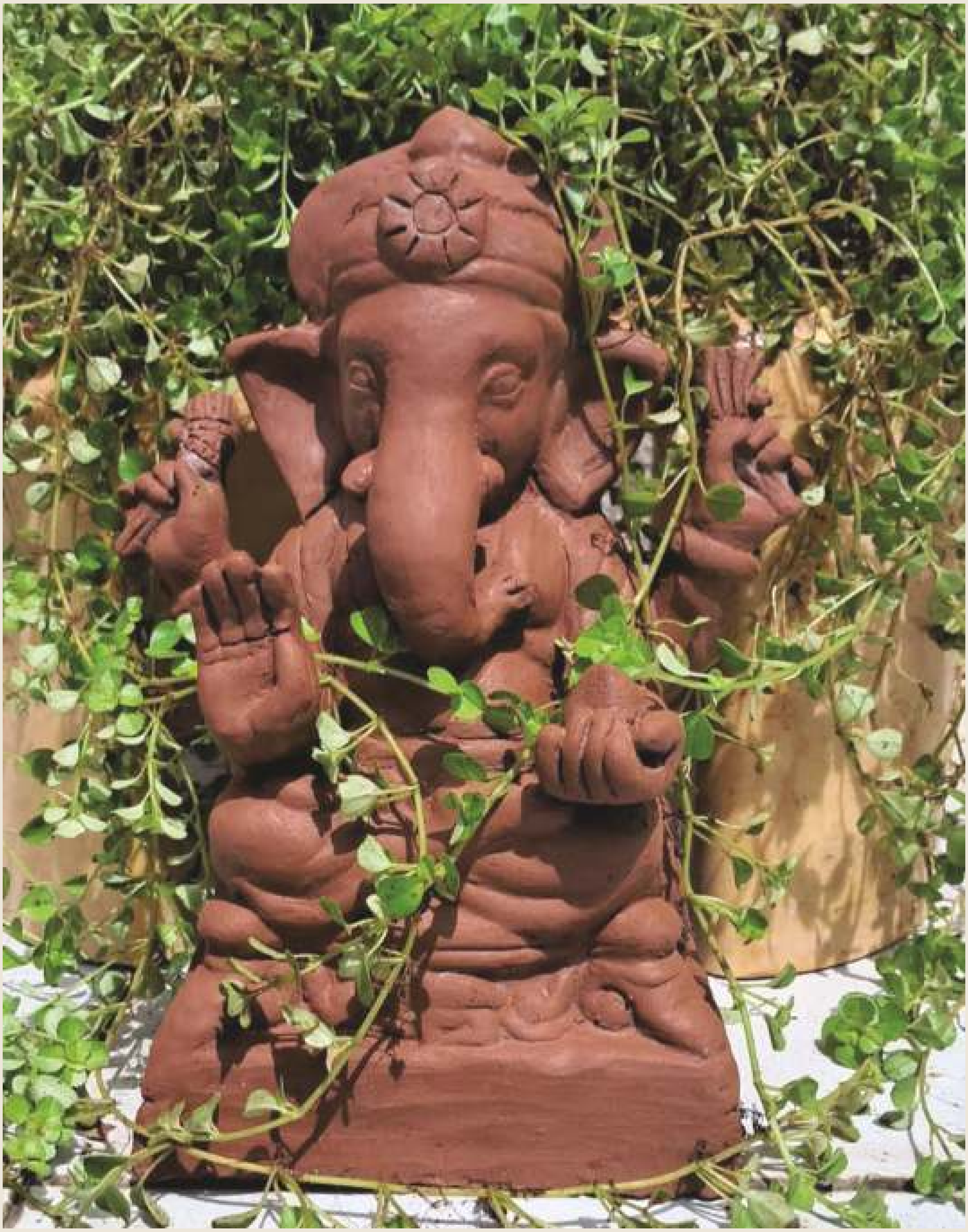
मासिक विज्ञानपुस्तिका

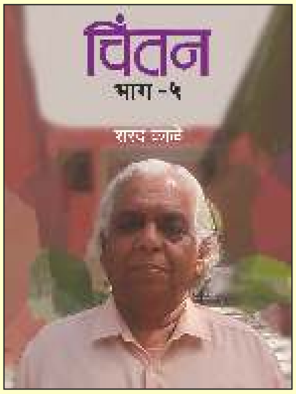
विज्ञानधारा

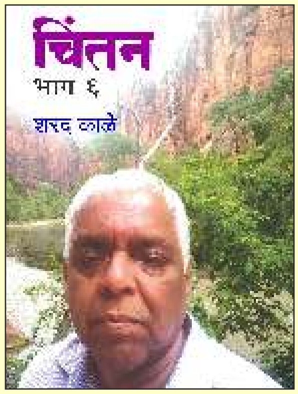
मूर्ती शाडूची, आणू गणरायाची
पूजा मांगल्याची, आरास पर्यावरणाची

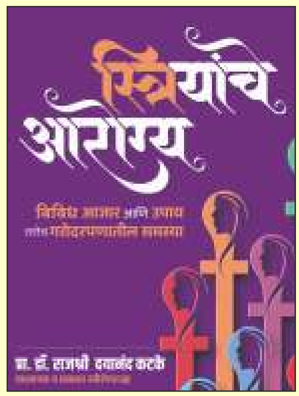
ऑगस्ट २०२५ * मूल्य ५० रु. * पृष्ठे ६०

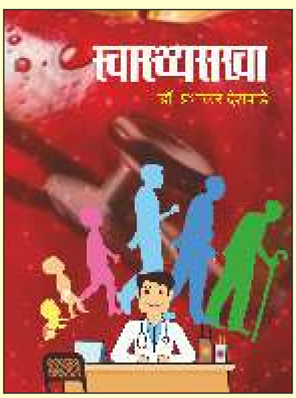


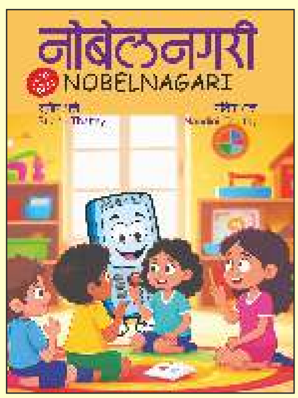
ग्रंथालीची महत्त्वपूर्ण पुस्तके











'ग्रंथाली'ची मासिक पुस्तिका

विज्ञानधारा

ऑगस्ट २०२५, वर्ष तिसरे
पुस्तिका तिसरी, मूल्य ५० रु.
संपादक : **शरद काळे**
कार्यकारी संपादक : **अरुण जोशी**
समन्वयक : **सुदेश हिंगलासपूरकर** (विश्वस्त, ग्रंथाली)
मुखपृष्ठ : **रमा घारे**
अक्षरजुळणी : **ऑलरीच एन्टरप्रायझेस**

कार्यालयीन संपर्क
ग्रंथाली संगणक विभाग
vidnyangranthali@gmail.com
जाहिरात प्रसिद्धी – धनश्री धारप
वितरण – किशोर कांबळे, सौमित्र शिंदे
डिजिटल एडिटिंग – समीर कदम

केवळ वार्षिक वर्गणी स्वीकारली जाईल.
वार्षिक वर्गणी ५०० रुपये
डिमांड ड्राफ्ट 'ग्रंथाली' नावे किंवा
सोबतचा QR code scan करून.

BHIM UPI
SCAN & PAY
GRANTHALI

पत्रव्यवहार/वर्गणी पाठवण्याचा पत्ता
ग्रंथाली, १०१, १/बी विंग, 'द नेस्ट', पिंपळेश्वर को-ऑप. हौसिंग सोसायटी, टायकलवाडी, स्टार सिटी सिनेमासमोर, मनोरमा नगरकर मार्ग, माहीम (प.), मुंबई ४०००१६
फोन : २४२१६०५०

मुद्रण : इंडिया प्रिंटिंग वर्क्स, इंडिया प्रिंटिंग हाउस, ४२, जी. डी. आंबेकर मार्ग, वडाळा, मुंबई-४०० ०३१

पुस्तिकेसाठी लेख व प्रतिक्रिया पुढील मेलवर पाठवावी.
vidnyangranthali@gmail.com

ऑफिस वेळ : दुपारी १ ते सायं. ६.३०
कार्यालयीन संपर्क/फोन/पुस्तके खरेदी करण्यासाठी

मासिक पुस्तिकेत प्रसिद्ध झालेली मते ज्या त्या व्यक्तीची. 'ग्रंथाली' चळवळीचे 'विज्ञानधारा' हे व्यासपीठासमान मासिक आहे. त्यात सर्व छटांच्या विचारांना स्थान आहे. मात्र त्याच्याशी 'ग्रंथाली' विश्वस्त संस्था व तिचे विश्वस्त सहमत आहेत असे नव्हे.

अनुक्रम

आनंद घारे / ५
भारतीय अवकाशसंशोधन

डॉ. शर्वरी कुडतरकर / १०
रहस्यमयी समुद्री सर्पांचे विश्व

बिपीन भालचंद्र देशमाने / १३
मोनोक्लोनल अँटिबॉडी तंत्रज्ञान

डॉ. स्वाती बापट / १७
स्थूलत्वनिवारणासाठीची औषधे आणि शस्त्रक्रिया

डॉ. संगीता गोडबोले / २२
विज्ञान-नाट्य, नृत्य आणि खगोलविषयक साहित्य

डॉ. जयंत वसंत जोशी / २५
डॉक्टरांची उपकरणे आणि साधनांतील विज्ञान आणि तंत्रज्ञान - भाग १

अनघा शिराळकर / ३०
मोसमी पाऊस

हेमंत लागवणकर / ३६
एका स्टार्ट-अपची यशोगाथा

शरद काळे / ३९
तूच कर्ता, तूच हर्ता

कुसुमसुत / ४६
निष्क्रिय वायूंच्या विश्वात - ऑरगॉन

आनंद घैसास / ५०
कृष्णविवरांचे महामीलन?

रंजन गर्गे / ५३
भिंगाने केली क्रांती ५३

संपादकीय

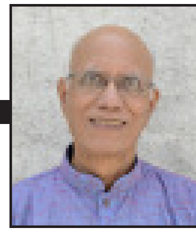
भारतीय प्रजासत्ताकाचा ७९वा स्वातंत्र्यदिन १५ ऑगस्ट २०२५ रोजी साजरा होत आहे. त्या निमित्ताने सर्वांना स्वातंत्र्यदिनाच्या मनःपूर्वक शुभेच्छा. विज्ञानस्वातंत्र्य ही संकल्पना गेल्या वर्षीच्या 'विज्ञानधारा' या मासिकाच्या संपादकीयात मांडली होती. तिचा पाठपुरावा 'विज्ञानधारा' मासिकाद्वारे आणि विविध उपक्रमांद्वारे सातत्याने करण्यात येत आहे. या उपक्रमांमध्ये लोकसहभाग महत्त्वाचा आहेच. त्या दृष्टीने वाचकांना असे आवाहन करण्यात येत आहे की त्यांनी आपण विज्ञानप्रसारासाठी जे उपक्रम हाती घेतले आहेत, त्याची माहिती पाठवली तर प्रसिद्धी देण्यात येईल.

६ ऑगस्ट १९४५ रोजी जपानमधील हिरोशिमा येथे अणुबॉम्ब हल्लयात क्षणार्धात हजारो लोक मृत्युमुखी पडले. त्या सकाळी, जपानमधील हिरोशिमा येथे, आकाशात इतका प्रखर प्रकाशझोत पसरला की १३ वर्षीय ओईवा कोहेई याला सूर्य पृथ्वीवर कोसळून आपल्या आईच्या फुलांच्या माळावर पडल्यासारखे वाटले, असे इतिहासकार मोर्देकाय शेफ्टॉल यांनी यंदाच्या आठवड्यात 'नेचर'मधील निबंधात लिहिले आहे. संध्याकाळ होईपर्यंत हिरोशिमामध्ये ८०,००० लोक मृत्युमुखी पडले होते. हा जगातील पहिला अण्वस्त्र हल्ला होता. नागासाकीवरील हल्ल्यानंतर एकूण मृतांचा अंदाज २,००,००० पेक्षा जास्त आहे. जीवित राहिलेले सुमारे ६,५०,००० लोक आणि अणुचाचण्यांचे बळी हे अण्वस्त्र हल्ल्याचे शेवटचे साक्षीदार होते. हल्ल्यांनंतर अवघ्या तीन महिन्यांत संयुक्त राष्ट्रांची स्थापना झाली, परंतु अणुयुद्धाच्या परिणामांचा अभ्यास संयुक्त राष्ट्रांनी क्वचितच केला आहे. अणुस्फोट, किरणोत्सर्ग, हवामानातील बदल व पीकहानी यावर संशोधन झाले असले, तरी संयुक्त राष्ट्र महासभेने यावर शास्त्रीय विवेचन फारसे केलेले नाही. सन १९८८ मध्ये यासंदर्भात संयुक्त राष्ट्रांतर्फे प्रायोजित एकमेव मोठा अभ्यास झाला होता. सन २०२४ अखेरीस राष्ट्रसंघाच्या सदस्य राष्ट्रांनी अणुयुद्धाचे भौतिक, सामाजिक, आर्थिक व आरोग्य परिणाम तपासण्यासाठी तज्ज्ञ समिती नेमण्याचे व २०२६ पर्यंत अहवाल तयार करण्याचे काम सरचिटणीसांना दिले आहे. जागतिक आरोग्य संघटना पूर्वीच्या आरोग्य परिणामांचे अहवाल अद्ययावत करणार आहे. स्टॉकहोम आंतरराष्ट्रीय शांतता संशोधन संस्थेनुसार अण्वस्त्रधारी राष्ट्रे आपली क्षमता वाढवत आहेत. संयुक्त राष्ट्रसंघाचा हा नवा अभ्यास हवामान, मानवी आरोग्य व सामाजिक-आर्थिक परिणामांचा सखोल आढावा घेईल. पॅनेलमध्ये लिंग व भौगोलिक विविधता असून, ऐतिहासिकदृष्ट्या जास्त हानी झालेल्या स्त्रिया, मुले व आदिवासींच्या अनुभवांनाही महत्त्व दिले जाईल.

