वेल्डेड किया जाता है, जब बहिर्विर्धित प्रोफाइल नाली में डाला जाता है, तो विशिष्ट स्थान पर नट् को पकड़ने के लिए एक कमानी के रूप में कार्य करता है। यह नट् प्रोफ़ाइल के "टी" नाली के अंदर स्लाइड कर सकता है और वांछित पिच आयाम आवश्यकता प्रदान कर सकता है। चित्र-3 प्रणाली का योजनाबद्ध दृश्य देता है।

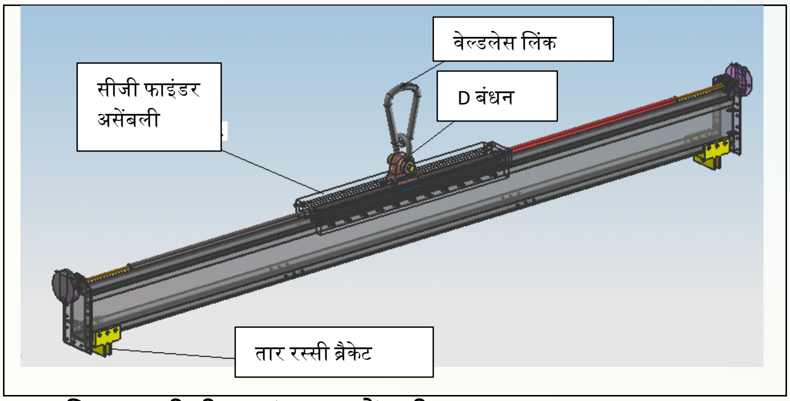


चित्र 3: मानक कमानी नट

4. **<u>तार की रस्सियां:</u>** बंधन तार की रस्सियों (एक लिंक के साथ 02 रस्सी) से जुड़ा होता है, जिसमें आइ एण्ड के सिरे होते हैं। तार रस्सी का लचीलापन कोडांतरण के दौरान मैन्युअल समायोजन की अनुमति देता है, और यह भी सुनिश्चित करता है कि अंतरिक्ष यान के अंतरापृष्ठ में कोई संपीड़ित भार स्थानांतरित न हो।

5. गुरूत्व केंद्र निर्धारक<u>:</u> गुरूत्व केंद्र (CG) निर्धारक, कोडांतरण क्षैतिज दिशाओं के साथ अंतरिक्ष यान की आवश्यकता के लिए विशिष्ट सीजी समायोजन को सक्षम बनाता है जैसा कि चित्र-4 में दिखाया गया है।

प्रहस्तन बेड़ियों को क्रेन हुक से जोड़ा जाता है और इसके केंद्र में मुख्य (एक्सट्रूडेड) बीम पर टिका होता है और ऊर्ध्वाधर अक्ष के बारे में घूमने के लिए भी स्वतंत्र होता है। बहिर्विर्धित बीम के मध्य शीर्ष चेहरे पर लीड स्क्रू और स्लाइडर की मदद से, सीजी फाइंडर को इकट्ठा किया जाता है। यह औसत केंद्र की स्थिति से 400 मिमी ± की स्ट्रोक लंबाई के साथ प्रदान किया जाता है।



चित्र 4: सीजी फाइंडर असेंबली

III. प्रणाली के लिए अभिकल्पना दृष्टिकोण

प्रहस्तन प्रणाली के अभिकल्पना को ताकत आधारित दृष्टिकोण माना जाता है [1], जहां लोड कारकों को निम्नानुसार परिभाषित किया जाता है:

• प्रचालन भार सीमा (वर्किंग लोड लिमिट - डब्ल्यूएलएल) = प्रघात गुणक (शॉक फैक्टर) * सुरक्षा प्रचालन भार (सेफ वर्किंग लोड - एसडब्ल्यूएल)

= 1.5 * SWL

• सह भार सीमा (पीएलएल) = 2 * डब्ल्यूएलएल

= 3 * SWL

• अभिकल्प भार सीमा (डीएलएल) = 1.5 * पीएलएल

= 4.5 * SWL

अभिकल्पना शुरू करने के लिए, आवश्यक इनपुट आंकड़े - जैसे अंतरिक्ष यान का द्रव्यमान उठाया जाना है, कितने प्रहस्तन बिंदुओं की संख्या और उपग्रह पर प्रहस्तन अंतरापृष्ठ का स्थान आवश्यक है। प्रहस्तन अंतरापृष्ठ पर हेलिकोइल सम्मिलित अंतरिक्ष यान संरचना पर समान रूप से प्रहस्तन बलों को वितरित करता है। प्रहस्तन बेड़ियों का अभिकल्पना 20 टन क्षमता के क्रेन हुक के अनुकूल बनाने के लिए तैयार किया गया है। कुल भार बेड़ियों के केंद्रीय ऊर्ध्वाधर अक्ष के माध्यम से कार्य करता है। प्रहस्तन बीम में एक मुख्य बीम और दो सहायक बीम होते हैं, जो तार रस्सियों के माध्यम से चार प्रहस्तन अंतरापृष्ठ / बिंदु प्रदान करते हैं। प्रहस्तन बेड़ियों से ऊर्ध्वाधर प्रतिक्रिया मुख्य बीम के केंद्र में कार्य करती है। बीम द्वारा उठाए जाने वाले कुल वजन को चार प्रहस्तन बिंदुओं (इंसर्ट) द्वारा समान रूप से समर्थित माना जाता है। बीम के लोडिंग पैटर्न को केवल चार प्रहस्तन इंसर्ट पर समर्थित माना जाता है। ऊर्ध्वाधर अभिक्रिया के कारण अधिकतम झुकने का क्षण केंद्र "C" पर होता है जैसा कि चित्र 1 में बताया गया है। बीम को झुकने वाले समीकरण का उपयोग करके "सी" पर होने वाले अधिकतम झुकने वाले क्षण के लिए जांचा जाता है। अभिकल्पना के दौरान वजन को अनुकूलित करने के लिए उपयुक्त लचीले कठोरता आवश्यकता के साथ सबसे अच्छा क्रॉस अनुभागीय बहिर्विर्धित प्रोफाइल चुना जाता है। सभी अनुभागों में तनाव की जांच की जाती है और सुरक्षित सीमा के भीतर गया।

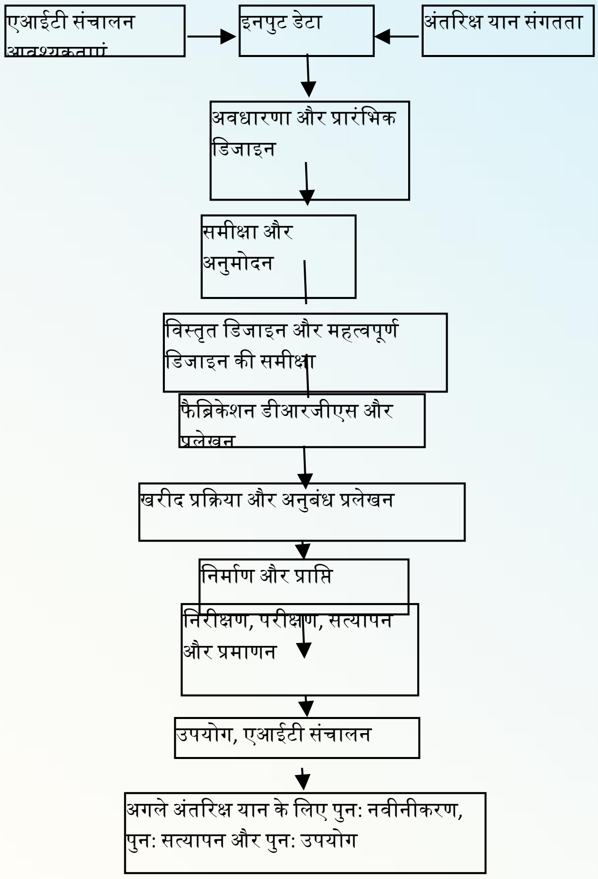
मानक (स्टैंडर्ड) एंड फिटिंग के साथ 1/4 " व्यास वाले मानक स्टेनलेस स्टील तार रस्सियों (19 * 6 स्ट्रैंड निर्माण) को अपनाया जाता है। तार की रस्सियां बहुत लचीली होती हैं और अतिरिक्तता बनाए रखने के लिए प्रत्येक सम्मिलित स्थान पर दोहरे संयोजन में उपयोग की जाती हैं। बहिर्विर्धित परिच्छेदन की विशिष्टता[3] तालिका 1 में दी गई है।

मिश्र धातु	AL-Mg-Si
द्रव्यमान	5.57 kg/m
घनत्व	2750 kg/m^3
पराभव सामथर्य (यंग मॉडुलस)	70,000e6 N/m^2
यील्ड स्ट्रेन्थ	200e6 N/m^2
सीधा विचलन	1.5e-3 m/2m
समतलता विचलन	1.5e-3 m /2m

तालिका.1 : मानक प्रोफ़ाइल विनिर्देश

4. मॉड्यूलर अभिकल्पना की अवधारणा:

पारंपरिक प्रहस्तन प्रणाली के लिए विशिष्ट उत्पाद जीवन चक्र (पीएलसी) प्रक्रियाओं में अवधारणा, प्राप्ति, सत्यापन, उपयोगिता, पुनःपूर्ति और पुन: उपयोग शामिल हैं जैसा कि चित्र 5 में दर्शाया गया है।



अंतरिक्ष यान के निरंतर वितरण को पूरा करने के लिए, प्रहस्तन प्रणाली के प्राप्ति समय को अनुकूलित किया जाना चाहिए। इस उद्देश्य के लिए, मॉड्यूलर अभिकल्पना पेश किया जाता है, उनकी उप-विधानसभाओं, संबंधित घटकों को मानकीकृत किया जाता है और ऑफ-द-शेल्फ इन्वेंट्री के रूप में संग्रहित किया जाता है। यहां प्रस्तुत प्रहस्तन प्रणाली का अभिकल्पना प्रकृति में पूरी तरह से मॉड्यूलर है। अभिकल्पना में मॉड्यूलरिटी को तीन तरीकों से माना जाता है:

क) **<u>अवधारणा द्वारा मॉड्यूलरिटी:</u>** उपयुक्त एल्यूमीनियम बहिर्विर्धित प्रोफाइल का उपयोग करके पारंपरिक वेल्डेड संरचना से बचना। मानकीकरण और अनुकूलन तकनीकों का उपयोग करने के कारण चल रहे अंतरिक्ष यान की आवश्यकताओं को कम चक्रकाल समय और कम जनशक्ति के साथ पूरा किया जाता है।

ख) **<u>क्षमता द्वारा मॉड्यूलरिटी:</u>** सभी अंतरिक्ष यानों में उनकी परियोजना की आवश्यकता के अनुसार अलग-अलग द्रव्यमान होता है, इसलिए प्रत्येक उपग्रह के लिए प्रहस्तन प्रणाली की अलग-अलग क्षमता की आवश्यकता होती है। यहां क्षमता द्वारा मॉड्यूलरिटी का अर्थ अंतरिक्ष यान की द्रव्यमान क्षमता आवश्यकता को वर्गीकृत करना है। कार्यों को सामान्य बनाए रखते हुए, अंतरिक्ष यान के लिए प्रहस्तन प्रणाली को I1K से I6K (1000 किलोग्राम से 6000 किलोग्राम) वर्ग के अंतरिक्ष यानों के लिए मॉड्यूलर

बनाया जाता है। इस दृष्टिकोण के तहत तीन मुख्य श्रेणियों को अभिकल्पना किया गया है एक 2000 किलोग्राम तक, दूसरा 2000-4000 किलोग्राम के बीच और तीसरा 4000-6000 किलोग्राम के बीच। इसलिए सभी प्रकार के अंतरिक्ष यानों को तीन वर्गों के तहत वर्गीकृत किया जाता है, और प्रत्येक वर्ग के लिए आनमनी दृढ़ता आवश्यकता को पूरा करने के लिए विशिष्ट अनुप्रस्थ काट (क्रॉस सेक्शन) बहिर्विर्धित प्रोफाइल बीम का चयन करके विशेष वर्ग के लिए अभिकल्पित किया गया है।

ग) आकार द्वारा मॉड्यूलरिटी: अंतरिक्ष यान का इन्वलप जिसे व्यास 3 मीटर वर्ग, व्यास 3.65 मीटर वर्ग, व्यास 4 मीटर वर्ग के रूप में वर्गीकृत किया गया है। अंतरिक्ष यान के एक ही वर्ग में पिच आयाम को प्रोफ़ाइल "टी" खांचे के अंदर कमानी नट को समायोजित करके प्राप्त किया जा सकता है।

V. परीक्षण और योग्यता:

प्रहस्तन प्रणाली के सभी घटकों को सामग्री गुणों, आयाम और संचालन के लिए निरीक्षण से गुजरना पड़ा। प्रदर्शन की गई सभी सामग्रियों की दृश्य और आयामी जांच। सिस्टम के लोड परीक्षण से पहले और बाद में सभी वेल्ड जोड़ों का रंजक अंतर्वेशन परीक्षण (डाई पेनेट्रेशन टेस्ट) किया गया।

कोडांतरण के बाद की पूरी इकाई को लोड परीक्षण के अधीन किया गया था। इस परीक्षण के लिए प्रमाण भार को वास्तविक अंतरिक्ष यान के वजन का तीन गुना माना जाता है। यह परीक्षण जमीन पर एक निश्चित बीम के लिए चार प्रहस्तन पॉइंट तय करके किया गया था। प्रहस्तन शैकल 20 टन क्षमता वाली क्रेन से जुड़ा हुआ है, जिसे मैन्युअल रूप से संचालित किया जा सकता है। सभी अनुलग्नक के बाद 50 मिली मीटर का एक गुरूत्व केंद्र रेखांतराल, और क्रेन के मैनुअल ऑपरेशन द्वारा बनाई गई पूर्ण कोडांतरण पर तनाव भार और दो घंटे तक रखा गया। क्रेन द्वारा लगाया गया भार भार सेल द्वारा देखा जाता है जो क्रेन हुक और प्रहस्तन शैकल के बीच जुड़ा होता है। पूर्ण प्रणाली का भार परीक्षण चित्र 6 और 7 में दर्शाया गया है।

चित्र 6 पूर्ण प्रहस्तन प्रणाली के लिए परीक्षण सेटअप

चित्र 7: परीक्षण के दौरान लोड सेल रीडिंग

VI. सुरक्षा पहलू

प्रणाली के अभिकल्पना के दौरान अंतरिक्ष यान, ऑपरेटर के साथ-साथ उपकरणों की सुरक्षा का अध्ययन किया गया है और ध्यान रखा गया है। वास्तविक भार पर सुरक्षा का कारक 4.5 लिया जाता है, जो सुरक्षित प्रहस्तन सुनिश्चित करने के लिए पर्याप्त है। सभी तेज किनारों को गोल किया जाता है और मानव सुरक्षा को ध्यान में रखते हुए आसान मैनुअल पहुंच सुनिश्चित की गयी। सिस्टम के कम वजन के कारण, दो व्यक्ति इस प्रणाली को आसानी से उठा सकते हैं। प्रणाली के प्रत्येक घटक भंडारण के दौरान, किसी भी प्रकार की क्षति से सुरक्षित हैं।

VII. निष्कर्ष

ग्राउंड एप्लिकेशन पर अंतरिक्ष यान के एकीकरण के लिए मैकेनिकल प्रहस्तन प्रणाली एआईटी संचालन के लिए एक आवश्यक एमजीएसई है। ऐसी प्रणाली के लिए अभिकल्पना समर्थ होना चाहिए। पहले की पारंपरिक विधि को महसूस करने के लिए अधिक लीड समय और मानव शक्ति की आवश्यकता होती थी, उस पर यहां प्रस्तावित नए मॉड्यूलर अभिकल्पना को न्यूनतम लीड समय के साथ पूर्ण करना आसान है। विभिन्न अंतरिक्ष यानों के लिए प्रहस्तन प्रणाली कार्यात्मक आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए डिज़ाइन किया गया है| और अंतरिक्ष यान के साथ-साथ कर्मियों से संबंधित सुरक्षा पहलू। अभिकल्पना में उपयोग किए जाने वाले मानकीकरण और अनुकूलन तकनीकों के कारण, चल रहे अंतरिक्ष यान की आवश्यकताओं को कम चक्रकाल समय और कम जनशक्ति के साथ पूरा किया जा सकता है। हालांकि, इस निर्माण को समझने करने के लिए एक कुशल जनशक्ति की आवश्यकता होती है। एल्यूमीनियम मिश्र धातुओं के उपयोग के कारण बड़े पैमाने पर कम वजन भी हासिल किया गया।

इसके अलावा, अन्य अंतरिक्ष यान ग्राउंड उपकरणों के मानकीकरण में इन तकनीकों को लागू करने के लिए अध्ययन किया जा रहा है।

VIII. संदर्भ

[1] फॉपर एंड फिशर द्वारा "मशीन डिजाइन" पर पाठ्य पुस्तक।

[2] अंतरिक्ष यान प्रहस्तन प्रणाली पर अभिकल्पना रिपोर्ट, डीओसी नंबर। आईएनटीएस-टीआर-एआईटी-01-90-08 (0), इसरो, ए शेखर, टी एल दनबालन आदि।

[3] MINITEC प्रोफाइल सिस्टम कैटलॉग

लेखक परिचय :

डॉ. शशांक श्रीवास्तव वैज्ञानिक/अभियाता " एस. एफ" सिस्टम इंटिग्रेशन ग्रुप यू. आर. राव सैटेलाइट सेंटर में सन् 2006 से कार्यरत हैं। इनका कार्यक्षेत्र यांत्रिकी सपोर्ट सिस्टम का अभिकल्पन करना है साथ ही उपग्रह ट्रांसपोर्टेशन सिस्टम एवं कंपन अनुसंधान में आपका महत्वपूर्ण योगदान है। आपने बीटेक यांत्रिकी इंजिनियरिंग सन् 2006 एवं पी.एच.डी की उपाधि आइ आइ टी दिल्ली से सन् 2019 में प्राप्त की। आपका अनुसंधान क्षेत्र में 16 वर्षों का अनुभव हैं। आपने एक पेटंट, 12 नेशनल एवं इंटरनेशनल जनरल पेपर प्रकाशित किये हैं।

अतुल निगोटिया, वैज्ञानिक/अभियन्ता 'एस एफ", सिस्टम इंटिग्रेशन ग्रुप, यू आर राव सैटलाइट सेंटर में सन 2005 से कार्यरत हैं आपका कार्य कंटेनर डिजाइन एवं अन्य मैकानिकल सिस्टम में है।

डा. कोटेश्वर राव, वैज्ञानिक/अभियन्ता "एस जी", सिस्टम इंटीग्रेशन ग्रुप यू. आर. राव सैटलाइट सेंटर में सन् 2005 से कार्यरत हैं।आपका कार्यक्षेत्र कंप्यूटेशनल मेट्रोलाजी, कैड, रोबोटिक्स एवं फोटोग्रामेट्री में हैं।

श्रीमती जयंती राजेश, वैज्ञानिक/अभियन्ता 'जी' समुह निदेशक सन् 1985 से सिस्टम इंटी ग्रेशन ग्रुप में कार्यरत हैं।आपका योगदान इलेक्ट्रानिक सिस्टम के अभिकल्पन में अभूतपूर्व है, आपने बीटेक इलेक्ट्रानिक इंजिनियरिंग में सन् 1985 में प्राप्त की। आपको ए एस आई गोल्ड मेडल अवार्ड 2015 एवं टीम एचीवमेंट अवार्ड फार मेगाट्रापिक्स सन् 2012 से पुरूस्कृत किया गया है।

28.मानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम में मानवीय ऊष्मा नियंत्रण प्रणाली विषय पर अनुसंधान का महत्व

Significance of research on Human Thermoregulation System in human spaceflight

लेखक : अनुराग कुमार सिन्हा [1] , आशुतोष कुमार [2]

[1] समूह निदेशक, वैज्ञानिकअभियंता एस.सी[2],

जैव चिकित्सीय अनुसंधान कर्मीदल प्रशासन एवं प्रशिक्षण-समूह, समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र,

1. <u>सारांश:</u>

अन्तरिक्ष उड़ान के संदर्भ में मानवीय उष्ण रक्तिता नियंत्रण प्रणाली (Human Thermoregulation system) थर्मोरेग्यूलेशन पर शोध एक सतत प्रयास है जिसका उद्देश्य मिशन के दौरान अंतरिक्ष यात्री की युक्ततम (optimal) कार्य क्षमता (ability to perform) एवम् मनोदशा (mental state) का अनुरक्षण (maintain) करना है। इस शोध का लक्ष्य अंतरिक्ष यान के लिये अनुकूल वातावरण को सुनियोजित करने, थर्मल रक्षण प्रणाली (thermal protection system) एवम् अन्तरिक्ष यात्री के उन्नत परिधान की सरंचना निर्धारित करने के लिये भी किया जाता है। इस शोध से चिकित्सा जगत में भी कई रोगों के निदान हो सकते हैं। जैसे-जैसे मानव अंतरिक्ष अन्वेषण का विस्तार हो रहा है, भविष्य के अंतरिक्ष अभियानों की सफलता और सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए इस क्षेत्र में आगे का शोध महत्वपूर्ण होगा।

2. <u>परिचय (Introduction):</u>

मानव शरीर को क्रियाशील (functional) रखने के लिये कई जैविक प्रणालियाँ (physiological systems) शरीर के अंदर कार्यरत रहती हैं। जैविक प्रणलियाँ के बीच जटिल परस्पर संबंध (close coupling) है जिसके कारण किसी भी जैविक प्रणाली के असामान्य व्यवहार का अवांछनीय प्रभाव दूसरी प्रणालियों पर पड़ता है।

जैसा कि सर्वविदित है कि मनुष्य उष्ण रक्तित (warm blooded) प्राणी है और उष्ण रक्तिता को नियंत्रित रखने के लिये शरीर के भीतर एक जटिल नियंत्रण प्रणाली कार्यरत है। इस प्रणाली का मुख्य कार्य शरीर के तापमान को औसतन 36.5°C से 37.5°C (97.7°F से 99.5°F) के दायरे में सीमित रखना है। यह तापमान विशेषतः शरीर के आंतरिक अंगो का तापमान है और इसमें अत्यधिक परिवर्तन से शरीर की मेटाबॉलिक/ चयापचय प्रणाली प्रभावित होती है। शरीर का आंतरिक तापमान यदि औसतन दायरे के अधिक बाहर चला गया तो शरीर का मेटाबॉलिक सिस्टम ठीक से अपना कार्य नहीं कर सकता। शरीर का मेटाबॉलिक रिएक्शन असामान्य हो सकता है, जिसके गंभीर दुष्परिणाम हो सकते हैं।

उष्ण रक्तिता नियंत्रण प्रणाली (Thermoregulation system) बाहरी तापमान में उतार-चढ़ाव के बावजूद मानव शरीर के आंतरिक तापमान को उपरोक्त सीमा के भीतर बनाए रखता है।

अंतरिक्ष यात्री को उड़ान के दौरान अंतरिक्ष यान में अंतर्निर्मित (inbuilt) वातावरण नियंत्रण एवम् जीवन संबल प्रणाली (environmental control and life support system) सुरक्षित रखता है। अंतरिक्ष उड़ान के अत्यंत गतिक चरणों (high dynamic phases) एवम् किसी भी अन्य प्रतिकूल परिस्थिति (off-nominal situation) में अंतरिक्ष यात्री को एक विशेष अन्तरिक्ष परिधान (Space suit) से सुसज्जित किया जाता है जो शरीर को एक सुरक्षित कृत्रिम वातावरण (safe environment) प्रदान करता है।

वातावरण नियंत्रण एवम् जीवन संबल प्रणाली (environmental control and life support system) तथा अन्तरिक्ष परिधान का मुख्य कार्य है ऑक्सीजन की आपूर्ति, आर्द्रता एवम् बाह्य तापमान का नियंत्रण, मेटाबॉलिक ऊष्मा का वितरण एवम् कार्बन डाइऑक्साइड गैस का निष्करण।

अंतरिक्ष में सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण (micro-gravity) के कारण, उष्ण रक्तिता नियंत्रण प्रणाली का व्यवहार में अस्थिरता होती है। तदपरांत अन्तरिक्ष के चरम प्रतिकूल परिस्थितियों से किसी भी कारणवश यदि मानव शरीर संपर्क होता है तो उष्ण रक्तिता नियंत्रण प्रणाली की प्रतिक्रिया (response), अंतरिक्ष यात्री को सुरक्षित रखने के किए अत्यंत महत्वपूर्ण होती है। इसी कारण अधिकांश स्पेस एजेंसीज़ उष्ण रक्तिता नियंत्रण प्रणाली (Thermoregulation system) पर निरंतर शोध कर रही हैं।

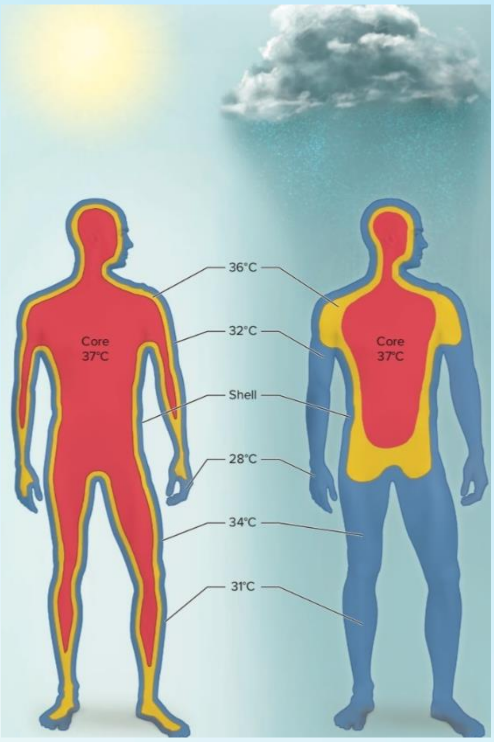
जैसे-जैसे मानव अंतरिक्ष अन्वेषण (human space exploration) का विस्तार हो रहा है, भविष्य के अंतरिक्ष अभियानों की सफलता और सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए इस क्षेत्र में शोध का महत्वपूर्ण योगदान होगा।

3. कार्य सिद्धांत (Working Principle)

मानव शरीर का आंतरिक तापमान वितिरण (internal temperature distribution) , बाह्य परिस्थितियों (external factors) एवम् शारीरिक मेटाबॉलिक उष्णा सृजन स्तर (body metabolic heat production rate) के अनुकूल होता है। नैदानिक (clinical) कारणों से भी जैसे ज्वर (fever) या हायपर थायरॉइड (hyper-thyroid) के कारण भी शरीर का आंतरिक तापमान प्रभावित होता है। उष्ण रक्तिता नियंत्रण प्रणाली का उदेश्य शरीर के आंतरिक तापमान को उपरोक्त सीमा में नियंत्रित करना (control within limits) है।

मानव शरीर का आंतरिक तापमान एकस्वरूप नहीं होता। बाह्य तापमान के अनुकूल शरीर का आंतरिक तापमान का पुनर्वितरण (re-distribution) होता है। जैसा कि चित्र -१ में दिखाया गया है । इस पुनर्वितरण का उद्देश्य गर्मी में शरीर को ठंडा रखना एवम् सर्दी में शरीर को गरम रखना है।

इस पूरी प्रक्रिया में समस्थिति (Homeostasis) बनाये रखने के लिये शरीर के कई अंगों की भूमिका होती है। होमोस्टेटिस एक स्वविनियमित (self-regulated) प्रक्रिया है जिसके द्वारा जीव बदलती परिस्थितियों के साथ तालमेल बिठाते हुए आंतरिक संतुलन बनाए रख सकता है।अगर इस संतुलन में किसी भी कारणवश विघ्न आता है मानव शरीर का अस्तित्व खतरे में पड़ सकता है है।

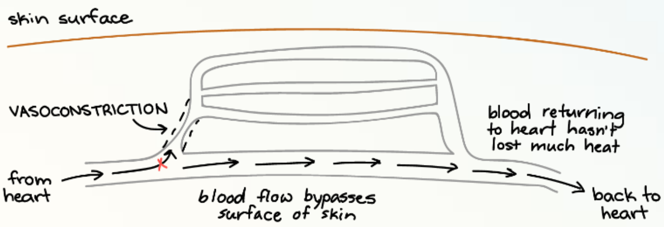


चित्र -१: आंतरिक तापमान का पुनर्वितरण

मस्तिष्क में हाइपोथैलमस (hypothalamus) नामक ज्ञानेन्द्रि शरीर में समस्थिति (Homeostasis) बनाये रखने के लिये नियंत्रण केन्द्र (control centre) का काम करती है। हाइपोथैलमस (hypothalamus) इस कार्य को विभिन्न हार्मोन उत्पादन का नियंत्रण एवम् तंत्रिका तंत्र (nervous system) को प्रभावित कर के करता है। शरीर का तापमान अनुकूल बनाये रखने का कार्य भी हाइपोथैलमस (hypothalamus) करता है।

जैसे ही शरीर का आंतरिक तापमान किसी भी कारणवश अपनी निर्धारित सीमा (set limit) को लांघता है, हाइपोथैलमस (hypothalamus) क्रियाशील (comes into action) हो जाता है। ऐसी परिस्थिति में यदि शरीर को अतिरिक्त उष्णा की ज़रूरत है या शारीरिक तापमान को सरंक्षित (conserve) करना है तो निम्नलिखित पद्दतियों से ऐसा संभव होता है।

- **वाहिकासंकीर्णन (Vasoconstriction):** त्वचा के नीचे रक्तवाहिकाओं (blood vessels) को जैसे ही ऊष्मा सरंक्षित करने का संदेश मिलता है, वे संकुचित हो जाती हैं। इससे त्वचा के नीचे रक्त प्रवाह में कमी आती है। जैसा कि चित्र -2 में दिखाया गया है। त्वचा द्वारा ऊष्मा ह्रास (heat loss) कम हो जाता है और शरीर के आंतरिक अंग को पर्याप्त ऊष्मा प्राप्त होती रहती है।

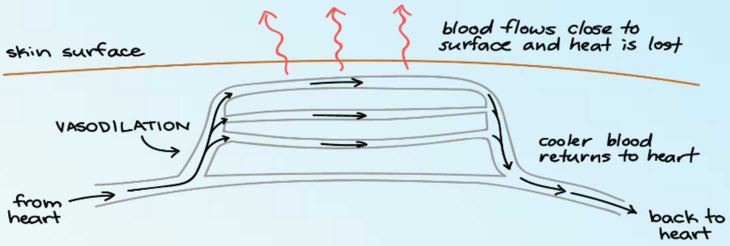


चित्र - 2: वाहिकासंकीर्णन

• **ऊष्मा उत्पत्ति (Thermo - genesis):** ऊर्जा का ऊष्मा स्वरूप में शरीर में वितरण को थर्मोजनेसिस प्रक्रिया कहते हैं। किसी भी मेटाबॉलिक प्रक्रिया या शारीरिक परिश्रम (जैसे कंपन) से ऊष्मा की उत्पत्ति होती है जो तापमान को नियंत्रण करने के उपयोग में लायी जाती हैं। ऊष्मा की उत्पत्ति शरीर के ब्राउन एडिपोज़ टिशूज़ में होती हैं या स्केलेटल माँसपेशिओं में होती हैं। इसके अलावा थायरॉइड हार्मोन के द्वारा भी तापमान का नियंत्रण किया जाता है।

किसी कारणवश यदि शरीर का तापमान निर्धारित सीमा से अधिक हो जाये तो शरीर को शीतलन (cooling) की ज़रूरत पड़ती है। शीतलन के लिये निम्नलिखित पद्धतियाँ कार्यशील होती हैं।

• **वसोडिलेशन (Vasodilation):** त्वचा के नीचे रक्तवाहिकाओं (blood vessels) को जैसे ही ऊष्मा विकिरण करने का संदेश मिलता है, वो फैल जाती हैं। इससे त्वचा के नीचा रक्त प्रवाह में तेज़ी आती है। जैसा कि चित्र -3 में दिखाया गया है। त्वचा द्वारा ऊष्मा विकिरण (heat loss) में वृद्धि होती है और शरीर के आंतरिक अंग सुरक्षित रहते हैं।



चित्र 3 - : वसोडिलेशन

• **पसीना (perspiration):** शरीर में दो प्रकार की पसीने की ग्रंथियाँ (glands) होती हैं। एक्रीन (eccrine) ग्रंथियाँ त्वचा पे खुलती हैं एवम् अपोक्राईन (apocrine) ग्रंथियाँ बलों के फॉलिकल्स में खुलती हैं। जैसे ही शरीर को शीतलन की आवश्यकता पड़ती है, इन ग्रंथियों से पसीना निकलता है एवम् त्वचा पे पसीने के वस्पीकरण से शरीर शीतल रहता है।

किसी भी कारणवश उष्ण रक्तिता नियंत्रण प्रणाली में असंतुलन, हाइपोथर्मिया (hypothermia) या उष्मघात्त (heat stroke) की परिस्थिति उत्पन्न कर सकता है जो घातक हो सकती है।

4. <u>अंतरिक्ष यान में सुखद एवम् उपयुक्त वातावरण। (comfortable and conducive environment in crew module)</u>

उष्णा रक्तिता नियंत्रण एक जैविक प्रक्रिया है जो शरीर में समस्थिति (Homeostasis) बनाये रखती है। या प्रक्रिया पूर्णतः स्वचालित (Automated) है। किंतु, एक सुखद एवम् उपयुक्त वातावरण की परिभाषा व्यक्तिपरक (subjective) होती है एवम् इसका एक अलग ही महत्व है जो उष्ण नियंत्रण से अधिक वृहद् (comprehensive) है। सुखद एवम् उपयुक्त परिस्थिति का आभास एक मनोवस्था (state of mind) है। मानव शरीर एक ऊष्मा इंजन (heat engine) की तरह कार्य करता है एवम् बाहरी तापमान के साथ इसका अनुकूलन (adaptation) एवम् संतुलन (equilibrium) सुखद एवम् उपयुक्त परिस्थिति के आभास के लिये आवश्यक है।

क्योंकि सुखद एवम् उपयुक्त वातावरण की परिभाषा व्यक्तिपरक (subjective) होती है, पारिवेशिक एवम् व्यक्तिगत कारकों (ambience and personal factors) के कारण इसमें बड़ी विविधता (large variations) देखी गई हैं। इसके मुख्य कारण हैं

- मेटाबॉलिक स्तर (निर्भर करता है आयु, लिंग, शारीरिक डीलडौल, जीवन शैली इत्यादि पर। उद्वेग अवस्था (anxiety) भी मेटाबॉलिक स्तर को क्षणिक रूप से प्रभावित करती है)
- माध्य दीप्तिमान तापमान (Mean Radiant Temperature)
- पारिधानिक तपावरोधन (dress insulation)
- हवा का तापमान एवम् गति (air temperature and speed) एवम्
- आर्द्रता (humidity)

उपरोक्त कारणों के अलावा पसीने से त्वचा की नमी और हवा की आर्द्रता से प्रतीत तापमान (apparent temperature) भी व्यक्ति पर निर्भर करता है। मानव शरीर लगभग 60% जल (water) से बना है। अंतरिक्ष में गुर्तवाकर्षण के अभाव में शरीर के अंदर जल का वितरण (distribution) प्रभावित होता जिससे शरीर की प्राकृतिक ऊष्मा विनिमय प्रणाली (natural heat distribution system) की कार्यक्षमता प्रभावित होती है। अंतरिक्ष उड़ान संबंधित कई अन्य प्रमुख एवम् गौण जोखिम (major and minor space flight hazards) जो शरीर की ऊष्मा विनिमय प्रणाली को प्रभावित करते हैं।

इन्ही कारकों के कारण , आरामदायक वातावरण के सर्वमान्य (widely acceptable) मापदण्ड (standard) की परिभाषा कठिन है एवं अंतरिक्ष उड़ान के संदर्भ में और कठिन है। अंततः, सुखद वातावरण में मनुष्य के मेटाबॉलिक ऊष्मा सृजन (metabolic heat generation) एवम् शरीर से ऊष्मा विनिमय (body heat transfer) में सम्पूर्ण संतुलन रहता है जिससे शरीर का तापमान निरंतर निर्धारित सीमा के भीतर बना रहता है।

सारांश में अंतरिक्ष यान में सुखद एवम् अनुकूल वातावरण का स्पष्ट प्रभाव अंतरिक्ष यात्री की युक्ततम (optimal) कार्यक्षमता एवम् मनोदशा पर होता है। यान का वातावरण यदि अनुकूल न हो तो इसके गंभीर परिणाम एवम् विफलता संभावित है (possibility of dire consequences and failure)। विश्व की सभी स्पेस एजेंसीज़ इस विषय पर व्यापक शोध कर रही हैं जिसका उद्देश्य मानव अन्तरिक्ष अभियान को सुरक्षित बनाना है।

ASHRAE 55 मापदण्ड (standard) को मानव अधिभोग (human occupancy) के लिये उपयुक्त वातावरण (comfortable environment) के आकलन के लिये व्यापक रूप से प्रयोग में लाया जाता है। इसमें पारिवेशिक प्रकाश एवम् ध्वनिकी (ambient lighting and acoustics), नैदानिक कारकों

(clinical factors) या अन्य कारक जो शरीर के मेटाबॉलिक स्तर या तापमान को प्रभावित कर सकते हैं को नज़रंदाज़ किया गया है।

5. उष्ण रक्तिता नियंत्रण प्रणाली का प्रतिरूपण (Modelling of Thermoregulation system)

उपरोक्त प्रणाली के प्रतिरूप का उपयोग इस जैविक प्रक्रिया के अनुकरण (simulation) के लिये किया जाता है। चूँकि यह एक जटिल प्रक्रिया है एवम् इसमें शरीर की बहुत सी ज्ञानेन्द्रियाँ एवम् प्रणालियाँ सम्मिलित हैं, इसलिये इसके प्रतिरूप (model) को विधिमान्य (validate) करना कठिन है। एस कार्य के लिये निम्नलिखित पद्दतियाँ प्रयोग में लायी जाती हैं।

- सांख्यिक प्रतिरूपक (Mathematical Model)
- जैविक प्रतिरूपक (Physiological Model)
- कंप्यूटेशनल तंत्रिका प्रतिरूपक (Computational Neuroscience Models)
- सीएफ़डी (CFD) प्रतिरूपक
- परिमित अंश प्रतिरूपक (FEM मॉडल)
- उष्णरक्तिता प्रतिमूर्ति (thermal mannequin)

उपरोक्त पद्दतियों के बावजूद, थर्मोरेग्यूलेशन प्रक्रिया की मॉडलिंग करना चुनौतीपूर्ण है। थर्मोरेग्यूलेशन मॉडलिंग की कुछ प्रमुख जटिलताएँ निम्नलिखित हैं :

- गैर-रैखिक और समय-परिवर्तनीय प्रणाली (Non-Linear and Time-Varying System)
- बहु-कारकीय प्रकृति (Multi-Factorial Nature)
- व्यक्तिगत विभिन्नता (Individual Variability):
- स्थानिक और लौकिक परिवर्तनशीलता (Spatial and Temporal Variability)
- व्यापक डेटा का अभाव (Lack of Comprehensive Data)
- सिमुलेशन की परिसीमा बाध्यता को परिभाषित करना (defining boundary conditions of simulations)
- बहुविषयक ज्ञान का एकीकरण (Integration of Multidisciplinary Knowledge)
- सत्यापन एवम् नैतिक बाधाएँ (Validation and Ethical Constraints)

इन जटिलताओं को संबोधित करने के लिए शोधकर्ताओं को ज़रूरत है:

- उन्नत गणितीय मॉडलिंग तकनीकों की।
- अनेक स्त्रोतों से विभिन्न प्रकार के डेटा को गणितीय मॉडलिंग में उपयोग में लाना । इससे गणितीय मॉडल का सत्यापन शशक्त होगा।
- व्यापक बहुविषयक सहयोग एवम् एकीकरण।
- उन्नत तकनीक के सेंसर का विकास जो शारीरिक पैरामीटर्स को बिना त्रुटि माप सके।

अन्तरिक्ष यात्रा के संदर्भ में ,थर्मोरेग्यूलेशन विषय पर शोध एक महत्वपूर्ण विषय है। यह शोध से इस जैविक प्रणाली की जटिलताओं को सुलझाने के सतत प्रयास को बल मिलेगा जिसके परिणामस्वरूप से कई रोगों के निदान में सहायता मिलेगी एवम् अंतरिक्ष यात्रा में अनुकूल थर्मल प्रबंधन रणनीति को बनाने में सुगमता होगी ।

लेखक परिचय :

अनुराग कुमार सिन्हा, अंतरिक्ष अन्वेषण के क्षेत्र में एक उल्लेखनीय यात्रा के साथ एक निपुण पेशेवर। उन्होंने ISRO के भीतर VSSC में ASMG डिवीजन में एक सिस्टम इंजीनियर के रूप में अपना करियर शुरू किया, जहां उनके समर्पण और विशेषज्ञता ने उन्हें SRE के उप परियोजना निदेशक और बाद में GSLV परियोजना में एक कार्यक्रम प्रबंधक बनने के लिए प्रेरित किया। एक शानदार ट्रैक रिकॉर्ड के साथ, उन्होंने HSFC की एक प्रतिष्ठित इकाई, BERCAT में समूह निदेशक के रूप में अपनी वर्तमान स्थिति पर चढ़ने से पहले DHSP में एसोसिएट निदेशक की भूमिका निभाई। अनुराग कुमार सिन्हा की अटूट प्रतिबद्धता और विशेषज्ञता एयरोस्पेस उद्योग में प्रगति को आगे बढ़ा रही है।

आशुतोष कुमार, HSFC ISRO के भीतर प्रतिष्ठित BERCAT इकाई में एक सिस्टम इंजीनियर के रूप में, आशुतोष की विशेषज्ञता और समर्पण अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के भविष्य को आकार देने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। वर्तमान में IIT Delhi से M.Tech की डिग्री के साथ स्वदेशी IVA अंतरिक्ष सूट के विकास में सक्रिय रूप से शामिल हैं, जो अत्याधुनिक नवाचार और अंतरिक्ष अन्वेषण के प्रति उनके जुनून को दर्शाता है।

29. समानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन में मानवीय अनुकूलन

(Human Factors in HSF Mission)

पाटील गोकर्ण हणमंतराव

वैज्ञानिक/ अभियंता 'एससी', एस्ट्रे

सारांश:

समानव अंतरिक्ष उड़ान (जिसे मानव अंतरिक्ष उड़ान या चालक दल अंतरिक्ष उड़ान के रूप में भी जाना जाता है) एक अंतरिक्ष यान पर चालक दल या यात्रियों के साथ अंतरिक्ष उड़ान है, अक्सर अंतरिक्ष यान सीधे मानव चालक दल द्वारा संचालित किया जाता है। अंतरिक्ष यान को पृथ्वी पर ग्राउंड स्टेशनों से दूर से या स्वायत्त रूप से, बिना किसी प्रत्यक्ष मानवीय भागीदारी के भी संचालित किया जा सकता है। पिछले वर्षों में, दुनिया ने अंतरिक्ष में पहले आदमी से लेकर, चंद्रमा पर उतरने तक, मानवयुक्त अंतरिक्ष स्टेशनों पर स्थायी मानव उपस्थिति तक प्रगति की है। मानव जाति अब और भी दूर तक खोज करने के लिए तैयार है। इस लेख का उद्देश्य भविष्य के अंतरिक्ष उड़ान मिशनों के लिए परिप्रेक्ष्य तकनीकी और लागत-प्रभावीता मानदंडों का विश्लेषण करना है । अंतरिक्ष उड़ान मिशन के लिए विभिन्न कारकों पर विचार करने की आवश्यकता है जैसे अंतरिक्ष भोजन, अंतरिक्ष चिकित्सा और स्वास्थ्य, अंतरिक्ष में मानव शरीर विज्ञान और मनोविज्ञान, अंतरिक्ष यान एर्गोनॉमिक्स, अंतरिक्ष यात्रियों की पुनर्प्राप्ति और पुनर्वास, अंतरिक्ष विकिरण, जीवन समर्थन प्रणाली, आदि। निम्नलिखित लेख विभिन्न प्रभाव कारकों का विस्तार से वर्णन करता है, जिन पर मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशनों में विचार करने की आवश्यकता है।

मुख्य शब्द: अन्वेषण, चिकित्सा, विकिरण, प्रणाली ।

प्रस्तावना :

इस लेख में लेखक द्वारा कुछ मानवीय कारकों को संक्षेप में बताने का प्रयास किया गया है जो समानव अंतरिक्ष उड़ान मिशनों में महत्वपूर्ण हैं।

लेख :

अंतरिक्ष उड़ान उन यात्राओं को संदर्भित करती है जो समुद्र तल से 100 किमी से अधिक की दूरी पर होती हैं। अंतरराष्ट्रीय स्तर पर मान्यता प्राप्त इस ऊंचाई सीमा को करमन लाइन के नाम से जाना जाता है। व्यापक शब्दों में करमन रेखा वह ऊंचाई है जिसके ऊपर वातावरण पर्याप्त रूप से घना होता है क्योंकि पारंपरिक विमानों की वायुगतिकीय नियंत्रण सतहों को प्रभावी बनाया जा सकता है; इससे परे अंतरिक्ष स्थित है।

मानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम अंतरिक्ष उड़ान में मनुष्यों को भेजने में समर्थ है। इस लेख के प्रयोजन के लिए मानव अंतरिक्ष उड़ान की तीन श्रेणियां हैं:

i) उपकक्षीय

ii) निम्न पृथ्वी कक्षा (उदाहरण के लिए अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन)

iii) अन्वेषण वर्ग मिशन (उदाहरण के लिए चंद्रमा और मंगल ग्रह के लिए मिशन)

मानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम ने वैज्ञानिक और तकनीकी अनुसंधान के कई क्षेत्रों में अपनी पहचान बनाई है। आने वाले दशकों में और प्रगति की उम्मीद की जा सकती है क्योंकि मनुष्य नई दुनिया का पता लगाने के लिए आगे बढ़ेंगे, जिससे दुनिया में गतिशील ज्ञान-आधारित समाज बनाने के देशों के रणनीतिक उद्देश्य का समर्थन होगा।

मानव अंतरिक्ष मिशनों का पता लगाने के लिए विभिन्न अंतरिक्ष एजेंसियों द्वारा यह अभूतपूर्व गतिविधि रही है। अब तक संयुक्त राज्य अमेरिका) रूस और चीन ने मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन पूरा कर लिया है। नासा को धन्यवाद, अमेरिका अंतरिक्ष में मनुष्यों को भेजने वाला दूसरा देश था, चंद्रमा पर मनुष्यों को उतारने वाला पहला देश था, और अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन या आईएसएस के प्रमुख योगदानकर्ताओं में से एक था। नासा की अतिरिक्त उपलब्धियों में अंतरिक्ष शटल कार्यक्रम, वोयाजर और मेरिनर जांच, और मंगल ग्रह पर जिज्ञासा और दृढ़ता शामिल हैं।

रूस ने पिछले 70 वर्षों के दौरान दो अलग-अलग अंतरिक्ष एजेंसियों को नियुक्त किया है। सबसे पहले कोस्मिचेस्काया प्रोग्राम एसएसएसआर आया, जो 1955 से 1991 में सोवियत संघ के विघटन तक सक्रिय था। एसएसएसआर ने रूस को अंतरिक्ष मिशन शुरू करने वाला पृथ्वी पर पहला देश बनने में सक्षम बनाया, साथ ही अंतरिक्ष में मनुष्यों को भेजने वाला पहला देश बनाया। -अंतरिक्ष यात्री यूरी गगारिन ने 12 अप्रैल 1961 को पृथ्वी की एक कक्षा पूरी की, इससे कुछ सप्ताह पहले ही अंतरिक्ष यात्री एलन शेफर्ड 5 मई को अंतरिक्ष में जाने वाले पहले अमेरिकी बने थे।

चीन का अंतरिक्ष कार्यक्रम दो सहयोगी एजेंसियों से बना है, चीन राष्ट्रीय अंतरिक्ष प्रशासन और चीन मानवयुक्त अंतरिक्ष एजेंसी (सीएमएसए)। संयुक्त राज्य अमेरिका और रूस के बाद चीन स्वतंत्र रूप से अंतरिक्ष में मानव भेजने वाला तीसरा देश है।

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन भारत सरकार के अंतरिक्ष विभाग द्वारा समर्थित अंतरिक्ष और संबद्ध विज्ञान के लिए एक अनुसंधान संस्थान है। उपग्रहों और अलौकिक मिशनों को लॉन्च करने की क्षमता वाली मुट्ठी भर एजेंसियों में से एक, संस्थान ने भारत को अंतरिक्ष-संबंधित अनुसंधान और विकास में अग्रणी योगदानकर्ता बना दिया है। भारत का पहला उपग्रह, आर्यभट्ट, सोवियत संघ द्वारा 1975 में लॉन्च किया गया था, और देश ने 1980 में पहली बार अपने दम पर एक उपग्रह अंतरिक्ष में लॉन्च किया था। उस समय से, भारत ने चंद्रमा और मंगल ग्रह पर जांच शुरू करने के साथ-साथ स्थापना भी की है। नौवहन उपग्रहों के दुनिया के सबसे बड़े बेड़े में से एक। आगामी वर्षों में इसरो ने मानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन की योजना बनाई है।

भारत के मानव स्पेस मिशन में इसरो अहम भूमिका में होगा. इस मिशन के तहत साल 2024 तक कम से कम 2 अंतरिक्ष यात्रियों को अंतरिक्ष में भेजने की तैयारी है.

समानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन के लिए विभिन्न कारकों पर विचार करने की आवश्यकता है जैसे अंतरिक्ष भोजन, अंतरिक्ष चिकित्सा और स्वास्थ्य, अंतरिक्ष में मानव शरीर विज्ञान और मनोविज्ञान, अंतरिक्ष यान

एर्गोनॉमिक्स, अंतरिक्ष यात्रियों की पुनर्प्राप्ति और पुनर्वास, अंतरिक्ष विकिरण, जीवन समर्थन प्रणाली, आदि। इस लेख में लेखक द्वारा कुछ मानवीय कारकों को संक्षेप में बताने का प्रयास किया गया है जो समानव अंतरिक्ष उड़ान मिशनों में महत्वपूर्ण हैं।

अंतरिक्ष भोजन -

भोजन और पोषण ने दैनिक जीवन में मानव स्वास्थ्य की प्रभावशीलता को बहुत प्रभावित किया है। लंबी अवधि के मानव-चालक दल मिशनों के दौरान अंतरिक्ष यात्रियों के स्वास्थ्य, खुशी और जीवन शक्ति को बनाए रखना हाल ही में एक आवश्यक और महत्वपूर्ण अनुसंधान क्षेत्र के रूप में उभरा है। अधिकांश अंतरिक्ष अन्वेषण मिशनों ने इस महत्वपूर्ण पैरामीटर को ध्यान में रखा था और उचित अंतरिक्ष भोजन मानक बनाकर अंतरिक्ष यात्रियों के स्वास्थ्य को सुनिश्चित करने के विभिन्न तरीकों की खोज की थी। प्रौद्योगिकी के विकास के साथ, अब पोषक तत्व घनत्व, अनुकूलित पैकेजिंग, संरक्षण, नवाचार, चुनौतियों और अनुप्रयोगों जैसे कारकों को ध्यान में रखते हुए, माइक्रोग्रैविटी पर्यावरण के लिए भोजन तैयार करने पर अधिक ध्यान दिया जा रहा है। अंतरिक्ष में मानव स्थायित्व के लिए, मनुष्यों को उनकी पोषण संबंधी जरूरतों को पूरा करने के लिए ताजे भोजन की पर्याप्त आपूर्ति प्रदान करना महत्वपूर्ण है। ऐसा करने से, अंतरिक्ष यात्री मनोवैज्ञानिक तनाव, माइक्रोग्रैविटी और अंतरिक्ष से विकिरण जोखिम से जुड़े स्वास्थ्य जोखिमों को कम कर सकते हैं। वे जो खाना खाते हैं वह एक महत्वपूर्ण कारक प्रतीत होता है। अल्पकालिक अंतरिक्ष अभियानों के लिए अंतरिक्ष यात्रियों का भोजन पृथ्वी से लाया जा सकता है। फिर भी, चंद्रमा, मंगल और अन्य दूर के मिशनों के लिए दीर्घकालिक अंतरिक्ष मिशनों के लिए, जो वर्तमान अनुसंधान गंतव्य हैं, उन्हें खाने का एक तरीका खोजना होगा, जैसे कि पौधों की खेती करना या जीवित रहने के अन्य साधन ढूंढना।

वैज्ञानिक और शोधकर्ता नवीन खाद्य उत्पादन प्रौद्योगिकियों या प्रणालियों को विकसित करने का प्रयास कर रहे हैं, जिनके लिए लंबी अवधि के अंतरिक्ष मिशनों के लिए सुरक्षित, पोषण संबंधी संतुलित और स्वादिष्ट भोजन को अधिक समय तक अच्छी स्थिति में रखा जा सकता है ।

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) अध्ययन और अनुसंधान के माध्यम से अंतरिक्ष भोजन में प्रगति और नवाचार लाने के लिए कोशिश करता है। इस बीच, NASA (नेशनल एरोनॉटिक्स एंड स्पेस एडमिनिस्ट्रेशन) अंतरिक्ष भोजन पर शोध और विकास पर सालाना हजारों बिलियन डॉलर खर्च करता है। अंतरिक्ष भोजन की अवधारणा अंतरिक्ष यात्रियों द्वारा उपयोग के लिए विशेष रूप से निर्मित और तैयार किए गए खाद्य पदार्थों को संदर्भित करती है।

अंतरिक्ष भोजन को सघन, उपभोग में आसान और हल्का होना चाहिए । इसकी आयु लंबी होनी चाहिए और शून्य-गुरुत्वाकर्षण वातावरण में खुद को बनाए रखने के लिए इसका उत्पादन किया जाना चाहिए। लक्ष्य स्वीकार्य और स्वादिष्ट खाद्य पदार्थ उपलब्ध कराना है जिनका स्वाद हमारे द्वारा पृथ्वी पर खाए जाने वाले खाद्य पदार्थों जैसा हो। अंतरिक्ष उड़ान के दौरान, अंतरिक्ष यात्रियों को न केवल अपनी पोषण संबंधी जरूरतों को पूरा करने के लिए बल्कि शरीर पर अंतरिक्ष उड़ान के प्रतिकूल प्रभावों को कम करने के लिए पर्याप्त भोजन का सेवन करना चाहिए। जैसे-जैसे अंतरिक्ष यात्री पृथ्वी से दूर जाते हैं, ग्रहीय भौतिकी के कारण नियमित रूप से भोजन की भरपाई करना असंभव हो जाता है। इसलिए, यह सुनिश्चित करना आवश्यक है कि अंतरिक्ष खोजकर्ताओं को स्वस्थ रखने के लिए अंतरिक्ष भोजन पर्याप्त पोषक हो। वर्तमान

में, अंतरिक्ष यात्रियों को विभिन्न प्रकार के खाद्य पदार्थों तक पहुंच प्राप्त है। हालाँकि, पर्यावरणीय परिवर्तनों के कारण, अंतरिक्ष यात्री विस्तारित मिशनों से जुड़े अंतरिक्ष में कई मनोवैज्ञानिक स्वास्थ्य परिवर्तनों से पीड़ित होते हैं। इसलिए, खाद्य विज्ञान अनुसंधान को अंतरिक्ष मनोविज्ञान के साथ जोड़ना आवश्यक है, जिससे हम अंतरिक्ष यात्रियों के लिए मनोसामाजिक और शारीरिक लाभों वाला भोजन विकसित कर सकें।

भारत के मानव अंतरिक्ष कार्यक्रम "गगनयान" की बात करें तो, गगनयान मिशन में अंतरिक्ष में जाने वाले अंतरिक्ष यात्रियों को पृथ्वी पर अक्सर मिलने वाले भोजन की कमी नहीं होगी क्योंकि मैसूर स्थित रक्षा खाद्य अनुसंधान प्रयोगशाला (डीएफआरएल), एक डीआरडीओ प्रयोगशाला है जो साजो-सामान संबंधी सहायता प्रदान करती है। खाद्य आपूर्ति के क्षेत्र में सशस्त्र बलों ने खाद्य पदार्थों की एक विस्तृत श्रृंखला विकसित की है जिन्हें अंतरिक्ष में खाया जा सकता है।

गगनयान कार्यक्रम के पूर्व निदेशक द्वारा हाल ही में बातचीत में कहा गया, “मुझे यकीन है कि डीएफआरएल द्वारा विकसित खाद्य पदार्थ हमारे अंतरिक्ष यात्रियों द्वारा पसंद किए जाएंगे। पृथ्वी पर हम जो कुछ भी खा रहे हैं वह अंतरिक्ष में खाद्य पदार्थों के रूप में पाया जा सकता है, जिसमें सब्जी बिरयानी, आलू पराठा, सब्जी पुलाव, मूंग दाल हलवा, दाल खिचड़ी और विभिन्न प्रकार के खाने के लिए तैयार व्यंजन शामिल हैं, मिशन के लिए विकसित किए गए हैं। ” एचएसएफसी, इसरो, बेंगलुरु ।

(स्रोत- द हिंदू न्यूज पेपर)

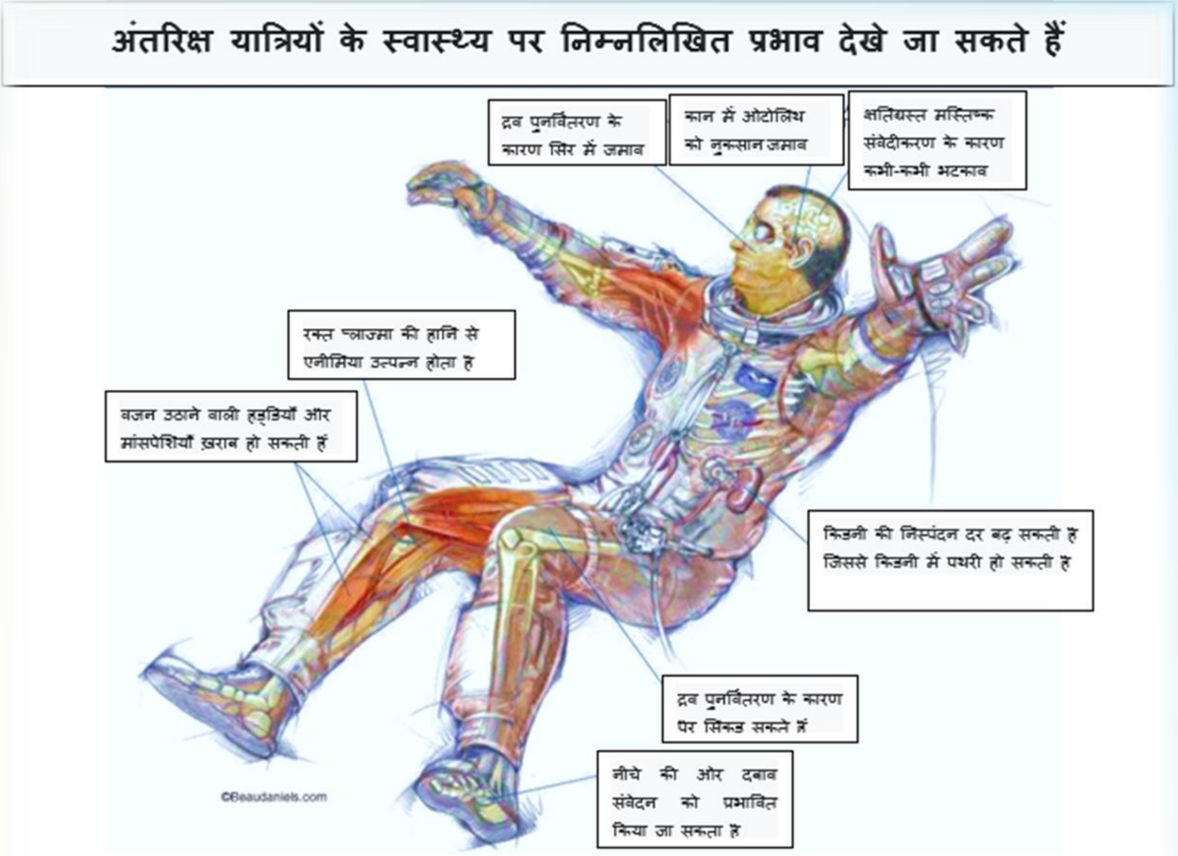
अंतरिक्ष चिकित्सा एवं स्वास्थ्य –

अंतरिक्ष चिकित्सा अंतरिक्ष की मानव खोज के लिए मौलिक है। यह इस चुनौतीपूर्ण और संभावित घातक वातावरण में अस्तित्व, कार्य और प्रदर्शन का समर्थन करता है। यह अंतरराष्ट्रीय, अंतरसांस्कृतिक और अंतःविषय है, जो अन्वेषण, विज्ञान, प्रौद्योगिकी और चिकित्सा की सीमाओं पर काम करता है। अंतरिक्ष चिकित्सा को मोटे तौर पर इस प्रकार परिभाषित किया जा सकता है: "स्क्रीनिंग, स्वास्थ्य देखभाल वितरण, और अंतरिक्ष के चरम वातावरण में मानव प्रदर्शन को बनाए रखने और अंतरिक्ष यात्रियों के दीर्घकालिक स्वास्थ्य को संरक्षित करने सहित निवारक चिकित्सा के सभी पहलुओं का अभ्यास"।

अंतरिक्ष यात्रियों को जिन खतरों का सामना करना पड़ सकता है वे न्यूनतम नहीं हैं, शारीरिक और मानसिक स्वास्थ्य पर प्रभाव महत्वपूर्ण हो सकते हैं। इसलिए अंतरिक्ष उड़ान के लिए चिकित्सा मानकों ने पारंपरिक रूप से एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है; इसका उद्देश्य पहले से मौजूद किसी भी चिकित्सीय स्थिति का चयन करना है जो चालक दल की सुरक्षा या मिशन के लक्ष्यों को खतरे में डाल सकती है। अंतरिक्ष उड़ान के लिए चिकित्सा मानकों को इच्छित मिशन प्रोफ़ाइल और व्यापक दल के भीतर व्यक्ति की भूमिका के संबंध में विचार किया जाना चाहिए।

अंतरिक्ष यात्रियों के लिए स्वास्थ्य प्रबंधन कार्यों को बड़े पैमाने पर तीन अवधियों में वर्गीकृत किया गया है: अंतरिक्ष उड़ान से पहले, दौरान और बाद में। टीम इनमें से प्रत्येक अवधि के दौरान अंतरिक्ष यात्रियों को स्वस्थ रखने के लिए आवश्यक कार्य करती है। माइक्रोग्रैविटी में एक विस्तारित अवधि बिताने से निचले अंगों में मांसपेशियों की हानि और हड्डी के द्रव्यमान का नुकसान होता है।

इन्हें रोकने के लिए, मेडिकल ऑपरेशंस आवश्यकताएं में यह निर्धारित किया गया है कि आईएसएस पर अंतरिक्ष यात्रियों को तीन उपकरणों पर प्रतिदिन कम से कम दो घंटे व्यायाम करना होगा: एक ट्रेडमिल, एक एर्गोमीटर और प्रतिरोध व्यायाम उपकरण। इसके अलावा, व्यायाम के प्रभावों का मूल्यांकन करने के लिए आईएसएस पर समय-समय पर शारीरिक प्रदर्शन मूल्यांकन आयोजित किया जाता है। जाहिरा तौर पर, जो अंतरिक्ष यात्री अंतरिक्ष में व्यायाम करने के प्रति मेहनती होते हैं, वे पृथ्वी पर लौटने के बाद जल्दी ही अपनी मांसपेशियों की ताकत हासिल कर लेते हैं और पुनर्वास कार्यक्रम में कम समय बिताते हैं। अंतरिक्ष यात्रियों के शारीरिक और मनोवैज्ञानिक स्वास्थ्य को बनाए रखने के लिए भोजन आवश्यक है क्योंकि वे अंतरिक्ष के चरम वातावरण में महत्वपूर्ण मिशनों का संचालन करते हैं।



आकृति 1. लंबी अंतरिक्ष यात्रा के बाद मानव शरीर पर प्रभाव

अंतरिक्ष यात्रियों का भोजन और पोषण संतुलन सुनिश्चित करने के लिए आईएसएस पर आहार की निगरानी जमीन से की जाती है। साइकोफिजियोलॉजिकल समर्थन मिशन की सफलता की एक प्रमुख कुंजी है क्योंकि मानसिक स्वास्थ्य में गिरावट से अंतरिक्ष यात्रियों की कार्यकुशलता कम हो सकती है या थकान हो सकती है। आईएसएस पर अंतरिक्ष यात्रियों के मानसिक स्वास्थ्य और कल्याण को निजी परामर्श की पेशकश और उन्हें नियमित आधार पर अपने परिवारों को कॉल करने का समय देकर सहायता प्रदान की जाती है। (स्रोत - नासा)

सामान्य पुनर्वास कार्यक्रम में तीन चरण होते हैं।

i) जो वापसी के तीन दिन बाद तक चलता है, मालिश, स्ट्रेचिंग और सहायक चलने पर केंद्रित है।

ii) जो वापसी के दो सप्ताह बाद तक चलता है, अंतरिक्ष यात्री विभिन्न व्यायाम जैसे पानी के नीचे चलना, साइकिल एर्गोमीटर पर पैडल चलाना और हल्का चलना शुरू कर देते

iii) वे दौड़ना और अधिक गहन शक्ति प्रशिक्षण करना शुरू करते हैं। 45 दिनों के बाद, अंतरिक्ष यात्रियों को अपने सामान्य जीवन में लौटने की अनुमति दी जाती है, जबकि उनकी व्यक्तिगत रिकवरी की निगरानी की जाती है। (स्रोत - जाक्सा)

अंतरिक्षयात्रियों की पुनर्प्राप्ति और पुनर्वास -

मानवयुक्त अंतरिक्ष उड़ान माइक्रोग्रैविटी में एक सीमित स्थान में रहने और काम करने से एर्गोनॉमिक रूप से बाधित होती है, जहां छोटी और लंबी अवधि के मिशनों पर अंतरिक्ष यात्रियों को पृथ्वी पर प्राप्त होने वाले दैनिक विकिरण स्तर से काफी ऊपर उजागर किया जाता है।

माइक्रोग्रैविटी में रहने से, विशेष रूप से अंतरिक्ष उड़ान पर लंबी अवधि के मिशनों पर रहने से अंतरिक्ष यात्रियों के स्वास्थ्य पर हानिकारक शारीरिक और मनोवैज्ञानिक प्रभाव पड़ता है और केवल एक मिशन पर अंतरिक्ष यात्रियों को पृथ्वी पर जीवनकाल में सामान्य रूप से प्राप्त संचयी विकिरण खुराक के संपर्क में आना पड़ सकता है। अंतरिक्ष उड़ान एर्गोनॉमिक्स तीन कारकों से बाधित है जो अंतरिक्ष यात्रियों के दैनिक जीवन को प्रभावित करते हैं। निम्नलिखित हैं –

i) माइक्रोग्रैविटी.

ii) अंतरिक्ष विकिरण.

iii) प्राकृतिक आवास का अभाव.