सध्या अणुयुद्धाचा धोका गेल्या अनेक दशकांच्या तुलनेत प्रचंड वाढला आहे, आणि ही जागतिक शांततेच्या दृष्टीने अतिशय धोकादायक बाब आहे. गेल्या दोन-तीन वर्षांमध्ये इस्त्रायल - इराण, भारत पाकिस्तान, रशिया - युक्रेन यामधील युद्ध किंवा युद्धसदृश परिस्थिती निर्माण झाल्यामुळे जगावर अण्वस्त्रांचे दुष्ट सावट पडले आहे असे जाणवते. त्या पार्श्वभूमीवर हा अभ्यास अण्वस्त्र प्रतिबंध करारासाठीही महत्त्वाचा ठरणार आहे. या करारावर स्वाक्षरी करणाऱ्या देशांनी अण्वस्त्र चाचणी, विकास, वापर किंवा धमकी न देण्याचे वचन दिले आहे. सन २०२१ पासून तो आंतरराष्ट्रीय कायदा आहे. त्यावर ९४ देशांनी स्वाक्षरी केली आहे, ७३ देशांनी राष्ट्रीय कायद्यात मान्यता दिली आहे, मात्र रशिया, अमेरिका, चीन, भारतासह अण्वस्त्रधारी नऊ देश यात नाहीत ही चिंतेची बाब आहे. काही तज्ज्ञांच्या मते, अण्वस्त्रधारी देशांच्या सहभागाशिवाय हा करार अणुयुद्धाच्या संकटावर काहीच परिणाम करणार नाही हे खरे असले, तरीही हा सर्वाधिक विध्वंसक शस्त्रांवरील निर्णयप्रक्रियेचे लोकशाहीकरण करण्याचा एकमेव प्रयत्न असणार आहे. एखाद्या माथेफिरू देश प्रमुखाने अणुयुद्ध सुरू करण्याचा निर्णय घेतला तर त्याला आवर घालता येणे कठीण आहे. आणि अशा माथेफिरू प्रमुखांची संख्या कमी नाही. भारताला स्वतःसाठी सावध राहावेच लागेल, कारण शेजारी असलेल्या अस्वस्थ शांततेच्या देशामुळे हा धोका आपल्यासमोर फार मोठा आहे. संशोधकांनी निराश न होता पुढे यायला हवे आहे. वैज्ञानिकांच्या आंतरराष्ट्रीय संघटनांच्या प्रयत्नांमुळेच संयुक्त राष्ट्रसंघाने या विषयाकडे लक्ष दिले. भविष्यात अण्वस्त्र तपासणी, अवकाशाचे लष्करीकरण आणि गुप्त चाचण्यांचे दूरस्थ निरीक्षण या विषयांवर स्वतंत्र व आंतरराष्ट्रीय सहकार्याची गरज असेल. शीतयुद्ध काळात अमेरिकन-सोव्हिएत वैज्ञानिक संवादामुळे अण्वस्त्र प्रसार आटोक्यात ठेवता आला होता, त्याच धर्तीवर नवे सहकार्य गरजेचे आहे.

१९४०च्या दशकात वैज्ञानिकांनी अण्वस्त्रे निर्माण केली; आता कृत्रिम बुद्धिमत्ता व दिशाभूल करणाऱ्या माहितीच्या युगात नवीन विज्ञाननेते हवेत, जे धोरणकर्ते व जनतेला अणुयुद्धाच्या आणि कृत्रिम बुद्धिमत्ता यांच्या गैरवापरातून होणाऱ्या भीषण परिणामांची सखोल, सामायिक जाणीव करून देतील आणि या शस्त्रांचा पुन्हा कधीही वापर होऊ नये यासाठी सातत्याने दबाव ठेवतील. कृत्रिम बुद्धिमत्तेचा गैरवापर होण्याच्या शक्यता अधिक आहेत. कृत्रिम बुद्धिमत्तेचे संभाव्य प्रमुख धोके थोडक्यात असे आहेत: स्वयंचलनामुळे बेरोजगारी वाढणे, पूर्वग्रहयुक्त माहिती संचांमुळे चुकीचे निर्णय घेण्यास प्रवृत्त होणे, वैयक्तिक माहितीचा गैरवापर. चुकीच्या व खोट्या माहितीचा प्रचार, सायबरहल्ले व स्वयंचलित शस्त्रांचा गैरवापर. स्वयंपूर्ण कृत्रिम बुद्धिमत्तेचे स्वातंत्र्य आपल्या म्हणजे मानवाच्या मुळावर येणे आणि मानवी विचारशक्तीचा वापर कमी होणे. ह्या धोक्यांचा वेळीच विचार होणे आवश्यक आहे.

– शरद काळे
sharadkale@gmail.com

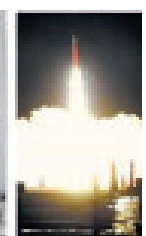


आनंद घारे

भारतीय अवकाशसंशोधन

दुसऱ्या महायुद्धानंतर प्रगत देशांमध्ये अणुशक्ती आणि अवकाश यावर जोराने संशोधन सुरू झाले होते. डॉ. होमी भाभा आणि डॉ. विक्रम साराभाई या द्रष्ट्या शास्त्रज्ञांच्या कुशल नेतृत्वाखाली स्वतंत्र भारतानेही या विषयांवरील संशोधन सुरू केले. इ.स. १९४८ साली डॉ. भाभा यांच्या पुढाकाराने अणुउर्जा आयोगाची (Atomic Energy Commission) स्थापना करण्यात आली आणि त्याच काळात डॉ. साराभाई यांनी अहमदाबाद इथे फिजिकल रिसर्च लॅबोरेटरी (PRL) स्थापन करून तिथे अध्यापन आणि संशोधन सुरू केले. त्यांनी अणुशक्ती विभागाच्या सहकार्याने १९५४मध्ये काश्मीरातील गुलमर्ग इथे हाय अल्टिट्यूड रिसर्च लॅबोरेटरी स्थापन केली. १९४७ मध्ये स्वतंत्र झालेल्या देशापुढे अनेक आव्हाने होती. इतर अनेक क्षेत्रांना निधीवाटपासाठी प्राथमिकता देणे आवश्यक होते. शासनापुढे देशातील लोकांचे अनेक ज्वलंत प्रश्न असताना अवकाशाच्या संशोधनावर करायचा खर्च अनाठायी समजला जाणे शक्य होते. त्याला मंजुरी मिळणे अवघड होते. परंतु देशाच्या विकासासाठी अंतराळसंशोधनाचा उपयोग होऊ शकतो हे सरकारला पटवून देण्यात शास्त्रज्ञांना यश आले आणि १९६२ मध्ये डॉ. भाभा यांच्या अणुशक्ती विभागाखालीच भारतीय राष्ट्रीय अंतरिक्ष अनुसंधान समिति (Indian National Committee for Space Research) (INCOSPAR) स्थापन करण्यात आली. या समितीचे नेतृत्व डॉ. विक्रम साराभाई यांनी केले.

सुरुवातीला वातावरणामधील उच्च थरांचा अभ्यास करण्यासाठी लहान 'साऊंडिंग' रॉकेट उडवण्याचे प्रयोग करायचे ठरवले. त्यासाठी पृथ्वीच्या चुंबकीय विषुववृत्तावर वसलेले केरळमधले थुंबा हे लहानसे खेडेगाव निवडले. मात्र तिथे प्रयोगशाळेसाठी नवी इमारत बांधण्यासाठी बराच खर्च आला असता आणि वेळ लागला असता. तो वाचवण्यासाठी थुंबा इथल्या मेरी मॅग्डनेल या चारशे वर्षे जुन्या चर्चमध्ये थुंबा इक्विटोरियल रॉकेट लॉन्चिंग स्टेशनचे (TERLS) पहिले ऑफिस थाटण्यात आले. त्यासाठी तरुण शास्त्रज्ञ डॉ. अब्दुल कलाम यांच्यासह डॉ. विक्रम साराभाई तिथल्या बिशपला जाऊन भेटले आणि त्यांनी रविवारच्या प्रार्थनासभेमध्ये जमलेल्या सर्व समुदायासमोर हा प्रस्ताव मांडून विज्ञानाचा उद्देशसुद्धा मानवतेचे उत्थान हाच आहे असे सांगून त्या चांगल्या कामासाठी चर्चचा उपयोग करण्यासाठी लोकांची अनुमती मागितली आणि त्यांना ती सहजपणे मिळाली.

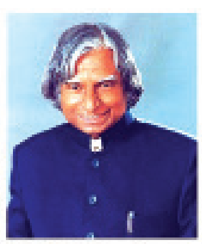


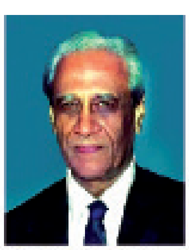
समुद्रकिनाऱ्यावरील रॉकेट लाँच करायचे ठिकाण चर्चपासून एक किलोमीटरभर अंतरावर होते. रॉकेटचे सुटे भाग सायकलवरून आणून तिथल्या शाळेत किंवा समुद्रकिनाऱ्यावर रॉकेटची जुळवणी करावी लागली. अशा खडतर परिस्थितीवर मात करून २१ नोव्हेंबर १९६३ रोजी भारताच्या भूमीवरून पहिले रॉकेट लाँच केले गेले आणि अंतराळसंशोधनाची मुहूर्तमेढ रोवली गेली. हे पहिले रॉकेट अमेरिकेत बनवले गेले होते. त्यानंतर थुंबा इथूनच फ्रान्स आणि यूएसएसआरमधून आणलेली अनेक रॉकेट लाँच करण्यात आली. १९६५ मध्ये डॉ. साराभाईंनी अंतराळ

कार्यक्रमाचे नियोजन आणि विस्तार करण्यासाठी तिरुअनंतपुरम इथे अंतराळसंशोधन केंद्र स्थापन केले. त्यांच्या निधनानंतर या केंद्राला विक्रम साराभाई स्पेस सेंटर (VSSC) असे त्यांचेच नाव दिले गेले. १९६७ मध्ये भारतात तयार केलेले 'रोहिणी' हे पहिले रॉकेट थुंबाहून उडवण्यात आले. १९६८ मध्ये भारताने थुंबाचे केंद्र संयुक्त राष्ट्रांना अर्पण केले. तिथे आता पाच लाँच पॅड असून जगभरातले अनेक देश तिथून आपली रॉकेट उडवतात.

१९६६मध्ये डॉ. होमी भाभा यांच्या अपघातात झालेल्या आकस्मिक निधनानंतर डॉ. विक्रम साराभाई यांची अणुऊर्जा आयोगाचे अध्यक्ष म्हणून निवड करण्यात आली. अणुशक्ती आणि अवकाश या दोन्ही क्षेत्रांच्या संबंधातील सर्व संशोधन आणि प्रकल्प त्यांच्या अखत्यारीमध्ये होते. त्यांनी सॅटेलाइट इन्स्ट्रक्शनल टेलिव्हिजन एक्स्परिमेंट (SITE साइट) या आंतरराष्ट्रीय प्रयोगासाठी नासाबरोबर वाटाघाटी सुरू करून १९६९ मध्ये त्यासाठी करार केला.

अंतराळसंशोधन अधिक व्यापक करण्यासाठी अणुऊर्जा विभागामधील भारतीय अंतराळ संशोधन समितीचे (INCOSPAR) आधुनिकीकरण करून १५ ऑगस्ट १९६९ रोजी तिचे नामकरण 'भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन' (Indian Space Research Organization) म्हणजेच 'इस्रो' असे करण्यात आले. १९७१मध्ये डॉ. विक्रम साराभाई यांच्या आकस्मिक दुर्दैवी निधनाने भारतीय अंतराळ संशोधन कार्यक्रमाला मोठा धक्का बसला. त्यानंतर प्रो. सतीश धवन, प्रो. यू. आर. राव, डॉ. ए. पी. जे. अब्दुल कलाम आणि इतर शास्त्रज्ञांनी अवकाशसंशोधनाची धुरा यशस्वीरीत्या सांभाळली आणि प्रगतीची उच्च शिखरे गाठली.


डॉ.ए.पी.जे.अब्दुल कलाम


प्रो.,सतीश धवन

प्रो. यू. आर. राव

प्रमुख अवकाश संशोधक

अवकाश संशोधन - २

भारतात अनेक ठिकाणी अणुविद्युतगृहांचे प्रकल्प सुरू झाले होते आणि अणुऊर्जा विभागाचा पसारा वाढत होता, तसेच अवकाशसंशोधनातही नवनवी क्षेत्रे उदयाला येत होती. याचा विचार करून १९७२ मध्ये भारत सरकारने अणुऊर्जा विभागाचे विभाजन केले आणि एका वेगळ्या अंतरिक्ष आयोगाची (Space Commission) स्थापना केली. १ जून १९७२ पासून इस्रोला डिपार्टमेंट ऑफ स्पेसच्या (DoS) व्यवस्थापनाखाली आणले. इस्रोने सुरुवातीपासूनच उपग्रह उडवण्यासाठी लागणारी रॉकेट आणि उपग्रहांचे विविध उपयोग यावर लक्ष केंद्रित करून त्याविषयीचे विज्ञान आणि तंत्रज्ञान भारतात विकसित करायला सुरुवात केली होती. परंतु या बाबतीत पूर्णपणे आत्मनिर्भर होण्याची वाट न पाहता आधी त्या वेळी जगात जे तंत्रज्ञान उपलब्ध होते त्याचा होईल तितका उपयोग करून घ्यावा असे धोरण ठरवले.

डॉ. साराभाई यांनी सुरू केलेल्या साइट प्रकल्पासाठी १९७४मध्ये नासाने –TS-6 हा उपग्रह तयार करून अवकाशातल्या जिओस्टेशनरी ऑर्बिटमध्ये नेऊन ठेवला, आकाशवाणी व दूरचित्रवाणीने कृषिदर्शनसारखे खास कार्यक्रम तयार करून घेतले, या उपग्रहामधून येणारे संदेश ग्रहण करण्याची व्यवस्था देशभरामधील अनेक ठिकाणी केली. अशी सगळी तयारी करून झाल्यावर नासा, इस्रो आणि आकाशवाणी यांच्या संयुक्त प्रयत्नांमधून १९७५–७६मध्ये हा प्रकल्प राबवण्यात आला, देशभरातील सहा राज्यांमधल्या २४०० खेड्यांमधील दोन लाख प्रेक्षकांना दूरचित्रवाणी दाखवण्यात आली आणि प्राथमिक शाळांमधील पन्नास हजार शिक्षकांना विज्ञानाचे पाठ दिले. हा १९७५–७६मधला जगातला सर्वात मोठा सामाजिक प्रयोग होता. अशा रितीने देशाच्या विकासासाठी, विशेषतः ग्रामीण भागातील लोकांच्या शिक्षणासाठी उपग्रहांचा कसा उपयोग होऊ शकतो याचे प्रात्यक्षिक दाखवले गेले.

या यशानंतर १९७७ ते १९७९मध्ये सिंफनी या फ्रेंच–जर्मन उपग्रहाचा उपयोग करून उपग्रह दूरसंचार प्रयोग Satellite Telecommunication Experiments Project (STEP) हा प्रकल्प राबवण्यात आला. भूस्थिर (जिओसिंक्रोनस) उपग्रह आणि जमिनीवरील केंद्रे यांच्या संयोगातून देशभरामधील परस्परसंपर्क कसा साधायचा यावर संशोधन करून देशभरात अशी केंद्रे स्थापन करण्यात आली. त्यांची रचना, निर्मिती व स्थापना करून ती चालवण्याचे सगळे तंत्रज्ञान आत्मसात करण्यात आले. या प्रयोगांमधून

अशा प्रकारच्या उपग्रहांची आणि त्यांच्याबरोबर संपर्क ठेवण्याच्या तंत्रज्ञानाची समग्र माहिती भारताला मिळाली.