अंतरिक्ष का भारहीन वातावरण स्वस्थ अंतरिक्ष यात्रियों पर विशिष्ट शारीरिक अनुकूलन थोपता है। पृथ्वी पर लौटने पर, ये अनुकूलन शारीरिक हानि के रूप में प्रकट होते हैं जिसके लिए पुनर्वास की अवधि की आवश्यकता होती है। शारीरिक परिवर्तन माइक्रोग्रैविटी में उतार-चढ़ाव के परिणामस्वरूप होते हैं और अपेक्षाकृत स्थिर स्थलीय रोगी आबादी जैसे रीढ़ की हड्डी, वृद्धावस्था, या बिना शर्त बिस्तर पर आराम करने वाले रोगियों में देखे जाने वाले परिवर्तनों के साथ अत्यधिक सहसंबद्ध होते हैं।

उड़ान के बाद पुनर्वास की आवश्यकता वाली प्रमुख हानियों में ऑर्थोस्टैटिक असहिष्णुता, अस्थि विखनिजीकरण और न्यूरोमेटाबोलिक लक्षण शामिल हैं। अंतरिक्ष एजेंसियां विस्तारित अवधि के मिशनों की तैयारी कर रही हैं, जिनमें चंद्रमा का उपनिवेशीकरण और मंगल ग्रह का अंतरग्रही अन्वेषण शामिल है। लंबी अवधि की इन उड़ानों के परिणामस्वरूप कर्मी दल अधिक गंभीर और अधिक लंबी विकलांगता होगी, जो संभवतः पृथ्वी पर सुरक्षित वापसी के बिंदु से परे होगी।

अंतरिक्ष उड़ान के दौरान मनुष्यों द्वारा अनुभव की गई कई पर्यावरणीय स्थितियाँ उन स्थितियों से बहुत भिन्न हैं जिनमें मनुष्य का विकास हुआ; हालाँकि, अंतरिक्ष यान या स्पेससूट द्वारा पेश की जाने वाली तकनीक लोगों को सबसे कठिन परिस्थितियों से बचाने में सक्षम है।

एक जीवन समर्थन प्रणाली सांस लेने योग्य हवा और पीने योग्य पानी की तत्काल जरूरतों को संबोधित करता है। इसे स्वीकार्य सीमा के भीतर तापमान और दबाव भी बनाए रखना चाहिए और शरीर के अपशिष्ट उत्पादों से निपटना चाहिए। विकिरण और सूक्ष्म उल्कापिंड जैसे हानिकारक बाहरी प्रभावों से बचाव भी आवश्यक है।

कुछ खतरों को कम करना कठिन है, जैसे भारहीनता, जिसे सूक्ष्मगुरुत्वाकर्षण वातावरण के रूप में भी परिभाषित किया गया है। इस प्रकार के वातावरण में रहने से शरीर पर तीन महत्वपूर्ण तरीकों से प्रभाव पड़ता है:

i) प्रोप्रियोसेप्शन की हानि ।

ii) द्रव वितरण में परिवर्तन ।

iii) मस्कुलोस्केलेटल प्रणाली का बिगड़ना।

अंतरिक्ष विकिरण -

अंतरिक्ष विकिरण, पृथ्वी पर हमारे द्वारा अनुभव किए जाने वाले विकिरण के प्रकार से भिन्न है। अंतरिक्ष विकिरण उन परमाणुओं से बना है जिनमें इलेक्ट्रॉनों को दूर कर दिया गया है क्योंकि अंतरतारकीय अंतरिक्ष में परमाणु की गति प्रकाश की गति के करीब पहुंच गई है - अंततः, केवल परमाणु का नाभिक ही बचा है। पृथ्वी का वायुमंडल और चुंबकीय ढाल हमें ब्रह्मांडीय विकिरण से बचाते हैं। पृथ्वी का चुंबकीय कवच हमें ब्रह्मांडीय विकिरण से बचाता है और भूमध्य रेखा पर सबसे मजबूत और ध्रुवों के पास सबसे कमजोर होता है। चुंबकीय ढाल अधिकांश विकिरण को पृथ्वी के चारों ओर मोड़ देती है। लेकिन अंतरिक्ष यात्रियों के लिए परिदृश्य अलग है।

अंतरिक्ष यान की दीवारों की सहनशीलता बढ़ाना अंतरिक्ष यात्रियों को सूर्य से कम ऊर्जा वाले कणों से बचाने के लिए पर्याप्त होगा, हालांकि उच्च ऊर्जा वाली गैलेक्टिक ब्रह्मांडीय किरणें और भी अधिक विकिरण उत्पन्न करने के लिए परिरक्षण सामग्री के साथ बातचीत करेंगी।

हाल ही में इसरो ने अपने गगनयान मिशन के लिए टीकेटी (टेफ्लॉन-कैप्टन-टेफ्लॉन) तार का उपयोग शुरू किया है जो विकिरण प्रतिरोधी है।

मुझे लगता है कि विभिन्न अंतरिक्ष एजेंसियों के अध्ययन के साथ-साथ उपरोक्त सभी पैरामीटर मानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

निष्कर्ष :

विभिन्न अंतरिक्ष एजेंसियों के अध्ययन के साथ-साथ उपरोक्त सभी पैरामीटर समानव अंतरिक्ष उड़ान कार्यक्रम में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। निम्नलिखित लेख के माध्यम से लेखक द्वारा समानव अंतरिक्ष उड़ान मिशन में मानवीय अनुकुलन के पैरामीटर्स को संख्शिप्त रुप से विव्रन करने का प्रयास किया गया है ।

संदर्भ :

1. https://www.nasa.gov/feature/goddard/real-martians-how-to-protect-astronauts-from-space-radiation-on-mars
2. https://www.asc-csa.gc.ca/eng/youth-educators/activities/fitness-and-nutrition/return-and-reconditioning.asp
3. https://www.researchgate.net/publication/281102937_The_Ergonomics_of_Human_Spaceflight_NASA_Vehicle_and_Spacesuits
4. https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0007091217541252-gr2_lrg.jpg
5. https://humans-in-space.jaxa.jp/en/biz-lab/med-in-space/
6. https://www.isro.gov.in/Gaganyaan.html

लेखक परिचय :

पाटील गोकर्ण हणमंतराव -वैज्ञानिक/ अभियंता ‘एससी’, एस्ट्रे लेखक दिसंबर 2021 में एचएसएफसी में अभियंता ‘एससी’ के पद मे शामिल हुए थे। जनवरी-2022 से मई-2023 तक लेखक ने वीएसएससी में एवियोनिक्स इकाई में काम किया है। मई-2023 से वह एस्ट्रे, एचएसएफसी में काम कर रहे हैं।

30. अंतरिक्ष में प्रयोग
(Experiments in Space)

नागेश, लियोस

सारांश
अंतरिक्ष कई चुनौतियों और अवसरों को भी प्रदान करता है। अंतरिक्ष में माइक्रोगेविटी और उच्च निर्वात पृथ्वी आधारित विनिर्माण के विपरीत विभिन्न निर्माण प्रक्रियाओं को बहुत आसानी और अधिक दक्षता के साथ करने के लिए अनुकूल है। आने वाले वर्षों में इसरो को अंतरिक्ष स्टेशनों का निर्माण करना चाहिए और कंटेनर रहित विनिर्माण की मदद से उच्च शुद्धता धातुओं और मिश्र धातुओं के निर्माण के लिए जोर देना चाहिए जिसमें कंटेनर से अशुद्धियों को अनजाने में पिघली हुई धातु में नहीं जोड़ा जाता है। अल्ट्रा शुद्ध दवाओं के निर्माण से अंतिम छोर रोगों के समाधान खोजने का मार्ग प्रशस्त होगा।

प्रस्तावना
पिछले कुछ वर्षों में इसरो ने स्वदेश निर्मित रॉकेटों के साथ सुदुर संवेदि और संचार उपग्रह की कई संख्या मे अभिकल्पन, विक विकास और प्रमोचन किया है जिन्होंने हमारे देश में लाखों लोगों के जीवन को बदल दिया है। इन सफल अभियानो के बाद इसरो ने एस्ट्रोसैट, चंद्रयान -1, 2 और 3, मार्स ऑर्बिटर अभियान जैसे वैज्ञानिक अभियानो को करके अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में नए अखाड़े बना दिए हैं। इसरो ने अंतरिक्ष यान पुनर्प्राप्ति प्रयोग के प्रक्षेपण द्वारा पुन: प्रवेश की घटनाओं का सफलतापूर्वक प्रदर्शन किया है। (एसआरई)।

गगनयान के विकास के साथ, मानव अंतरिक्ष यान कार्यक्रम, दो या तीन भारतीय अंतरिक्ष यात्रियों को कम से कम सात दिनों के लिए पृथ्वी की कक्षा में ले जाया जाएगा।

अंतरिक्ष विनिर्माण या तो चंद्रमा या पृथ्वी की वस्तुओं से कच्चे माल का स्रोत होगा और धातुओं और खनिजों के पृथक्करण को अस्थिर निष्कर्षण, इलेक्ट्रोलाइटिक निष्कर्षण, चुंबकीय लाभकारी और अन्य प्रक्रियाओं द्वारा किया जा सकता है। वेल्डिंग, पाउडर धातु विज्ञान, काटने, कंटेनर कम प्रसंस्करण और 3 डी प्रिंटिंग जैसी विनिर्माण प्रक्रियाओं को विशिष्ट लाभ के साथ अंतरिक्ष में प्रभावी ढंग से किया जा सकता है।

अंतरिक्ष में निर्मित किए जा सकने वाले विभिन्न उत्पाद अर्ध-चालक, दवा उत्पाद और धातु मिश्र हैं। अर्धचालकों के निर्माण के लिए स्वच्छ वातावरण की आवश्यकता होती है और यह अंतरिक्ष में उपलब्ध है। अर्धचालक अत्यधिक शुद्ध सिलिकॉन से बने होते हैं और यह चांद पर प्रचुर मात्रा में उपलब्ध होते हैं। सेमीकंडक्टर्स का उपयोग सौर सरणियों के निर्माण के लिए किया जा सकता है जो अंतरिक्ष में विभिन्न कार्यों को जारी रखने के लिए बिजली की आपूर्ति करते हैं।

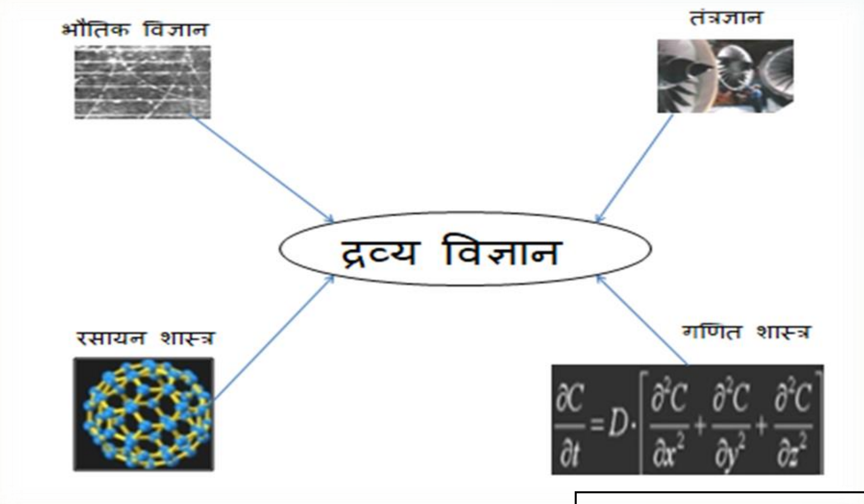
नासा के अंतरिक्ष शटल द्वारा ऑनबोर्ड किए गए प्रयोगों ने यह साबित कर दिया है कि अंतरिक्ष में उत्पादित दवाइयों की पृथ्वी पर उत्पादित वस्तुओं की तुलना में शुद्धता अधिक है। अंतरिक्ष द्वीप स्टेशनों

और जियोड पर विकसित और उत्पादित नई दवाएं पूरी तरह से बीमारी के इलाज के तरीके को बदल देंगी। दवा उद्योगों में वर्तमान संभावित उत्पाद प्रोटीन क्रिस्टल, बैक्टीरिया की वृद्धि, माइक्रोएन्कैपुलेशन, जिओलाइट्स और एयरोगेल हैं।

धातु मिश्र धातुओं को अलग-अलग पदार्थों को नए संयोजनों में मिलाकर और पिघलाकर बनाया जाता है, फिर परिणामस्वरूप मिश्रण को ठंडा और ठोस किया जाता है। मिश्र धातुओं का निर्माण गुरुत्वाकर्षण से प्रभावित होता है क्योंकि मिश्र धातु के सिंक में भारी धातुएं और निचले स्थान पर कब्जा कर लेती हैं। यही कारण है कि सोने और जर्मेनियम जैसे भिन्न घनत्व वाले मिश्र धातुओं का निर्माण पृथ्वी पर संभव नहीं है। इसके अलावा कुछ मिश्र धातुओं की क्रिस्टल संरचना पृथ्वी पर अपूर्ण रूप से होती है। अंतरिक्ष में मिश्र धातु के निर्माण से इन समस्याओं को पूरी तरह से समाप्त किया जा सकता है।

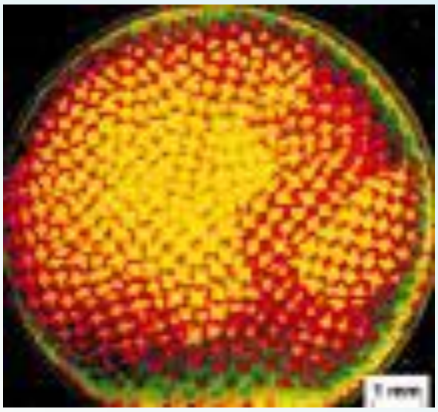
पृथ्वी गुरुत्वाकर्षण चालित घटनाएँ जैसे उछाल, संवहन और अवसादन अंतरिक्ष के सूक्ष्मगर्मीय वातावरण में अनुपस्थित हैं। कास्टिंग, वेल्डिंग, अर्धचालक क्रिस्टल विकास, धातु फोम उत्पादन जैसे कई औद्योगिक प्रक्रियाएं कम से कम एक तरल चरण में शामिल होती हैं। अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशनों में अनोखा और नये संरचना सामग्री को संसाधित किया जा सकता है।

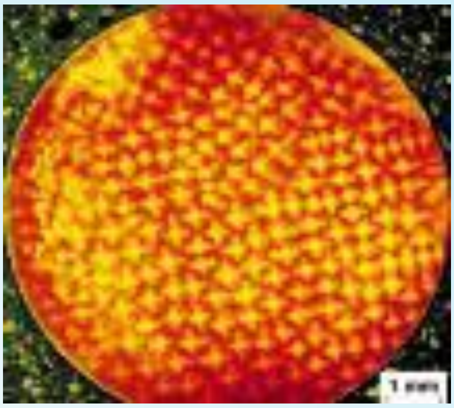
चंद्रमा और मंगल पर खोजपूर्ण मिशनों पर ध्यान देने के साथ भविष्य की अंतरिक्ष गतिविधियां, अंतरिक्ष में बढ़ते पौधे मानव अंतरिक्ष यान, यात्रा की दूरी, विकिरण पर्यावरण, गुरुत्वाकर्षण स्तर, मिशन की अवधि और डिजाइन के स्तर में एक नया आयाम जोड़ देंगे कारावास को समाप्त करने के लिए कारावास और अलगाव। मंगल को पृथ्वी से परे जीवन के उपनिवेशण के लिए प्रमुख उम्मीदवार माना जाता है।



पृथ्वी गुरुत्वाकर्षण चालित घटनाएँ
अछाल
संवहन
अवसादन
द्रवस्थैतिक दाब
अंतरिक्ष के सीक्ष्मगर्मीय वातावरण मे अनुपस्थित है

दिशामुक द्रुमाकृति जमना विशुद्ध रुप से विसरित ताप और अंतरिक्ष मे बडे पैमाने पर परिवहन की स्थिति Cu29.5wt%Mn मीश्र धातु महत्वपूर्ण रुप से नियमित प्रतिरुप दिखाति है जिस्मे बडे द्रुमाकृति 30% अधिक रुप से अंतरिक्ष प्रयोगो मे शामिल है।



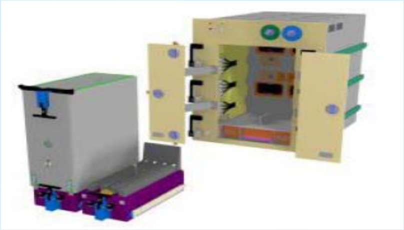


लगभग समताप परिस्थितियों मे परिष्कृत Al-4wt%.Cu मिश्र धातु का समान रुप से जमना

अंतरिक्ष नमूना (दाईं और चित्रित)

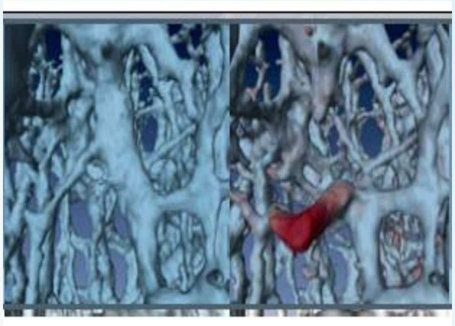
अचछी तरह से समान ग्रेन के आकार के द्रुमाकृति क्रिस्टल की एक सजातीय सूक्ष्म संरंचना इसके विपरीत, जमीन के नमूनों मे केंद्रिय भाग मे ग्रेन के आकार का बहुत ब़ड़ा फैलान और अवसादन के परिणामस्वरुप तल पर बहुत गोलाकार क्रिस्टल का संचय दिखाइ देता है।

कक्षो मे आक्सीजन, तापमान और आर्द्रता की सावधानीपूर्वक निगरानी की जाती है। गुरुत्वाकर्षण के बिना पानी आसानी से तैर जाता है, इसलिए पानी को पोंधों पर डालने के बजांय सीधी जड़ो तक पहूंचाया जाता है। पोंधों की विरोष छोटी या बौनी किस्मो का उपयोग किया जाता है तकि उन्हें कक्षो मे उगाया जा सके।



अंतरिक्ष मे आस्टियोपोरोसिस का शीघ्र पता लगाना

उदेश्य यह है कि हडी का वास्तुकला और गुणवत्रा परीक्षण करने के लिए नवीन, अंतरिक्ष- विकसित तकनीकों का उपयोग करना है। फ्रेक्चर जोश्विम और ऑस्टियोपोरोसिस के विकास का आकलन करने के लिए ये़ मुख्य कारक है। इस नई तकनीक से समय से पहले पता लगाने मे मदद मिलेगि यह निवारक उपचार होगा।



अंतरिक्ष योगदान

अंतरिक्ष मे आईएसएस पर और बिस्तर पर आराम अनुरुपण मे प्रयोगों का उपयोग किया जाता है। अंतनिहित (जैविक) तंत्र को समझें उन्नत, हल्के निदान का परिक्षण करना, संभावित दवाओं का परिक्षण करना, अंतरिक्षयात्रियो के इडीओएस प्रयोग वजन और गैर भार वहन ह़डियों के सरंचना का भुल्यांकन और रक्त के नमूनो का विश्लेंषण कंप्यूटेड़ टोमोग्राफी की विधि का उपयोग करके करेगा।

स्टेम कोशिकाओं को कभी-कभी भविष्य की चिकित्सा की पवित्र कब्र के रूप में देखा जाता है। लगभग अंतहीन रूप से पुनर्जीवित होने और खुद को सभी प्रकार की कोशिकाओं में बदलने में सक्षम, स्टेम कोशिकाएं युवा शरीरों में प्रचुर मात्रा में होती हैं लेकिन उम्र बढ़ने के साथ अपनी शक्ति खो देती हैं। स्टेम कोशिकाएँ विभिन्न प्रकार की होती हैं। भ्रूण में पाए जाने वाले, जिन्हें प्लुरिपोटेंट स्टेम सेल भी कहा जाता है, मानव शरीर में सभी प्रकार की कोशिकाओं को जन्म दे सकते हैं। लेकिन स्टेम कोशिकाएं वयस्क शरीर में भी मौजूद होती हैं, जो क्षमता सुनिश्चित करती हैं

विभिन्न अंगों की स्वयं की मरम्मत के लिए।

अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन पर हाल ही में किए गए एक प्रयोग में पाया गया कि भारहीन वातावरण में, मानव हृदय से स्टेम कोशिकाओं ने पुनर्जीवित होने, जीवित रहने और फैलने की अपनी क्षमता में सुधार किया।

माइक्रोग्रैविटी हड्डियों के लिए बुरी खबर है। यांत्रिक लोडिंग की कमी शरीर को इन महत्वपूर्ण समर्थन संरचनाओं को बनाए रखने से रोकने के लिए कहती है क्योंकि उनकी आवश्यकता नहीं लगती है। जब अंतरिक्ष यात्री पृथ्वी पर लौटते हैं, तो उन्हें हड्डियों की गंभीर क्षति होती है।

अच्छी खबर यह है कि पृथ्वी की तरह ही, अंतरिक्ष में व्यायाम करने से हड्डियों सहित शरीर फिट रहता है। ब्रिटिश जर्नल ऑफ स्पोर्ट्स मेडिसिन में प्रकाशित एक नए अध्ययन से पता चला है कि जिन चालक दल के सदस्यों ने अपने अंतरिक्ष अभियानों के दौरान प्रतिरोध प्रशिक्षण बढ़ाया था, उनकी हड्डियों की ताकत बनाए रखने की अधिक संभावना थी।

अध्ययन, नासा के बायोकेम प्रोफाइल और कनाडाई अंतरिक्ष एजेंसी की टीबीओन जांच का हिस्सा, यह भी पाया गया कि कुछ अंतरिक्ष यात्रियों में हड्डियों के नुकसान की भविष्यवाणी उनकी उड़ान से पहले कुछ बायोमार्कर की ऊंचाई से की जा सकती है। अंतरिक्ष यात्रियों के रक्त और मूत्र में पाए जाने वाले ये बायोमार्कर, अंतरिक्ष यात्रियों के व्यायाम इतिहास के साथ मिलकर अंतरिक्ष सर्जनों को हड्डियों के नुकसान के अधिक जोखिम वाले अंतरिक्ष यात्रियों की पहचान करने में मदद कर सकते हैं।

यूरोपीय अंतरिक्ष एजेंसी (ईएसए) के एक हालिया प्रयोग से पता चला है कि सूक्ष्मजीव अंतरिक्ष में चंद्रमा और मंगल की चट्टानों से मूल्यवान धातुओं को कुशलतापूर्वक निकाल सकते हैं। बायोरॉक नामक प्रयोग में बेसाल्ट से धातु तत्व वैनेडियम निकालने के लिए सूक्ष्मजीवों का उपयोग किया गया, जो आमतौर पर चंद्रमा और मंगल पर पाया जा सकता है। पृथ्वी की तुलना में अंतरिक्ष स्टेशन पर सूक्ष्मजीवों ने 283% अधिक वैनेडियम निकाला। बायोमाइनिंग अयस्कों से महत्वपूर्ण सामग्रियों के रासायनिक निष्कर्षण का एक सस्ता और अधिक पर्यावरण अनुकूल विकल्प है, एक ऐसी प्रक्रिया जो आमतौर पर कठोर रसायनों पर निर्भर करती है और इसमें बहुत अधिक ऊर्जा की आवश्यकता होती है। अंतरिक्ष में बायोमाइनिंग का उपयोग निश्चित रूप से भविष्य के मंगल और चंद्रमा उपनिवेशवादियों के लिए उपयोगी होगा क्योंकि वे उपकरण, अंतरिक्ष यान के हिस्से और अन्य उपकरण बनाने के लिए कच्चा माल प्राप्त करने में सक्षम होंगे। एटमॉस्फियर-स्पेस इंटरेक्शन मॉनिटर (एएसआईएम) नामक एक यूरोपीय उपकरण ने पृथ्वी के वायुमंडल में कुछ कम समझी जाने वाली घटनाओं की उत्पत्ति में नई अंतर्दृष्टि प्रदान की है। गंभीर तूफानों और उनके वायुमंडलीय प्रभावों का अध्ययन करने के लिए उपयोग किए जाने वाले ASIM ने पहले उच्च-ऊर्जा स्थलीय गामा-किरण चमक (टीजीएफ) की पीढ़ी पर प्रकाश डालने में मदद की थी, जो पृथ्वी पर सबसे ऊर्जावान प्राकृतिक घटना है जो तूफान के दौरान रोशनी के साथ होती है। लेकिन हाल ही में, उपकरण ने तथाकथित नीले जेटों का अध्ययन किया, जो अनिवार्य रूप से बादलों के शीर्ष में सकारात्मक और नकारात्मक रूप से चार्ज किए गए क्षेत्रों की गड़बड़ी से उत्पन्न प्रकाश के ऊपर की ओर शूटिंग वाले विस्फोट हैं। नीले जेट, जो नाइट्रोजन आयनों से अपना विशिष्ट नीला रंग प्राप्त करते हैं, एक सेकंड से भी कम समय में 30 मील (50 किलोमीटर) की ऊंचाई तक उड़ान भर सकते हैं। वैज्ञानिकों ने पाया कि नीले जेट "ब्लू बैंग्स" से उत्पन्न होते हैं, जो तूफानी बादलों की ऊपरी परतों में छोटे-छोटे डिस्चार्ज होते हैं। इन नीले जेटों के पीछे का तंत्र सामान्य बिजली के पीछे के तंत्र से कुछ अलग प्रतीत होता है जिसे हम जमीन पर देख सकते हैं।

अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन के अंतरिक्ष यात्रियों ने अंतरिक्ष में सीमेंट बनाने का प्रयोग किया और पाया कि यद्यपि यह पृथ्वी की तुलना में कुछ अलग सूक्ष्म संरचना बनाता है, लेकिन यह काम करता है। प्रयोग, जिसे माइक्रोग्रैविटी इन्वेस्टिगेशन ऑफ सीमेंट सॉलिडिफिकेशन (एमआईसीएस) कहा जाता है, में सीमेंट पाउडर को विभिन्न एडिटिव्स और विभिन्न मात्रा में पानी के साथ मिलाना शामिल था। प्रयोगों के नवीनतम दौर में, ट्राईकैल्शियम एल्युमिनेट और जिप्सम के मिश्रण ने दिलचस्प परिणाम दिखाए। भविष्य में, इन "अंतरिक्ष में निर्मित" सीमेंट मिश्रणों का उपयोग मंगल या चंद्रमा पर स्टेशन बनाने के लिए किया जा सकता है। कंक्रीट बनाने के लिए सीमेंट का उपयोग किया जाता है, जिसमें ब्रह्मांडीय विकिरण के खिलाफ उत्कृष्ट ढाल गुण होते हैं। यह उल्कापिंडों से टकराने से बचाने के लिए भी काफी मजबूत है। और चीजों को आसान बनाने के लिए, भविष्य के मंगल और चंद्रमा के उपनिवेशवादी वास्तव में अंतरिक्ष स्टेशन पर वर्तमान में मौजूद एडिटिव मैन्युफैक्चरिंग सुविधा के समान 3 डी प्रिंटर में चंद्र और मंगल ग्रह की मिट्टी से बने कंक्रीट से 3 डी-प्रिंट संरचनाएं कर सकते हैं।

निष्कर्ष:

भैतिक विज्ञान, जीव विज्ञान, स्वास्थ्य एवं चिकित्सा के क्षेत्र मे अंतरिक्ष मे किए गए प्रयोग तथा मौलिक अनुसंधान मानव जाति के लिए महान योगदान देंगे। हम नई धातुओं और चिकत्सा निदान के अनुसंधान मे मूल्यवान विकास देख सकते है।

संदर्भ:

नासा और ईसा बुलेटिन और ईन्टरनेट से आधारित।

लेखक परिचय :

नागेश जी. यांत्रिकी अभियंता प्रकाशिकी तंत्र क्षेत्र लियोस में कार्यरत हैं । वर्ष 1987 में इसरो उपग्रह केंद्र में डिप्लोमा अभियांत्रिक के साथ प्रवेश पाया था। 36 बर्ष के कार्यकाल के दौरान आपने बी एम एस कॉलेज से स्नातक अभियांत्रिकी तथा एन आई टी सूरतकल से थर्मल इंजीन्यरिंग में एम टेक की उपाधि प्राप्त की । साहित्य एवं भ्रमण में आपकी अत्यधिक रुचि है। इन्होंने विश्व के बहुत से देशों का भ्रमण किया है, जिनमें, रूस, चीन, यूरोप तथा दक्षिण एशिया के बहुत से देश शामिल हैं। इनके बहुत से आलेख हिन्दी संगोष्ठी के लेख-संग्रहों में प्रकाशित हुए हैं। हिन्दी वाद-विवाद प्रतियोगिता में अत्यधिक सक्रियता से शामिल होते हैं।

31. अंतरिक्ष मलबे की दशा और कम करने के प्रयासों की दिशा

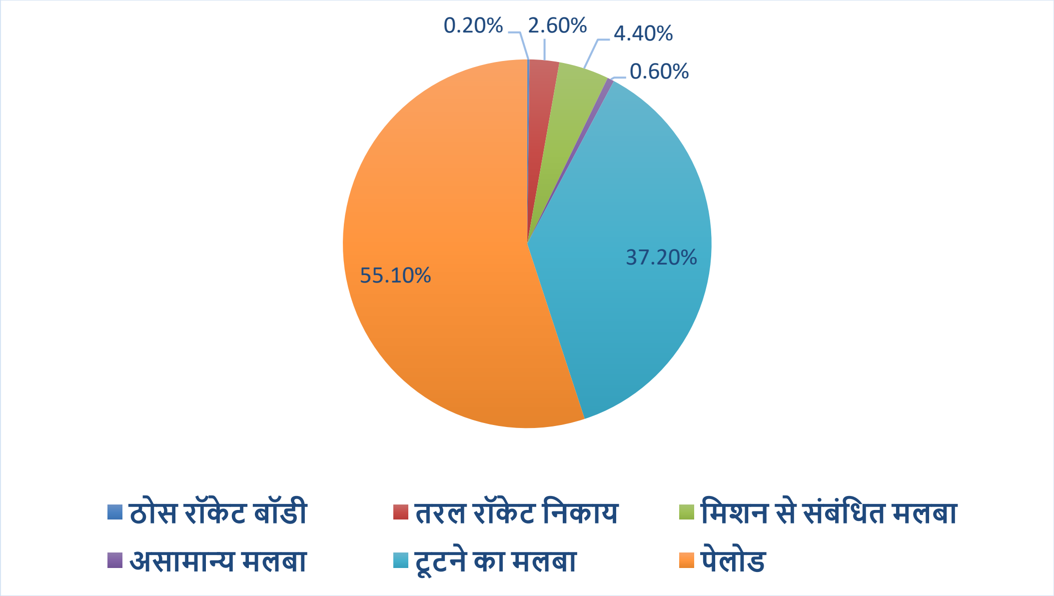
The status of space debris and direction of mitigation efforts

प्रज्ञा श्रीवास्तव
हृदयदीप्ति जे

सारांश: यह लेख अंतरिक्ष मलबे की वर्तमान स्थिति, अंतरिक्ष मलबे को उत्पन्न करने वाले विभिन्न स्त्रोतो, इस मलबे के कारण जनित कठिन अंतरिक्ष परिसर, अंतरिक्ष मलबे को कम करने की विभिन्न विधियों, इन विधियों के निष्पादन में आने वाली चुनौतियो और इसके अतिरिक्त इसरो सहित अन्य देशो की अंतरिक्ष एजेंसियों के अंतरिक्ष मलबे को कम करने की दिशा मे किये जा रहे प्रयासों को उल्लेखित करता है ।

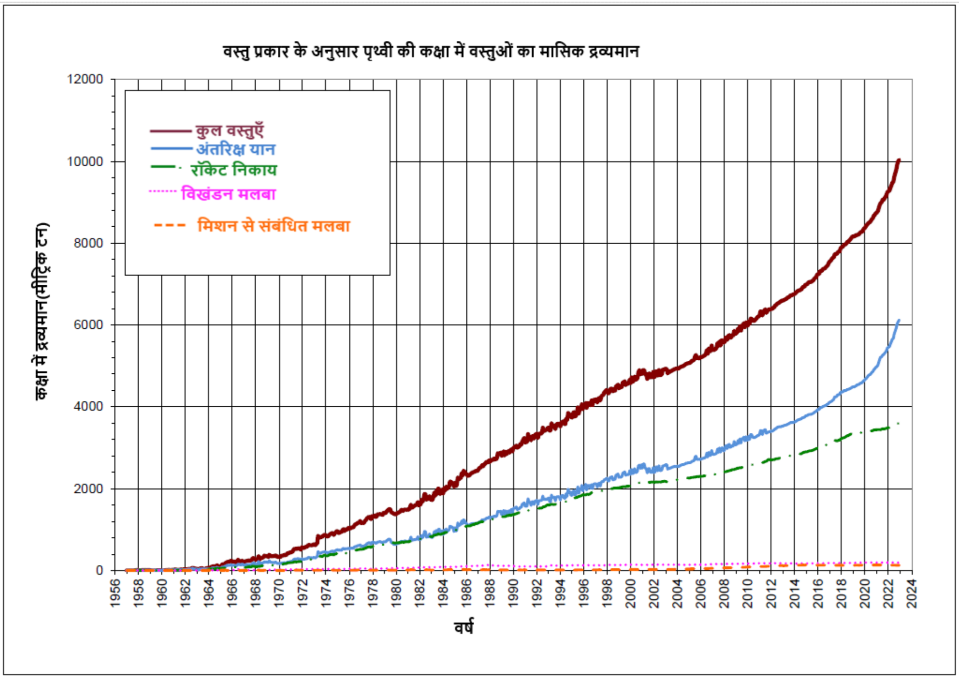
प्रस्तावना: उपग्रह प्रौद्योगिकी का देश को विकसित देश बनाने में बहुत बड़ा योगदान होता है। उपग्रहों के बिना इस विश्व की परिकल्पना भी नहीं की जा सकती। परन्तु पिछले कुछ दशकों मे उपग्रहों कि बढ़ती हुई संख्या ने नई समस्याओ को जन्म दिया है, जैसे कि अंतरिक्ष मलबा । सक्रिय अंतरिक्ष मलबा किसी भी अंतरिक्ष अभियान के लिए जोखिम कारक हो सकता है। सभी अंतरिक्ष एजेंसियां, अंतरिक्ष मलबे की बढ़ती मात्रा से परेशान हैं। साथ ही, वे एजेंसियां , जिन्होंने अंतरिक्ष में मानवयुक्त मिशन और दीर्घकालिक उपग्रह प्रमोचित किए है, उन्होंने अंतरिक्ष मलबे के निर्माण को कम करने या संपत्ति को मलबे से बचाने के लिए सक्रिय रूप से कदम उठाना शुरू कर दिया है ।

अंतरिक्ष मलबा मूलतः पुराने असंक्रियात्मक उपग्रहों के विखंडन, उपग्रह और अंतरिक्ष यान के अलगाव से जनित प्रमोचन अनुकूलक (लान्च अडॆप्टर), कनेक्टर, ळेन्स कवर इत्यादि टुकड़े हैं, और लाखों की संख्या में अंतरिक्ष में मौजूद हैं। वर्तमान में, हजारों परिचालन उपग्रहों के साथ अंतरिक्ष मलबे के लाखों टुकड़े पृथ्वी के ऊपर अलग-अलग ऊंचाई पर परिक्रमा कर रहे हैं। अंतरिक्ष अवशेष में रॉकेट निकाय होते हैं जिनका उपयोग उपग्रहों को प्रक्षेपित करने के लिए किया जाता है, निष्क्रिय उपग्रह, मिशन संचालन के दौरान जारी की गई सामग्री, अंतरिक्ष वस्तुओं के कक्षा में टूटने के टुकड़े और उपग्रह-रोधी (ए. एस. ए. टी.) परीक्षणों के टुकड़े होते हैं। ये अंतरिक्ष वस्तुएँ पृथ्वी की निचली कक्षाओं में 27,000 किमी प्रति घंटे की औसत गति से चलती हैं, इसलिए, एक सेंटीमीटर आकार के छोटे टुकड़े के साथ टक्कर भी एक परिचालन अंतरिक्ष संपत्ति के लिए विनाशकारी हो सकती है।[1]



आकृति-1: अंतरिक्ष मलबे में अवयवों के अनुमानित प्रतिशत [2]

निम्न ग्राफ पृथ्वी की कक्षा में अंतरिक्ष मलबे को जनित करने वाली सभी वस्तुओं के द्रव्यमान को दर्शाता है।[3] वर्तमान में निचली कक्षा में उपग्रहों और रॉकेट निकायों की संख्या बढ़ रही है और यह अंतरिक्ष अभियानों के लिये एक गंभीर समस्या पैदा कर सकती है।



फरवरी 2023 तक वस्तु प्रकार के अनुसार पृथ्वी की कक्षा में वस्तुओं का मासिक द्रव्यमान। यह चार्ट अमेरिकी अंतरिक्ष निगरानी नेटवर्क द्वारा आधिकारिक तौर पर सूचीबद्ध पृथ्वी की कक्षा में सभी वस्तुओं के द्रव्यमान को प्रदर्शित करता है।

आकृति-2: पृथ्वी की कक्षा में वस्तुओं का द्रव्यमान [3]

उपग्रह निर्माताओं और ऑपरेटरों की सामान्य प्रथाएं अंतरिक्ष मलबा उत्पन्न कर सकती हैं। यह मलबा मुख्यतः तीन मिशन चरणों में उत्पन्न होता है: स्थानांतरण और प्रारंभिक कक्षा संचालन, संचालन, और

मिशन का अंत और निपटना । [4]अंतरिक्ष मलबे की समस्या को हल करने के लिये, मलबे के मुख्य संभावित स्रोतों को कम करने के लिए उपाय किए जाने चाहिए।

अंतरिक्ष में बढ़ते मलबे का खतरा

अंतरिक्ष मलबा वर्तमान में पृथ्वी की कक्षा में लगभग 3000 संक्रियात्मक उपग्रहों के लिए खतरा पैदा करता है, जिनका उपयोग महत्वपूर्ण आधुनिक संचार, वाणिज्य, यात्रा और सुरक्षा प्रणालियों के लिए किया जाता है। संक्रियात्मक अंतरिक्ष परिसंपत्तियों को सूक्ष्म नुकसान भी महत्वपूर्ण रक्षा संबंधी पहलुओं सहित कई महत्वपूर्ण प्रणालियों पर व्यापक प्रभाव डाल सकता है । ड्रोन निर्देशित मिसाइल, खुफिया डेटा संग्रह, एन्क्रिप्टेड संचार और नौसंचालन जैसी कई अत्याधुनिक रक्षा प्रौद्योगिकियां सीमित हो सकती हैं या कार्यात्मक रूप से अपंग उपग्रह प्रणालियों के साथ निष्क्रिय हो सकती हैं।[1]

विभिन्न अंतरिक्ष निगरानी नेटवर्क द्वारा बनाए रखी गई अंतरिक्ष वस्तुओं की सूची, बड़ी वस्तुओं तक सीमित है, आमतौर पर पृथ्वी की निचली कक्षाओं में 10 सेमी से कम आकार (एलईओ, पृथ्वी से लगभग 2000 किमी की ऊंचाई से नीचे) और भू-समकालिक कक्षाओं में 0.3 से 1 मीटर से कम आकार के उच्च घनत्व वाले छोटे मलबे भी हैं जिन्हें सीमित अवलोकन क्षमताओं के कारण ट्रैक नहीं किया जा सकता है। अंतरिक्ष मलबे का अभिनिर्धारण, अवलोकन प्रणालियों और कक्षीय ऊँचाई पर निर्भर करता है।

इंटर एजेंसी स्पेस डेब्रिस कोऑर्डिनेशन कमेटी (आईएडीसी) और अंतरिक्ष एजेंसियों के अन्य अध्ययन समूहों के वर्तमान अध्ययनों से पता चलता है कि अंतरिक्ष यान के मालिक/ऑपरेटरों द्वारा आईएडीसी और संयुक्त राष्ट्र द्वारा, अभियान के उपरान्त निपटने के साथ साथ अंतरिक्ष मलबे को कम करने के प्रयासों और दिशानिर्देशों का पालन करने के बाद भी, निकट भविष्य में टकराव के खतरे बढ़ते रहेंगे।[1]

अंतरिक्ष मलबे को कम करने की विभिन्न विधियाँ:

अंतरिक्ष मलबे को हटाने के लिए, विभिन्न तरीकों और उपकरणों का प्रस्ताव किया गया है, जैसे कि टीथर, जाल, हार्पून, लेजर और रोबोट।

टीथर**:** टीथर लंबे और पतले प्रवाहकीय तार या केबल होते हैं जो किसी मलबे वाली वस्तु से जुड़ सकते हैं और इसकी कक्षा को कम करने और इसके पुन :प्रवेश को तेज करने के लिए विद्युत गतिकी या गति विनिमय बलों का उपयोग कर सकते हैं। टीथर आधारित :इलेक्ट्रोडायनामिक टीथर (ईडीटी) तकनीक का कक्षीय स्थानांतरण प्रणाली के रूप में संभावित उपयोग के लिए अध्ययन किया जा रहा है। इलेक्ट्रोडायनामिक्स (ईडीटी) अपनी गतिज ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करके जनरेटर के सिद्धांत पर काम करता है।

फैराडे के नियम के अनुसार जब कोई धारावाही चालक चुंबकीय क्षेत्र को काटता है, तो चालक में बल विकसित होता है, जो उसकी गति के कारण के विपरीत दिशा में होता है। जब इलेक्ट्रोडायनामिक टीथर पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र से गुजरता है, तब टीथर के साथ एक वोल्टेज स्थापित हो जाता है। और यह वोल्टेज इलेक्ट्रॉनों को टीथर के द्वारा प्रवाहित करता है। जब भी किसी चुंबकीय क्षेत्र में विद्युत धारा प्रवाहित होती है, तो एक बल विकसित होता है। और इस बल का उपयोग तार को हिलाने के लिए किया जाता है। टीथर की ऊर्जा आवश्यकता के लिए सौर पैनलों का उपयोग किया जा रहा है। [11]

ईडीटी प्रणाली में टीथर के दोनों छोर पर प्लाज्मा संपर्ककर्ताओं की एक जोड़ी होती है जो परिवेश प्लाज्मा के माध्यम से सर्किट को बंद करके विद्युत प्रवाह को प्रवाहित करने में सक्षम बनाती है। इसके बाद टीथर धारा और भू-चुंबकीय क्षेत्र के बीच परस्पर क्रिया के माध्यम से लोरेंत्ज़ बल उत्पन्न करता है। हालाँकि, उत्पन्न बल कम होता है, और इसकी दिशा स्थानीय भू-चुंबकीय क्षेत्र वेक्टर और टीथर अभिविन्यास पर निर्भर करती है। इस प्रकार, वांछित प्रभाव प्राप्त करने के लिए कक्षीय स्थानांतरण के दौरान धारा को नियंत्रित करना पड़ता है। चूंकि मलबे को अलग करने के दौरान टीथर तनाव लगातार कम हो जाता है, इसलिए संभावना है कि ईडीटी सिस्टम अस्थिर हो सकते हैं। इसलिए इस चरण के दौरान स्थिरता की पुष्टि टेदर द्रव्यमान और लचीलेपन को ध्यान में रखते हुए गतिशीलता के संख्यात्मक सिमुलेशन द्वारा की जानी चाहिए।[5]

आकृति-3: टीथर आधारित: इलेक्ट्रोडायनामिक टीथर (ईडीटी) तकनीक की कार्यविधि [6]

जाल: जाल लचीले और तैनात करने योग्य जाल होते हैं जो किसी मलबे वाली वस्तु को चारों ओर लपेट सकते हैं और उसे निचली कक्षा या नियंत्रित पुनः प्रवेश तक खींच सकते हैं [4]

हार्पून: हार्पून तेज और कांटेदार प्रक्षेप्य हैं जो किसी मलबे की वस्तु को छेद सकते हैं और फंसा सकते हैं और निपटने या स्थानांतरण के लिए इसे समेट सकते हैं। लेज़र उच्च-ऊर्जा किरणें हैं जो किसी मलबे वाली वस्तु को निष्क्रिय या वाष्पीकृत कर सकती हैं या उसकी कक्षा या दिशा को बदलने के लिए एक उच्च बल प्रदान कर सकती हैं। [5]

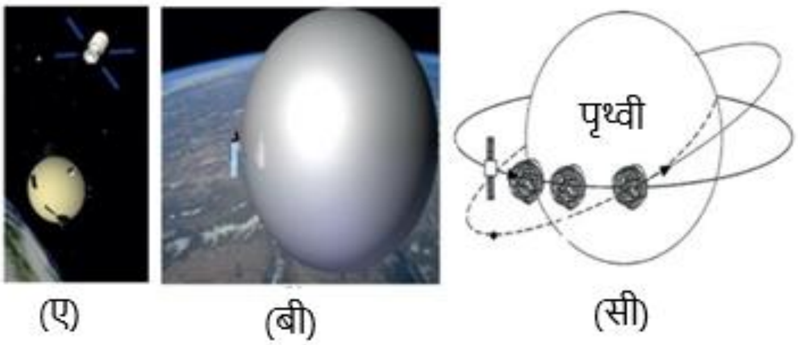
रोबोट: रोबोट स्वायत्त या रिमोट-नियंत्रित वाहन हैं जो किसी मलबे वाली वस्तु से मिल सकते हैं और डॉक कर सकते हैं और पकड़ने, धक्का देने, खींचने या ईंधन भरने जैसी विभिन्न क्रियाएं कर सकते हैं।

कर्षण संवर्द्धन (ड्रैग ऑग्मेंटेशन) विधि: कर्षण संवर्द्धन, निम्न पृथ्वी कक्षा (लो अर्थ ओर्बिट) में डी-ऑर्बिटिंग के लिए एक संभावित निष्क्रिय विधि है। 1000 किमी से नीचे की ऊंचाई पर एक पतला वातावरण मौजूद होता है जो उपग्रहों की कक्षाओं को प्रभावित करता है, जिससे वे पृथ्वी की ओर सर्पिल हो जाते हैं । इस कक्षा क्षेत्र में उपग्रह कक्षा स्वाभाविक रूप से क्षय करेगी, लेकिन क्षय पूरा होने में लगने वाला समय प्रारंभिक ऊंचाई, उपग्रह द्रव्यमान और कर्षण सतह क्षेत्र पर काफी हद तक निर्भर करता

है। कर्षण संवर्द्धन से उपग्रह द्रव्यमान में न्यूनतम वृद्धि के साथ कर्षण सतह क्षेत्र बढ़ जाता है, जिसके परिणामस्वरूप क्षय का समय कम हो जाता है।

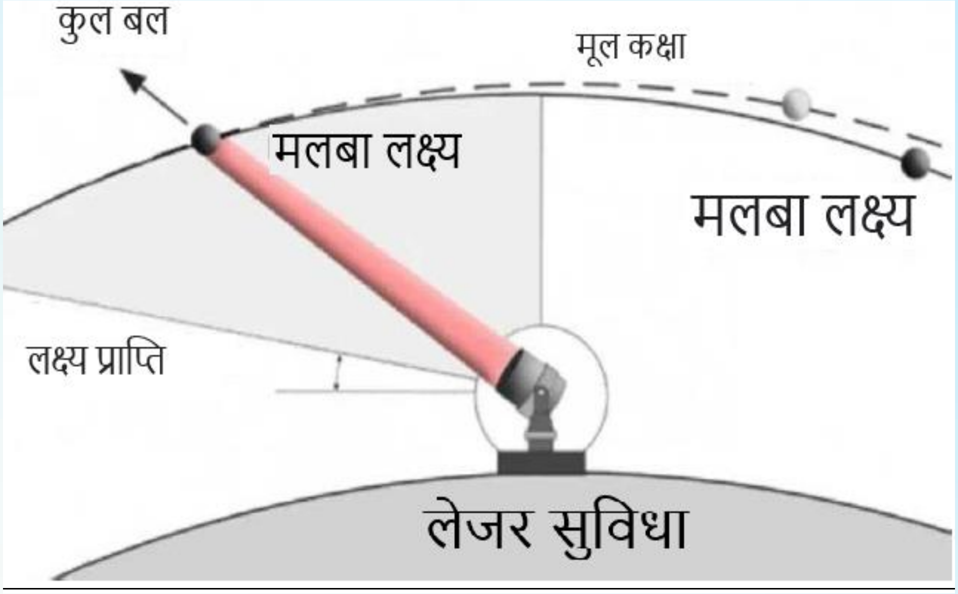
इस विधि का उपयोग करके विभिन्न आकार के मलबे को हटाया जा सकता है। इस हेतु तीन विधियाँ प्रस्तावित हैं, पहली फोम आधारित विधि, दूसरी फाइबर आधारित विधि और तीसरी फुलाया हुआ आधार विधि ।[6]

फोम-आधारित विधि में, चेज़र उपग्रह लक्ष्य पर फोम फेंकता है जो लक्ष्य पर चिपक जाता है और फोम बॉल बनाने के लिए उसे ढक देता है। फ़ाइबर-आधारित विधि में, लक्ष्य पर ताप संसाधन से एक फ़ाइबर निकाला जाता है। इस तकनीक के कार्य का सिद्धांत फोम-आधारित विधि से संबंधित है; परन्तु इसमें फोम की जगह फाइबर का इस्तेमाल होता है। तीसरी विधि फुलाया हुआ आधार विधि, फोम आधारित विधि के समान है, जिसमें फोम बॉल को फुलाए हुए बॉल से प्रतिस्थापित किया जाता है । फुली हुई गेंद को बोर्ड पर या किसी सक्रिय अंतरिक्ष मलबे वाली वस्तु से जोड़ा जा सकता है।[7]



आकृति-4: (ए) - फोम आधारित विधि (बी) - फुलाए हुए आधारित विधि (सी) - फाइबर आधारित विधि [6]

लेजर आधारित विधि: यह संपर्क रहित तकनीक है, जिसमें वस्तु पर स्पंदित लेजर की शूटिंग करके छोटे और बड़े आकार के अंतरिक्ष मलबे को खत्म किया जा सकता है, यह लेजर इस मलबे के वेग को कम कर देता है और इसे अनुपयोगी कक्षा में स्थानांतरित करने के लिए इसकी ऊँचाई को बदल देता है। उच्च तीव्रता वाले लेजर के उपयोग के कारण, मलबे की सतह अपक्षरण करने की संभावना है जो मलबे की संख्या को और बढ़ा सकती है। लेजर आधारित विधि के कार्यान्वयन हेतु आम तौर पर दो प्रकार की विधियाँ हैं, भू-आधारित लेजर और अंतरिक्ष-आधारित लेजर विधियाँ। यद्यपि अंतरिक्ष-आधारित लेजर तकनीक का लाभ उठाना अधिक उपयुक्त है।[8]



आकृति-5: लेजर आधारित अंतरिक्ष मलबे को हटाने की कार्यविधि [10]

<u>अंतरिक्ष मलबा हटाने में चुनौतियाँ और अवसर</u>

कक्षीय मलबे की समस्या का समाधान करने के लिए, तकनीकी, कानूनी, आर्थिक और राजनीतिक चुनौतियों से पार पाना होगा और निष्कासन अवधारणाओं के विकास और कार्यान्वयन से उत्पन्न होने वाले अवसरों का लाभ उठाना होगा। चुनौतियों में कक्षीय मलबे की आबादी का सटीक रूप से पता लगाना, पहचानना और निगरानी करना, साथ ही सुरक्षित रूप से और विश्वसनीय रूप से मलबे की वस्तु तक पहुँचना, पकड़ना और नियंत्रित करना शामिल है। इसके अतिरिक्त, अवधारणाओं को हटाने के लिए संसाधनों और धन का औचित्य और आवंटन होना चाहिए।

अंतरिक्ष के मलबे सहित अंतरिक्ष वस्तुओं पर नज़र रखने के लिए रडार और ऑप्टिकल टेलीस्कोप मुख्य भूमि आधारित सुविधाएं हैं। अन्य निवासी अंतरिक्ष वस्तुओं से एक संक्रियात्मक अंतरिक्ष संपत्ति के लिए किसी भी टकराव के खतरे को कम करने के लिए सटीक कक्षीय जानकारी एक पूर्व-आवश्यकता है। वर्तमान में सार्वजनिक प्रक्षेत्र में उपलब्ध कक्षीय डेटा में आवश्यक सटीकता का अभाव है जिससे टकराव से बचने के मेन्योवर से संबंधित निर्णय लेने की प्रक्रिया में अस्पष्टता पैदा होती है। अंतरिक्ष में जाने वाले अन्य देशों और निजी संस्थाओं के पास अधिक सटीक कक्षीय डेटा प्राप्त करने के लिए अपनी अवलोकन सुविधाएं हैं और इसलिए वे अधिक आत्मविश्वास से टकराव के खतरों से बचने के लिए कार्यरत हैं । परिचालन अंतरिक्ष यान और खतरे वाली वस्तुओं को उनकी स्थिति के सटीक आकलन के लिए बारीकी से ट्रैक करने के लिए, व्यापक भौगोलिक वितरण के साथ अवलोकन सुविधाओं का एक नेटवर्क होना आवश्यक है।

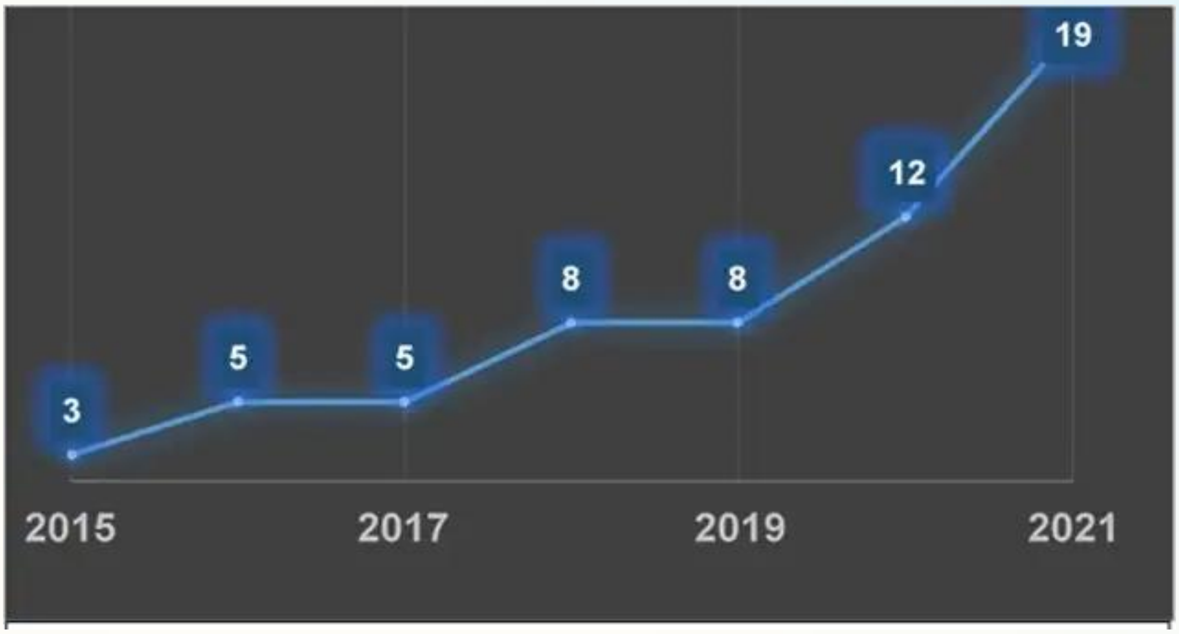
इसके अतिरिक्त अंतरिक्ष पर्यावरण की स्थिरता और सुरक्षा को बढ़ाते हुए हितधारकों के बीच नवाचार और सहयोग को बढ़ावा देना शामिल है। इसके अलावा, कक्षीय मलबे को साफ़ करने से अंतरिक्ष की

खोज और उपयोग संभव हो सकता है, जिससे नए अभियानों और अनुप्रयोगों के लिए अधिक जगह बन सकती है।

अंतरिक्ष में मलबे को कम करने की गतिविधियों में भारत की भूमिका

इसरो नियमित रूप से भारतीय अंतरिक्ष परिसंपत्तियों के साथ सभी अंतरिक्ष वस्तुओं के लिए निगरानी करता है। इसरो ने वर्ष 2021 के दौरान भारतीय एलईओ अंतरिक्ष परिसंपत्तियों के लिए 1 किमी से कम की दूरी के लिए 4382 घटनाओं और जीईओ अंतरिक्ष परिसंपत्तियों के लिए 5 किमी से कम की दूरी के लिए 3148 निकट उपगमन घटनाओं को अवलोकित किया । किसी भी सन्क्रियात्मक उपग्रह या महत्वपूर्ण अंतरिक्ष परिसंपत्तियों का, उन सभी वस्तुओं जिनके कारण टक्कर की सम्भावना है, टक्कर से बचने के लिए, बहुत कुशलता के साथ मेन्योवर करना आवश्यक है । [9]

टक्कर से बचने के लिए मेन्योवर (सीएएम) करने में अंतरिक्ष यान या उपग्रह में सन्निहित ईंधन के साथ उपग्रह को गतिमान करके किया जाता है। इन मेन्योवर में ईंधन का व्यय होता है। और कभी कभी नीतभार संचालन में व्यवधान होता है। इन मेन्योवर के कारण अंतरिक्ष यान या उपग्रह के जीवनकाल में कमी भी आ सकती है। निम्न ग्राफ पिछले कुछ वर्षों में इसरो द्वारा किए गए ऐसे मेन्योवर की संख्या को दर्शाता है। 2021 में, इसरो ने 19 सीएएमएस किए, जिनमें से 14 एलईओ के लिए और 5 जीईओ अंतरिक्ष यान के लिए निष्पादित किए गए थे। यह देखा जा सकता है कि सीएएमएस की संख्या साल-दर-साल बढ़ रही है और अंतरिक्ष मलबे की बेरोकटोक वृद्धि के साथ भविष्य में बढ़ती प्रवृत्ति जारी रहने का अनुमान है।[1]



आकृति-6: पिछले 7 वर्षों के दौरान भारतीय परिचालन परिसंपत्तियों के लिए किए गए टकराव टालने के मेन्योवर की संख्या [1]

अवलोकन सुविधाएं अंतरिक्ष मलबे के टक्कर से बचने के लिए महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं। भारत ने श्री हरिकोटा में मल्टी ऑब्जेक्ट ट्रैकिंग रडार और कुछ ऑप्टिकल टेलीस्कोप के माध्यम से स्वदेशी अंतरिक्ष वस्तु अवलोकन सुविधाओं की स्थापना में भी प्रगति की है।

कार्टोसैट-2 के लिए अभियान उपरान्त डिस्पोजल (पीएमडी- पोस्ट मिशन डिस्पोजल) किया गया था, जो शुरू में 630 किमी की ऊंचाई पर गोलाकार कक्षा में काम कर रहा था, अपभू (अपोजी) मेन्योवर की एक श्रृंखला के माध्यम से इसकी उपभू (पेरिजी) ऊंचाई को 380 किमी तक कम किया गया । जिससे कार्टोसैट-2 के अभियान के बाद उसका कक्षीय जीवनकाल प्रभावित हुआ। उपग्रह के मिशन के बाद के जीवनकाल पर आईएडीसी द्वारा अनुशंसित "25-वर्षीय नियम" के पूर्ण अनुपालन में 5 साल से कम हो गया है।

2022 में इनसैट-4बी को इसके सेवामुक्त होने से पहले, एक सुपर-सिंक्रोनस अनुप्रयोगी कक्षा में ऊपर स्थानान्तरित किया गया था, जिसके बाद संयुक्त राष्ट्र और आईएडीसी द्वारा जीईओ वस्तुओं के लिए अभियान के बाद के निपटने के दिशानिर्देशों की सिफारिश के पूर्ण अनुपालन के तहत प्रणोदन और विद्युत प्रणालियों का निष्क्रियकरण किया गया था।

निष्कर्ष:

अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी का पिछले कुछ दशकों में काफी तेजी से विकास हो रहा है । उपग्रहों की संख्या न केवल पृथ्वी की विभिन्न कक्षाओं में तेजी से से बढ़ रही है अपितु बहुत से अन्तर्ग्रहीय अभियान भी प्रस्तावित एवं कार्यान्वित हो रहे हैं।इन सभी अभियानों की वास्तविक सफ़लता काफ़ी हद तक अंतरिक्ष मलबे की समस्या से जुड़ी हुई है।वर्तमान में विश्व की सभी अग्रणी एजेंसियाँ अंतरिक्ष मलबे की समस्या की गम्भीरता को पूर्ण रूप से समझ चुकी हैं तथा इसे कम करने की दिशा में प्रयासरत हैं।

संदर्भ :

[1] Source: Space Situational Assessment 2021, ISRO, Mar 24,2022, https://www.isro.gov.in/SSA.html

[2] Orbital Debris, Quarterly news, National Aeronautics and Space Administration, Volume 27, Issue 2, June 2023

[3] Orbital Debris, Quarterly news, National Aeronautics and Space Administration, Volume 27, Issue 1, March 2023

[4] European Space Agency, “Position Paper on Space Debris Mitigation Implementing Zero Debris Creation Zones”, ESA SP-1301, 2004

[5] Bc. Michal Matija, “Active technology for space debris removal”, F3 Master Thesis, CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE, May 2021.

[6] Prabhat singh, Dharmahinder singh chand, Sourav pal & Aadya mishra, “Study of current scenario & removal methods of space debris”, International Journal of Mechanical and Production, Vol. 10, Special Issue, Jun 2020.

[7] C. Priyant Mark, Surekha Kamath, Review of Active Space Debris Removal Methods, Space Policy, Volume 47, February 2019, Pages 194-206

[8] Claude R. Phipps , Kevin L. Baker(2) , Stephen B. Libby (2) , Duane A. Liedahl (2) , Scot S. Olivier (2) , Lyn D. Pleasance(2) , Alexander Rubenchik(2) , Sergey Nikolaev (2) , James E. Trebes (2) , E. Victor George (3) , Bogdan Marcovici (4) and Michael T. Valley (5), "A LASER-OPTICAL SYSTEM TO REMOVE LOW EARTH ORBIT SPACE DEBRIS", Proc. '6th European Conference on Space Debris' Darmstadt, Germany, 22–25 April 2013 (ESA SP-723, August 2013)

[9] A. K. Anil kumar, "India's effort in space debris management", 59th session of STSC-UNCOPUOS, Vienna, Austria, 10th February, 2022.