अवकाशविज्ञान आणि तंत्रज्ञान यांचा सर्वांगीण विकास करून त्याचा देशामधील जनतेच्या आणि मानवतेच्या कल्याणासाठी उपयोग करणे तसेच अवकाशातील ग्रहगोलांचे संशोधन करणे ही उद्दिष्टे समोर ठेवून इस्रो हे संघटन काम करत राहिले आहे. त्यात अग्निबाण (रॉकेट), उपग्रह आणि अंतराळयाने यांची रचना आणि उत्पादन करून

पहिले प्रक्षेपक एसएलव्ही - ३ | एएसएलव्ही | पीएसएलव्ही | जीएसएलव्ही | एलव्हीएम -३ | एचआरएलव्ही | एसएसएलव्ही

भारताचे प्रक्षेपक अग्निबाण

अवकाश संशोधन -३

त्यांना अवकाशात उडवणे, त्यांच्याशी संपर्क साधणारी जमिनीवरील केंद्रे उभारणे आणि त्यांचा उपयोग करून घेणे हे सगळे काम येते.

सुरुवातीची साउंड रॉकेट परदेशांमधून आणून थुंबा इथून उडवली जात होती. १९६५ नंतर तशा प्रकारची रॉकेट भारतातच तयार केली गेली. त्यांचे आकारमान आणि क्षमता यात वाढ होत गेली. त्यांचे प्रक्षेपण करण्यासाठी आंध्र प्रदेशातील श्रीहरीकोटा इथे आणखी एक नवे लाँचिंग स्टेशन उभे केले गेले. १९७५ पासून साउंड रॉकेटचे काम रोहिणी साउंड रॉकेट (RSR) या प्रोग्रॅमखाली केले जात आहे. ही सर्व रॉकेट्स घनरूप इंधनावर उडतात. त्यात एक किंवा दोन स्टेजची असतात. आतापर्यंत निरनिराळ्या प्रयोगांसाठी अशी हजारो रॉकेट तयार करून उडवली गेली आहेत. या भक्कम पायावर पुढील प्रगत रॉकेटचे तंत्रज्ञान विकसित केले गेले.

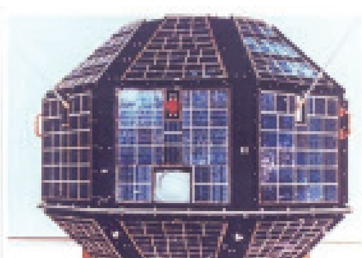
भारतात तयार केलेल्या उपग्रहांना पृथ्वीच्या कक्षेत दाखल करण्यासाठी आवश्यक असलेले स्वतःचे प्रक्षेपक म्हणजेच रॉकेट सज्ज नसल्यामुळे आधी त्यासाठी इतर प्रगत देशांच्या मदतीवर विसंबून राहावे लागत होते. हे परावलंबन कमी करत स्वदेशी रॉकेट तंत्रज्ञान विकसित करण्यासाठी इस्रोने सॅटेलाईट लॉन्च व्हेइकल प्रकल्प हातात घेतला. त्या प्रकल्पासाठी देशामध्येच एसएलव्ही–३ (Sattelite Launch Vehicle-3) या प्रकारची रॉकेट विकसित केली. या रॉकेटच्या प्रक्षेपणासाठी आंध्र प्रदेशातील श्रीहरीकोटा इथे अधिक सुसज्ज आणि अत्याधुनिक उपग्रह प्रक्षेपण केंद्र उभारण्यात आले. १९७९मध्ये पहिल्या रॉकेटची प्रायोगिक चाचणी घेतली गेली, त्यात आंशिक यश मिळाले. त्या अनुभवावरून काही सुधारणा करून तयार केलेले एस.एल.व्ही–३ हे पहिले भारतीय रॉकेट १८ जुलै १९८० रोजी डॉ. कलामांच्या नेतृत्वाखाली अंतराळात झेपावले आणि त्याने 'रोहिणी' हा उपग्रह अवकाशात नेऊन सोडला. हे काम यशस्वीरीत्या करणारा भारत हा जगातला सहावा देश ठरला. हे रॉकेट २२ मीटर उंच, १७ टन वजनाचे होते आणि ते ४० किलोग्रॅम वजनाच्या उपग्रहाला लो अर्थ ऑर्बिटमध्ये घेऊन जाण्यात सक्षम होते. त्यानंतर भारताने अनेक एसएलव्ही–३ रॉकेट उडवून निरनिराळ्या उपग्रहांना अंतराळात नेले. या रॉकेटमध्ये घनरूप इंधनाची चार स्टेज असतात.

एसएलव्ही–३मध्ये मिळवलेल्या यशानंतर घनरूप इंधनाच्या पाच स्टेज असलेली एएसएलव्ही (Augmented Satellite Launch Vehicle) रॉकेट तयार करण्यात आली. ती २४ मीटर उंच, ४० टन वजनाची होती आणि त्यांची क्षमता एसएलव्हीच्या तिपटीहून जास्त म्हणजे १५० किलोग्रॅम वजन पृथ्वीपासून ४०० किलोमीटर दूर लो अर्थ ऑर्बिटमध्ये घेऊन जाण्याएवढी होती. त्याचे पहिले प्रायोगिक उड्डाण १९८७मध्ये आणि दुसरे १९८८मध्ये केल्यावर १९९२ आणि १९९४मध्ये या रॉकेटचा उपयोग करून दोन उपग्रह यशस्वीरीत्या उडवण्यात आले.

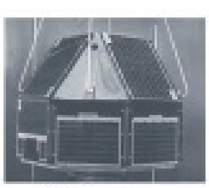
पीएसएलव्ही (Polar Satellite Launch Vehicle (PSLV) ध्रुवीय उपग्रह प्रक्षेपणवाहन) हे तिसऱ्या पिढीमधले रॉकेट १९९४मध्ये पहिल्यांदा यशस्वीपणे उडवण्यात आले. यातले मुख्य रॉकेट ४४ मीटर उंच आणि २.८ मीटर व्यासाचे असून त्याचे वजन ३२० टन इतके असते. त्याच्या चार स्टेज असतात, त्यातल्या दोन घनरूप इंधनाच्या आणि दोन द्रवरूप इंधनाच्या असतात. शिवाय गरजेप्रमाणे त्यात थोडे बदल करून त्याला घनरूप इंधनाचे दोन किंवा चार किंवा सहा बूस्टर रॉकेट (Strap-on Motors) जोडता येतात. गेली तीस वर्षे ही रॉकेट इस्रोचे मुख्य प्रक्षेपक आहेत. यात थोडे बदल करून त्याच्याकडून निरनिराळी कामे करून घेता

येतात. या रॉकेटबरोबर भारतासह इतर अनेक देशांचे उपग्रह अंतराळात सोडण्यात आले आहेत. एकाच उड्डाणात निरनिराळ्या कक्षांमध्ये उपग्रह नेऊन सोडण्याचे कामही हे रॉकेट करू शकते. एकदा तर या रॉकेटच्या साहाय्याने एकदम शंभर उपग्रह उडवण्यात आले होते. ते सगळे आपापल्या कक्षांमध्ये फिरत आहेत. चांद्रयान आणि मंगळयान यांसारखी मोठी वैशिष्ट्यपूर्ण कामेसुद्धा पीएसएलव्हीकडूनच करवून घेतली आहेत. अत्यंत विश्वसनीय, बहुगुणी (व्हर्सटाइल) आणि किफायतशीर असे प्रक्षेपक (लाँचर) म्हणून या रॉकेटने जागतिक बाजारपेठेत प्रसिद्धी मिळवली आहे आणि उपग्रह उडवणारा एक प्रमुख देश म्हणून भारताची गणना होत आहे.

पीएसएलव्हीनंतर इस्रोने जीएसएलव्ही (Geosynchronous Satellite Launch Vehicle भू-तुल्यकाली उपग्रह प्रक्षेपण रॉकेट) हे त्याहून अधिक शक्तिशाली रॉकेट तयार केले. हे रॉकेट सुमारे ५२ मीटर उंच असून त्याचे वजन ४२० टन इतके असते आणि हे रॉकेट भूस्थिर कक्षेमध्ये २२२० किलोग्रॅम आणि लो अर्थ ऑर्बिटमध्ये ६००० किलोग्रॅम इतके वजन नेऊ शकते. यात तीन स्टेज असून त्या अनुक्रमे घनरूप, द्रवरूप आणि क्रायोजेनिक इंधनांच्या असतात आणि त्याला द्रवरूप इंधनाची चार स्ट्रॅप ऑन रॉकेट जोडलेली असतात. रशियाकडून आणलेल्या क्रायोजिनिक इंजिनाच्या साहाय्याने या रॉकेटचे पहिले उड्डाण २००१ मध्ये झाले. त्यानंतर त्याने भारतातच तयार केलेल्या क्रायोजिनिक इंजिनासह २०१४मध्ये पहिले यशस्वी उड्डाण केले.


आर्यभट्ट उपग्रह

भास्कर उपग्रह


रोहिणी उपग्रह

भारतीय नोटेवरील चित्र

यूएसएसआर पोस्टाचे तिकिट

अवकाश संशोधन -४

याहीपेक्षा अधिक शक्तिशाली असे LVM-3 हे नवे रॉकेट भूस्थिर कक्षेमध्ये ४००० किलोग्रॅम आणि लो अर्थ ऑर्बिटमध्ये १०००० किलोग्रॅम इतके वजन असलेल्या उपग्रहांना प्रक्षेपित करू शकेल. 'गगनयान' कार्यक्रमात मानवाला घेऊन जाण्यासाठी या रॉकेटचे HLRV हे रूप तयार केले जात आहे. लहान उपग्रहांचे प्रक्षेपण करण्यासाठी SSLV हे एक नवे रॉकेट तयार केले जात आहे.

स्वदेशी उपग्रहनिर्मितीचे डॉ. साराभाईंचे स्वप्न पूर्ण करण्यासाठी डॉ. सतीश धवन यांनी प्रयत्न सुरू ठेवले. त्यांनी बंगळुरू इथे इंडो सोव्हिएत सॅटेलाईट प्रोजेक्ट (ISSP) प्रकल्प सुरू करून उपग्रहनिर्मितीचा पाया घातला. डॉ. यू. आर. राव यांच्या नेतृत्वाखाली बंगळूर इथल्या पिनया भागात साध्या कामचलाऊ शेडमध्ये स्वदेशी उपग्रह-निर्मितीचे काम सुरू झाले. शास्त्रज्ञांच्या अथक प्रयत्नांतून १९ एप्रिल १९७५ रोजी आर्यभट्ट हा भारताने तयार केलेला पहिला स्वदेशी उपग्रह सोव्हिएत युनियनमधील कापुस्तिन यार ह्या अवकाशकेंद्रावरून 'कॉसमॉस-३एम' रॉकेटद्वारे प्रक्षेपित करण्यात आला. प्राचीन काळातील महान भारतीय गणितज्ञ आणि खगोलशास्त्रज्ञ आर्यभट्ट यांचे नाव या उपग्रहाला देण्यात आले. आर्यभट्ट उपग्रह मुख्यत्वे खगोलशास्त्र आणि क्ष-किरण भौतिकशास्त्र (X-ray astronomy) यांसारख्या क्षेत्रांमध्ये संशोधन करण्यासाठी बनवला गेला होता. या उपग्रहाचा व्यास सुमारे १.४ मीटर होता. उपग्रहाच्या बाजूला सौर पॅनेल (solar panels) बसवण्यात आले होते, त्यामधून उपग्रहाला ऊर्जा मिळत होती. हा उपग्रह सुमारे १७ वर्षे अवकाशात होता, आणि १० फेब्रुवारी १९९२ रोजी तो पृथ्वीच्या वातावरणात परतला. आर्यभट्ट उपग्रह भारताच्या अवकाश कार्यक्रमातील एक महत्त्वाचे पाऊल ठरला.

आर्यभट्टच्या यशानंतर दुसरे प्राचीन भारतीय गणितज्ञ आणि शास्त्रज्ञ भास्कराचार्य यांच्या नावाने दोन प्रायोगिक पृथ्वीनिरीक्षण उपग्रह (experimental remote sensing satellites) तयार करण्यात आले. भास्कर-१ हा भारताचा पहिला प्रायोगिक रिमोट सेन्सिंग उपग्रह ७ जून १९७९ रोजी प्रक्षेपित केला. या उपग्रहामध्ये ऑनबोर्ड टीव्ही कॅमेरा आणि मायक्रोवेव्ह रेडिओमीटर (SAMIR) होते. त्याच्या योगे समुद्रशास्त्र आणि जलविज्ञानासाठी डेटा गोळा केला. भास्कर-२ हा उपग्रह २० नोव्हेंबर १९८१ रोजी प्रक्षेपित केला. भास्कर-१

उपग्रहांचे प्रकार

अवकाश संशोधन - ५

प्रमाणेच, हा देखील एक प्रायोगिक रिमोट सेन्सिंग उपग्रह होता. या दोन उपग्रहांनी भारतीय अंतराळ कार्यक्रमात एक महत्त्वाचा टप्पा गाठला. त्यांच्याद्वारे पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचे निरीक्षण करण्यासाठी रिमोट सेन्सिंग तंत्रज्ञानाचा उपयोग करण्यास सुरुवात झाली. समुद्रशास्त्र (oceanography) आणि जलविज्ञान (hydrology) या क्षेत्रांमध्ये संशोधनासाठी उपयुक्त डेटा उपलब्ध झाला. या उपग्रहाने भारताच्या भूभागाच्या तीनशेहून अधिक दूरचित्रफिती (television images) पाठवल्या. या उपग्रहाद्वारे मिळालेला डेटा १९९१ पर्यंत गोळा करण्यात आला. हे उपग्रह परदेशांमधून उडवले गेले होते. पण या दरम्यान १९८० मध्ये रोहिणी हा उपग्रह भारतामधूनच प्रक्षेपित करण्यात आला.

मिळालेल्या अनुभवामधून भारतीय शास्त्रज्ञांनी उपग्रहांच्या संदेशवहनाचे तंत्र आत्मसात केले आणि स्वदेशी उपग्रह कार्यक्रम, 'इन्सॅट'च्या निर्मितीला चालना मिळाली. उपग्रहप्रकल्पांच्या व्यवस्थापनासाठी इस्रो सॅटेलाईट सेंटर स्थापन झाले. १९८०च्या दशकात भारताने भारतीय राष्ट्रीय उपग्रह- इन्सॅट ही भूस्थिर उपग्रहांची मालिका विकसित केली. १० एप्रिल १९८२ रोजी इन्सॅट-१ए या उपग्रहाचे प्रक्षेपण केले, पण त्याने अपेक्षेइतके काम न केल्यामुळे त्याला सहा महिन्यांनंतर निवृत्त केले. त्यानंतर ३० ऑगस्ट १९८३ रोजी प्रक्षेपित केलेल्या इन्सॅट-१बी या उपग्रहाने १९९३पर्यंत चांगली सेवा दिली. इन्सॅट मालिकेत २४ उपग्रहांचे यशस्वी प्रक्षेपण केले गेले, त्यातले ११ आजही कार्यरत आहेत. या प्रणालीने भारताच्या दूरसंचार, आकाशवाणी, दूरदर्शनप्रसार, हवामानशास्त्र इत्यादी क्षेत्रात क्रांती घडवली. इन्सॅट ही आशिया-पॅसिफिक क्षेत्रातील सर्वात मोठी देशांतर्गत दूरसंचारप्रणाली ठरली. इन्सॅटनंतर जीसॅट या मालिकेमध्ये वीस अधिक आधुनिक भूस्थिर (Geosynchronous Satellite) उपग्रह प्रक्षेपित करण्यात आले. भारताने आतापर्यंत सुमारे १६० उपग्रह तयार करून प्रक्षेपित केले आहेत, त्यातले फक्त ३७ युरोप व अमेरिकेमधून उडवले गेले आहेत, बाकीचे सगळे उपग्रह आपल्याच देशामधील प्रक्षेपणकेंद्रावरून आपल्याच रॉकेटांनी उडवले आहेत.