[10]Emerging Technology from the arXivarchive page, "NASA Studies Laser for Removing Space Junk", https://www.technologyreview.com/2011/03/14/196356/nasa-studies-laser-for-removing-space-junk/

[11] Neha Chincholkar, Ankita kandalkar, Anup A. Pachghare, "GPS based Debris Removal System", International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology, Vol. 4, Special Issue 3, January 2017

लेखक परिचय :

प्रज्ञा श्रीवास्तव: प्रज्ञा श्रीवास्तव 2008 में भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन में शामिल हुईं। वे वर्तमान में कंपन और ध्वनिक परीक्षण सुविधा, यू आर एस सी में कार्यरत हैं । प्रारम्भिक तीन वर्षों तक इन्होंने एल एस एस एफ़ हरिकोटा में कार्य किया । उनकी रुचि डिजिटल इलेक्ट्रोनिक्स, नियंत्रण प्रणाली आदि के क्षेत्र में है । इन्होंने 2007 में एच. सी. ई. टी., आर. जी. पी. वी., जबलपुर से इलेक्ट्रॉनिक्स और कम्युनिकेशन इंजीनियरिंग में बी. ई. की उपाधि प्राप्त की।

हृदयदीप्ति जे: हृदयदीप्ति जे ने इलेक्ट्रिकल और इलेक्ट्रॉनिक्स इंजीनियरिंग में श्री विद्यानिकेतन इंजीनियरिंग कॉलेज, तिरूपति से 2016 में बी टेक की उपाधि प्राप्त की।. वे 2018 में भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन में शामिल हुईं। वे कंपन और ध्वनिक परीक्षण सुविधा में कार्यरत हैं ।उनकी रुचि डेटा प्रोसेसिंग, नियंत्रण प्रणाली, इंस्ट्रुमेंटेशन सिस्टम आदि के क्षेत्र में है।

32. अंतरिक्ष मलबे से बचाव का निर्धारीकरण एवं अंतरिक्षयान के सुरक्षा कवच का अभिकल्प

डॉ.राजीव चतुर्वेदी, श्री उमेश सिंह, श्री मुरलीधर के वी

सारांश:

निचली पृथ्वी कक्षा का अंतरिक्ष वातावरण पिछले अंतरिक्ष यान मिशनों से उत्पन्न मलबे, परित्यक्त उपग्रहों की टक्कर, एंटीसैटेलाइट परीक्षणों के साथ-साथ प्राकृतिक रूप से होने वाले उल्कापिंडों से अव्यवस्थित है। ये मलबे आमतौर पर माइक्रोन से लेकर मीटर तक के आकार के होते हैं। 5.0 सेमी से कम आकार का असूचीबद्ध मलबा अंतरिक्ष यान के लिए एक गंभीर खतरा पैदा करता है क्योंकि यह 7.1 से 14.5 किमी/सेकेंड के बहुत उच्च वेग से अंतरिक्ष यान के साथ टकरा सकता है। पृथ्वी के निचलि कक्षा में मलबे के उच्च प्रवाह के कारण मलबे के साथ अंतरिक्ष यान के टकराव की संभावना बढ़ रही है। विफलता की संभावना मिशन की अवधि और अंतरिक्ष यान की उजागर क्षेत्र के साथ लगभग रैखिक रूप से मापी जाती है। इसके परिणाम स्वरूप मिशन-महत्वपूर्ण प्रणालियों को नुकसान हो सकता है और विनाशकारी घटनाओं और मिशन की विफलता का कारण बन सकता है। इस लेख का उद्देश्य अंतरिक्ष यान पर सूक्ष्म आकार के कक्षीय मलबे से होने वाली क्षति का आकलन करना है। अंतरिक्ष यान के विभिन्न उपकरनो का विफल होने कि सम्भवना एवम बहुत ही महत्वपूर्न उपकर्नो को अंतरिक्ष मलबे से बचाने वाली सुरक्षा कवच कि संरचना को बतया समझाया गया है। सुरक्षा कवच कि संरचना के गणितीय सूत्रों एवम, ABAQUS अनुरूपण का उपयोग करके सुरक्षा कवच का मॉडलिंग और संरचना प्रस्तुत किया गया है।

संकेत शब्द : अंतरिक्ष मलबा, जोखिम मूल्यांकन, ORDEM सॉफ़्टवेयर, अति वेग टकराव ढाल।

परिचय

कक्षीय मलबा पृथ्वी के चारों ओर कक्षा में उपस्थित सभी मानव निर्मित वस्तुएं हैं जो अब किसी उपयोगी उद्देश्य की पूर्ति नहीं करती हैं (जैसे परित्यक्त अंतरिक्ष यान और प्रक्षेपण वाहनों के ऊपरी चरण, कई पेलोड के लिए वाहक, अंतरिक्ष यान को उसके प्रक्षेपण यान से अलग करने के दौरान या मिशन संचालन के दौरान जानबूझकर छोड़ा गया मलबा, अंतरिक्ष यान या ऊपरी चरण के विस्फोटों या टकरावों के परिणाम स्वरूप बना मलबा, ठोस रॉकेट मोटर अपशिष्ट, उश्मीय पेंट के छोटे टुकड़े)। अंतरिक्ष मलबे में प्राकृतिक उल्कापिंड और कृत्रिम (मानव निर्मित) मलबे दोनों शामिल हैं। उल्कापिंड सूर्य के चारों ओर कक्षा में घूमते हैं, जबकि अधिकांश कृत्रिम मलबा पृथ्वी की कक्षा में घूमते है (इसलिए इसे "कक्षीय" मलबा कहा जाता है)। पृथ्वी की परिक्रमा कर रहे छोटे गेंद से भी बड़े मलबे के लगभग 23,000 टुकड़े उप्लब्ध हैं। मलबे के पांच लाख टुकड़े संगमरमर के आकार के या 1 सेमी या उससे बड़े हैं, और लगभग 10 करोड टुकड़े 1 मिमी या उससे बड़े हैं। सामग्री के कारण हुई क्षति के कारण कई अंतरिक्ष शटल खिड़कियों को बदल दिया गया था, जिसका विश्लेषण किया गया था और पेंट के टुकड़े पाए गए थे। वास्तव में, मिमी आकार का कक्षीय मलबा कम पृथ्वी की कक्षा में संचालित होने वाले अधिकांश रोबोटिक अंतरिक्ष यान के लिए मिशन समाप्ति के उच्चतम जोखिम का प्रतिनिधित्व करता है। बड़े कक्षीय मलबे

(> 10 सेमी) को नियमित रूप से जमीन-आधारित रडार सिस्टम और अंतरिक्ष निगरानी जाल द्वारा ट्रैक किया जाता है। 1 से 10 सेमी आकार के हजारों मलबे हैं जो जमीन-आधारित निगरानी प्रणालियों द्वारा ट्रैक करने में असमर्थ हैं। यह मलबा किसी मिशन को समाप्त या बाधित कर सकता है। अंतरिक्ष मलबे की बढ़ती आबादी सभी परिक्रमा करने वाले अंतरिक्ष वाहनों के लिए संभावित खतरे को बढ़ाती है, जिसमें मानव मिशन के यान भी शामिल हैं। वे 7.1 से 14.5 किमी/सेकेंड के वेग से परिक्रमा कर रहे हैं। यह उच्च वेग वाला छोटा मलबा उच्च गतिज ऊर्जा उत्पन्न करता है। क्रीतिम उपग्रहों पर उनका प्रभाव मिशनों के लिए बड़ी समस्याएँ एवम विनाशकारी भी हो कर सकता है। यह सेवारत उपग्रहों, रोबोटिक मिशनों और मानव अंतरिक्ष उड़ान के लिए भी एक महत्वपूर्ण खतरा हो सकता है। क्षति, मलबे के कण के आकार, वेग और संरचनात्मक पैनल की मोटाई, पैकेज ढांचे के दीवार की मोटाई, पदार्थ गुणों और अंतरिक्ष यान अभिविन्यास जैसे प्रारूप मापदंडों पर निर्भर करती है। विश्लेषण का सबसे बड़ा लाभ विशेष रूप से कमजोर हार्डवेयर की पहचान करना है, ताकि आवश्यकता अनुसार पुन: संरचना के माध्यम से उस भेद्यता को कम किया जा सके। विश्लेषण के परिणाम ब्लैंकेटिंग प्रारूप, केबल को फिर से व्यवस्थित करके और बस उप्तंत्र रिडंडेंसी के माध्यम से , प्राथमिक या माध्यमिक संरचनाओं के डिजाइन, सुरक्षा कवच आदि के लिए किया जा सकते हैं। प्राक्षिपिकी सीमा, पदार्थ के एक टुकड़े को भेदने के लिए किसी विशेष प्रक्षेप्य के लिए आवश्यक वेग है। प्रभाव झेलने की क्षमता मापने के लिए प्राक्षिपिकी सीमा समीकरण का उपयोग किया जाता है। क्षति का आकलन अंतरिक्ष यान के संरचनात्मक तत्वों, इलेक्ट्रॉनिक पैकेजों के ढांचो, टैंकों आदि के लिए किया जा सकता है। अंतरिक्ष यान के उपकर्णो को होने वाली क्षति का विश्लेशण एवम अंतरिक्ष मलबे से उप्कर्णो को बचाने वाली कवच की संरचना समझायी गयी है।

1 जोखिम मूल्यांकन अध्ययन

एम एम ओ डी जोखिम मूल्यांकन का सबसे बड़ा लाभ [1] पि एन पी के मदद से विशेष रूप से कमजोर हार्डवेयर की पहचान करना, कार्यात्मक मूल्यांकन और रिडन्डेंसि के माध्यम से उस भेद्यता को कम करना और आवश्यकता अनुसार ईसे पुन: अभिकल्प करना है। विश्लेषण परिणाम, ब्लैंकेट कि संरचना, केबल को फिर से व्यवस्थित करके और बस उप्तंत्रो की रिडंडेंसी ट्रेडों में इलेक्ट्रॉनिक्स उपकारणो को उचित तरिको से रख कर, प्राथमिक या माध्यमिक संरचनाओं के अभिकल्प, सुरक्षा कवच आदि के लिए प्रेरित कर सकते हैं।

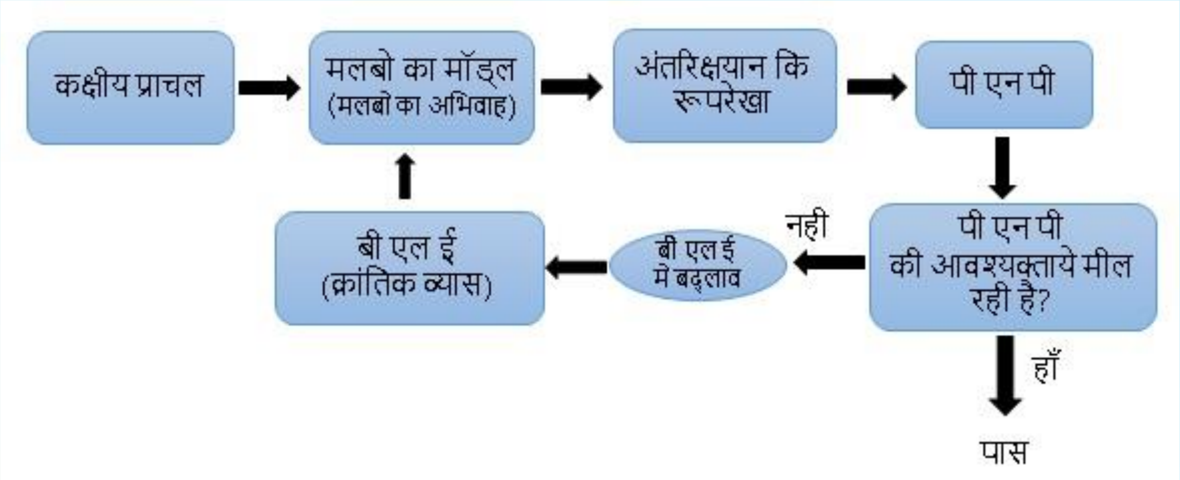
1.1 जोखिम मूल्यांकन पद्धति

जोखिम मूल्यांकन में शामिल गतिविधि का प्रवाह चित्र (1) में दिखाया गया है। इसमें निम्नलिखित चरण शामिल हैं

1. मलबा पर्यावरण मॉडलिंग - कक्षीय मापदंडों के संबंध में मलबा प्रवाह

2. विफलता/क्षति समीकरण - महत्वपूर्ण व्यास ज्ञात करने के लिए बैलिस्टिक सीमा समीकरण (BLE)

3. उपकरण के काम करने की संभावना का निर्धारण - अभेद्य की संभावना (पीएनपी)



चित्र 1: जोखिम मूल्यांकन पद्धति का प्रवाह चार्ट

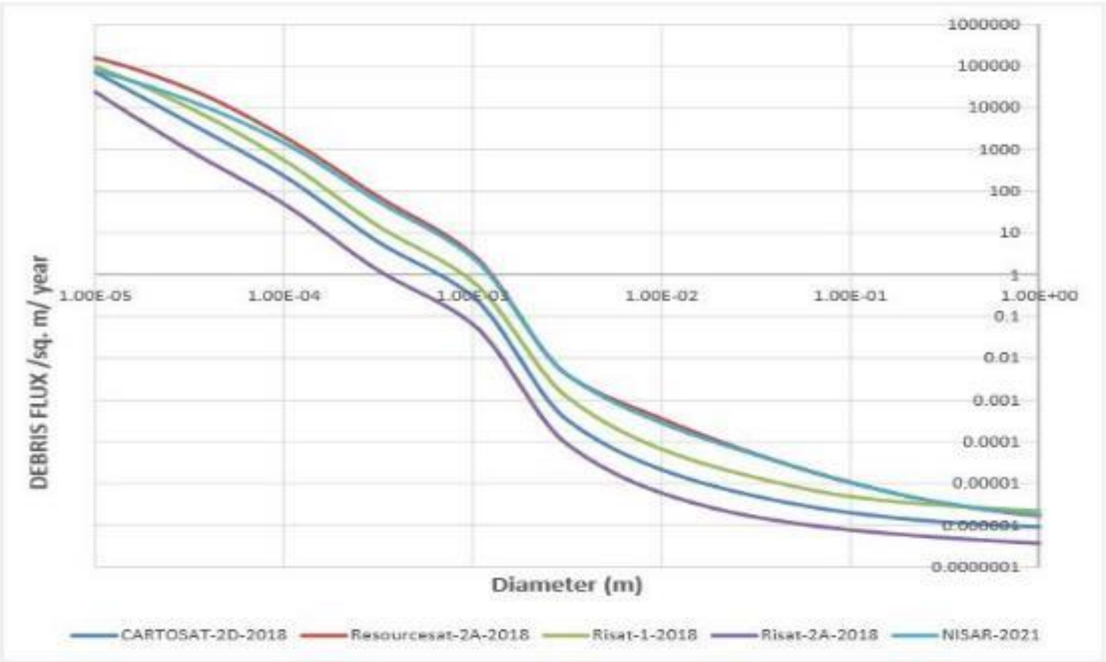
1.2 मलबा पर्यावरण मॉडलिंग

अंतरिक्ष मलबे प्रवाह मॉडल से अंतरिक्ष में वस्तुओं के वितरण और प्रवाह का गणितीय विवरण प्रप्त की जाती है जैसा कि चित्र (2) में दिखाया गया है। ये मॉडल प्रकृति में नियतात्मक हो सकते हैं जिसमें प्रत्येक वस्तु को उसके कक्षीय मापदंडों और भौतिक विशेषताओं द्वारा व्यक्तिगत रूप से वर्णित किया जाता है, या संभाव्य लक्षण वर्णन के आधार पर प्रकृति में सांख्यिकीय या शायद उपरोक्त दो प्रकारों के संयोजन के आधार पर भी वर्णित किया जाता है।

मलबे पर्यावरण मॉडलिंग के लिए उपयोग किए जाने वाले दो प्रमुख मलबे पर्यावरण मॉडल हैं:

1. कक्षीय मलबा इंजीनियरिंग मॉडल-3.0(ORDEM-3.0), NASA

2. उल्कापिंड और अंतरिक्ष मलबा स्थलीय पर्यावरण संदर्भ मॉडल (मास्टर)-2009, ईएसए



चित्र 2: जोखिम मूल्यांकन पद्धति का प्रवाह चार्ट

1.3 पीएनपी

पीएनपी एक तकनीकी शब्द है जिसका उपयोग मलबे के वातावरण में उपप्रणाली की स्वीकृति या अस्वीकृति के लिए किया जाता है। यह संभावना है कि कक्षीय मलबा अपने मिशन जीवन के दौरान सिस्टम को प्रभावित कर सकता है।

$$\text{पीएनपी} = \exp(-N)$$

प्रभावों की अपेक्षित संख्या (N) : यह एक निश्चित समय अवधि में अपेक्षित कक्षीय मलबे के प्रभाव के प्रवेश या विफलताओं की औसत संख्या है = गंभीर प्रवाह X अनुमानित क्षेत्र X समय

मलबा प्रवाह : यह निर्दिष्ट कक्षीय आवरण में कक्षीय मलबे (dc)/m2 की संख्या है।

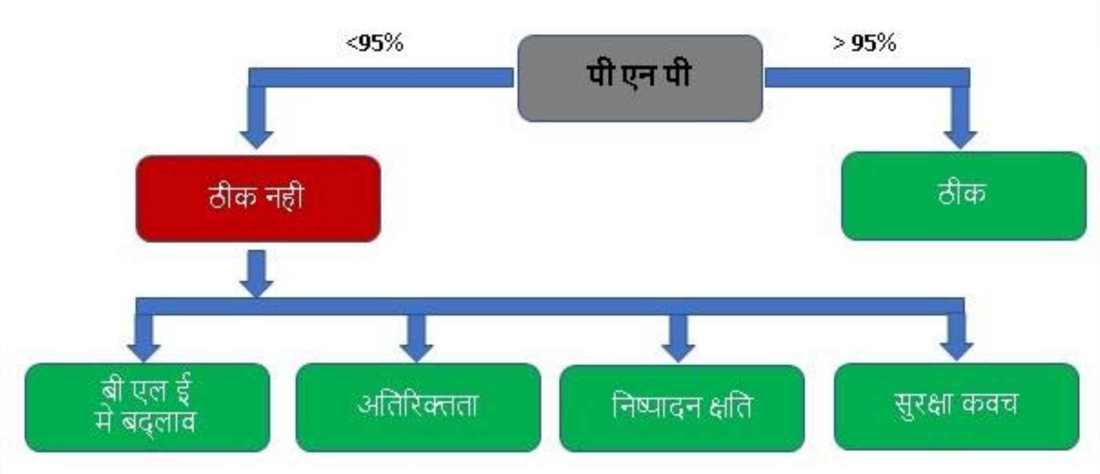
गंभीर प्रवाह: मलबा प्रवाह/वर्ष।

प्रक्षेपित क्षेत्र : यह वेग वेक्टर की दिशा में उपप्रणाली का सामान्य/लंबवत क्षेत्र है।

समय : मिशन काल.

2. मलबा संरक्षण दृष्टिकोण

अज़ीमुथ मलबे के डेटा के आधार पर पीएनपी का अनुमान उपप्रणाली ज्यामिति और उसके बढ़ते स्थान, अधिकतम अपेक्षित वेग का उपयोग करके लगाया जा रहा है। पीएनपी > 95% स्पष्ट मलबा संरक्षण दिशानिर्देश वाले सबसिस्टम। जिन सबसिस्टमों में पीएनपी <95% है, पीएनपी प्रदर्शित करने के लिए अतिरेक पर विचार किया जाएगा। शेष सबसिस्टम के प्रदर्शन में गिरावट का आकलन किया जाएगा और सबसिस्टम प्रदर्शन मार्जिन उपलब्धता के आधार पर मंजूरी प्राप्त की जाएगी। वह उपप्रणाली जो मिशन में तबाही ला सकती है जैसे दबाव पोत और बैटरी 99% पीएनपी को लक्षित किया गया है और ऐसे उपप्रणालियों के लिए अतिरिक्त सुरक्षा कवच की योजना बनाई जा रही है।



चित्र: 3 मलबा संरक्षण दृष्टिकोण

3. शमन तकनीक

1. द्रव्यमान में वृद्धि - हम उपप्रणालियों की मोटाई बढ़ा सकते हैं या पीएनपी को पूरा करने के लिए बेहतर सामग्री का उपयोग कर सकते हैं।

2. सबसिस्टम प्रदर्शन - मलबे के टकराव से सबसिस्टम को होने वाली क्षति । जैसे कि 1 मिमी से 2 मिमी क्षेत्र क्षतिग्रस्त होने पर प्रदर्शन में कितनी गिरावट देखी जाएगी।

3. अतिरेक - अतिरेक को बढ़ाकर किसी सिस्टम का पीएनपी बढ़ाया जा सकता है

4. सुरक्षा कवच- महत्वपूर्ण उपप्रणाली सुरक्षा कवच को कक्षीय मलबे से बचाने के लिए बाहरी रूप से लागू किया जा सकता है। नेक्सटल और केवलर सामग्री के साथ धातु प्लेटों या सैंडविच सुरक्षा ढाल की कई परतें।

4. माइक्रोमेटोरॉइड ढालें

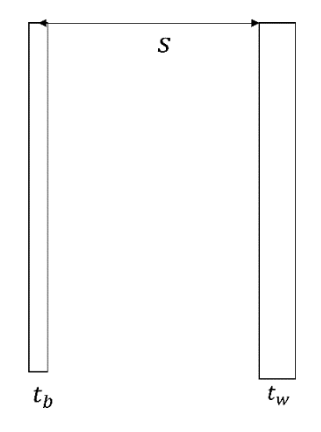
सूक्ष्म-उल्कापिंड और कक्षीय मलबे (एमएमओडी) अंतरिक्षयान पर निम्लिखीत प्रभाव डलते हैं।

1. जिसमें अंतरिक्षयान प्रदर्शन को ख़राब करना
2. मिशन काल को कम करने
3. वाहन के विनाश करना।

प्रत्येक अंतरिक्ष यान के शुरुआती चरण मे नासा द्वारा विशिष्ट एमएमओडी सुरक्षा आवश्यकताएं स्थापित की जाती हैं। ताकि यह सुनिश्चित किया जा सके कि अंतरिक्ष यान वांछित सुरक्षा और मिशन सफलता - लक्ष्यों को पूरा कर लेगा। अंतरिक्ष यान के सुरक्षित एवम सफल संचालन को सुनिश्चित करने के लिए प्रभावी और कुशल एमएमओडी सुरक्षा प्रदान करना आवश्यक है। विभिन्न प्रकार की ढालें अंतर्राष्ट्रीय अंतरिक्ष स्टेशन (आईएसएस) पर क्रू मॉड्यूल, बाहर लगे ज्यदा दबाव वाले गैस टंकी,और मलबो से महत्वपूर्ण उपकरणों की रक्षा करती हैं। कुछ अंतरिक्ष ऑर्बिटर वाहन प्रणालियों को मल्बो के टकराने से बचाने के लिये विषेश ढालै इस्तेमाल किया जाती है। इस लेख का उद्देश्य अंतरिक्ष यान डिजाइनरों को युगल दीवार सुरक्षा ढाल अभिकल्पना अवधारणाओं का उपयोग करके उपग्रह के महत्वपूर्ण हार्डवेयर की सुरक्षा के तरीके प्रदान करना है।

4.1 युगल दीवार (संरक्षण) ढाल अभिकल्प

सुरक्षा कवच में एक बम्पर होता है जिसके पीछे कुछ दूरी पर पीछे की एक दीवार होती है। बाहरी बम्पर और पीछे की दीवार के बीच की जगह खाली रखी जाती है। पहली दीवार, "बम्पर" का कार्य एक प्रभावकारी एमएमओडी कण को छोटे - छोटे कणो के बादलो में तोड़ना है। जिसके परिणाम स्वरूप प्रभावक ऊर्जा और गति पीछे की दीवार के विस्तृत क्षेत्र में वितरित होती है। अती वेग एमएमओडी कण को रोकने में यह दृष्टिकोण एकल दीवार की तुलना में अधिक व्यापक रूप से प्रभावी है। हालाँकि, एकल-दीवार कवच की तुलना में युगल सुरक्षा कवच के लिए आवश्यक अतिरिक्त आयतन एक नुकसान है। चित्र 4.1 सुरक्षा ढाल के विन्यास को दर्शाता है जहां t_w पिचलि दीवार कि मोटई है, t_b बम्पर परत कि मोटई है, और S पीछे की दीवार और बम्पर के बीच की दूरी है



चित्र 4.1 दोहरी-दीवार सुरक्षा शील्ड का योजनाबद्ध आरेख

4.1.1 बैलिस्टिक सीमा समीकरण

बैलिस्टिक सीमा समीकरण टकराव स्थितियों (यानी कण आकार, कण घनत्व, टकराव वेग और टकराव कोण) को परिभाषित करते हैं जिसके परिणामस्वरूप विशिष्ट अंतरिक्ष यान ढाल, घटकों या उप-प्रणालियों की सीमा विफलता होती है। बैलिस्टिक सीमा समीकरण अर्ध-अनुभवजन्य हैं, जो टकराव परीक्षणों के डेटा के साथ-साथ विश्लेषणात्मक मॉडल या संख्यात्मक सिमुलेशन के परिणामों को जोड़ते हैं।

किसी विशेष अंतरिक्ष यान ढाल या घटक के लिए दो प्रकार के बीएलई को आम तौर पर परिभाषित किया जाता है:

ए) डिज़ाइन समीकरण। इनका उपयोग "डिज़ाइन" टकराव स्थिति (प्रक्षेप्य व्यास, घनत्व, टकराव वेग और कोण) के लिए ढाल के आयाम (उदाहरण के लिए मोटाई/क्षेत्रीय घनत्व, रिक्ति, आदि) निर्धारित करने के लिए किया जाता है।

बी) प्रदर्शन समीकरण। ये समीकरण कण आकार के प्रभाव और लक्ष्य मापदंडों के लिए ढाल या घटक की सीमा विफलता से संबंधित करते हैं

4.1.2 विश्लेषणात्मक मॉडल

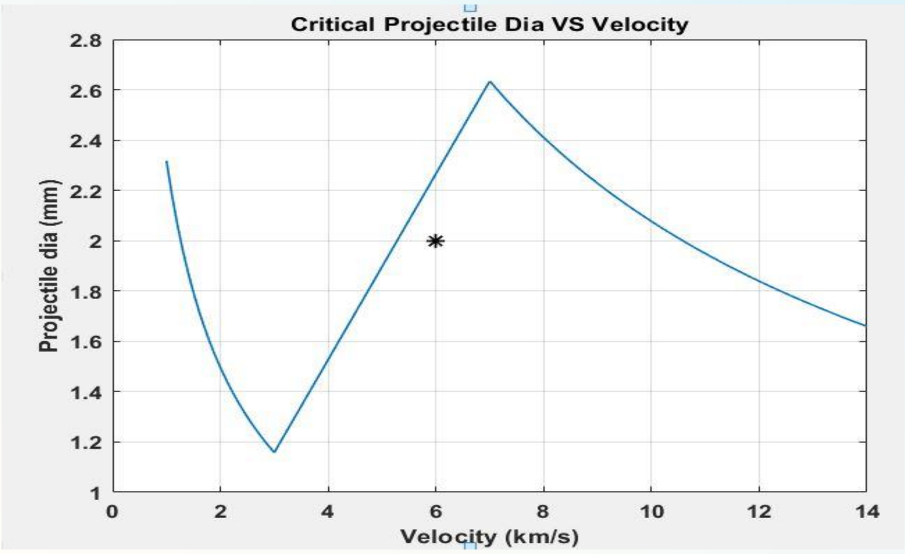
बैलिस्टिक सीमा टकराव समीकरण और लक्ष्य मापदंडों के एक कार्य के रूप में स्टफ्ड व्हिपल शील्ड्स की विफलता सीमा पर महत्वपूर्ण कण आकार की भविष्यवाणी करता है

$$d_c = 3.91\, t_w^{2/3}\, \rho_p^{-1/3}\, \rho_b^{-1/9}\, \left(V\cos(\theta)\right)^{-2/3}\, S^{1/3}\, \left(\sigma/70\right)^{1/3} \qquad \textbf{(1)}$$

dc	प्रक्षेप्य व्यास
ρ_p	प्रक्षेप्य का घनत्व
ρ_b	बम्पर का घनत्व
V	प्रक्षेप्य कि गति

S	पीछे की दीवार और बम्पर के बीच की दूरी
σ	बल
t_b	बम्पर परत कि मोटई
t_w	पिचलि दीवार कि मोटई
θ	झुकाव कोण

चित्र 4.2 अनुभवजन्य समीकरण 1 से प्राप्त बैलिस्टिक सीमा वक्र को दर्शाता है, इसमें तीन क्षेत्र शामिल हैं एक 3 किमी/सेकंड से नीचे, दूसरा 3 किमी/सेकंड से 7.5 किमी/सेकंड का संक्रमण क्षेत्र, और एक 7.5 किमी/सेकंड से ऊपर। वक्र को आलेखित करने के लिए तालिका 1.0 में सूचीबद्ध संख्यात्मक मापदंडों का उपयोग किया गया है। बैलिस्टिक वक्र से, यह स्पष्ट है कि 2.0 मिमी व्यास वाला और 6 किमी/सेकेंड वेग से चलने वाला एक प्रक्षेप्य पीछे की दीवार वाले सुरक्षा कवच को भेदने में सक्षम नहीं होगा।



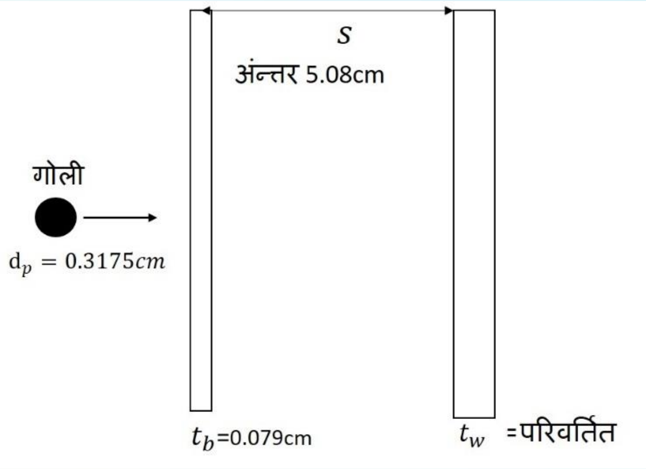
चित्र 4.2 : बैलिस्टिक सीमा समीकरण वक्र

तालिका संख्या - 1

वेग	6.0 किमी/सेकंड
प्रक्षेप्य व्यास	2 मिमी
बम्पर का घनत्व (Al6061-T6)	2.7 ग्राम/सीसी
पिछली दीवार का घनत्व (Al2291-T8)	2.84 ग्राम/सीसी
पिछली दीवार की ताकत	338 एमपीए
प्रक्षेप्य का घनत्व (Al6061-T6)	2.7 ग्राम/सीसी
बम्पर की मोटायी	1 मम
दोनों पलटेस की बीच की दूरी	80 mm

4.1.3 संख्यात्मक मॉडलिंग

ढाल की प्रभावशीलता का आकलन करने के लिए त्रि-आयामी एसपीएच-आधारित हाइड्रोकोड सिमुलेशन का प्रदर्शन किया गया। एल्यूमीनियम धातु के गैर-रैखिक सामग्री मॉडल सिमुलेशन में शामिल हैं। सिमुलेशन में नेक्सटल और केवलर परतों को बराबर वजन की एल्यूमीनियम प्लेटों में परिवर्तित किया गया था। चित्र (4) सुरक्षा ढाल विन्यास के लिए बेंचमार्किंग सिमुलेशन दिखाता है। प्रायोगिक साक्ष्य के अनुसार जैसे ही पीछे की दीवार की मोटाई 0.1 सेमी से 0.4 सेमी तक बढ़ जाती है, सुरक्षा ढाल की बैलिस्टिक सीमा बढ़ जाती है और 0.4 सेमी पीछे की दीवार की मोटाई के लिए कोई छिद्र नहीं देखा गया। वेध (0.1 सेमी पीछे की दीवार) और गैर-वेध (0.4 सेमी पीछे की दीवार) के इन दो मामलों को एसपीएच हाइड्रोकोड सिमुलेशन का उपयोग करके बेंचमार्क किया गया था।

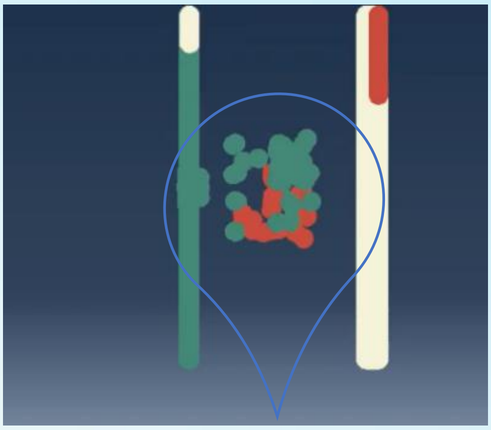


चित्र 4.3: सुरक्षा कवच पर प्रक्षेप्य अतिवेग टकराव का योजनाबद्ध आरेख

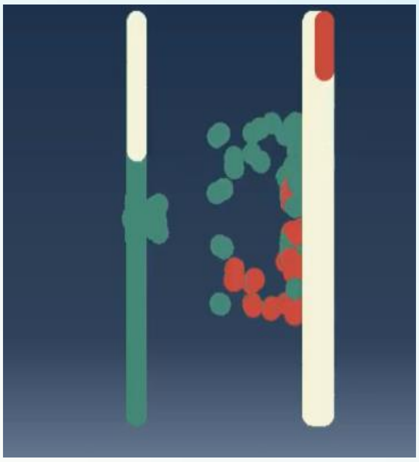
तालिका संख्या 2

टेस्ट	वेग (किमी/सेकंड)	कोण	पिछली दीवार की मोटायी (सेंटीमीटर)	परिणाम
1	6.6	0	0.18	असफल (छेद हुआ)
2	6.6	0	0.40	उत्तीर्ण (कोई छेद नहीं)

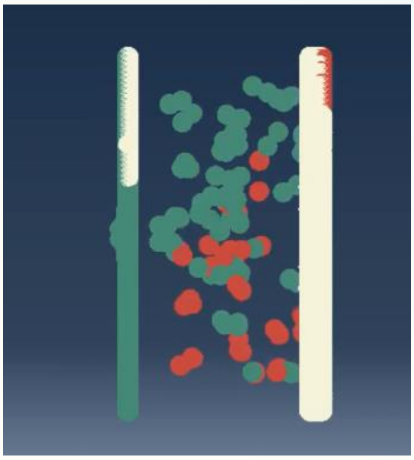
चित्र-4.4 से चित्र-4.7 अबाकस में सिमुलेशन मॉडल दिखाया है, 0.3175 सेमी व्यास प्रक्षेप्य की प्रारंभिक स्थिति 6.6 किमी/सेकेंड है। चित्र से पता चलता है कि 0.1 सेमी पीछे की दीवार के साथ सुरक्षा कवच छिद्रित है और पीछे की दीवार की सामग्री प्लेट की मोटाई से बाहर निकल रही है। सुरक्षा ढाल (0.4 सेमी पीछे की दीवार) पर एक समान सीमा स्थिति, प्रक्षेप्य और बम्पर प्लेटों के टुकड़े वापस लौट आते हैं, और कोई छिद्र नहीं देखा जाता है।