आता भारतात सर्व प्रकारचे उपग्रह तयार केले जातात. (आकृती अवकाश संशोधन-५) संचार उपग्रहांमधून इंटरनेट आणि टेलिफोन यासारख्या सेवा दिल्या जातात. भूप्रेक्षण उपग्रहांमधून जमीन आणि समुद्र यांचे निरीक्षण व सर्वेक्षण केले जाते, वैज्ञानिक आणि परीक्षणात्मक उपग्रह यांचेमधून विविध प्रयोग करून वातावरण व अवकाशाचे संशोधन केले जाते, नौवहन उपग्रहांमधून नेव्हिगेशनला मदत मिळते, लघु उपग्रहांचे विविध उपयोग असतात आणि महाविद्यालये व विद्यापीठांमधील विद्यार्थ्यांना प्रोत्साहन देण्यासाठी त्यांच्याकडून विद्यार्थी-उपग्रह तयार करवून घेऊन त्यांचे प्रक्षेपण केले जाते.

या लेखामधील बहुतेक माहिती आणि चित्रे इस्रोच्या वेबसाइटमधून घेतली आहेत. चांद्रयान, मंगळयान आदी आधुनिक प्रकल्पांची माहिती पुढील भागात पाहू.

– आनंद घारे
abghare@yahoo.com

डॉ. शर्वरी कुडतरकर

रहस्यमयी समुद्री सर्पांचे विश्व

साप म्हटले की आपल्या मनात एक अनामिक भीती दाटून येते आणि याच भीतीपायी कित्येक सापांची अमानुष हत्या करण्यात येते. कुठलाही साप दिसला की त्याला मारायचा अशा भ्रामक कल्पना गावोगावच्या लोकांमध्ये दिसून येतात.

आपल्या सर्पमित्रांनी अतिशय उत्कृष्ट कामगिरी करून अनेक जणांचे सापांविषयीचे भ्रमक समज दूर केलेले आहेत व जनजागृती केलेली आहे. आजही ते सापांचे पर्यावरणीय महत्त्व काय आहे हे समाजास समजवण्यात व सापांच्या संरक्षणाकरता कार्यरत आहेत.

जमिनीवर साप आढळतात तसेच पाण्यातही त्यांचे अस्तित्व आहे. समुद्री सापांचा विकास साधारण १० कोटी वर्षांपूर्वी झाला होता अशी शास्त्रज्ञांची मान्यता आहे. जे प्राणिमात्र जमिनीवर आपले जीवन व्यतीत करतात त्यांना भूचर व जे पाण्यात आपले जीवनचक्र चालवतात त्यांना जलचर असे संबोधले जाते. अशा जलचरांमध्येदेखील गोड्या पाण्यात राहणारे व खाऱ्या पाण्यात राहणारे प्राणी असे वर्गीकरण केले जाते. भूचर किंवा स्थलजीवी सापांपासून सागरातील पूर्णजीवी सापांमध्ये झालेला उत्क्रांतीचा प्रवास म्हणजे जैविक सुसंगता व अनुकूलतेचे एक उत्तम उदाहरण आहे.

समुद्रातील साप मुख्यत्वे करून Elapidae या फॅमिली मध्ये गणले जातात. या कुळातले सर्वच साप हे अती विषारी आहेत. जमिनीवर सापडणाऱ्या नाग किंवा कोब्रा जातीच्या सापांचाही यात समावेश होतो. Hydrophis (हायड्रोफिस), Laticauda (लॅटिकाउडा) व Pelamis (पेलामिस) या मुख्य जाती Elapidae कुटुंबात आढळून येतात.

Laticauda colubrina या सापांवर पट्टे आढळतात तर

लॅटिकाउडा

पेलामिस

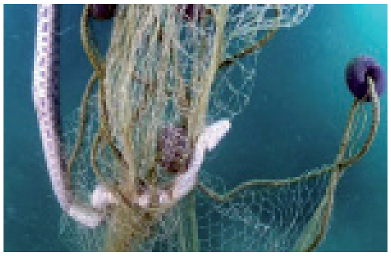
Pelamis platura हा पिवळ्या पोटाचा साप म्हणून ओळखला जातो. जमिनीवरील साप सरपटण्याकरता विकसित झालेले आहेत तर समुद्रातील सापांना पाण्यात पोहण्याकरता शेपटीचा आकार थोडासा बदलून तो सपाट झालेला असतो. जेणेकरून शेपटीचा उपयोग पाण्यात दिशा बदलण्याकरता करता येतो.

दीर्घकाळ पाण्याखाली राहण्याकरता यांची फुप्फुसे फार मजबूत झालेली असतात. शरीरात अर्ध्यापेक्षा जास्त भागात (साधारण ८० टक्के) फुप्फुसे व्यापली गेली असल्याने एक दीर्घ श्वास घेतला की साधारण दोन तासांपर्यंत श्वास न घेता या सर्पांना समुद्रात पाण्याखाली राहता येते.

बायो इनडिकेटर (bioindicators) म्हणजेच परिसंस्थेचे सूचक म्हणूनदेखील समुद्री सापांची एक ओळख आहे.

म्हणजे यांची ठरावीक संख्या ही निरोगी समुद्री परिसंस्थेचे (हेल्दी मरीन इकोसिस्टीम) दर्शक असते.

समुद्री सापांचे अस्तित्व धोक्यात येण्याची अनेक कारणे आहेत. ती शोधण्याकरता अधिक संशोधन करण्याची गरज आहे. समुद्र सापांच्या संरक्षणाकरता व संवर्धनाकरता



मासेमारीच्या जाळ्यात अडकलेला समुद्र साप

मच्छीमारांना सुधारित पद्धतीने मासेमारी करण्याची गरज आहे. म्हणजेच जसे टर्टल रेस्क्यू नेटच्या वापराची अंमलबजावणी केली जात आहे त्याचप्रमाणे समुद्री सापदेखील मच्छीमारांच्या जाळ्यात पकडले गेल्यानंतर सहज सुटावेत अशी योजना जाळ्यामध्ये असावी जेणेकरून अडकलेले साप पुन्हा त्यांच्या अधिवासात परतू शकतील. MPAs म्हणजेच मरीन प्रोटेक्टेड एरियाज किंवा सागरी संरक्षित क्षेत्रे. या संरक्षित क्षेत्रांचा विस्तार केला गेल्यास सागरी जैवविविधतेकरता ते फायद्याचे ठरणार आहे.

समुद्री सापांचे विष कोब्रा (नाग) सापांपेक्षा दहा पट अधिक प्रभावी असते पण हे साप माणसांवर सहसा हल्ला करत नाहीत. पावसाळ्यात समुद्राच्या पृष्ठभागाशी जमा होणारे गोडे पाणी (fresh water) ते पितात. त्यांचे विष न्यूरोटॉक्सिक (Neurotoxic) असते जे शरीरातील स्नायू कार्यांवर त्वरित परिणाम करते. दंश झाल्यानंतर शिकार लवकर निष्क्रिय होते. समुद्री सापांचे विष हे प्रामुख्याने न्यूरोटॉक्सिक असले तरी काही प्रजातींच्या विषामध्ये Mayotoxins व Hemotoxins असतात त्याचबरोबर Hyaluronidase हे उतीमधून विष पसरण्यास मदत करणारे

समुद्री साप

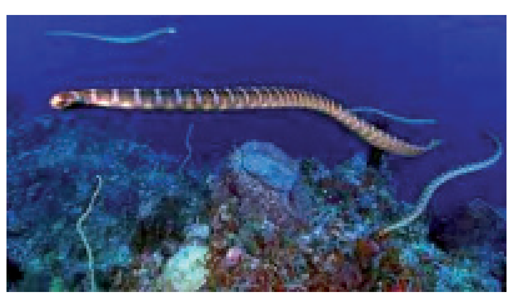
एक एन्झाइम असते व Phospholipase-2 हे देखील एन्झाइम सापडते जे पेशींच्या आवरणांवर प्रभाव दाखवून पेशींचे नुकसान करते (cell damage). या सापाचे विष रक्तवाहिन्यांमार्फत शरीरात जाते तेव्हा लगेचच मज्जासंस्थेवर (nervous system) परिणाम करते. यातील न्यूरोटोक्सिम Acetylcholine receptors वर जाऊन बसते व मेंदूकडून दिले गेलेले संकुचित होण्याचे सिग्नल किंवा आदेश अविरोधित होतात त्यामुळे स्नायूंचे कार्य बंद पडते परिणामी श्वासोच्छ्वासासारख्या क्रिया बंद पडतात (respiratory paralysis). हृदयदेखील हळूहळू बंद पडते व मृत्यू ओढवतो.

Hydrophis (हायड्रोफिस) या जातीच्या सापांचे विष एवढे प्रभावी असते की ०.१ मिलीदेखील मनुष्याचा जीव घेण्याकरता पुरेसे होते.

जमिनीवरील साप सरपटण्याकरता विकसित झालेले आहेत तर समुद्रातील सापांची शेपटी सपाट असते. पाण्यात पोहण्याकरता शेपटीचा आकार थोडासा बदललेला असतो, टोकाकडे तो सपाट झाल्याने या सापांना त्यांच्या शेपटीचा उपयोग paddle सारखा (वल्ह्याप्रमाणे) होतो व पाण्यात सहज दिशा बदलता येते. दीर्घकाळ पाण्याखाली राहण्याकरता यांची फुफ्फुसे फार मजबूत झालेली असतात कारण जसजसे पाणी खोल होत जाते तसतसे पाण्याचा दाब

काळ्या पट्ट्यांचा समुद्र साप

चुकून जाळ्यात सापडलेले बाय कॅच म्हणून टाकून दिलेले समुद्र साप



एकत्र शिकार करताना समुद्र सापांचा समूह

वाढत जातो व फुफ्फुसांची ऑक्सिजन धारण करून ठेवण्याची क्षमता जास्त असेल तरच त्या वाढत्या दाबाखाली सहज पोहता येऊ शकते. या समुद्री सापांमध्ये त्वचेद्वारे श्वसन करण्याची एक प्रणाली विकसित झालेली आहे, तरीही काही अंतराने (साधारण दोन तास) त्यांना पाण्याच्या पृष्ठभागाशी येऊन नाकाने श्वास घेणे आवश्यक असते.

पाण्यातले क्षार गाळून घेण्याकरता आपण रिव्हर्स ऑसमॉसिसची (ROA reverse osmosis) प्रणाली वापरतो त्याचप्रमाणे समुद्रातील क्षार गाळण्याकरता या सागरी सापांमध्ये लवणउत्सर्जन ग्रंथी असतात. या ग्रंथी (salt glands) अतिरिक्त क्षारांना शरीराबाहेर टाकतात. या सापांचे दात (fangs) फार धारदार व तीक्ष्ण असतात. दातांशी संलग्न असलेल्या विषग्रंथी अतिशय जहाल व प्रभावी विष धारण करतात. आपली शिकार पकडताना प्रथम त्या भक्ष्याला चाऊन भक्ष्याच्या शरीरात विष सोडले जाते व विषबाधेमुळे क्षणार्धात तो प्राणी बधिर होत जातो. नंतर त्या भक्ष्यास खाल्ले जाते.

समुद्री सापांच्या आहारात मासे, लहान खेकडे, कोळंबी यांसारखे प्राणी येतात. प्रत्येक जातीमध्ये शिकार पकडण्याच्या वेगवेगळ्या पद्धती दिसून येतात. काही साप एकाच जागी दबा धरून बसतात व शिकार जवळ आली की लगेच पकडतात तर काही साप अत्यंत वेगाने पोहत जाऊन आपले भक्ष्य मिळवतात. हे साप Oviparous म्हणजेच अंडी देणारे किंवा Ovoviviparous म्हणजे पिलांना जन्म देणारे असतात. खाड्या, प्रवाळबेटे, खारफुटीची जंगले, समुद्राच्या उथळ पाण्यात यांची निवासस्थाने आढळून येतात. सागरी परिसंस्थेमध्ये संतुलन ठेवण्याचे काम हे समुद्री साप करतात कारण अन्नसाखळीतील मध्यम व उच्च स्तरावर यांना गणले जाते. म्हणजेच लहान मासे व काही सागरी कीटक यांना खाऊन त्यांचे प्रमाण संतुलित ठेवण्याचे महत्त्वाचे कार्य ह साप करतात.

यांच्या विषातील उपयोगी रसायनांचा (bioactive compounds) वापर करून वैज्ञानिक नवनवीन औषधे बनवत आहेत जी रक्तदाब नियंत्रित करण्याकरता तसेच वेदनाशामक म्हणून केली जात आहेत. जेनेटिक्स म्हणजेच अनुवंशशास्त्रात विविध सापांमध्ये समुद्रात राहण्यास अनुकूल झालेल्या जानुकीय वैशिष्ट्यांचा अभ्यास केला जात आहे.

समुद्री साप हे हळूहळू संख्येने कमी होत आहेत. या संख्येतील घटीची वेगवेगळी कारणे आहेत. त्यातील प्रमुख म्हणजे मासेमारी करताना जाळ्यात सापडून बाय कॅच म्हणून बळी पडले गेल्याने झालेली संख्येतील घट हे होय.

मासेमारी करताना मच्छीमार अनेक वेगवेगळ्या प्रकारची जाळी वापरतात मात्र त्या जाळ्यात माशांबरोबर अनेक वेळेस समुद्री सापदेखील सापडतात. हे साप विषारी असल्याने त्यांना पुन्हा समुद्रात सोडण्याचे प्रयत्न सहसा कोणीच करत नाहीत तर किनाऱ्यावर त्यांना टाकून दिले जाते. प्रदूषणामुळे व हवामानबदलामुळेदेखील यांच्या संख्येत घट झालेली असल्याचे अनेक संशोधकांचे म्हणणे आहे. कारण समुद्राच्या पाण्याचे तापमान बदलले गेले असता या बदलांमध्ये समुद्री साप आपली निवासस्थाने बदलतात. तर निरनिराळ्या विकासकामांअंतर्गत झालेल्या बदलांमुळे यांची निवासस्थाने नष्ट होत जात आहेत. याचा परिणाम त्यांच्या प्रजननावर व वर्तनावर होत असतो.

हस्तकलेकरता तसेच औषधनिर्मितीकरता या सापांच्या कातडीचा वापर केला जातो. त्यामुळे यांचा अनधिकृत व्यापार केला जातो.

भारताच्या विस्तीर्ण किनाऱ्यावर समृद्ध जैवविविधतेमुळे येथे अनेक प्रकारचे समुद्री साप आढळतात. पश्चिम किनारपट्टीवर हमखास आढळणारा Aipysurus laevis (olive sea snake) हा साप हिरव्या रंगाचा असून त्याची

ऑलिव्ह सी स्नेक

पोहण्याची क्षमता फार उत्तम आहे. Hydrophis curtus आणि H. schistosus या प्रजातीचे साप प्रामुख्याने खाडी, खारफुटी तसेच समुद्राच्या उथळ पाण्यात आढळून येतात. बरेच समुद्री साप पिवळ्या, काळ्या, निळ्या व सफेद रंगाच्या पट्ट्यांमध्ये आढळतात. हे सर्व रंग (warning colours) संभाव्य शत्रूंना लांब राहण्याचा इशारा देतात. काही साप एकत्र समूहाने राहतात व कधी कधी शेकडो साप एकत्र पोहताना दिसतात.

सागरी क्षेत्रातील अन्नसाखळीमधील अतिशय महत्त्वाच्या या घटकाचे अस्तित्व अबाधित राहावे याकरता आपण काही पावले उचलली पाहिजेत.

– शर्वरी कुडतरकर
samikshank@gmail.com

बिपीन भालचंद्र देशमाने

मोनोक्लोनल अँटिबॉडी तंत्रज्ञान

आपल्या शरीरात रोगजंतू शिरतात. ते शरीरातील पेशींवर जगतात. त्यामुळे शरीरातील बऱ्याच पेशी मरतात. माणूस आजारी पडतो. शरीर नेहमीसारखे काम करेनासे होते. आपण औषधे घेतो. त्यामुळे शरीरातील रोगजंतू मरतात. आपल्या शरीरातील नष्ट झालेल्या पेशींच्या जागी नव्या पेशी निर्माण होतात. माणूस पूर्वीसारखा ताजातवाना होतो. आजार कुठल्या कुठे पळून जातो.

कोणताही बाहेरचा परका पदार्थ; उदाहरणार्थ, रोगजंतू, शरीरात गेला की शरीर त्याला नष्ट करतेच. याबाबतीत शरीर आपला तो बाळ्या आणि दुसऱ्याचे ते कार्टे या म्हणीप्रमाणे वागते! यालाच शरीराचा आप-परभाव (self-nonself recognition) असे म्हणतात. शरीरातील लसिका पेशी अशा परक्या किंवा उपऱ्या पदार्थांशी क्रिया करणारी प्रथिने तयार करतात. या प्रथिनांना प्रतिपिंडे किंवा अँटिबॉडी असे म्हणतात. आणि ज्या परक्या पदार्थामुळे शरीरात प्रतिपिंड तयार होते त्यांना प्रतिजन किंवा अँटिजेन असे म्हणतात. जगातील प्रत्येक प्रतिजनाविरुद्ध मानवाचे शरीर प्रतिपिंड किंवा अँटिबॉडी तयार करू शकते. या कामासाठी शरीरातील काही विशिष्ट पेशी म्हणजेच लसिका पेशी यांची नेमणूक केलेले असते. लसिका पेशी या काही विशिष्ट प्रकारच्या पांढऱ्या पेशी होत.

अँटिजेन किंवा प्रतिजन शरीरात घुसला की त्याची त्या ठरावीक विशिष्ट लसीका पेशींशी गाठ पडते. या भेटीमुळे त्या विशिष्ट लसिका पेशींचे अतिशय वेगाने विभाजन व्हायला लागते. आणि त्याच प्रकारच्या अनेक लसिका पेशी तयार व्हायला सुरुवात होते. या सर्व लसिका पेशी आता फक्त एकाच प्रकारची प्रतिपिंडे तयार करू शकतात. दुसऱ्या प्रकारची प्रतिपिंडे किंवा अँटिबॉडी तयार करू शकत नाहीत. या लसिका पेशींना बी लसिका पेशी (B lymphocytes) असे म्हणतात.

या प्रतिपिंडांची फौज मागणी तसा पुरवठा या तत्त्वानेच तयार केली जाते. या प्रतिपिंडाचे एक काम म्हणजे बऱ्याच रोगजंतूंना एकत्र गोळा करायचे आणि पांढऱ्या पेशींच्या तोंडी द्यायचे! या पांढऱ्या पेशी रोगजंतूंना कशा मारतात? त्या रोगजंतूंना चक्क खाऊन टाकतात, गिळतात आणि अक्षरशः पचवतात! या प्रक्रियेला फॅगोसाइटॉसिस किंवा भक्षणक्रिया असे म्हणतात. या प्रकारच्या रोगप्रतिकारक शक्तीला सेल मेडिएटेड रोगप्रतिकारशक्ती असे म्हणतात.

शरीरात परक्या पदार्थांविरुद्ध तयार झालेली प्रतिपिंडे फारच वैशिष्ट्यपूर्ण असतात. म्हणजे असे की विषमज्वराच्या रोगजंतूविरुद्ध तयार केलेली प्रतिपिंडे पटकीच्या रोगजंतूंविरुद्ध अगदी कुचकामी ठरतात! एका कुलपाची किल्ली दुसऱ्या कुलूपाला चालत नाही. अगदी तसेच.

बी लसिका पेशी ही प्रतिपिंडे तयार करून बाहेर सोडतात. या अँटिबॉडी मोठ्या प्रमाणावर प्रयोगशाळेत तयार करता येतील का? असे झाले तर या रोगप्रतिकारशक्ती प्रदान करणाऱ्या अँटिबॉडीचा कितीतरी ठिकाणी उपयोग करता येईल. एखाद्या रोगजंतूमुळे झालेल्या रोगांवर त्यांचा उपयोग होऊ शकेल किंवा कॅन्सरच्या पेशींविरुद्ध त्यांचा वापर करता येईल किंवा एखाद्या रोगाचे निदान करण्यासाठी लागणाऱ्या चाचणीसाठी ही अशा अँटिबॉडीचा वापर करता येईल. जैव-अभियांत्रिकीतील एका महत्त्वाच्या तंत्रज्ञानाने हे शक्य झाले आहे. त्याला मोनोक्लोनल अँटिबॉडी तंत्रज्ञान किंवा हायब्रिडोमा तंत्रज्ञान असे म्हणतात.

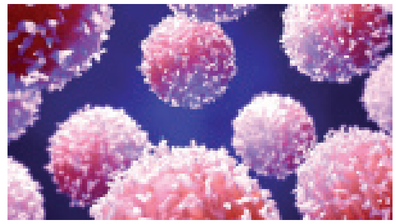
डॉ. जॉर्जेस कोहलर आणि डॉ. सिझार मिलस्टिन या शास्त्रज्ञांच्या जोडीने या तंत्रज्ञानाचा १९७५ साली शोध लावला आणि हा शोध पुढे एवढा महत्त्वाचा आणि दूरगामी परिणाम करणारा ठरला की १९८४ साली या दोन्ही

शास्त्रज्ञांना जगातील सर्वश्रेष्ठ असा वैद्यकशास्त्रातील नोबेल पुरस्कार प्रदान करण्यात आला.

विशेष म्हणजे एवढ्या महत्त्वाच्या तंत्रज्ञानाचे या दोन्ही शास्त्रज्ञांनी पेटंट, स्वामित्व हक्क घेतले नाहीत आणि संपूर्ण जगासाठी, मानवतेसाठी हे तंत्रज्ञान खुले केले. ही गोष्ट फारच दुर्मिळ आहे. अन्यथा या दोन्ही शास्त्रज्ञांनी अब्जावधी डॉलर कमावले असते. आज हे दोन्ही शास्त्रज्ञ आपल्यात हयात नाहीत. त्यांनी केलेले संशोधन आणि त्यांची सहृदयता, मनाचा मोठेपणा, दिलदार वृत्ती ही आपल्या नेहमीच स्मरणात राहील. या दोन्ही शास्त्रज्ञांना मनःपूर्वक वंदन करतो, श्रद्धांजली वाहतो.

बी लिंफोसाइट शरीराबाहेर प्रयोगशाळेत वाढवता आल्या तर ही विशिष्ट प्रतिपिंडे आपल्याला मिळवता येतील. या पेशी प्रतिपिंडे तयार करून बाहेर सोडतील आणि आपल्याला हवी तेव्हा, हवी तेवढी प्रतिपिंडे मिळवता येतील. परंतु हे शक्य नाही. कारण बी लिंपोसाईट पेशी किंवा इतर कोणतीही पेशी प्रयोगशाळेतील कृत्रिम वातावरणात फार काळ वाढू शकत नाही. काही काळानंतर त्यांची वाढ खुंटते आणि त्या पेशी मरून जातात. पेशी मेल्यावर अँटिबॉडी कुठून तयार होणार? या मर्त्य बी लिंफोसाइट पेशींकडून सातत्याने, अखंडित अँटिबॉडीचा पुरवठा कसा होणार? या मर्त्य पेशींना अमर करता आले तर! तर अँटिबॉडीचा कायमचा पुरवठा आपल्याला मिळू शकतो. परंतु हे करायचं कसं?! येथे या दोन शास्त्रज्ञांची डॉ. जॉर्जेस कोहलर आणि डॉ. सिझार मिलस्टिन यांची अफाट, अलौकिक बुद्धिमत्ता कामाला आली. म्हणून तर या दोघांना जीनियस म्हणतात. मोनोक्लोनल अँटिबॉडी तंत्रज्ञान हे त्यांनी शोधलेले नाही. हे त्यांनी तयार केलेले तंत्रज्ञान आहे. हे लक्षात ठेवले पाहिजे. तो नुसता शोध नाही. हे इन्व्हेंशन आहे. त्यांनी निसर्गात घडणारी घटना केवळ शोधून काढलेली नाही. तर निसर्गात कधीही घडू न शकणारी घटना प्रयोगशाळेत घडवून आणली. म्हणून त्याला इन्व्हेंशन म्हणायचे.

कॅन्सरची पेशी ही अमर्त्य आहे. या पेशींना प्रयोगशाळेत कृत्रिम वातावरणात अनिर्बंधपणे, अखंडपणे वाढवता येते. त्यांची वाढ खुंटत नाही. एकाच्या दोन, दोनाच्या चार, चाराच्या आठ अशी त्यांची वाढ होतच राहते. त्यांना मरण नाही. अर्थात त्यांना योग्य वातावरण पुरवले तर. योग्य वातावरणात या पेशी अमर आहेत. त्यांचे पेशीविभाजन अमर्याद काळापर्यंत प्रयोगशाळेत सुरू ठेवता येते. बी लिंफोसाइट किंवा बी लसिका पेशीचे रूपांतर काही वेळा कर्करोगाच्या पेशीमध्ये होते. होऊ शकते. या कर्करोगाला मायलोमा असे म्हणतात.



बी लसीका पेशी

डॉ. जॉर्जेस कोहलर आणि डॉ. सिझार मिलस्टिन या शास्त्रज्ञांनी एक भन्नाट कल्पना लढवली. साधी बी लसिका पेशी आणि कॅन्सरग्रस्त बी लसीका पेशी यांचा संयोग किंवा मिलन घडवून आणले तर? तर कदाचित साध्या बी लसिका पेशीचा प्रतिपिंड तयार करण्याचा गुणधर्म आणि कॅन्सरग्रस्त बी लसिकापेशीचा अमरत्वाचा गुणधर्म, हे दोन्ही गुणधर्मही एकत्र येऊ शकतील! यालाच आऊट ऑफ द बॉक्स थिंकिंग असे म्हणतात.

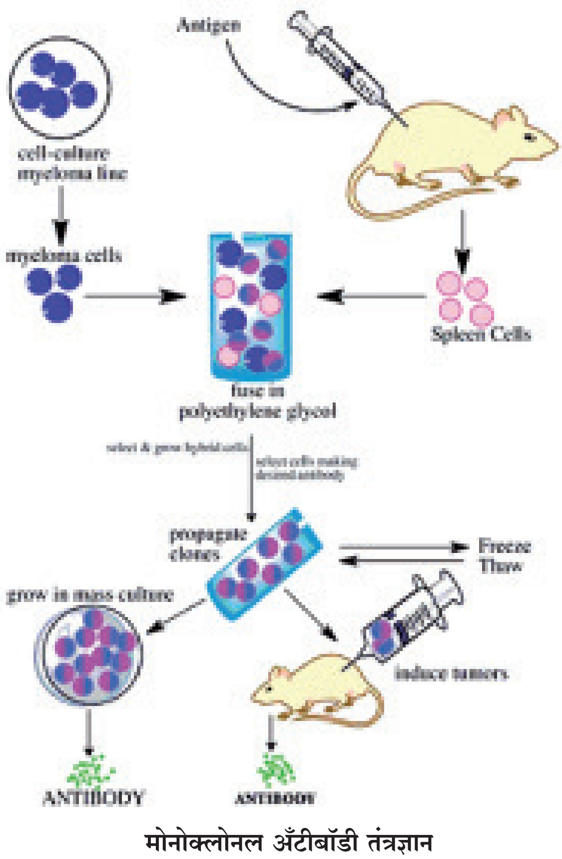
डॉ. सिझार मिलस्टिन

१९७५ मध्ये त्यांनी साधी प्रतिपिंडे तयार करणारी बी लसिका पेशी आणि कॅन्सरग्रस्त बी लसिका पेशी यांचा संयोग किंवा मिलन प्रयोगशाळेत घडवून आणले. त्यावेळी त्यांनी केवळ दोन पेशींचे मिलन घडवून आणले नाही तर त्यांच्या दोन महत्त्वाच्या गुणधर्मांचेही मिलन घडवून आणले! साध्या बी लिंफोसाइट पेशींची अँटिबॉडी तयार करण्याची क्षमता आणि कॅन्सरग्रस्त बी लिंफोसाइट पेशीचा अनिर्बंधपणे, अमर्याद काळातपर्यंत (अर्थातच योग्य वातावरणात) प्रयोगशाळेत वाढण्याचा गुणधर्म या दोघांचे एकत्रीकरण घडवून आणले. दोन पेशींचा संकर, हायब्रिड घडवून आणला. म्हणूनच या तंत्रज्ञानाला हायब्रिडोमा तंत्रज्ञान असेही म्हणतात.

अशी ही संकरित पेशी प्रयोगशाळेत किंवा काही वेळा उंदराच्या शरीरातदेखील वाढवता येते आणि मग

डॉ. जॉर्जेस कोहलर

आवश्यकतेनुसार प्रतिपिंडे किंवा अँटिबॉडी आपल्याला मिळवता येतात. एका संकरित पेशीपासून त्यांचे विभाजन होऊन अगणित बी लसिका पेशी तयार होतात आणि त्या एकाच प्रकारची प्रतिपिंडे निर्माण करू लागतात. अशा प्रकारे वाढ झालेल्या पेशींना इंग्रजीत क्लोन असे म्हणतात. या क्लोनमधील सर्व पेशी मूळच्या एका संकरित पेशींपासून तयार झालेल्या असल्यामुळे त्यांना मोनोक्लोन असे म्हणतात. आणि त्यामुळे त्यांनी निर्माण केलेल्या प्रतिपिंडांना मोनोक्लोनल प्रतिपिंडे किंवा मोनोक्लोनल अँटिबॉडी असे म्हणतात. एका क्लोन पासून फक्त एकाच प्रकारच्या अँटिबॉडी तयार होतात. त्यामुळे त्या अतिशय शुद्ध स्वरूपात मिळवता येतात.