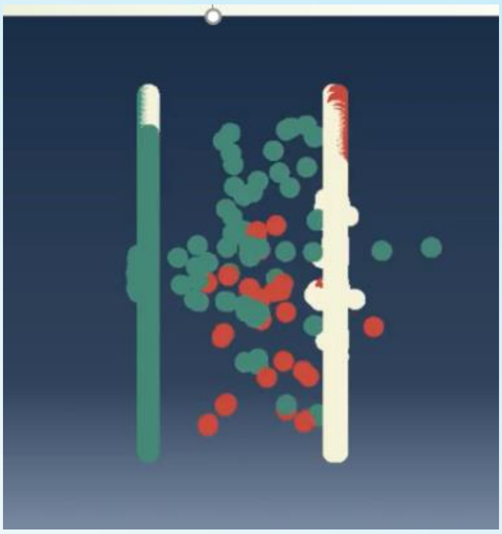
चित्र 4.4 चरण 1 बम्पर और प्रक्षेप्य टुकड़े पीछे की दीवार की ओर बढ़ रहे हैं (t_w=0.4064 सेमी)



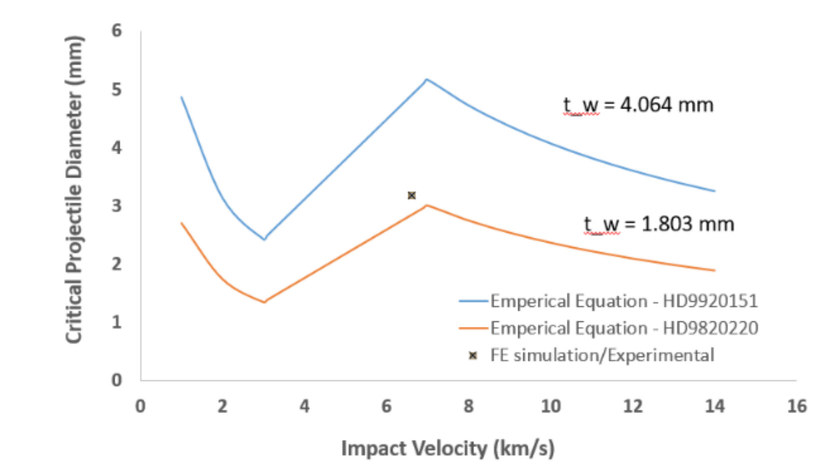
चित्र 4.5 चरण 2 बंपर और प्रक्षेप्य टुकड़े पीछे की दीवार से टकराते हैं (t_w=0.4064 सेमी)



चित्र 4.6 चरण 1 बम्पर और प्रक्षेप्य टुकड़े पीछे की दीवार से उछलते हैं t_w=0.4064 सेमी



चित्र 4.7 : बंपर और प्रक्षेप्य टुकड़े पीछे की दीवार में घुस गए (t_w=0.1803cm)



चित्र 4.8 : t_w=0.1803cm और t_w=0.4064cm के लिए बैलिस्टिक सीमा वक्र तुलना

चित्र 4.8 मे दोनों सुरक्षा ढालों के लिए पोस्ट-सिमुलेशन बैलिस्टिक सीमा वक्र की तुलना सिम्युलेटेड परिणाम से की गई थी। वक्र पर या उसके ऊपर डेटा बिंदुओं से पिछली दीवार में छिद्र होने की उम्मीद है। जैसा कि अपेक्षित था, 3.175 मिमी प्रक्षेप्य के व्यास ने केवल 1.803 मिमी मोटाई की पिछली दीवार को छिद्रित किया, न कि 4.064 मिमी। विश्लेषणात्मक मॉडल और सिमुलेशन मॉडल पुष्टि करते हैं कि पीछे की दीवार की मोटाई बढ़ाकर सुरक्षा कवच की बैलिस्टिक सीमा को बढ़ाया जा सकता है। सिमुलेशन मॉडल ने हाइपरवेलोसिटी टकराव की विखंडन प्रक्रिया को दर्शाया। सिमुलेशन मॉडल को प्रयोगात्मक उपलब्ध परिणामों के साथ बेंचमार्क किया गया था

निष्कर्ष

इस लेख मे अंतरिक्ष मलबे और उसके विनाशकारी प्रभाव पर चर्चा की गयी है। लेख मे मलबे के कणो के घनत्व, आकार एवम पदार्थ का वर्णन किया गया है। स्पश्ट शब्दो मे अंतरिक्ष यान के उप्करणो को अंतरिक्ष के मलबो से बचाने का तरीका समझाया गया है। युगल दीवार (प्रक्षेपिकी कवच) का समीकरण सरल भाषा मे समझाया गया है। संक्षिप्त रूप मे ये एक छोटा प्रयास है जिसमे अंतरिक्ष मलबे से होने वाले नुक्सान एवम इस नुक्सान को रोकने वाले कवच कि संरचना समझायी गयी है।

References

1. Inter-agency Space Debris Coordination Committee (IASDC) Protection manual, IADC-04 03, V7.0, 19/09/2014
2. NASA Orbital Debris Engineering Model ORDEM 3.0- User's Guide, NASA/TP-2014-217370, Handbook for Designing MMOD Protection, NASA Johnson Space Center (JSC), JSC-64399, Version: A
3. Technical Report on Space Debris, UNITED NATIONS, New York, 1999, ORDEM 3.0 and MASTER-2009 modeled debris population comparison, P.H. Krisko, S. Flegel, M.J. Matney, D.R. Jarkey& V. Braun
4. NISAR Spacecraft Preliminary Design Review document structures, ISRO- ISAC-NISAR- PR-2662
5. Micrometeoroid and Orbital Debris (MMOD) Shield Ballistic Limit Analysis Program, NASA/TM–2009–214789.ESABASE2/Debris Release 7.0 Technical Description, Ref. R077-231rep_01_05_Debris_Technical, escription.docx
6. ESABASE2 – Debris Software User Manual. Ref R077 232rep_01_07_01_Software_User_Manual_Solver_Debris.doc
7. "Spacecraft shielding layout and optimization using esabase2/debris" by K.D. Bunte (1), R. Destefanis (2), G. Drolshagen (3), Proceedings of the Fifth European Conference on Space Debris, 30 March - 2 April 2009 in Darmstadt, Germany. Edited by H. Lacoste. ESA-SP Vol. #672. ISBN: 978-92-9221-236-0, European Space Agency, 2009, id.63
8. "Ballistic limit equation for equipment placed behind satellite structure walls", F.K. Scha¨fer, S. Ryan, M. Lambert, R. Putzar, International journal of impact engineering, Vol. 35, No.12, pp.1784-1791, 2008.
9. Enhanced Debris/Micrometeoroid Environment Models and 3D software tool, ESA CR(P) 4214 1988
10. Enhanced Meteoroid and orbital debris shielding, E. Christiansen, Int Journal of Impact Engr, Vol 17,1995.
11. Design and Performance Equations for Advanced Meteoroid and debris shield, E. Christiansen, Int Journal of Impact Engg, Vol 14,1993

लेखक परिचय:

डॉ राजीव चतुवेर्दी

उन्होंने बीआईटी दुर्ग से बीई, आईआईटी खड़गपुर से मशीन डिजाइन में एमटेक और आईआईएससी बैंगलोर से पीएचडी पूरी की है। वह 2009 में इसरो में शामिल हुए और वर्तमान में मैकेनिकल डिजाइन और माप प्रभाग में काम कर रहे हैं। उनकी रुचि का क्षेत्र संरचनात्मक यांत्रिकी और टक्कर यांत्रिकी है।

श्री उमेश सिंह

उन्होंने सी वी रमन कॉलेज ऑफ ईंजीनीरिंग भुबानेश्वर से बीटेक, आई आई एस सी बैंगलोर से पीएचडी कर रहे है। वह 2010 में इसरो में शामिल हुए और वर्तमान में विशवस्नीयता एवम गुणता आशवासन यांत्रिक तंत्र समूह में काम कर रहे हैं। उनकी रुचि का क्षेत्र विशवस्नीयता, गुणता और टक्कर अभीयांत्रिकी है।

श्री मुरलीधर के वी

उन्होंने केरल यूनिवर्सिटी से मास्टर्स किया है। वह 1998 में इसरो में शामिल हुए। उन्होंने लगभग सभी उपग्रह परियोजनाओं के लिए संरचनात्मक विश्लेषण इंजीनियर के रूप में काम किया है। वर्तमान में संरचनात्मक विश्लेषण प्रभाग का नेतृत्व कर रहे हैं।

33. अंतरिक्ष अर्थशास्त्र

(Space Economy)

अश्विनी विश्वकर्मा
वैज्ञानिक/ अभियंता 'एससी', एस्ट्रे

सारांश:
अंतरिक्ष एक अद्वितीय क्षेत्र है जिसकी आकर्षणशीलता और वाणिज्यिक उपयोग के बारे में बहुत सोचा और चर्चा किया गया है। अंतरिक्ष अर्थशास्त्र, अंतरिक्ष के आर्थिक पहलू, उपयोग, नीतियां, और नियमों का अध्ययन करने वाली विज्ञान-विषयक शाखा है। यह निबंध अंतरिक्ष अर्थशास्त्र के महत्व को समझता है, इसका इतिहासिक सन्दर्भ जांचता है, इसके मुख्य दिशानिर्देशों को समझता है, और भारतीय अंतरिक्ष अर्थशास्त्र के लिए भविष्य की संभावनाओं का मुकाबला करता है।

मुख्य शब्द: आकर्षणशीलता, विज्ञान-विषयक

प्रस्तावना :
अंतरिक्ष अर्थशास्त्र एक महत्वपूर्ण क्षेत्र है जो वैज्ञानिक, तकनीकी, और आर्थिक पहलू में विभिन्न मुद्दों को समझने में मदद करता है। अंतरिक्ष अर्थशास्त्र द्वारा निर्धारित नीतियों और नियमों की पालना राष्ट्रों के बीच सहयोग और संबंधों को बढ़ावा देती है।

लेख :

I. अंतरिक्ष अर्थशास्त्र का महत्व

अंतरिक्ष अर्थशास्त्र मानव सभ्यता के विकास के लिए महत्वपूर्ण है, जो न केवल विज्ञान और प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में आगे बढ़ने में मदद करता है, बल्कि व्यापारिक, सामाजिक, राजनीतिक, और सुरक्षा द्वारा भी आवश्यक उपयोग का निर्धारण करता है। अंतरिक्ष अर्थशास्त्र के अध्ययन से हमें अंतरिक्ष के विभिन्न गतिविधियों, जैसे उपग्रह प्रणाली, निरीक्षण, नेविगेशन, अंतरिक्ष यात्रा, और विज्ञान और तकनीकी प्रगति के महत्वपूर्ण पहलूओं को समझने का अवसर मिलता है।

उपग्रह प्रणाली अंतरिक्ष से पृथ्वी के लिए विभिन्न उपयोगों के लिए उपयोगी जानकारी, संचार, मौसम की निगरानी, जलवायु विज्ञान, साझा निरीक्षण, और सूचना प्रदान करती है। इसके अलावा, नेविगेशन प्रणाली जैसे GPS उपग्रह प्रणाली संचार, सटेलाइट नेविगेशन, और समय समायोजन की सुविधाएँ प्रदान करती है।

II. अंतरिक्ष अर्थशास्त्र के मुख्य दिशानिर्देश

अंतरिक्ष अर्थशास्त्र विभिन्न मुद्दों को समाधान करने के लिए महत्वपूर्ण दिशानिर्देश प्रदान करता है। इनमें संयुक्त अनुसंधान, संयुक्त नीतियां, संयुक्त प्रक्रियाएं, और संयुक्त प्रबंधन शामिल हैं। अंतरिक्ष अर्थशास्त्र द्वारा निर्धारित नीतियां और नियमों की अनुपालना राष्ट्रों के बीच सहयोग और संबंधों को बढ़ावा देती है।

A. संयुक्त अनुसंधान और विज्ञान: अंतरिक्ष अर्थशास्त्र ने वैज्ञानिक और तकनीकी सहयोग को प्रोत्साहित किया है, जिससे विभिन्न राष्ट्रों ने अपने वैज्ञानिक क्षेत्रों में अग्रणीता प्राप्त की है। संयुक्त अनुसंधान प्रोजेक्ट्स द्वारा अंतरिक्ष यात्रा, उपग्रह निरीक्षण, जलवायु विज्ञान, और उपयोगी तकनीकी विकास पर अधिक ज्ञान प्राप्त किया गया है।

B. संयुक्त नीतियां और संयुक्त प्रक्रियाएं: अंतरिक्ष अर्थशास्त्र द्वारा संयुक्त नीतियां और संयुक्त प्रक्रियाएं विकसित की जाती हैं, जो अंतर्राष्ट्रीय सहयोग को सुनिश्चित करने के लिए नियमित और संगठित कार्यक्रम प्रदान करती हैं। इन्हें निर्धारित करने वाले महत्वपूर्ण संयुक्त प्रक्रियाएं अंतरिक्ष यात्रा, उपग्रह प्रणाली, नवीनीकरण, और विज्ञान-तकनीकी सहयोग शामिल हैं।

C. संयुक्त प्रबंधन: अंतरिक्ष अर्थशास्त्र में संयुक्त प्रबंधन की एक महत्वपूर्ण पहलू है। यह राष्ट्रों को अंतरिक्ष के लिए साझा संचालन प्रदान करने, संचालन और निगरानी को विकसित करने, साझा संसाधनों का उपयोग करने और साझा रिस्कों को संभालने में मदद करता है।

III. भारतीय अंतरिक्ष अर्थशास्त्र की संभावनाएं

भारतीय अंतरिक्ष अर्थशास्त्र एक महत्वपूर्ण क्षेत्र है जिसमें भारत को आत्मनिर्भरता, वैज्ञानिक और प्रौद्योगिकी प्रगति, आर्थिक विकास, और राष्ट्रीय सुरक्षा को प्रोत्साहित करने का अवसर मिलता है। भारत ने अंतरिक्ष यातायात, उपग्रह निरीक्षण, उपग्रह प्रणाली, नेविगेशन प्रणाली, और अंतरिक्ष विज्ञान में प्रगति की है।

A. अंतरिक्ष यातायात: भारत ने अंतरिक्ष यातायात की दिशा में कदम उठाए हैं, जिसमें उपग्रह प्रणाली, उपग्रह प्रणाली, और अंतरिक्ष यात्रा शामिल हैं। भारतीय अंतरिक्ष अभियांत्रिकी संगठन (इसरो) ने मंगल यान "मंगलयान" के माध्यम से अंतरिक्ष अन्वेषण में महत्वपूर्ण योगदान दिया है।

B. उपग्रह निरीक्षण: भारतीय अंतरिक्ष यांत्रिकी ने उपग्रह निरीक्षण के क्षेत्र में महत्वपूर्ण प्रगति की है। भारतीय उपग्रह निरीक्षण मिशन चंद्रयान-१ और चंद्रयान-२ ने चंद्रमा के गहनाईयों का अध्ययन किया है।

C. उपग्रह प्रणाली: भारत ने अपनी उपग्रह प्रणाली को विकसित करने के लिए कदम उठाए हैं, जिसमें गगनयान और इडेंटिफिकेशन ऑफ सेलाइट ऑटोमेटिक लेंचर (प्रथम) शामिल हैं। यह प्रणाली भारत को अपने उपग्रह निर्माण क्षमता में स्वायत्तता प्रदान करती है।

D. नेविगेशन प्रणाली: भारत ने नेविगेशन प्रणाली के क्षेत्र में भी महत्वपूर्ण प्रगति की है, जिसमें भारतीय नेविगेशन साधन (इन्डियन नाविगेशनल सेटेलाइट सिस्टम) शामिल है। यह ग्लोबल पोजीशनिंग सिस्टम (GPS) की तरह सेवाएं प्रदान करने के लिए भारतीय स्वायत्त प्रयासों में से एक है।

संक्षेप :

अंतरिक्ष अर्थशास्त्र एक महत्वपूर्ण क्षेत्र है जो वैज्ञानिक, तकनीकी, और आर्थिक पहलू में विभिन्न मुद्दों को समझने में मदद करता है। अंतरिक्ष अर्थशास्त्र द्वारा निर्धारित नीतियों और नियमों की पालना राष्ट्रों के बीच सहयोग और संबंधों को बढ़ावा देती है। भारतीय अंतरिक्ष अर्थशास्त्र के विकास ने भारत को वैज्ञानिक और प्रौद्योगिकी प्रगति, आर्थिक विकास, और राष्ट्रीय सुरक्षा के क्षेत्र में महत्वपूर्ण योगदान किया है। भारत ने अंतरिक्ष यातायात, उपग्रह निरीक्षण, उपग्रह प्रणाली, नेविगेशन प्रणाली, और अंतरिक्ष विज्ञान के क्षेत्र में अग्रणीता प्राप्त की है। भारतीय अंतरिक्ष अर्थशास्त्र के विकास को बढ़ाने के लिए और भविष्य में आगे बढ़ने के लिए हमें संयुक्त प्रयास करना चाहिए ताकि हम अंतरिक्ष के क्षेत्र में सकारात्मक परिणाम हासिल कर सकें और उसके लाभों का उपयोग कर सकें।

संदर्भ :

१. https://www.asc-csa.gc.ca/eng/youth-educators/activities/fitness-and-nutrition/return-and-reconditioning.asp

२. https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0007091217541252-gr2_lrg.jpg

३. https://humans-in-space.jaxa.jp/en/biz-lab/med-in-space/

लेखक परिचय :

अश्विनी विश्वकर्मा -वैज्ञानिक/ अभियंता 'एससी', ए.एस.टी.आर.ई. लेखक जनवरी 2023 में एचएसएफसी में अभियंता 'एससी' के पद मे शामिल हुए थे। वह एस्ट्रे, एचएसएफसी में काम कर रहे हैं।

34. टीवी डी1-सीएम के लिये एमजीएसई की आवश्यकता और उसका परिपालन

MGSE Requirements and Implementations for TV-D1 CM

अरुण न्यामगौडर*, अतीत राय*, अरविंद शेणै*, चन्दन मालाकर *

*वैज्ञानिक/ अभियंता

समुच्चयन, प्रणाली जांच एवं पुन:प्राप्ति इकाई (ए.एस.टी.आर.ई),

समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र (एच.एस.एफ.सी)

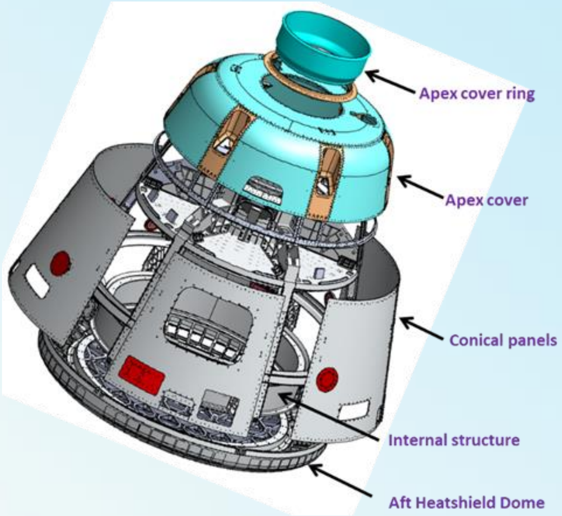
सारांश

क्रू मॉड्यूल (सीएम) एक अंतरिक्ष यान है जिसे मनुष्यों को अंतरिक्ष में ले जाने और वापस पृथ्वी पर लौटने के लिए अभिकल्प किया गया है। टीवी-डी 1 सीएम एक अनुकारक क्रू मॉड्यूल है जिसका उद्देश्य कई बार अवरोध की स्थिति में सभी प्रणालियों का मान्यता प्राप्त करने के लिये अभिकल्प किया गया है। इस मॉड्यूल का आकार मुख्य रूप से मिशन के पुन: प्रवेश चरण के दौरान इसकी वायुगतिकीय विशेषताओं द्वारा तय किया जाता है। इस आकार के कारण जो पारंपरिक घनाकार उपग्रहों या बेलनाकार प्रक्षेपण यान चरणों से भिन्न है, मॉड्यूल को संभालना और इंटरफेस प्रदान करना चुनौतीपूर्ण हो जाता है। यह अध्ययन इन चुनौतियों पर काबू पाने के लिए उठाए गए विभिन्न कदमों और उपकरणों का चित्रण करता है।

मुख्य शब्द: क्रू मॉड्यूल, एकीकरण, प्लेटफॉर्म, भू सहय्य उपकरण

प्रस्तावना :

अंतरिक्ष यान के अभिकल्प और विकास में एकीकरण अत्यंत महत्वपूर्ण है। एमजीएसई (यांत्रिक भू सहय्य उपकरण) की आवश्यकता उन चरणों से आती है जिनमें सीएम को समुच्चय किया जाना है। यह सीएम और उसकी सहसमुच्चय के विन्यास पर भी निर्भर करता है। गगनयान मिशन का सीएम एक दोहरी दीवार वाली संरचना है और आंतरिक क्षेत्र तक पहुंच केवल सामने और ऊपरी हैच के माध्यम से होती है। यह बाधा एकीकरण प्लेटफार्मों के विन्यास और एकीकरण गतिविधियों के अनुक्रमण के दौरान एक विशेष आवश्यकता लगाती है। सीएम के पास ये इंटरफेस होने चाहिए जिनका उपयोग ढांचे से लेकर प्रक्षेपण स्थान तक पूरे एकीकरण चरण में किया जा सकता है। टीवी डी1-सीएम में आंतरिक संरचना, आफ्ट हीटशील्ड डोम, शंक्वाकार पैनल, एपेक्स कवर और एवियोनिकी डेक जैसे प्रमुख उपप्रणालियां शामिल हैं। (**चित्र 1 देखें**)



चित्र 1. टीवी-डी1 सीएम विन्यास

पहली हैंडलिंग आवश्यकताओं में से एक सीएम को क्रेन का उपयोग करके उठाना है क्योंकि यह एक भारी धातु संरचना है। इसी प्रकार, सभी भारी उप-असेंबली में क्रेन संचालन के लिए इंटरफेस की आवश्यकता होती है। प्रबंधन के अगले चरण में परिवहन शामिल है क्योंकि एकीकरण गतिविधियाँ कई एकीकरण सुविधाओं पर की जाती हैं।

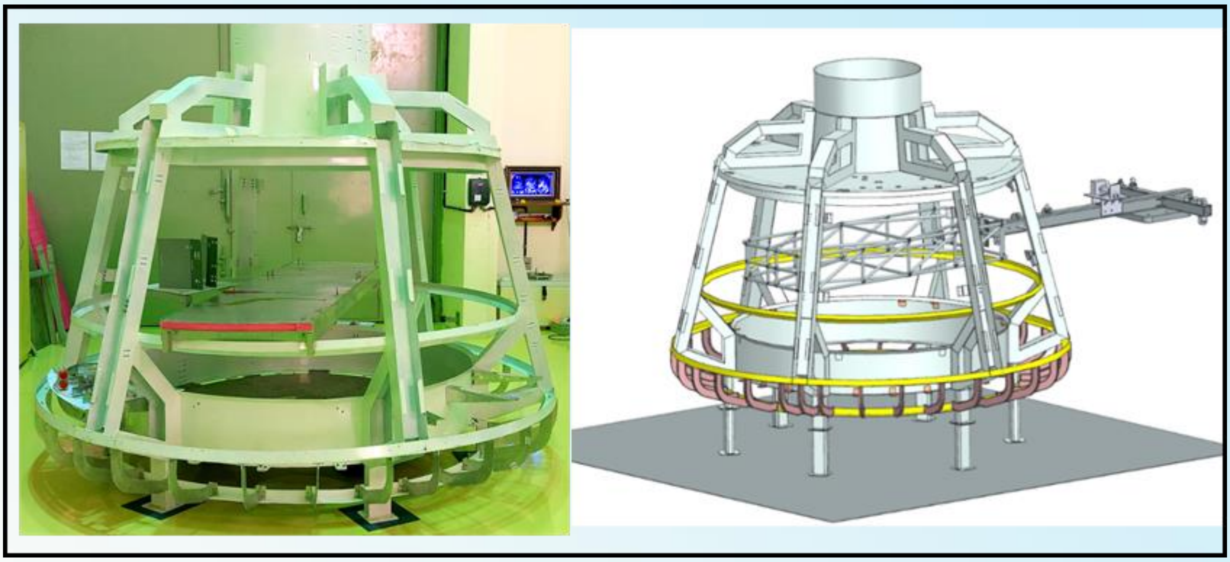
एकीकरण चरण के दौरान अन्य एमजीएसई की आवश्यकता होती है जिसमें पूरे सीएम तक पहुंच प्रदान की जानी होती है क्योंकि विभिन्न उपप्रणालियों को एकीकृत करना होता है। इसके अलावा, महत्वपूर्ण प्रणालियों की असेंबली के दौरान सटीक संरेखण सुनिश्चित करने के लिए समर्पित फिक्स्चर की आवश्यकता होती है। सीएम की जटिल विन्यास के कारण भू उपकरण को सभी एकीकरण आवश्यकताओं के लिए अनुकूलित किया जाना चाहिए और सीएम पर संबंधित इंटरफेस तैयार किया जाना चाहिए।

2. एमजीएसई इंटरफेस और फिक्स्चर प्राप्ति

निम्नलिखित अनुभाग सीएम पर उत्पन्न प्रत्येक समर्थन उपकरण और संबंधित इंटरफ़ेस के लिए आवश्यकताओं की व्याख्या करते हैं।

2.1. सीएम पूव-एकीकरण तैयारी

सीएम संरचना को सुविधा तक पहुंचाने से पहले हार्नेस की तैयारी और इंटरफ़ेस पहचान जैसे कुछ कार्यों को पूरा करना होगा। इस प्रयोजन के लिए, सीएम की विशेषताओं का अनुकरण करने के लिए एक अनुकारक संरचना की आवश्यकता है। एक बार जब सीएम सुविधा में प्राप्त हो जाता है तो हार्नेस को सीधे उड़ान संरचना में स्थानांतरित कर दिया जाता है। यह हार्नेस ट्रांसफर बीम का उपयोग करके किया जाता है क्योंकि हार्नेस भारी होता है और इसे संभालने के दौरान कटने और क्षति होने का खतरा होता है। (**चित्र 2 देखें**)



चित्र 2. ब्रिजिंग प्लेटफॉर्म और हार्नेस ट्रांसफर बीम के साथ सीएम हार्नेस जिग मॉक-अप

2.2. एम क्रेन हैंडलिंग

पर्याप्त स्थिरता मार्जिन के साथ हैंडलिंग के दौरान स्थिरता बनाए रखने के लिए सीएम की अपेक्षित गुरुत्व केंद्र के ऊपर क्रेन हैंडलिंग इंटरफ़ेस प्रदान करने की आवश्यकता है। इंटरफेस शीर्ष क्षेत्र में नहीं दिया जा सकता क्योंकि यह मिशन महत्वपूर्ण प्रणालियों से पूरी तरह भरा हुआ है और स्थान की कमी है। इसलिए, इंटरफ़ेस को सीएम के मध्य लॉन्गरान क्षेत्र पर चुना गया है। इसकी व्यावसायिक उपलब्धता और संचालन में आसानी के कारण इंटरफ़ेस पर एक स्विवेल होइस्ट का उपयोग किया जारा है।

चित्र 3. क्रेन हैंडलिंग फिक्स्चर इंटरफेस और स्विवेल होइस्ट के साथ सीएम

एक स्प्रेडर बीम आधारित 3-पॉइंट हैंडलिंग फिक्स्चर को सीएम सतह यानी टीपीएस के खिलाफ स्लिंग्स की रगड़ से बचने के लिए अभिकल्प किया गया है (**चित्र 3 देखें**)। स्प्रेडर बीम हैंडलिंग इंटरफ़ेस पर समग्र पार्श्व भार को भी कम करता है। यह सुनिश्चित करने के लिए कि हैंडलिंग के दौरान सीएम समतल है, टर्न-बकल के एक सेट का उपयोग किया जारा है। सीएम की स्तर बनाये रख़ने के लिये तीन टर्न बकल का उपयोग किया गया है।

2.3. सीएम परिवहन

सीएम को दो स्थितियों में ले जाना होगा यानी डोम के साथ और बिना डोम के। इसलिए दो प्रकार के हैंडलिंग इंटरफ़ेस की आवश्यकता होती है। अतिरिक्त इंटरफेस उत्पन्न करने से बचने के लिए बिना पैनल वाले संरचना पर उड़ान इंटरफेस का उपयोग किया गया है और उपलब्ध छेद मे पर्याप्त जगह हैं यानी जोड मुश्किल नहीं हैं। सीएम और हैंडलिंग रिंग को इंटरफ़ेस करने के लिए ब्रैकेट का एक सेट तैयार किया गया।
एक परिवहन डब्बा को सीएम परिवहन की सभी आवश्यकताओं के अनुरूप संशोधित किया गया है। संरचना पर शॉक लोड को कम करने के लिए 16 वायर रोप आइसोलेटर्स के साथ एक परिवहन रिंग का उपयोग किया जाता है। (**चित्र 4 देखें**)

चित्र 4. एमजीएसई और सीएम उप-असेंबली के साथ परिवहन कंटेनर

डोम के साथ सीएम के परिवहन के लिए डोम की गोलाकार सतह के कारण ब्रैकेट के विशेष सेट की आवश्यकता होती है। अभियान क्रांतिक प्रुथक्करण जोड में गड़बड़ी से बचने के लिए हैंडलिंग इंटरफेस का स्वतंत्र सेट भी प्रदान किया गया है। इसलिए एक ब्रैकेट का एहसास इसके इंटरफेसिंग प्लेन के साथ स्थानीय गोलाकार सतह के स्पर्शरिखा के साथ होता है जिसमें विशेष गोलाकार वॉशर होते हैं और दूसरा सिरा हैंडलिंग रिंग से जुड़ा होता है। (**चित्र 5 देखें**)

चित्र 5. डोम असेंबल स्थिति के साथ सीएम को संभालने के लिए एमजीएसई

2.4. सीएम एकीकरण

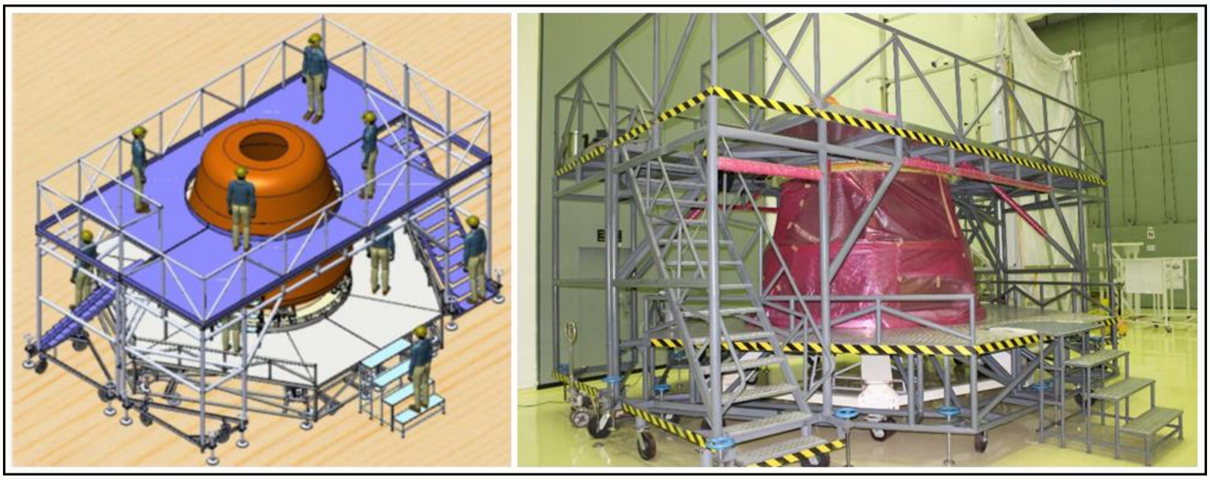
सीएम के एकीकरण चरण के लिए कई क्षेत्रों तक पहुंच की आवश्यकता है जिसमें आंतरिक क्षेत्र भी शामिल है। सीएम में सभी उपप्रणालियों की संक्षिप्त पैकिंग आवश्यकताओं के कारण, इंटरफेस तक पहुंच चुनौतीपूर्ण हो जाती है। यह सुनिश्चित करते हुए कि काम समानांतर में किया जा सकता है, सभी निर्दिष्ट क्षेत्रों तक पहुंचने के लिए कई प्लेटफार्मों का एहसास किया गया है। यह बदले में एकीकरण की प्रक्रिया को तेज करने में मदद करता है।

2.4.1. एपी, एएपी और एलएलपी

एलएलपी (लो लेवल प्लेटफार्म) एक निम्न स्तर का प्लेटफार्म है जिस पर सीएम को हैंडलिंग रिंग का उपयोग करके लगाया जाएगा। प्लेटफ़ॉर्म को निचले डोम के एकीकरण तक पहुंच सुनिश्चित करने के लिए अभिकल्प किया गया है।