मोनोक्लोनल अँटीबॉडी तंत्रज्ञान

मोनोक्लोनल अँटिबॉडीचे अनेक उपयोग आहेत. रुग्णाच्या कॅन्सर पेशीवरील अँटिजेन ओळखता आला तर त्या विरोधी अँटिबॉडी, मोनोक्लोनल अँटिबाडी तंत्रज्ञानाच्या सहाय्याने तयार करता येते. त्याचा उपयोग कॅन्सरचे निदान करण्यासाठी आणि कॅन्सरवर उपचार म्हणूनही करता येतो. या मोनोक्लोनल प्रतिपिंडांना किरणोत्सर्गी पदार्थ जोडून शरीरात सोडल्यास शरीरात कुठे कुठे कॅन्सरच्या गाठी किंवा पेशी आहेत हे कळू शकते.

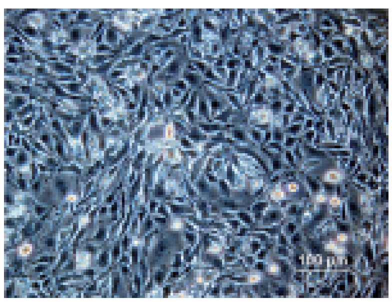
या मोनोक्लोनल अँटिबॉडीचा कॅन्सरवर उपचार म्हणूनही वापर करता येतो. त्यांना औषध किंवा किरणोत्सर्गी मूलद्रव्ये जोडले की ते कॅन्सरच्या पेशीपर्यंत थेट जाऊन पोहोचते. त्यामुळे फक्त कॅन्सरच्या पेशींचाच नाश होतो. इतर वेळी मात्र कॅन्सरच्या पेशींना मारण्याच्या नादात शरीराच्या चांगल्या पेशीही मारल्या जातात! रासायनिक उपचार पद्धतीमध्ये म्हणजेच किमोथेरपीमध्ये कॅन्सरच्या पेशींबरोबर चांगल्या पेशींचाही नाश होतो. त्यामुळे किमोथेरपी या उपचार पद्धतीत रुग्णांना बऱ्याच दुष्परिणामांना तोंड द्यावे लागते. त्यामुळे कधी कधी भीक नको पण कुत्रा आवर अशी रुग्णाची परिस्थिती होते. रोग परवडला पण उपचार नको असे रुग्णाला वाटते. त्यामुळे विशिष्ट कॅन्सरपेशीविरुद्ध तयार केलेली मोनोक्लोनल अँटिबॉडी त्या कॅन्सरच्या पेशीपर्यंत पोहोचून त्या पेशीला मारू शकते आणि रुग्णाला दिलासा मिळू शकतो. अशा अनेक मोनोक्लोनल अँटिबॉडी कॅन्सरविरोधी उपचारासाठी बाजारात उपलब्ध आहेत.

रिटुक्झिमॅब या मोनोक्लोनल अँटिबाडी ल्युकेमिया नावाच्या कॅन्सरवर उपचारासाठी वापरतात. हर्सेप्टिन नावाची मोनोक्लोनल अँटिबॉडी स्तनाच्या कॅन्सरवर उपयुक्त ठरते. इन्फ्लिक्झिमॅब रुमॅटाइड अर्थ्रायइटिस या विकारासाठी वापरतात. बऱ्याचशा मोनोक्लोनल अँटिबॉडी कॅन्सर या विकारावर उपचार म्हणून वापरतात. अनेक रोगांच्या निदानासाठी प्रयोगशाळेत केल्या जाणाऱ्या चाचण्यांमध्ये मोनोक्लोनल अँटिबॉडीचा वापर फार मोठ्या प्रमाणावर केला जातो. मोनोक्लोनल अँटिबॉडी तंत्रज्ञानामुळे रोगनिदान आणि रोगउपचार या क्षेत्रात लक्षणीय बदल झाले आहेत आणि होत आहेत.

१९८६ मध्ये पहिल्या मोनोक्लोनल अँटिबॉडीला अमेरिकन एफडीएने मान्यता दिली, ती म्हणजे म्युरोमोनॅब CD3. ही मोनोक्लोनल अँटिबॉडी मूत्रपिंडाचे रोपण केलेल्या रुग्णाला दिली जाते. त्यामुळे रोपित केलेले मूत्रपिंड त्या व्यक्तीच्या शरीराकडून नाकारले जात नाही. रिजेक्ट होत नाही. त्यानंतर आतापर्यंत जवळजवळ १६० मोनोक्लोनल

ॲंटिबॉडींना निदान आणि उपचार यासाठी मान्यता मिळालेली आहे. सध्या संपूर्ण जगात मोनोक्लोनल ॲंटिबाडीच्या वैद्यकीय चाचण्या (क्लिनिकल ट्रायल) सर्वात जास्त प्रमाणात सुरू आहेत. यावरून त्यांचे महत्त्व लक्षात येईल.

चायनीज हॅमस्टर



चायनीज हॅमस्टर ओव्हरी पेशी

येथे आणखीन एक गोष्ट नमूद केली पाहिजे. हल्ली मोनोक्लोनल ॲंटिबॉडी मोठ्या प्रमाणावर तयार करायची झाल्यास चायनीज हमस्टर ओव्हरी पेशी यांच्यामध्ये विशिष्ट ॲंटिबॉडीचे जनुक घुसवून त्यांच्याकडून तयार करून घेतली जाते. हे जनुक-अभियांत्रिकी तंत्रज्ञानाने शक्य होते. चायनीज हॅमस्टर हा उंदरासारखा दिसणारा कुरतडणाऱ्या कृंतक गटातील सस्तन प्राणी आहे. त्याच्या अंडाशयातील पेशी म्हणजेच चायनीज हॅमस्टर ओव्हरी पेशी. या पेशी प्रयोगशाळेत त्यांना आवश्यक ती पोषक द्रव्ये आणि वातावरण दिल्यानंतर वाढवता येतात. अशा तऱ्हेने जनुक घुसवून बदललेल्या चायनीज हॅमस्टर ओव्हरी पेशी या मोठमोठ्या बायो-रिॲक्टरमध्ये कारखान्यात वाढवल्या जातात. म्हणजेच त्यांना वाढीसाठी आवश्यक ते पोषण घटक देऊन, आवश्यक ते तापमान राखून, वाढीसाठी लागणाऱ्या ऑक्सिजनचा पुरवठा अशा अनेक गोष्टी करून त्यांच्या वाढीसाठी पोषक वातावरणनिर्मिती केली जाते. बायो-रिॲक्टर म्हणजे स्टेनलेस स्टीलची शेकडो किंवा हजारो लिटर क्षमता असलेली मोठमोठी भांडी. त्यांची वाढ होत असतानाच त्या पेशी विशिष्ट मोनोक्लोनल ॲंटिबॉडी तयार करून बाहेर सोडतात आणि मग त्या बाहेर सोडलेल्या मोनोक्लोनल ॲंटिबॉडी वेगळ्या केल्या जातात आणि शुद्ध स्वरूपात मिळवल्या जातात. त्यासाठी अनेक अद्ययावत शुद्धीकरण पद्धती वापरल्या जातात.

मोनोक्लोनल ॲंटिबॉडी तंत्रज्ञान हे डॉ. जॉर्जेस कोहलर आणि डॉ. सिझार मिलस्टिन या दोन शास्त्रज्ञांनी मानवतेला दिलेले अनमोल वरदान आहे. त्यांच्या ऋणातून आपण मुक्त होऊ शकत नाही. त्यांचे कृतज्ञतेने नतमस्तक होऊन स्मरण करणे एवढेच आपल्या हाती आहे.

– बिपीन भालचंद्र देशमाने
bipindeshmane@gmail.com

ग्रंथाली

बालशिक्षण एक अद्भुत सफर

रती भोसेकर

मूल्य ३०० रुपये
सवलतीत १८० रुपये

डॉ. स्वाती बापट

स्थूलत्वनिवारणासाठीची औषधे आणि शस्त्रक्रिया

स्थूल व्यक्तीवर उपचार करताना

Edmonton Obesity Staging System (EOSS) याचा वापर जगभरातील वैद्यकीय व्यावसायिक करतात, हे आपण मागील लेखामधे समजून घेतले. संदर्भासाठी आजच्या लेखातही पुन्हा EOSS प्रणाली देत आहे. (आकृती क्रमांक-१). EOSS या सोप्या मार्गदर्शक प्रणालीमुळे स्थूलत्वाचे आणि स्थूलत्वाशी निगडित असलेल्या इतर आजारांचे एकत्रित मूल्यमापन करता येते, हे आपण मागील लेखामध्ये बघितले. स्थूल व्यक्तींनी त्यांच्या वजनाच्या अगदी ५ ते १० टक्के वजन कमी केल्यानेही त्यांच्या रक्तातील साखर, ट्रायग्लिसराइड व रक्तदाब कमी व्हायला मदत होते. सर्व स्थूल रुग्णांसाठी जीवनशैलीतील बदल (आहार व व्यायाम, ताणतणावाचे नियोजन) आणि समुपदेशन हे मार्ग आवश्यकच असतात. वजन कमी केल्यामुळे स्थूलत्वाशी संबंधित सांधेदुखी, sleep apnoea अशा समस्याही कमी होऊ शकतात. तसेच, वजन कमी झाल्यामुळे मानसिक स्वास्थ्य, शारीरिक हालचाली आणि एकूणच जीवनमान सुधारू शकते.

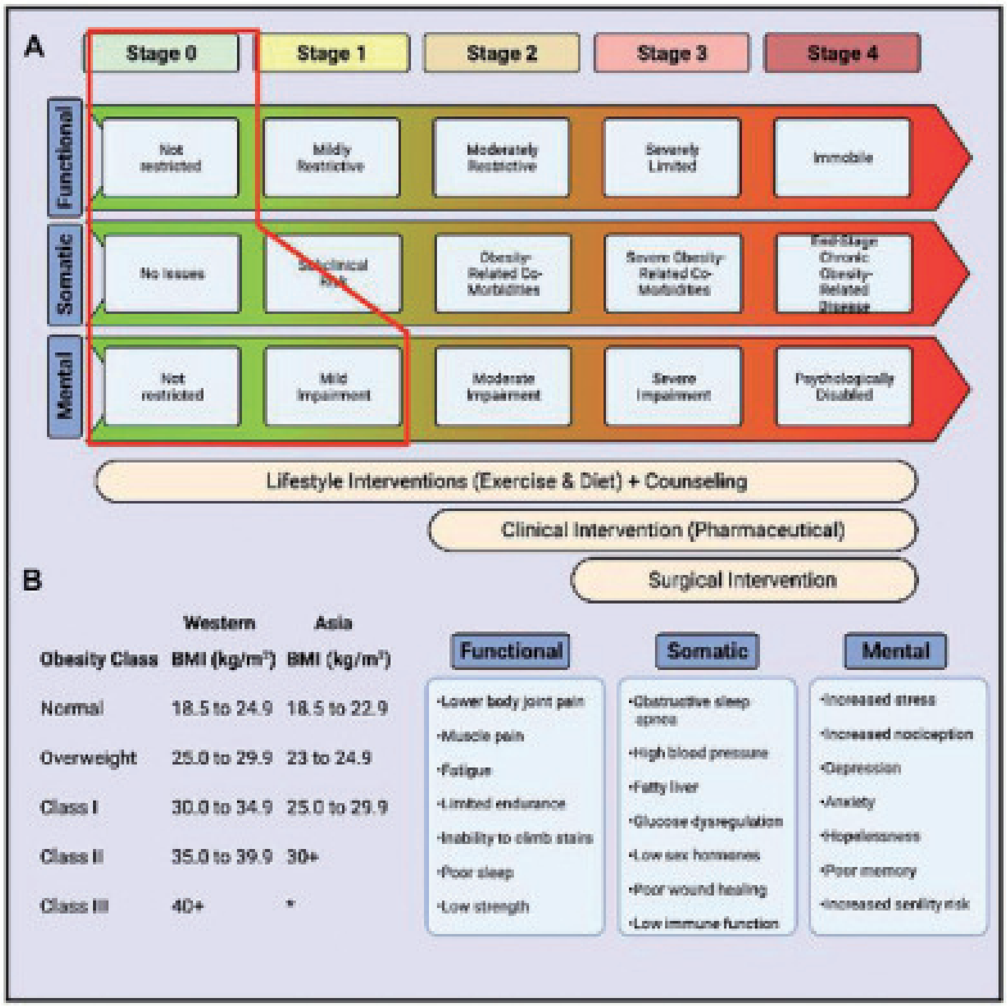
स्थूलत्व निवारणासाठी जीवनशैलीत बदल करणे आवश्यक असते. आहारात बदल करणे, नियमित व्यायाम व शारीरिक हालचाली वाढवणे, वर्तणूक सुधारण्यासाठी समुपदेशन घेणे आणि ताणतणावमुक्त जीवनशैली अवलंबणे असे अनेक भाग जीवनशैलीतील बदलांमधे येतात. काही रुग्णांमधे मात्र केवळ जीवनशैलीतील बदल पुरेसे नसतात. काही रुग्णांना जीवनशैलीमधील बदल करणे अवघड जाते. काही स्थूल रुग्णांनी जीवनशैलीमधे बदल करूनही त्यांच्या वजनामध्ये फारसा फरक पडत नाही. अशा रुग्णांना Anti Obesity Medicines (AOMs) सुरू करावी लागतात. काही स्थूल रुग्णांनी त्यांच्या जीवनशैलीत बदल केल्यामुळे त्यांचे वजन घटते. परंतु असा सकारात्मक बदल टिकवून ठेवण्यासाठीही अशा रुग्णांना Anti Obesity Medicines (AOMs) दिली जातात. तसेच, आकृती क्रमांक-१मध्ये दाखवल्याप्रमाणे, स्टेज २ किंवा त्याच्या पुढील स्टेजमधील सर्व रुग्णांना Anti Obesity Medicines (AOMs) सुरू करणे आवश्यक असते. स्थूलत्व हा लवकर बरा न होणारा आजार असल्याने बहुतांश स्थूल रुग्णांना ही औषधे आयुष्यभर घ्यावी लागतात. सर्वसाधारणपणे बारा वर्षांच्या खालील मुलांसाठी ही औषधे वापरली जात नाहीत.

Anti Obesity Medicines (AOMs) कशा पद्धतीने काम करतात?

भूक कमी करणारी औषधे : काही औषधे भुकेची भावना कमी करतात. त्यामुळे आपोआपच अन्नसेवन कमी होऊन वजन कमी होण्यास मदत होते. उदाहरणार्थ, फेंटरमाइन.

तृप्तीची भावना वाढवणारी औषधे : GLP-1 agonist या गटातील Aliraglutide and semaglutide ही औषधे, GLP-1 या संप्रेरकासारखेच काम करतात. त्यामुळे ही औषधे मेंदूतील satiety centre कडे संदेश पाठवून मेंदूमधे तृप्तीची भावना निर्माण करतात. GLP-1 agonist या गटातील औषधे जठरामधून आतड्यामध्ये अन्न जाण्याची गती कमी करतात. अन्नसेवनानंतर जठर बराच काळ रिकामे होत नाही. त्यामुळे बराच काळ भूक लागत नाही व आपसूकच अन्नसेवन कमी होते.

अन्नशोषणामधे अडथळा आणणारी औषधे : लहान आतड्यामधे अनेक एन्झाइम स्रवली जात असतात. खाल्लेल्या अन्नाचे बारीक-बारीक अन्नघटकांमधे तुकडे करण्याचे काम ही एन्झाइम करत असतात. त्यामुळे बारीक झालेले अन्नघटक रक्तामध्ये शोषण करण्यायोग्य होतात. यापैकी lypase हे



Edmonton Obesity Staging System (EOSS) आणि त्यावर आधारित उपचार (आकृती क्रमांक-१)

एन्झाइम अन्नामधील चरबीच्या शोषणासाठी आवश्यक असते. काही औषधे lypase या एन्झाइमच्या कार्याला विरोध करतात. त्यामुळे आहारातील चरबी रक्तामध्ये शोषली जात नाही. अशा रितीने अन्नशोषणामधे अडथळा आणणारे ऑर्लिस्टॅट नावाचे औषध काम करते.

Anti Obesity Medicines (AOMs) शरीराच्या कुठल्या भागावर आणि कशा पद्धतीने परिणाम करतात?

वजनावर नियंत्रण ठेवणाऱ्या मेंदूतील केंद्रबिंदूच्या कार्यावर परिणाम करणारी औषधे : या प्रकारातली औषधे मेंदूमधील भूक आणि तृप्तीच्या भावनेवर नियंत्रण करणाऱ्या केंद्रबिंदूंवर काम करतात.

मेंदूच्या बाहेर, शरीरामध्ये इतरत्र परिणाम करणारी औषधे : या प्रकारामध्ये मोडणारी औषधे बहुधा चयापचनावर परिणाम करतात अथवा अन्नामधील चरबीचे शोषण कमी करण्याचे काम करतात.

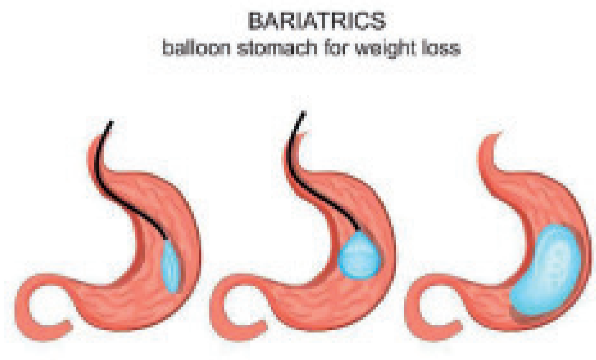
वरील दोन्हीही प्रकाराने कार्य करणारी औषधे : काही औषधे मेंदूतील वजन नियंत्रित करणाऱ्या केंद्रांवर आणि शरीरात इतरत्र असे एकाच वेळी परिणाम साधू शकतात.

AOMsचे सेवन सुरू असलेल्या रुग्णांमधे, हृदयाची गती वाढणे, मनःस्थिती अस्थिर होऊन मनात आत्महत्येचे विचार येणे, रक्तातील साखरेचे प्रमाण अचानक कमी होणे, उलटी-जुलाब होणे अथवा पोटाच्या इतर काही तक्रारी उद्भवणे, मूत्रपिंड बिघडणे असे गंभीर दुष्परिणाम दिसून येऊ शकतात. म्हणून AOMs ही नेहमीच वैद्यकीय देखरेखीखाली चालू करावी लागतात. अशा रुग्णांमधे औषधांचे काही दुष्परिणाम दिसून आल्यास ती त्वरित बंद करावी लागतात. तसेच -AOMs चालू असलेल्या रुग्णांमधे रक्तातली साखर, मूत्रपिंडाचे आणि लिव्हरचे कार्य तपासण्यासाठी रक्त तपासण्या वरचेवर कराव्या लागतात.

गेली जवळपास पन्नास वर्षे किंवा त्याहूनही अधिक काळापासून स्थूलत्वावर परिणामकारक औषधनिर्मिती करण्यासाठी संपूर्ण जगभरातील औषध कंपन्यांमध्ये जणू अहमहिका सुरू आहे. स्थूलत्वाच्या समस्येवर रामबाण उपाय म्हणून जाहीर केली गेलेली कित्येक तथाकथित जादुई औषधे, शरीरावर होणारे त्यांचे दुष्परिणाम लक्षात घेता अगदी घाईगडबडीने वापरातून वर्ज्य करावी लागली आहेत. स्थूलत्वाच्या उपचारासाठी प्रभावी पण कमी दुष्परिणाम असलेली मोजकीच औषधे सध्यातरी बाजारात उपलब्ध आहेत. त्यामुळे या क्षेत्रामधे सातत्याने संशोधन सुरू आहे. Anti-Obesity medicines सध्या तरी खूप महाग आहेत. तसेच, या औषधांचा खर्च आरोग्यविम्यामध्ये समाविष्ट नसल्यामुळेही या औषधांचा वापर करणे सर्वसामान्यांना परवडत नाही. यातली बरीचशी औषधे बाजारात उपलब्ध होऊन काही वर्षेच झालेली असल्याने त्यांच्या दूरगामी दुष्परिणाबाबत पुरेशी माहिती उपलब्ध नाही. त्यामुळे या औषधांचा वापर कमीच आणि बऱ्याचदा जरा भीतभीतच केला जातो. (आकृती क्रमांक–२)

स्थूलत्व निवारणासाठी जठरामध्ये फुगा ठेवण्याची पद्धत : (Intragastric baloon placement therapy) (आकृती क्रमांक–३)

या पद्धतीमधे जठरामध्ये एक फुगा ठेवला जातो व तिथे तो फुगवून सहा महिन्यांसाठी ठेवला जातो. यातले काही प्रकारचे फुगे हे रुग्णांना आपापले गिळता येतात तर काही प्रकारचे फुगे हे एंडोस्कोपीद्वारे जठरामध्ये ठेवले जातात आणि नंतर फुगवले जातात. हे फुगे जठरामधील जागा व्यापून ठेवत असल्यामुळे आपसूकच अन्नसेवन कमी होते आणि रुग्णाचे वजन कमी होण्यास मदत होते. सर्वसाधारणपणे या उपचारपद्धतीमध्ये सहा महिन्यांच्या कालावधीत १२–१५ किलो वजन कमी होऊ शकते. सहा महिन्यानंतर काही प्रकारचे फुगे आपोआपच लहान होऊन शौचामार्गे पडून जातात. तर काही प्रकारचे फुगे दुर्बिणीद्वारे बाहेर काढले जातात. भूल देणे, शरीरातील जठर, आतडे यांसारखे अवयव कापणे, अशा गोष्टी या प्रकारच्या उपचारपद्धतीमध्ये नसल्यामुळे शरीरावर त्याचे फारसे दुष्परिणाम होत नाहीत. परंतु सर्वसाधारणपणे सहा



वजन कमी करण्यासाठी जठरामध्ये फुगा फुगवून ठेवण्याची पद्धत (आकृती क्रमांक–३)

महिन्यांच्या उपचारानंतर बहुतांश स्थूल रुग्णाचे वजन पुन्हा पूर्वपदावर येते.

स्थूलत्व निवारणासाठी करण्यात येणाऱ्या शस्त्रक्रिया (बेरियाट्रिक सर्जरी)

जीवनशैलीत बदल करून, अथवा वजन कमी करायची औषधे वापरूनही जर एखाद्या अतिस्थूल व्यक्तीचे वजन कमी होत नसेल तर अशा व्यक्तींमध्ये बेरियाट्रिक सर्जरीचा विचार केला जातो. जीवनशैलीतील बदल आणि औषधे यांपेक्षाया शस्त्रक्रिया वजन कमी करण्यासाठी अधिक प्रभावी

स्थूलत्वनिवारणासाठी उपलब्ध असणाऱ्या औषधांची सध्याची परिस्थिती (आकृती क्रमांक–२)

असतात. त्यामुळे स्थूल व्यक्तीचे जीवन सुकर तर होतेच, त्याचबरोबर उच्च रक्तदाब, मधुमेह अशा आजारांवरचे नियंत्रणही वाढण्यास मदत होते.

बेरियाट्रिक शस्त्रक्रिया खालील काही प्रकारे केल्या जातात : (आकृती क्रमांक-४)

१. **Sleeve Gastrectomy :** या शस्त्रक्रियेमधे जठराचा २० ते २५ टक्के भाग ठेवला जातो आणि उरलेला भाग कापला जातो. त्यामुळे ग्रेलिन हे संप्रेरक स्रवणाऱ्या पेशींची संख्या कमी होऊन शरीरामध्ये ग्रेलिनचे स्रवण कमी होते. ग्रेलिन हे भूक प्रज्वलित करणारे संप्रेरक आहे. या शस्त्रक्रियेनंतर आपोआपच भूक मंदावते आणि स्थूल रुग्णाचे वजन कमी होते.

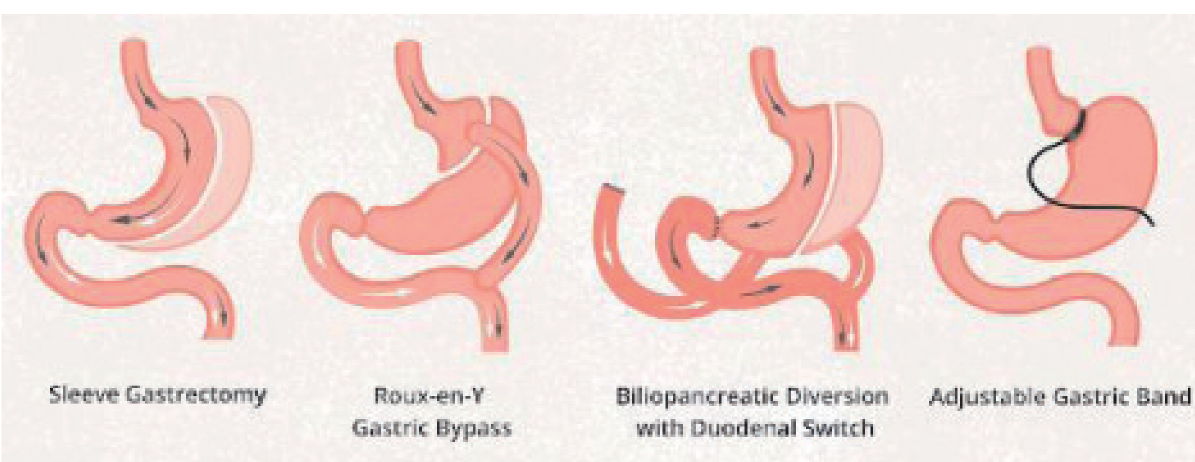
२. **Roux-en-Y Gastric Bypass :** या शस्त्रक्रियेमध्ये जठराचे दोन भाग केले जातात. वरचा लहान भाग लहान आतड्याच्या मध्यभागात जोडला जातो. या शस्त्रक्रियेमुळे जठराच्या लहान भागात अन्न जाते. जठर लहान झालेले असल्याने भूकही कमीच लागते. तसेच, लहान आतड्यातील पहिला भाग म्हणजे duodenum मधे अन्न जातच नसल्यामुळे आपोआपच कॅलरीजचे आणि पोषणतत्त्वांचे शोषण कमी होते. त्यामुळेही वजन कमी होण्यास मदत होते.

३. **Biliopancreatic diversion with duodenal switch (BPD/DS) :** ही शस्त्रक्रिया दोन टप्प्यांमध्ये केली जाते. पहिल्या टप्प्यामध्ये Sleeve Gastrectomy केली जाते. दुसऱ्या टप्प्यामध्ये आतड्याचा मधला भाग बंद केला जातो आणि शेवटचा भाग लहान आतड्याच्या पहिल्या भागाशी म्हणजे duodenumशी जोडला जातो. या टप्प्याला duodenal switch असे संबोधले जाते. आतड्याचा कुठलाही भाग कापून शरीराच्या बाहेर काढला न जाता, तो आतड्याच्या शेवटच्या भागाला जोडण्यात येतो. त्यामुळे पित्त आणि स्वादुपिंडातील पाचक रस या भागात वाहिले जातात आणि अन्नपचनास मदत होते. ही शस्त्रक्रिया रुग्णाचे अन्नसेवन कमी करतेच आणि अन्नामधील घटकांचे शोषणही कमी करते. या दोन्हीही क्रियांमुळे वजन कमी होण्यास मदत होते.

४.- **Adjustable gastric bands :** या प्रकारच्या शस्त्रक्रियेमध्ये जठराभोवती एक पट्टा आवळला जातो. तो पट्टा वर-खाली आणि घट्ट-सैल करता येत असल्याने, अन्न सामावून घेण्याची जठराची क्षमता कमी करता येते. थोडक्यात, पट्टा आवळून जठराचे दोन भाग केले जातात. रुग्णाने अन्नसेवन केल्यावर वरच्या छोट्या भागामधे अन्न जाऊन जठर भरल्याची संवेदना मेंदूपर्यंत पोहोचवली जाते. त्यामुळे अन्नसेवन बंद करण्याचे संदेश मेंदूकडून शरीराकडे पाठवले जातात. एकुणात अन्नसेवन कमी होऊन वजन कमी होण्यास मदत होते.

५. **Single-anastomosis duodeno-ileal bypass with sleeve gastrectomy (S-DI-S) :** ही शस्त्रक्रियाही Biliopancreatic diversion with duodenal switch (BPD/DS)(आकृती क्रमांक-५)

या शस्त्रक्रियेसारखीच दोन टप्प्यांमध्ये केली जाते. यातील पहिल्या टप्प्यामधे Sleeve Gastrectomy केली जाते. लहान आतड्यातील duodenum हा भाग नवीन निर्माण केलेल्या छोट्या जठराच्या खाली जोडला जातो. प्रत्यक्षात या प्रकारच्या सर्जरीमध्ये लहान आतड्यातील duodenum आणि jejunum ह्या दोन भागामध्ये एॅन जाणार



बेरियाट्रिक शस्त्रक्रियांचे काही प्रकार (आकृती क्रमांक -४)

नाही अशी व्यवस्था केली जाते. नेहमी आपण खाल्लेले अन्न २५ फूट लांबीच्या लहान आतड्यातून पुढे जाऊन मग मोठ्या आतड्यामध्ये जात असते. परंतु या प्रकारच्या सर्जरीमुळे ते २५ फुटाच्या ऐवजी केवळ १० फूट लांबीच्या लहान आतड्यामधून पुढे जाते. यामुळे अन्नातील चरबी आणि ऊर्जा शोषण्यासाठी कमी लांबीचे आतडे उपलब्ध असते. तसेच अन्न कमी वेळ लहान आतड्यामध्ये राहणे असल्याने आपोआपच अन्नघटकांचे रक्ततले शोषण कमी होते.

बेरियाट्रिक सर्जरीनंतर रुग्णाला सुरुवातीचे एक-दोन दिवस तोंडावाटे काहीही खाण्याची परवानगी दिली जात नाही. त्यानंतर काही दिवस द्रवपदार्थांचे सेवन करायला देतात. त्यानंतर काही दिवस मऊ पदार्थ व शेवटी नेहमीच आहार सुरू करतात. रुग्णाने दिवसभरामध्ये एकूण किती आणि काय खावे यावर बरीच बंधने असतात. शस्त्रक्रियेनंतर पहिले काही महिने अशा रुग्णांच्या वरचेवर वैद्यकीय तपासण्या कराव्या लागतात. एकूण पाहता बेरियाट्रिक सर्जरीनंतर दीर्घकाळासाठी वजन कमी राहू शकते. कुठल्या रुग्णाचे किती वजन कमी होईल व ते तसे किती काळ कमी राहील हे त्या त्या रुग्णामध्ये कुठली सर्जरी केलेली आहे यावर आणि ते ते रुग्ण जीवनशैलीतील बदल किती काटेकोरपणे पळत आहेत यावर अवलंबून असते. या शस्त्रक्रिया आरोग्यासाठी धोकादायकही असू शकतात.