एपी (एक्सेस प्लेटफार्म) एक एक्सेस प्लेटफ़ॉर्म है जिसे सीएम के शंक्वाकार क्षेत्र तक पहुंच प्रदान करने के लिए अभिकल्प किया गया है। निचले क्षेत्र के इलेक्ट्रॉनिक्स को अप्रत्याशित भार से बचाते हुए सीएम को आंतरिक वॉल्यूम तक पहुंच प्रदान करने के लिए एक हल्के ब्रिजिंग प्लेटफॉर्म (चित्र 5 देखें) का एहसास किया गया है। (**चित्र 6 देखें**)

एएपी (एपेक्स एक्सेस प्लेटफार्म) एक शीर्ष पहुंच मंच है जिसे मंदन प्रणाली और रिकवरी एवियोनिक्स के एकीकरण के लिए सीएम के शीर्ष क्षेत्र तक पहुंच प्रदान करने के लिए अभिकल्प किया गया है।



चित्र 6. सीएम एकीकरण के लिए एक्सेस प्लेटफार्म

2.4.2. एमपीआईएफ (मल्टि पर्रपस ईंटेग्रेषन फिक्स्चर)

यह फिक्स्चर सीएम एसएम पृथक्करण प्रणाली के एकीकरण के लिए कठोर संरेखण आवश्यकताओं को प्राप्त करने के लिए डिज़ाइन किया गया है। रेडियल सपोर्ट ब्रैकेट को असेंबल करने के लिए शंक्वाकार क्षेत्र पर एक समर्पित शीयर लिप आधारित इंटरफ़ेस प्रदान किया गया था। ब्रैकेट ने शीयर लिप की सख्त सहनशीलता को बनाए रखते हुए इंटरफ़ेस के शंक्वाकार वक्रता को शामिल किया। आईएफ रिंग को अब तक किए गए सबसे कड़े संरेखणों में से एक के साथ संरेखित किया गया था। सीएम को एमपीआईएफ (मल्टि पर्रपस ईंटेग्रेषन फिक्स्चर) पे स्थापिथ करने के बाद आईएफ रिंग को तीन जाक के मदद् से स्तर बनाथे हुए संरेखण प्राप्थ किया गया है। (**चित्र 7 देखें**)

चित्र 7. एमपीआईएफ और रेडियल ब्रैकेट का संरेखण प्रक्रिया मे उपयोग

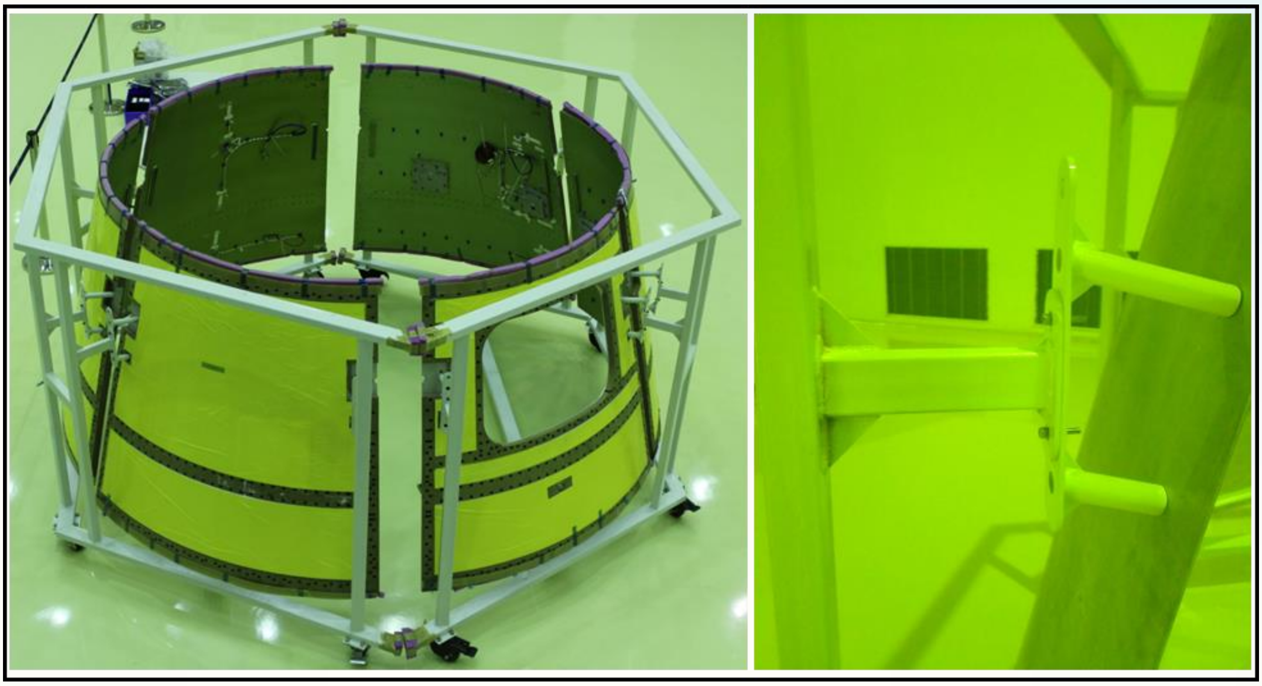
2.4.3. सीएम ट्रॉली

सीएम ट्रॉली को सुविधा के अंदर सीएम की आवाजाही के लिए डिज़ाइन किया गया था, जिसकी गतिशीलता सुनिश्चित करते हुए इसकी आकार बहुत कम रखि गयि थी। इसका उपयोग आईसाइट के अलावा अन्य सुविधाओं पर सीएम के एकीकरण के लिए किया गया है। इस फिक्स्चर का उपयोग सीएम के सीजी माप के लिए भी उपयोग किया जा रहा है। (**चित्र 8 देखें**)

चित्र 8. सीएम ट्रॉली के साथ इकट्ठे हुए

2.4.4. शंक्वाकार पैनल हैंडलिंग

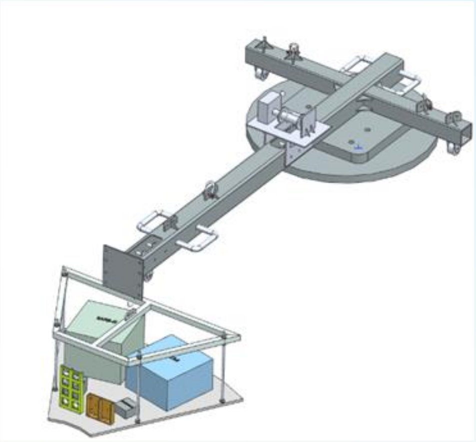
शंक्वाकार पैनल हैंडलिंग फिक्स्चर को सीएम कॉनिकल पैनलों को संभालने के लिए डिज़ाइन किया गया था क्योंकि इन्हें सुविधाओं के बीच मैन्युअल रूप से नहीं ले जाया जा सकता है। क्रेन का उपयोग करके इन पैनलों को उठाने के लिए एक सेट हैंडलिंग ब्रैकेट लगाए जाते हैं जो असेंबली के दौरान नियंत्रण के लिए हैंडल के रूप में भी कार्य करते हैं। इसका उपयोग शंक्वाकार पैनलों पर एवियोनिक्स के एकीकरण के लिए भी किया जा रहा है। (**चित्र 9 देखें**)

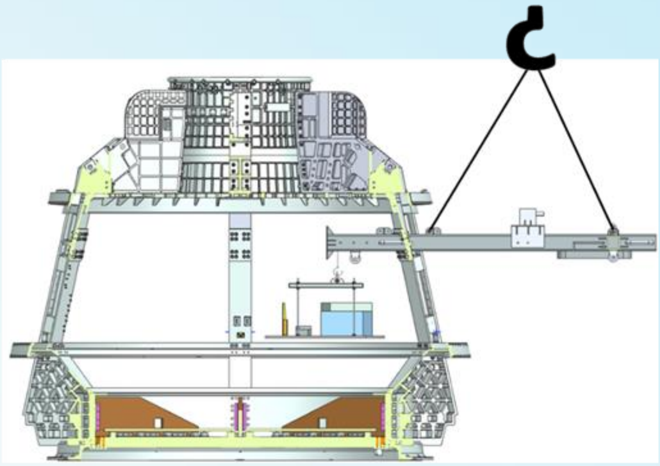


चित्र 9. शंक्वाकार पैनल हैंडलिंग फिक्स्चर और ब्रैकेट

2.4.5. एवियोनिक्स एकीकरण

एवियोनिक्स पैकेजों को अत्यधिक सावधानी से संभालना होगा क्योंकि वे उच्च मूल्य के हैं और मिशन की समयसीमा को काफी प्रभावित कर सकते हैं। कर्मियों द्वारा भारी पैकेजों और डेक को हाथों से उठाने के गलत प्रबंधन से बचने के लिए एक हैंडलिंग बीम डिज़ाइन किया गया है। इसमें अच्छे नियंत्रण और समायोजन के लिए एक संतुलन द्रव्यमान और चरखी है।





चित्र 9. डेक हैंडलिंग बीम

3. डिज़ाइन दृष्टिकोण और परिक्श्ण

एमजीएसई को उपयोग के दौरान अपेक्षित सेवा भार और एकीकरण के दौरान कार्यात्मक आवश्यकताओं के आधार पर डिजाइन किया गया है। सामग्रियों की ताकत को इस तरह चुना जाता है कि डिज़ाइन कारकों के साथ लोड के ऊपर सुरक्षा का सकारात्मक मार्जिन सुनिश्चित किया जाता है। सेवा से पहले संरचनाओं को प्रूफ लोड किया जाता है और सभी वेल्ड का डीपी परीक्षण द्वारा निरीक्षण किया जाता है। इंटरफ़ेस को परीक्षण असेंबली द्वारा सत्यापित किया जाता है। सभी संरचनाओं को प्राइमर और मेटालिक पेंट द्वारा संक्षारण प्रतिरोधी बनाया गया है।

4. निष्कर्ष

टीवी डी1 सीएम के लिए आवश्यक एमजीएसई को सभी डिजाइन चुनौतियों का सामना करते हुए डिजाइन किया गया है। सभी हितधारकों के साथ चर्चा के बाद समर्पित टीमों द्वारा डिजाइनों की गहन समीक्षा की गई। टीवी डी1-सीएम के एकीकरण में वर्तमान में सभी उपकरणों का उपयोग किया जा रहा है और परिणाम संतोषजनक पाए गए हैं।

लेखक परिचय:

श्री अरुण न्यामगौदर, वैज्ञानिक/अभियंता 'एससी' ने भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी संस्थान से एयरोस्पेस इंजीनियरिंग में बी.टेक. की उपाधि प्राप्त की है। वह समुच्चयन, प्रणाली जांच एवं पुन:प्राप्ति इकाई (ए.एस.टी.आर.ई), समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र (एच.एस.एफ.सी) के यांत्रिक समाकलन प्रभाग में कार्यरत हैं। वह गगनयान मिशन

के क्रू मॉड्यूल के समाकलन गतिविधियों में शामिल हैं। वह क्रू मॉड्यूल की एकीकरण गतिविधियों से संबंधित विभिन्न यांत्रिक भू-सहाय्य उपकरण के डिज़ाइन कार्यों में भी शामिल हैं।

श्री अतीत रॉय, वैज्ञानिक/अभियंता 'एससी' ने राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान (एन.आई.टी) राउरकेला से मैकेनिकल इंजीनियरिंग में बी.टेक. की उपाधि प्राप्त की है। वह समुच्चयन, प्रणाली जांच एवं पुन:प्राप्ति इकाई (ए.एस.टी.आर.ई), समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र (एच.एस.एफ.सी) के यांत्रिक समाकलन प्रभागमें कार्यरत हैं। वह गगनयान मिशन के क्रू मॉड्यूल के लिए सिस्टम इंजीनियरिंग गतिविधियों और गुणवत्ता नियंत्रण गतिविधियों में शामिल हैं। वह क्रू मॉड्यूल की समाकलन गतिविधियों से संबंधित विभिन्न डिज़ाइन कार्यों में भी शामिल हैं।

श्री अरविंद शेणै, वैज्ञानिक/अभियंता 'एसई', समुच्चयन, प्रणाली जांच एवं पुन:प्राप्ति इकाई (ए.एस.टी.आर.ई), समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र के यांत्रिक एकीकरण प्रभागमें कार्यरत हैं। वह उप प्रभाग प्रमुख (यांत्रिक भू-सहाय्य उपकरण (एम.जी.एस.ई) और परिवहन) हैं। वह पहले विक्रम सारभाई अंतरिरिक्ष केंद्र और यू.आर.राव उपग्रह केंद्र में काम कर चुके हैं। वह गगनयान मिशन के क्रू मॉड्यूल के समाकलन गतिविधियों में शामिल हैं।

श्री चन्दन मालाकर, वैज्ञानिक/अभियंता 'एसएफ' , समुच्चयन, प्रणाली जांच एवं पुन:प्राप्ति इकाई (ए.एस.टी.आर.ई), समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र के यांत्रिक समाकलन प्रभागमें में कार्यरत हैं। वह उप प्रभाग प्रमुख (यांत्रिक समाकलन) हैं। वह पहले यू.आर.राव उपग्रह केंद्र में काम कर चुके हैं। वह गगनयान मिशन के क्रू मॉड्यूल के समाकलन गतिविधियों में शामिल हैं।

35. अंतरिक्ष में डिजिटल युग्म : अनुप्रयोग

- रजत कुमार और बीरेश एन. गुंडूर

सारांश:

डिज़ाइन, निगरानी और रखरखाव प्रक्रियाओं को बदलने की अपनी क्षमता के कारण, डिजिटल ट्विन्स के विचार ने कई उद्योगों में महत्वपूर्ण ध्यान आकर्षित किया है। अंतरिक्ष उद्योग में डिजिटल ट्विन्स का उपयोग अंतरिक्ष मिशनों और प्रणालियों की प्रभावशीलता, सुरक्षा और प्रदर्शन में सुधार के लिए किया जा सकता है। यह अध्ययन जांच करता है कि अंतरिक्ष उद्योग में डिजिटल ट्विन्स का उपयोग कैसे किया जाता है, उनके उपयोग, फायदे और तकनीकी विकास पर प्रकाश डाला गया है।

अध्ययन डिजिटल ट्विन्स की एक सामान्य समीक्षा देकर शुरू होता है, जिसमें उनके प्रमुख लक्षण, सिमुलेशन और डिजिटल ट्विन के बीच अंतर और उन्हें संभव बनाने वाली अंतर्निहित प्रौद्योगिकियां शामिल हैं। यह अंतरिक्ष यान डिजाइन, विनिर्माण और संचालन सहित अंतरिक्ष मिशन में डिजिटल ट्विन के अनुप्रयोग के बारे में विवरण प्रदान करता है। इसके अतिरिक्त, पेपर नासा टर्बो इंजन डेटासेट पर इंजनों के शेष उपयोगी जीवन (आरयूएल) की भविष्यवाणी करने के लिए केस स्टडी का पता लगाता है।

यह पेपर अंतरिक्ष में पूर्वानुमानित रखरखाव का संक्षिप्त विवरण देता है। ये फायदे जटिल अंतरिक्ष संचालन से संबंधित जोखिमों को कम करने और संसाधन उपयोग को अधिकतम करने में मदद करते हैं। इसके अतिरिक्त, पेपर नासा टर्बो इंजन डेटासेट पर इंजनों के शेष उपयोगी जीवन (आरयूएल) की भविष्यवाणी करने के लिए केस स्टडी का पता लगाता है। प्रस्तावित मॉडल डेटा प्रीप्रोसेसिंग चरण में फीचर चयन को लागू करता है और नासा टर्बो इंजन डेटासेट पर इंजन के आरयूएल की भविष्यवाणी करने के लिए बेसलाइन रैखिक प्रतिगमन का उपयोग करता है।

1. परिचय

डिजिटल ट्विन किसी भौतिक वस्तु का आभासी प्रतिनिधित्व है। यह आइटम के जीवनचक्र को फैलाता है और ऑब्जेक्ट पर सेंसर द्वारा भेजे गए वास्तविक समय डेटा का उपयोग करके प्रक्रियाओं का अनुकरण और निगरानी करता है।एक डिजिटल ट्विन एक आभासी वातावरण में किसी वास्तविक वस्तु को उसकी कार्यक्षमता, सुविधाओं और व्यवहार सहित डिजिटल रूप से पुन: प्रस्तुत करके काम करता है। स्मार्ट सेंसर जो उत्पाद से डेटा एकत्र करते हैं, संपत्ति का वास्तविक समय डिजिटल चित्रण प्रदान करते हैं। प्रतिनिधित्व का उपयोग परिसंपत्ति के पूरे जीवन चक्र में किया जा सकता है, प्रारंभिक उत्पाद परीक्षण से लेकर वास्तविक दुनिया के संचालन और डीकमीशनिंग तक।

डिजिटल ट्विन और सिमुलेशन के बीच मुख्य अंतर यह है कि सिमुलेशन यह दोहराता है कि किसी उत्पाद के साथ क्या हो सकता है, लेकिन डिजिटल ट्विन वास्तविक दुनिया में किसी वास्तविक विशिष्ट उत्पाद के साथ क्या हो रहा है, इसकी नकल करता है। भौतिक प्रणालियों के आभासी समकक्षों के साथ उत्पादन, प्रतिनिधित्व और बातचीत विभिन्न अंतर्निहित प्रौद्योगिकियों द्वारा संभव बनाई गई है जिन्हें डिजिटल ट्विन्स बनाने के लिए संयोजित किया गया है।निम्नलिखित कुछ महत्वपूर्ण प्रौद्योगिकियाँ हैं जो डिजिटल ट्विन्स के निर्माण के लिए आवश्यक हैं: IoT सेंसर, डेटा संग्रह और एकीकरण, सिमुलेशन और मॉडलिंग उपकरण,

डेटा विश्लेषण और मशीन लर्निंग टूल, संचार प्रोटोकॉल जैसे संदेश कतारबद्ध टेलीमेट्री ट्रांसपोर्ट और रेस्टफुल एपीआई और साइबर सुरक्षा और डेटा गोपनीयता।

अपोलो 13 की विफलता के बाद 1960 में नासा द्वारा डिजिटल ट्विन की अवधारणा पेश की गई थी, उन्होंने इसे अपोलो का जीवित मॉडल कहा था [1]। एयरोस्पेस क्षेत्र में डिजिटल ट्विन प्रौद्योगिकी के अनुप्रयोग को तीन प्रमुख भागों में विभाजित करना संभव है: सटीक अंतरिक्ष यान डिजाइन, अंतरिक्ष यान उत्पादन, और अंतरिक्ष यान-कक्षा नियंत्रण [2]।

i) **अंतरिक्ष यान डिज़ाइन** - विशिष्ट अंतरिक्ष यान डिज़ाइन पद्धति एक पेपर पर आधारित होती है, जिसमें असंगत जानकारी, अस्पष्ट विवरण और संचार समस्याएं जैसी खामियां होती हैं। अंतरिक्ष यान डिजिटल ट्विन का निर्माण डिजाइन प्रक्रिया के आरंभ में अंतरिक्ष यान की विशिष्ट संरचना और मापदंडों की पहचान और भविष्यवाणी कर सकता है, साथ ही डिजाइन प्रक्रिया के दौरान विशिष्ट मापदंडों की तर्कसंगतता को अनुकूलित कर सकता है, जिससे अंतरिक्ष यान डिजाइन को अधिक कार्यात्मक आवश्यकताओं का विस्तार करने, प्राप्त करने की अनुमति मिलती है। एक छोटा विकास चक्र, और पूर्व निर्धारित लक्ष्यों को पूरा करने के आधार पर तेज़ पैरामीटर पुनरावृत्ति और अनुकूलन।

ii) **अंतरिक्ष यान निर्माण** - विनिर्माण प्रक्रिया में डिजिटल ट्विन की भूमिका विनिर्माण प्रक्रिया को अनुकूलित करना, शेड्यूलिंग योजना को अनुकूलित करना और उत्पादन दक्षता में सुधार करना है।

iii) **अंतरिक्ष यान कक्षा में प्रबंधन और नियंत्रण -** इसमें ऑन-ऑर्बिट संचालन, ऑन-ऑर्बिट रखरखाव, ऑन-ऑर्बिट अपडेट, दोष भविष्यवाणी और स्वास्थ्य प्रबंधन शामिल हैं।

इस पेपर का मुख्य उद्देश्य अंतरिक्ष यान का कक्षा में प्रबंधन और नियंत्रण करना है। जटिल मानव अंतरिक्ष मिशन से जुड़े जोखिम को कम करने के लिए पूर्वानुमानित रखरखाव का उपयोग किया जा सकता है। पूर्वानुमानित रखरखाव को अक्सर 'स्थिति निगरानी' के रूप में जाना जाता है क्योंकि यह वास्तव में विफलता की भविष्यवाणी करने और रोकने के लिए मशीनों की स्थिति को मापता है।

हमने उपकरण की विफलता (यानी, आरयूएल भविष्यवाणी) की भविष्यवाणी में बेसलाइन रैखिक प्रतिगमन रेखा लागू की है। केस स्टडी के लिए, इस अध्ययन में टर्बो इंजन पर नासा डेटासेट का उपयोग किया गया है [3]।

2. कार्यप्रणाली

यह खंड टर्बो इंजनों पर नासा डेटासेट के शेष उपयोगी जीवन (आरयूएल) की भविष्यवाणी करने में उपयोग किए जाने वाले पूर्वानुमान और मशीन लर्निंग मॉडल के लिए उपयोग किए गए डेटासेट का संक्षिप्त विवरण देता है।

2.1 डेटासेट विश्लेषण

डेटासेट NASA डेटा रिपॉजिटरी से लिया गया है। चयनित डेटासेट में डिग्रेडिंग टर्बोफैन इंजन से रन-टू-फ़ेलर सेंसर माप शामिल हैं [4]। डेटा सेट कई बहुभिन्नरूपी समय श्रृंखलाओं से बने होते हैं। प्रत्येक डेटा सेट को आगे प्रशिक्षण और परीक्षण उपसमूहों में विभाजित किया गया है। प्रत्येक समय श्रृंखला एक अलग इंजन से होती है, जिसका अर्थ है कि डेटा एक ही प्रकार के इंजनों के बेड़े से है। प्रत्येक इंजन प्रारंभिक घिसाव और विनिर्माण भिन्नता की अलग-अलग डिग्री के साथ शुरू होता है जिससे उपयोगकर्ता अनजान होता है। यह टूट-फूट और भिन्नता प्राकृतिक मानी जाती है और यह कोई ग़लत स्थिति नहीं है। तीन परिचालन सेटिंग्स का इंजन के प्रदर्शन पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ता है। ये विकल्प इसी तरह डेटा में संग्रहीत होते हैं। सेंसर के शोर ने डेटा को प्रदूषित कर दिया है।

डेटा सेट को तीन भागों में बांटा गया है -:

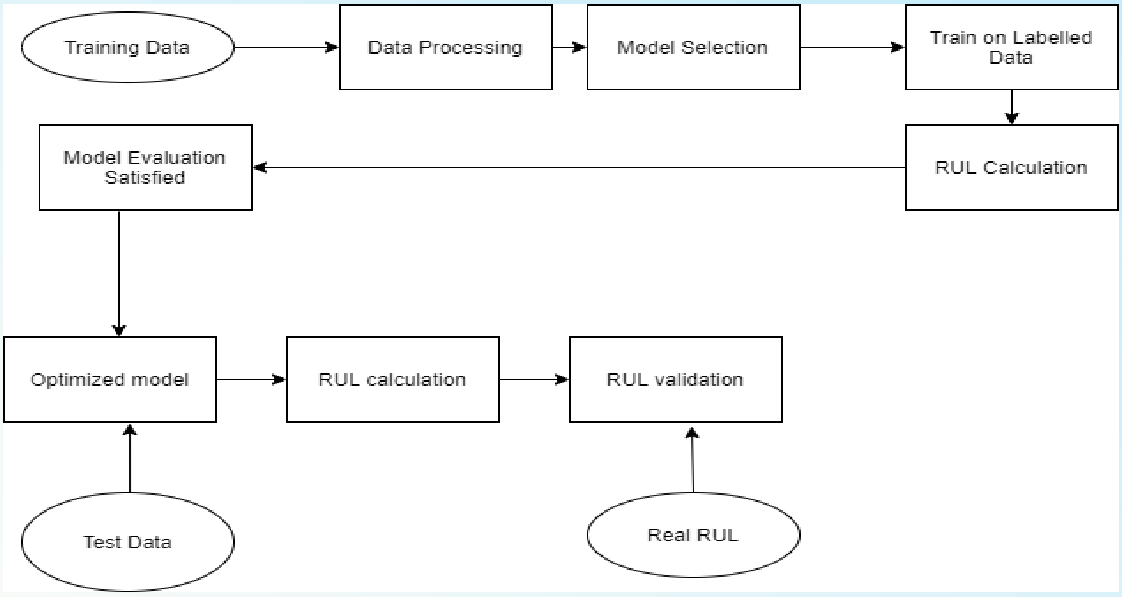
प्रशिक्षण जानकारी - प्रशिक्षण डेटा सेट में, इंजन हर बार श्रृंखला में सामान्य रूप से शुरू होता है और श्रृंखला के दौरान कुछ बिंदु पर खराबी पैदा करता है। सिस्टम विफल होने तक प्रशिक्षण सेट में गलती की भयावहता बढ़ जाती है।
परीक्षण डेटा - परीक्षण डेटा सेट में, सिस्टम विफलता से कुछ समय पहले समय श्रृंखला रुक जाती है।
जमीनी सच्चाई डेटा - ग्राउंड ट्रुथ डेटासेट में परीक्षण डेटा के लिए वास्तविक शेष उपयोगी जीवन (आरयूएल) मूल्यों का कॉलम प्रदान किया गया था।

प्रशिक्षण, परीक्षण डेटासेट में प्रत्येक पंक्ति में निम्नलिखित जानकारी होती है:
1. इंजन इकाई संख्या
2. समय, चक्रों में
3. तीन परिचालन सेटिंग
4. 21 सेंसर रीडिंग

2.2 मशीन लर्निंग मॉडल

इस मशीन लर्निंग मॉडल का लक्ष्य परीक्षण सेट में विफलता से पहले शेष परिचालन चक्रों की संख्या का पूर्वानुमान लगाना है, यानी, अंतिम चक्र के बाद इंजन विफलता से पहले चालू रहेगा। प्रयुक्त मशीन लर्निंग मॉडल सरल बेसलाइन रैखिक प्रतिगमन मॉडल है।
रैखिक प्रतिगमन का उपयोग एक आश्रित चर Y (शेष उपयोगी जीवन) और एक या अधिक स्वतंत्र चर X (सेंसर रीडिंग, परिचालन सेटिंग्स) [5] के बीच रैखिक संबंध का अध्ययन करने के लिए किया जाता है। मल्टीपल वेरिएबल लीनियर रिग्रेशन का उपयोग किया जाता है जहां आरयूएल आश्रित चर है [6] जबकि परिचालन सेटिंग्स और 21 सेंसर रीडिंग स्वतंत्र चर हैं।

$$Y_1 = a_1{*}X_1 + a_2{*}X_2 + a_3{*}X_3 + \ldots\ldots + a_n{*}X_n$$

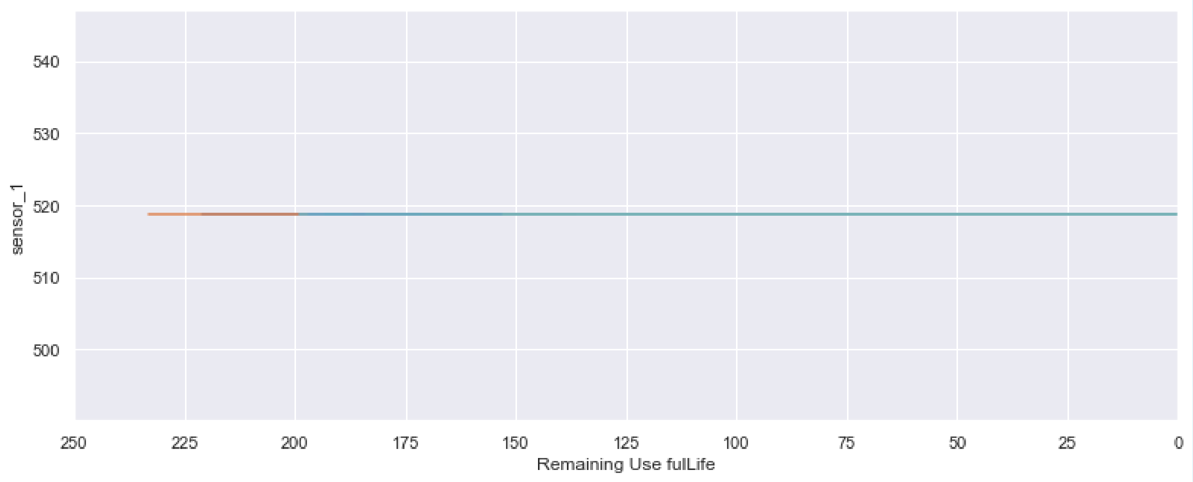


चित्र 1 - हमारे आरयूएल पूर्वानुमान दृष्टिकोण का फ़्लोचार्ट

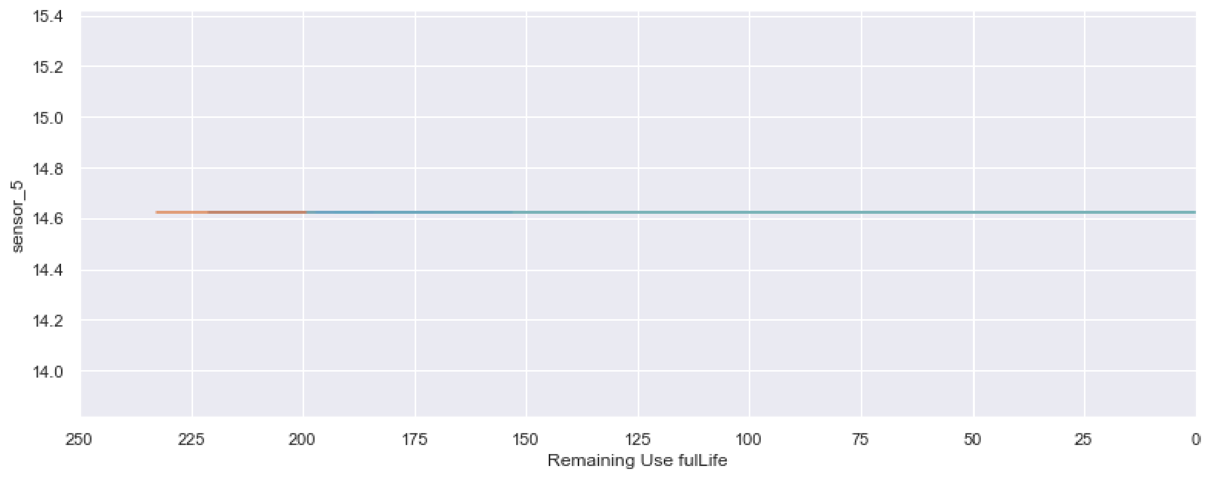
2.2.1 डाटा प्रोसेसिंग

विभिन्न टर्बो फैन इंजनों के आरयूएल के साथ सेंसर प्लॉट करने के बाद, निम्नलिखित रुझान देखे गए हैं। जैसा कि चित्र 2 में दिखाया गया है, सेंसर 1 का ग्राफ़ समतल रेखा है, समतल रेखा इंगित करती है कि सेंसर में कोई उपयोगी जानकारी नहीं है। जैसा कि चित्र 2 में दिखाया गया है, सेंसर 1 का ग्राफ़ समवर्ती रेखा है, सममित रेखा से पता चलता है कि सेंसर में कोई उपयोगी जानकारी नहीं है। जैसा कि चित्र 5 में दिखाया गया है, सेंसर 2 में बढ़ती प्रवृत्ति देखी गई थी, चित्र 5 में दिखाए गए सेंसर 3 के लिए भी एक समान पैटर्न देखा गया था। सेंसर 4, 8, 11, 13, 15 और 17 सेंसर 2 और सेंसर 3 के समान प्रवृत्ति दिखाते हैं। जैसा कि चित्र-9 में दिखाया गया है, सेंसर 6 आरयूएल से संबंधित नहीं है, इसे हटाया भी जा सकता है। चित्र 7 से पता चलता है कि सेंसर 7 में गिरावट की प्रवृत्ति है, जिसे सेंसर 12, 20 और 21 में भी देखा गया था। सेंसर 21 प्लॉट चित्र 8 में दिखाया गया है।

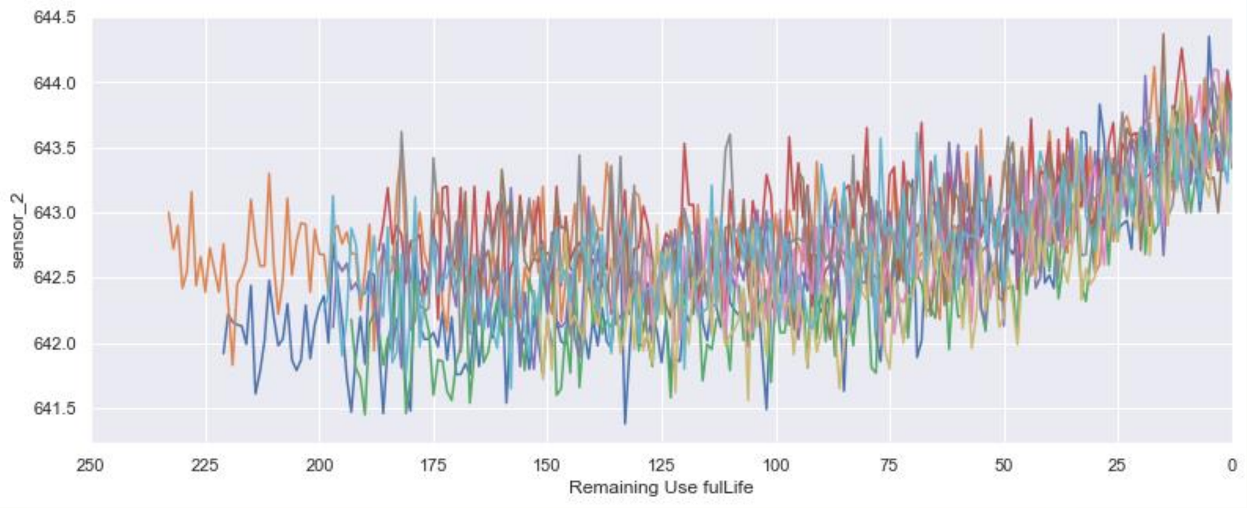
हमारे खोजपूर्ण डेटा विश्लेषण के आधार पर हम यह निर्धारित कर सकते हैं कि सेंसर 1, 5, 6, 10, 16, 18 और 19 में आरयूएल से संबंधित कोई जानकारी नहीं है क्योंकि सेंसर मान पूरे समय स्थिर रहते हैं।



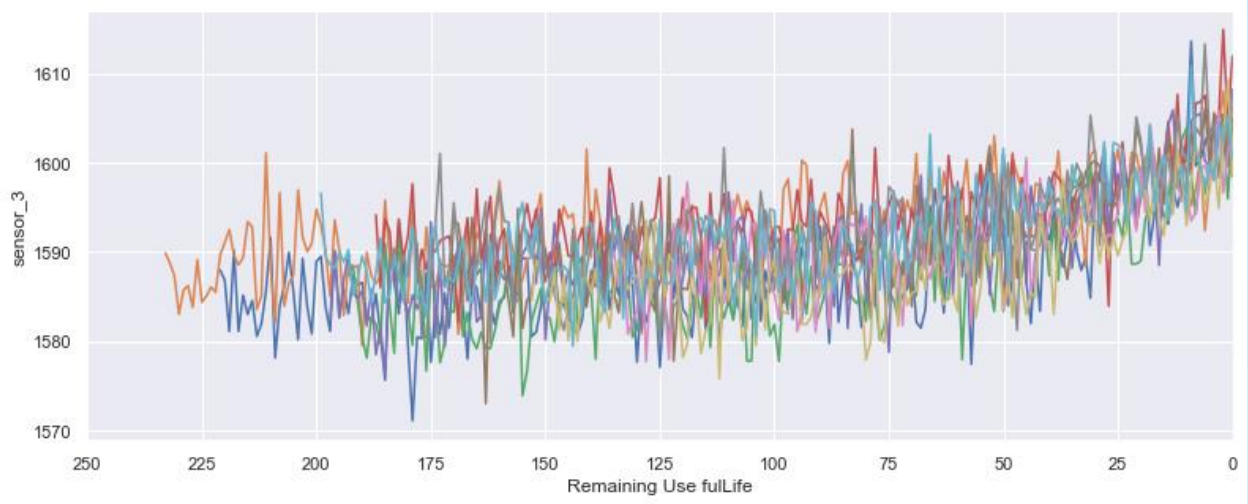
चित्र 2 - सेंसर1 के प्रति प्रशिक्षण डेटा सेट के टर्बो फैन इंजन के आरयूएल का प्लॉट



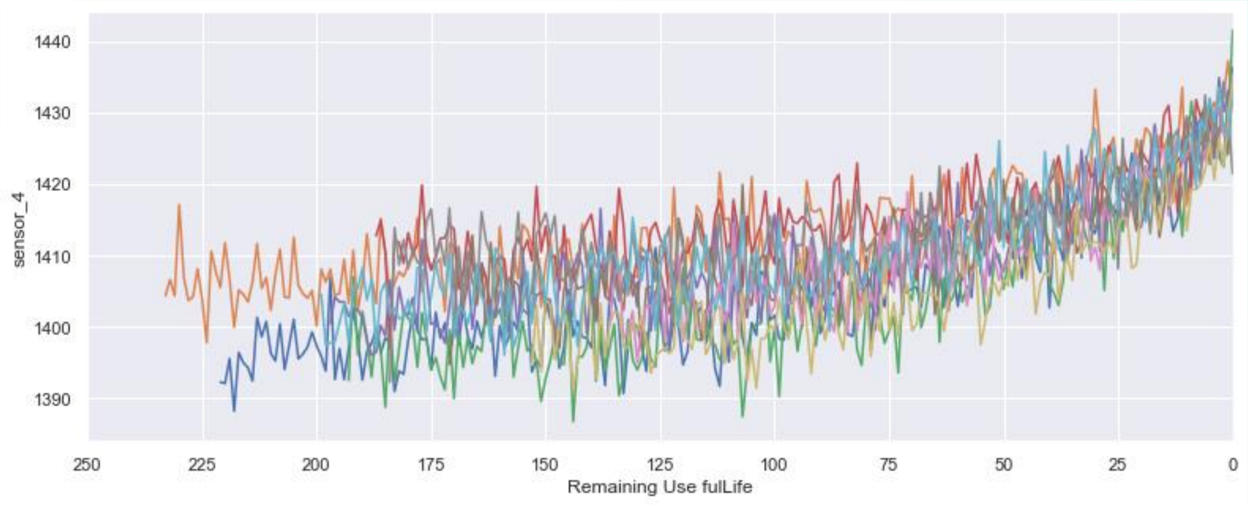
चित्र 3 - सेंसर5 के प्रति प्रशिक्षण डेटा सेट के टर्बो फैन इंजन के आरयूएल का प्लॉट



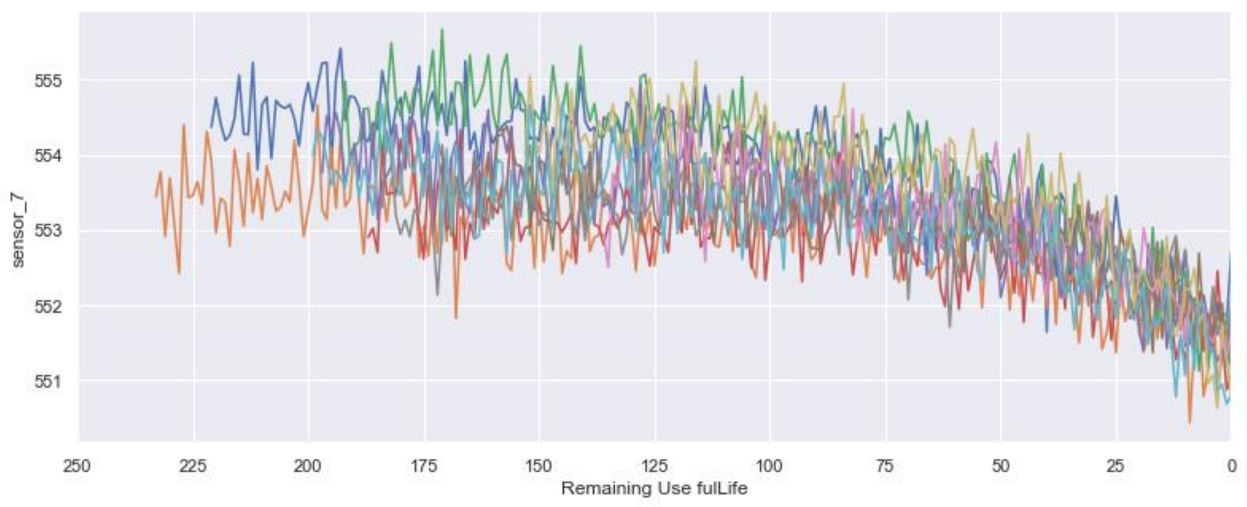
चित्र 4 - सेंसर 2 के प्रति प्रशिक्षण डेटा सेट के टर्बो फैन इंजन के आरयूएल का प्लॉट



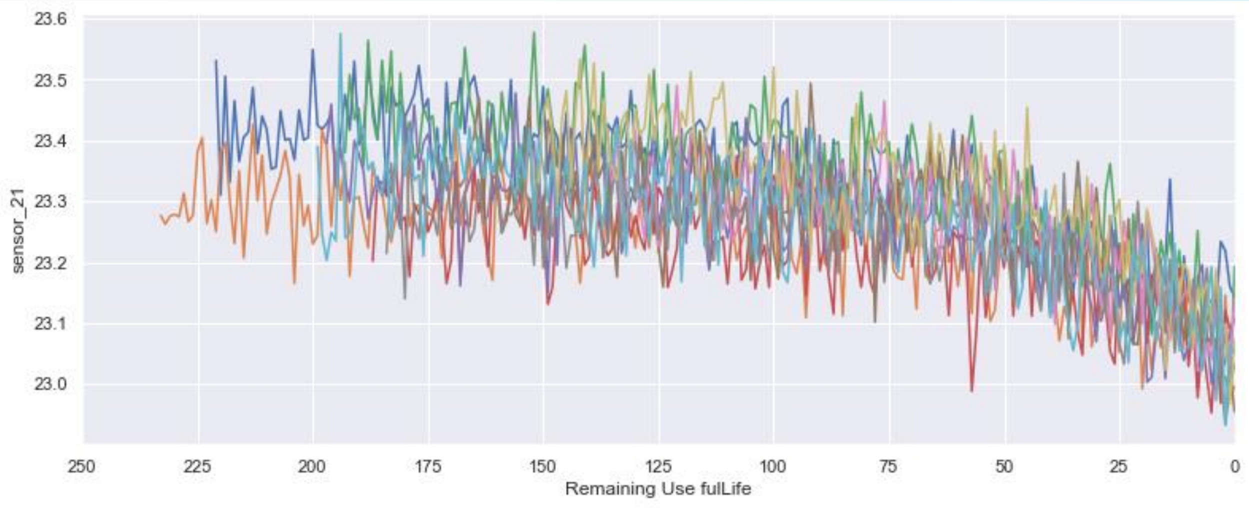
चित्र 5- सेंसर 3 के प्रति प्रशिक्षण डेटा सेट के टर्बो फैन इंजन के आरयूएल का प्लॉट



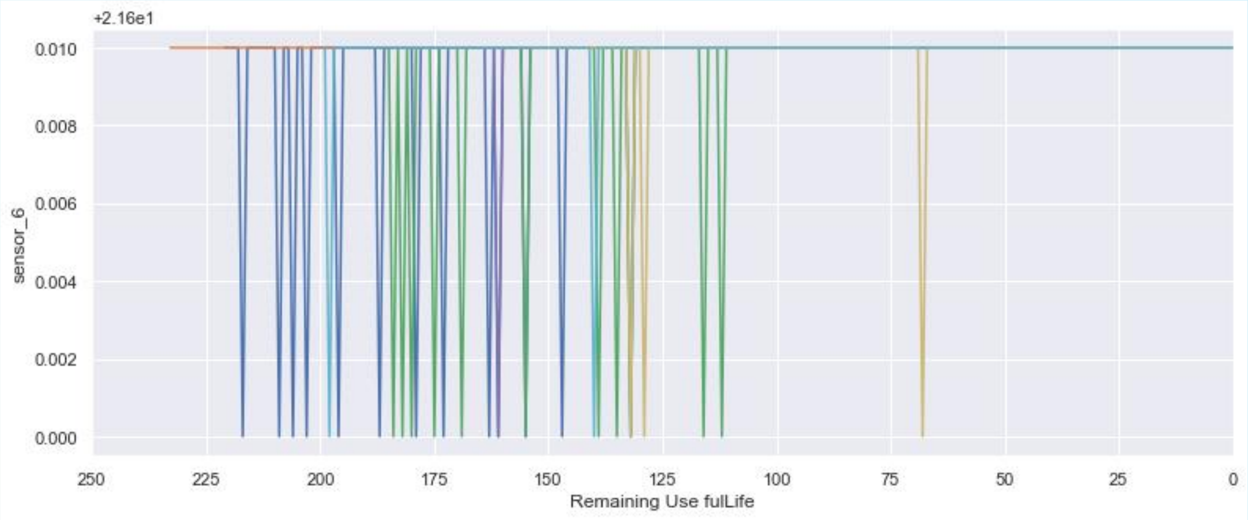
चित्र 6 - सेंसर 4 के प्रति प्रशिक्षण डेटा सेट के टर्बो फैन इंजन के आरयूएल का प्लॉट



चित्र 7 - सेंसर 7 के प्रति प्रशिक्षण डेटा सेट के टर्बो फैन इंजन के आरयूएल का प्लॉट



चित्र 8 - सेंसर 21 के प्रति प्रशिक्षण डेटा सेट के टर्बो फैन इंजन के आरयूएल का प्लॉट



चित्र 9 - सेंसर 6 के प्रति प्रशिक्षण डेटा सेट के टर्बो फैन इंजन के आरयूएल का प्लॉट

2.2.2 मॉडल चयन

बेसलाइन रैखिक प्रतिगमन को प्रशिक्षण डेटा सेट पर प्रशिक्षित किया जाता है। लक्ष्य चर अधिकतम समय चक्र और आरयूएल की गणना समय चक्र द्वारा अधिकतम समय चक्र घटाकर की जाएगी। क्रॉस-वैलिडेशन के लिए प्रशिक्षण डेटासेट को 9:1 में विभाजित किया गया है। उस मॉडल को चुनने के लिए क्रॉस सत्यापन किया जाता है जिसमें परीक्षण डेटा सेट पर अंडर फिटिंग और ओवरफिटिंग की समस्या नहीं होती है। प्रशिक्षण के बाद परीक्षण डेटा को सर्वोत्तम मॉडल के इनपुट के रूप में दिया जाता है। रूट माध्य वर्ग त्रुटि की गणना मॉडल और जमीनी सच्चाई डेटा को पास करने के बाद परीक्षण डेटा के आउटपुट आरयूएल के साथ की जाती है।

3. परिणाम

	RMSE
ट्रेन डेटा सेट	44.65
परीक्षण डेटा सेट	31.95

तालिका1- प्रशिक्षण और परीक्षण डेटा सेट के लिए आरएमएस परिणाम

दिलचस्प तथ्य यह था कि ट्रेन डेटा सेट की तुलना में टेस्ट डेटा सेट का आरएमएसई कम है, यह इसके विपरीत होना चाहिए। ऐसा इसलिए हो सकता है क्योंकि प्रशिक्षण डेटा सेट का अधिकतम समय चक्र परीक्षण डेटा की तुलना में अधिक है, इसलिए परीक्षण डेटा उस प्रशिक्षण की तुलना में बेहतर फिट बैठता है जिस पर मॉडल प्रशिक्षित किया गया था। अधिक परिष्कृत मॉडल परीक्षण डेटा सेट के साथ-साथ प्रशिक्षण डेटा सेट पर आरएमएसई को कम कर सकता है।

4. निष्कर्ष

इस लेख में, हमने टर्बो इंजनों के लिए मशीन लर्निंग-आधारित पूर्वानुमानित रखरखाव दृष्टिकोण प्रदान किया है। प्रस्तावित मॉडल प्री-प्रोसेसिंग चरण के दौरान फीचर चयन तकनीकों को लागू करता है और इसे रैखिक प्रतिगमन मशीन लर्निंग एल्गोरिदम के साथ बनाया गया है। नासा टर्बो इंजन डेटासेट पर इंजनों के शेष उपयोगी जीवन (आरयूएल) की भविष्यवाणी करने के लिए बेसलाइन लीनियर रिग्रेशन मॉडल को लागू और मूल्यांकन किया गया है।पूर्वानुमान का परिणाम प्रबंधन को उत्पादन लाइन विफलता से पहले सक्रिय रखरखाव करने के लिए उपयोगी मार्गदर्शन प्रदान करता है। अधिक परिष्कृत मॉडल परीक्षण डेटा सेट के साथ-साथ प्रशिक्षण डेटा सेट पर आरएमएसई को कम कर सकता है।

संदर्भ

1. https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20210023699/downloads/ASME%20Digital%20Twin%20Summit%20Keynote_final.pdf.
2. YIN Z H . WANG L. Application and Development Prospect of Digital Twin Technology in Aerospace
3. Saxena, A.; Goebel, K. Turbofan Engine Degradation Simulation Data Set. 2008. Available online: https://ti.arc.nasa.gov/tech/dash/groups/pcoe/prognostic-data-repository/#turbofan.
4. Vimala Mathew, Tom Toby, Vikram Singh, B Maheswara Rao, M Goutham Kumar Prediction of Remaining Useful Lifetime (RUL) of Turbofan Engine using Machine Learning
5. Astrid Schneider, Gerhard Hummel, and Maria Blattner Linear Regression Analysis.
6. Ziqiu Kang 1 , Cagatay Catal 2 and Bedir Tekinerdogan 1,* Remaining Useful Life (RUL) Prediction of Equipment in Production Lines Using Artificial Neural Networks.

संदर्भ

1. https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20210023699/downloads/ASME%20Digital%20Twin%20Summit%20Keynote_final.pdf.

2. यिन ज़ेड एच। वांग एल. एयरोस्पेस में डिजिटल ट्विन प्रौद्योगिकी के अनुप्रयोग और विकास की संभावना
3. सक्सेना, ए.; गोएबेल, के. टर्बोफैन इंजन डिग्रेडेशन सिमुलेशन डेटा सेट। 2008. ऑनलाइन उपलब्ध: https://ti.arc.nasa.gov/tech/dash/groups/pcoe/prognostic-data-repository/#turbofan
4. विमला मैथ्यू, टॉम टोबी, विक्रम सिंह, बी महेश्वर राव, एम गौतम कुमार - मशीन लर्निंग का उपयोग करके टर्बोफैन इंजन के शेष उपयोगी जीवनकाल (आरयूएल) की भविष्यवाणी
5. एस्ट्रिड श्नाइडर, गेरहार्ड हम्मेल, और मारिया ब्लैटनर रेखीय प्रतिगमन विश्लेषण।
6. ज़िकिउ कांग 1, कैगाटे कैटल 2 और बेदिर टेकिनरडोगन 1,* कृत्रिम तंत्रिका नेटवर्क का उपयोग करके उत्पादन लाइनों में उपकरणों के शेष उपयोगी जीवन (आरयूएल) की भविष्यवाणी।

लेखक परिचय:

रजत कुमार: प्रबंधन प्रणाली क्षेत्र(एम.एस.ए.) में वैज्ञानिक/अभियुता-एस.सी. के पद पर कार्यरत हैं। समानव अंतरिक्ष उड़ान केंद्र(एच.एस.एफ.सी), बेंगलूरू में वर्ष 2021 में इनकी नियुक्ति हुई।

बीरेश एन गुंडूर वर्तमान में एच.एस.एफ.सी, बेंगलुरु में सूचना संसाधन केंद्र (आईआरसी) के प्रभारी हैं। 2017 में इसरो में नियुक्त हुए और शुरुआत में अंतरिक्ष अनुप्रयोग केंद्र (एस.ए.सी), अहमदाबाद में तैनात रहे । उने सूचना प्रबंधन और अनुसंधान सहायता गतिविधियों में पारंगत हैं। उनके पास पुस्तकालय और सूचना विज्ञान में स्नातकोत्तर डिग्री और पी.जी.डी.एच.आर.एम है। वर्तमान में एच.एस.एफ.सी का वैज्ञानिकों की सूचना आवश्यकताओं और अनुसंधान गतिविधियों में सहायता कर रहे हैं।

36. गतिशील प्रशिक्षण अनुकार (सिम्युलेटर)

(Dynamic Training Simulator)

भवानी सिंह गुर्जर , वैज्ञा./अभि.-एस.सी.
गगनयान,एच.एस.एफ.सी.

1. परिचय

गगनयान कर्मीदल और मिशन नियंत्रण कार्मिकों को मानव अंतरिक्ष उड़ान प्रदर्शन शुरू करने से पहले व्यापक प्रशिक्षण की आवश्यकता है। गगनयान कर्मीदल को सभी संभावित आकस्मिकताओं के लिए तैयार करने और उन्हें सभी मिशन स्थितियों का प्रबंधन करने के लिए तैयार करने के लिए कर्मीदल प्रशिक्षण की आवश्यकता है। ऐसी तैयारी के लिए बुनियादी प्रशिक्षण, उन्नत प्रशिक्षण और मिशन विशिष्ट प्रशिक्षण (एम.एस.टी) जैसे विभिन्न स्तरों के प्रशिक्षण मॉड्यूल की आवश्यकता होती है। मिशन विशिष्ट प्रशिक्षण के प्रकारों में से एक गतिशील प्रशिक्षण अनुकार (डायनेमिक ट्रेनिंग सिम्युलेटर) (डी.टी.एस.) है।

2. गतिशील प्रशिक्षण अनुकार (सिमुलेटर)

मिशन के गतिशील चरणों के दौरान मॉड्यूल के दृष्टिकोण परिवर्तन और कंपन के स्तर से परिचित कराने के लिए प्रशिक्षु को गतिशीलता के अधीन करना आवश्यक है ताकि मिशन के दौरान उनके प्रदर्शन को बढ़ाया जा सके।

गतिशीलता के अलावा, आभासी वास्तविकता (वर्चुअल रियालिटी) का उपयोग प्रमोचन-पूर्व से लेकर अवतरण (टचडाउन) चरण तक कई मिशन परिदृश्यों (नाममात्र और ऑफ-नॉमिनल दोनों) को प्रशिक्षित करने के लिए किया जा सकता है। प्रशिक्षण का अनुभव इतना यथार्थ होना चाहिए कि प्रशिक्षु अंतिम मिशन को आत्मविश्वास के साथ संभालने में सक्षम हो सके।

3. गतिशील प्रशिक्षण अनुकार के घटक

3.1 गति मंच 1 (मोशन प्लेटफार्म 1)

मिशन में गतिशीलता के साथ प्रशिक्षण के लिए, मोशन प्लेटफ़ॉर्म डिज़ाइन किया जाना है जो दृष्टिकोण, द और कंपन का अनुकरण करता है। मोशन प्लेटफ़ॉर्म के डिज़ाइन को पूरा करने और आवश्यकताओं को परिभाषित करने के लिए मिशन चरणों को निम्नलिखित अवधियों में विभाजित किया गया है।

- **आरोहण चरण -** इस चरण में प्रमोचन पैड से कक्षा में मॉड्यूल का प्रक्षेप-पथ शामिल है। अनुकार (सिमुलेशन) में मिशन के चरण के दौरान दृष्टिकोण परिवर्तन, कंपन और ध्वनिक अनुकार शामिल है।

- **कक्षीय (ऑन-ऑर्बिट) चरण** - इस चरण में कक्षा में मॉड्यूल का प्रक्षेप-पथ शामिल है जिसमें सर्कुलराइजेशन के साथ-साथ कक्षा सुधार भी शामिल है। अनुकार में दृष्टिकोण परिवर्तन, ध्वनिक अनुकार आदि शामिल हैं।
- **डी-बूस्ट चरण** - इस चरण में 400 कि.मी. से 170 कि.मी. तक मॉड्यूल का प्रक्षेप-पथ शामिल है। अनुकार में रवैया परिवर्तन, ध्वनिक अनुकार के साथ-साथ डी-बूस्ट फायरिंग के दौरान कंपन इनपुट भी शामिल है।
- **पुन :प्रवेश चरण** - इस चरण में 170 कि.मी. से लेकर टचडाउन तक मॉड्यूल का प्रक्षेप पथ शामिल है। अनुकार में रवैया परिवर्तन, ध्वनिक अनुकार के साथ-साथ वातावरण में मॉड्यूल के पुन :प्रवेश के कारण कंपन इनपुट शामिल है।

निरस्त(विफल) चरण - आरोहण/कक्षा चरण के दौरान, विचलन/खराबी, यदि कोई हो, की स्थिति में, मॉड्यूल निरस्त चरण से गुजरता है और पृथ्वी पर वापस आ जाता है। अनुकार में रवैया परिवर्तन, कंपन और ध्वनिक अनुकार शामिल हैं।

3.2 आभासी वास्तविकता

गगनयान के लिए आभासी वास्तविकता सिम्युलेटर को साकार करने की योजना है। आभासी वास्तविकता प्रशिक्षण अनुकारक (सिम्युलेटर) डिजिटल रूप से निर्मित आभासी वातावरण का उपयोग करके कर्मीदल सदस्यों को एक गहन अनुभव प्रदान करने पर केंद्रित है। आभासी वास्तविकता का उद्देश्य उपयोगकर्ता को आभासी दुनिया में मौजूद होने और संपूर्ण मिशन अवधि या चयनित मिशन चरणों के लिए या पैड विफलता, सी.ई..एस. जैसे आधारित विफलता और एस.एम. आधारित विफलता विफलता परिदृश्यों के दौरान उपयुक्त रूप से डिज़ाइन किए गए नियंत्रण उपकरणों के माध्यम से सीधे बातचीत करने की भावना प्रदान करना है।

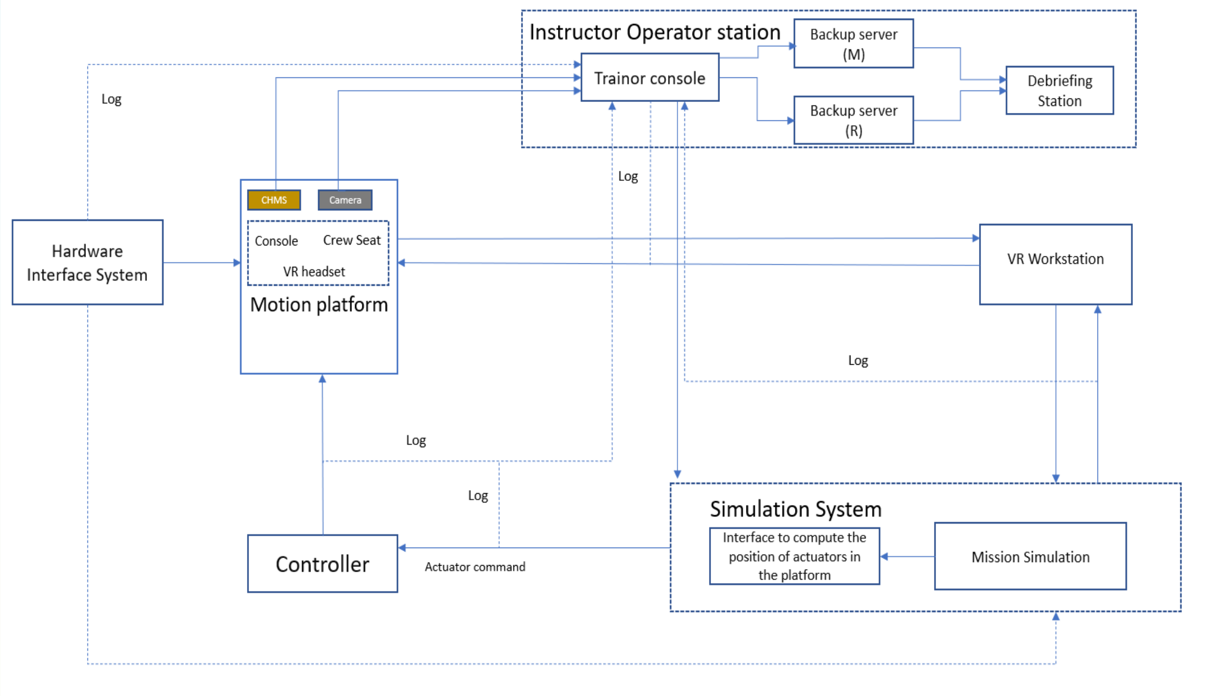
1. आभासी वास्तविकता के घटक

क) आभासी वास्तविकता हेडसेट

ख) मिशन चरणों के अनुसार कर्मीदल मॉड्यूल के आंतरिक दृश्य (इंटीरियर व्यू) का वास्तविक आभास कराने के लिए वी.आ. वर्कस्टेशन और वास्तविक समय के अनुभव का आभास कराने के लिए वी.आर. हेडसेट का अंतरापृष्ठ (इंटरफ़ेस)। रेंडरिंग के लिए वर्चुअल रियलिटी सॉफ़्टवेयर कार्य केंद्र में होना चाहिए। इसमें आभासी वास्तविकता (वर्चुअल रियालिटी) में कंसोल रेंडर करने के लिए कंसोल इम्यूलेशन सॉफ्टवेयर भी होगा।

ग) व्यू पोर्टऔर कंसोल इम्यूलेशन सहित आभासी वास्तविकता के चित्रण के लिए वास्तविक समय में आवश्यक पैरामीटर प्राप्त करने के लिए अनुकार प्रणाली का अंतरापृष्ठ ।

4. गतिशील प्रशिक्षण अनुकार (डी.टी.एस.) का विन्यास



5. डी.टी.एस. के प्रचालन के तरीके

गतिशील अनुकार (डायनामिक सिम्युलेटर) में प्रचालन के निम्नलिखित तरीके होंगे। प्रत्येक तरीका में चलने के लिए प्रणाली विन्यास पर काम किया जाएगा।

5. 1 मिश्रित वास्तविकता के साथ गतिशील मंच पर प्रशिक्षण - यह पद्धति प्रशिक्षु को मिश्रित वास्तविकता का उपयोग करके कर्मीदल मॉड्यूल के अंदर रहने और गतिशीलता के साथ प्रशिक्षण का अनुभव प्रदान करेगा। इसमें प्लेटफॉर्म में मोशन अनुकार के साथ-साथ व्यूपोर्ट अनुकार भी होगा। प्रशिक्षु को यथार्थवादी प्रतिक्रिया प्रदान करने के लिए हैप्टिक सूट को तरीका में शामिल किया जाएगा।

5. 2 आभासी वास्तविकता हेडसेट के बिना डायनामिक प्लेटफॉर्म पर प्रशिक्षण - यह तरीका वर्चुअल रियलिटी अनुकार के बिना प्रशिक्षु को कोणीय गति और कंपन के प्रभाव का अनुभव प्रदान करेगा। कंसोल इम्यूलेशन का प्रयोग अनुकार सिस्टम से इनपुट लेने वाले एक स्वतंत्र कार्य स्टेशन का उपयोग करके किया जाएगा।

5. 3 डायनामिक प्लेटफॉर्म के बिना आभासी वास्तविकता सिम्युलेटर - यह तरीका कर्मीदल को वर्चुअल रियलिटी तरीका में कर्मीदल मॉड्यूल के इंटीरियर का अनुभव प्रदान करायेगा। मॉड्यूल और कंसोल इम्यूलेशन की गतिशीलता का अनुकरण आभासी वास्तविकता में किया जाएगा।

निष्कर्ष:

कर्मीदल प्रशिक्षण अनुकारक अंतरिक्ष यात्रियों के लिए सटीक, सुरक्षित, मापने योग्य और दोहराने योग्य प्रशिक्षण प्रदान करने में मदद करते हैं। बेजोड़ प्रौद्योगिकी प्रगति विभिन्न प्रकार के सिम्युलेटर के माध्यम

से मानव केंद्रित मिशन के प्रत्येक चरण को संपूर्ण रूप से दोहराना संभव बनाती है। सिम्युलेटर इस प्रकार आत्मविश्वास के स्तर को बढ़ाने में मदद करते हैं|

संदर्भ: उपरोक्त वर्णित लेख की रचना लेखक ने इसरो की वेबसाइट तथा एच.एस.एफ.सी इसरो में उपलब्ध कर्मीदल प्रशिक्षण अनुकारक से संबंधित लेखों की सहायता से की है ।

लेखक परिचय:

श्री भवानी सिंह गुर्जर , वैज्ञा./अभि.-एस.सी. ने इलेक्ट्रॉनिकी तथा संचार में बी.टेक. की उपाधि प्राप्त की है। इन्होंने फरवरी 2022 में एच.एस.एफ.सी. में प्रवेश पाया। वर्तमान में गगनयान परियोजना में कार्यरत हैं । वाद्य-यंत्र बजाना इनका शौक है ।

इलेक्ट्रॉनिकी तथा संचार में बी.टेक. की उपाधि प्राप्त की है। इन्होंने फरवरी 2022 में एच.एस.एफ.सी. में प्रवेश पाया । वर्तमान में गगनयान परियोजना में कार्यरत हैं । वाद्य-यंत्र बजाना इनका शौक है ।

<u>गगनयान टीवी-डी 1 मिशन की तैयारियाँ</u>

गगनयान टी.वी. डी 1 मिशन की सफलता के बाद