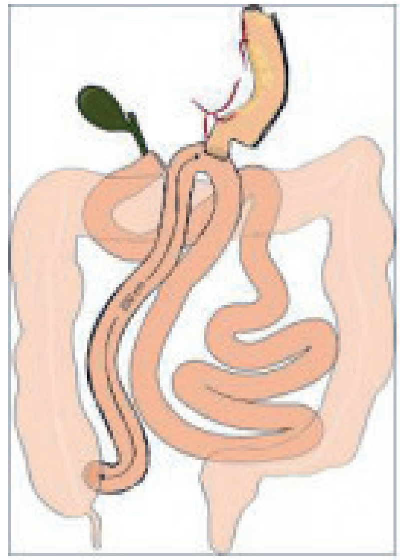
बेरियाट्रिक शस्त्रक्रियांमुळे आरोग्याला निर्माण होणारे धोके :

१. अती रक्तस्त्राव.

२. शरीरामध्ये रक्ताच्या गुठळ्या होणे.

३. फुप्फुसाच्या किंवा शेषाच्या समस्या उद्‌भवणे.

४. भूल देण्यामधला अथवा शस्त्रक्रियेतील गुंतागुंतीमुळे निर्मण होणार धोका.



Single-anastomosis duodeno-ileal bypass with sleeve gastrectomy (SADIAS) :
(आकृती क्रमांक-५)

५. क्वचितप्रसंगी मृत्यू.

६. कायमस्वरूपी आतड्यांचा त्रास निर्माण होणे.

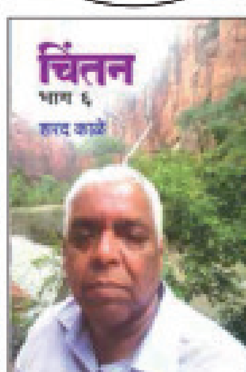
स्थूलत्व हा शरीरामध्ये मुरलेला आणि अत्यंत गुंतागुंतीचा आजार आहे. स्थूलत्व निवारण करणे हे अत्यंत अवघड काम असते. प्रत्येक स्थूल व्यक्तीमध्ये वेगवेगळ्या कारणांमुळे स्थूलत्व येऊ शकते. त्यामुळे त्या त्या व्यक्तीमधील करणे लक्षांत घेऊन योग्य ते इलाज करावे लागतात.

स्थूलत्वप्रतिबंधाच्या दृष्टीने आहाराची पथ्ये, व्यायामाच्या पद्धती, ताणतणावाचे नियोजन कसे करावे याबाबत लेखमालेतील पुढील लेखामधून आपण समजून घेणार आहोत.

- डॉ. स्वाती बापट

swateebapat@gmail.com

चिंतन
भाग ६



शरद काळे

मूल्य ६५० रुपये
सवलतीत ४०० रुपये

डॉ. संगीता गोडबोले

विज्ञान-नाट्य, नृत्य आणि खगोलविषयक साहित्य

एकूणातच विज्ञानाने कलाविश्व आणि साहित्यविश्व यामध्ये आपला ठसा उमटवलेला आहे.

या लेखात आपण विज्ञान आणि नृत्य, नाट्य त्याचबरोबर साहित्य याचा वेध घेऊ या.

नाटक हे कला आणि विज्ञान या दोन्ही क्षेत्रांना एकत्र आणून परस्परपूरक ठरवते.

विज्ञानातून मिळणाऱ्या माहितीच्या आधारे आणि तंत्रज्ञानाच्या वापराने नाट्यकृती मनोरंजक तर होतेच, ती प्रभावीही होते.

विज्ञानातील सिद्धांत, वैज्ञानिक संकल्पना आणि वैज्ञानिक कथा नाट्यकृतीच्या माध्यमातून प्रत्यक्ष डोळ्यांपुढे घडताना पाहण्यामुळे त्यातील विषय लवकर समजतात. त्याचा प्रभाव पडतो आणि तो अधिक काळ टिकतो.

शिवाय त्यात रंजकता असल्याने त्यातील विषय कंटाळवाणे न होता औत्सुक्य वाढवण्यास मदत करतात.

नाटक या माध्यमातून वैज्ञानिक दृष्टिकोन विकसित होतोच, शिवाय त्या घटनांचे विश्लेषण करून त्यांबद्दल हे असे का घडत असावे याचाही विचार आपोआपच केला जातो. म्हणजेच तर्क करणे, त्यासाठी बुद्धीला ताण देणे, आपल्या शंकांच्या निरसनासाठी प्रश्न विचारून उत्तरे मिळवणे हे आपोआपच घडत जाते.

नाट्यासाठी निवडलेले विज्ञानविषय उदाहरणार्थ, वृक्षतोडीमुळे हवामानात घडून येणारे बदल, किंवा पर्यावरणाचा ऱ्हास, ओझोन लेअरचे परिणाम, आरोग्यविषयक समस्या, त्यासाठी आवश्यक असे सामाजिक बदल घडवून आणण्याच्या संकल्पना, अगदी लोकसंख्या वाढ किंवा स्त्रीभ्रूणहत्या कर्करोगाविरुद्धचे लढे, यांसारख्या विषयांवरही उत्तम नाट्य सादरीकरण करून लोकांपर्यंत विषय पोहोचवण्यास मदत होते.

काही नाट्यकर्मींनी विज्ञानावर आधारित नाटके लिहिली.

'बहुरूपी' या नाट्यसंस्थेचे महत्त्वाचे सदस्य हेमू धर्माधिकारी. त्यांनी 'केस ऑफ ओपनहायमर' आणि 'हिरोशिमा' यांसारख्या अणुबाँब दुर्घटनेवर आधारित नाटकांचे दिग्दर्शन केले.

दुसरे उदाहरण म्हणजे मुळात इंजिनीयर असलेल्या आणि विख्यात लेखकही असलेल्या श्रीनिवास शारंगपाणी यांचे.

श्रीनिवास रामानुजन या थोर गणितवेत्त्याच्या दुर्दैवी मृत्यूवर त्यांनी लिहिलेल्या 'डेथ ऑफ अ मॅड मॅथेमॅटिशियन' या इंग्रजी नाटकाचा हिंदीमध्ये अनुवाद करून स्वतंत्र थिएटर्स या संस्थेने ते प्रथम रंगमंचावर आणले. रसिकांना ते खूप आवडले. वृत्तपत्रांनीही नाटकाचे कौतुक केले. आकाशवाणी पुणे केंद्राने त्याचे मराठी नभोनाट्य रूपांतर प्रसारित करण्याची इच्छा दर्शवली. आश्लेषा महाजन यांनी नाटकाचे 'अनंतवेत्त्याचा अंत' या शीर्षकासह अतिशय सुंदर रूपांतर केले. आकाशवाणीच्या निर्मात्या गौरी लागू व त्यांच्या चमूने त्याचे आठ भागात रेकॉर्डिंगही केले. आपल्याला हे सर्व भाग यूट्यूबच्या माध्यमातून ऐकता येतील. प्रत्येक भागाची लिंक येथे देत आहे -

भाग पहिला: https://youtu.be/kwiHV-4gUo4
भाग दुसरा: https://youtu.be/n4bGZQaCTNw
भाग तिसरा: https://youtu.be/XaAMdddj8X8
भाग चौथा: https://youtu.be/DYY4ZE50gEo
भाग पाचवा: https://youtu.be/kexBXAy9-Iw
भाग सहावा: https://youtu.be/ee7cpJNpgYo
भाग सातवा: https://youtu.be/qWU6gDk2omA
भाग आठवा: https://youtu.be/DRzbCyh7mT8

नाटकांमध्ये तंत्रज्ञानाचाही वापर केला जातो.

प्रकाशयोजना, ध्वनिसंयोजन आणि प्रभाव दृक्श्राव्य तंत्रज्ञान.

विज्ञानकथांवर आधारित नाटकांमध्ये भविष्यात घडणाऱ्या घटनांच्या काल्पनिक कथाबीजेही असू शकतात. जी पुढे कदाचित सत्यातही उतरू शकतात.

२०५० साली जगात काय असू शकेल किंवा यंत्रमानव कुठल्या प्रकारे काम करेल अशा प्रकारचे विषयही हाताळले जातात.

विज्ञान विषयावर आधारित नाट्यस्पर्धा, विद्यार्थ्यांमध्ये विज्ञानाची आवड निर्माण करण्यासाठी एक उत्तम माध्यम आहे. या स्पर्धांमधून वैज्ञानिक संकल्पना, शोध आणि दृष्टिकोन विद्यार्थ्यांपर्यंत सोप्या पद्धतीने पोहोचवले जातात.

विज्ञान नाट्यस्पर्धांद्वारे विद्यार्थ्यांमध्ये वैज्ञानिक दृष्टिकोन विकसित होण्यास मदत होते. त्यांच्या कल्पनाशक्तीला आणि सर्जनशीलतेला वाव मिळतो अंधश्रद्धा- निर्मूलनासाठीही या नाट्यकृतींचा सकारात्मक उपयोग होऊ शकतो.

मराठी विज्ञान परिषद दरवर्षी राज्यस्तरीय विज्ञान एकांकिका स्पर्धा आयोजित करते.

बिर्ला औद्योगिक आणि तंत्रज्ञान संग्रहालय (BITM) हे देखील विज्ञान नाट्य स्पर्धा आयोजित करते.

राष्ट्रीय विज्ञान नाट्य महोत्सव (NSDF) आयोजित केला जातो, ज्यामध्ये विविध स्तरावरील विजेते सहभागी होतात.

नॅशनल सायन्स ड्रामा फेस्टिव्हल..

नॅशनल कौन्सिल ऑफ सायन्स म्युझियम (NCSM) यांच्यातर्फे राष्ट्रीय स्तरावर विज्ञान नाट्यमहोत्सव आयोजित केला जातो.

विज्ञान नाट्यस्पर्धा..

अनेक शाळा आणि संस्था विज्ञान नाट्यस्पर्धांचे आयोजन करतात.

पद्मश्री डॉ. शरद काळे सरांनीही विज्ञानाच्या प्रसारासाठी विज्ञानविषयक विविध विषय घेऊन त्यावर संहिता तयार करून महाराष्ट्रातील अनेक शाळांना सहभागी करून घेऊन नाट्यस्पर्धांचे आयोजनही केले.

मुलांच्या मनात कुतूहल तर निर्माण झालेच, त्यातला सहभाग आनंदही देऊन गेला.

पद्मविभूषण डॉ. जयंत नारळीकर विज्ञानकथांचे जनक

वैज्ञानिक स्वतःतच मश्गुल असतात, एकलकोंडे असतात, त्यांना एकांतातच काम करणे आवडते आणि समाजात मिसळणे त्यांना फारसे आवडत नाही. आपले संशोधनकार्य प्रबंध किंवा शोधनिबंधांद्वारे समाजात पोहोचवणे इतपतच समाजाशी संबंध ठेवणे आवडते असा जो समज वा गैरसमज आहे त्याला पूर्णपणे छेद देणारे प्रो. जयंत विष्णू नारळीकर हे व्यक्तिमत्त्व. समाज विज्ञानाभिमुख व्हावा यासाठी त्यांनी अथक परिश्रम घेतले. अंधश्रद्धा निर्मूलनाबरोबरच शाळकरी आणि महाविद्यालयीन विद्यार्थ्यांना विज्ञानाची गोडी लागावी म्हणून त्यांनी विज्ञानकथा लिहिल्या आणि रंजकताही आणली. ते वैज्ञानिक तर होतेच, शिवाय विज्ञान प्रसारकही होते. आयुकासारख्या संस्थेच्या साम्राज्याद्वारे खगोलशास्त्रज्ञ निर्माण करण्याचे महत्त्वाचे कार्य केले. भारतात आणि भारताबाहेरही आज इथले विद्यार्थी संशोधनकार्यात अग्रेसर आहेत. विज्ञान ही फक्त वैज्ञानिकांची मक्तेदारी नसून त्यावर प्रत्येक व्यक्तीचा हक्क आहे आणि विज्ञानाने आपले सारे आयुष्यच व्यापले आहे ही संकल्पना संवेदनशील वयातच रुजवण्यासाठी नारळीकर सरांनी लेखणीद्वारे आणि प्रसारमाध्यमांद्वारे अनमोल कार्य केले त्यांची काही विज्ञानकथा पुस्तके - अंतराळातील भस्मासूर, अंतराळातील स्फोट, चला जाऊ अवकाश सफरीला, टाइम मशीनची किमया, वामन परत न आला, व्हायरस, अंतराळ आणि विज्ञान, आकाशाशी जडले नाते, नव्या सहस्रकाचे नवे विज्ञान, विज्ञान आणि वैज्ञानिक, विज्ञानगंगेची अवखळ वळणे, विज्ञानाची गरुडझेप या साऱ्या साहित्यातील विज्ञान हे मनोरंजकतेबरोबरच समाज प्रबोधनासाठी उपयुक्त ठरते.

श्रीनिवास शारंगपाणी यांच्याच 'अवर डिस्टंट कझिन्स' या मूळ जर्मन भाषेतील पुस्तकाचा इंग्रजीतील अनुवाद आणि त्याचा आश्लेषा महाजन यांनी केलेला मराठीला अनुवाद.. 'अतिदूरचे बांधव' यासारखी पुस्तके विज्ञानाचे साहित्यातील ठसे दाखवतात.

लीना दामले या खगोलशास्त्र अभ्यासिकेचे विज्ञान साहित्यातील योगदान महत्त्वाचे आहे.

अंतरिक्षाच्या अंतरंगात, ताऱ्यांची जीवनगाथा, कथारूपी खगोलशास्त्र यांसारखी पुस्तके. त्याचबरोबर आकाशवाणीसाठी लिहिलेल्या पाच विज्ञान काल्पनिकांचे लेखन हे काही ठळक मुद्दे.

विज्ञान आणि नृत्य

शास्त्रज्ञ आणि नृत्य यांचा संबंध अनेक प्रकारे जोडला जाऊ शकतो. नृत्य हा एक कलाप्रकार आहे, तर शास्त्र हे ज्ञानाचे क्षेत्र आहे. दोन्हीमध्ये काहीतरी नवीन शिकण्याची,

काहीतरी वेगळे करण्याची आणि व्यक्त होण्याची संधी असते. नृत्याच्या अभ्यासात शरीरशास्त्र आणि मानस-शास्त्रासारख्या वैज्ञानिक विषयांचाही समावेश होतो.

नृत्यामुळे मेंदूच्या कार्यावर सकारात्मक परिणाम होतो. नृत्यामुळे एकाग्रता, समन्वय आणि स्मृती सुधारते. शास्त्रज्ञांना त्यांच्या कामात एकाग्रता आणि अचूकता आवश्यक असते, त्यामुळे नृत्याचा त्यांना फायदा होऊ शकतो.

नृत्यात सर्जनशीलता आणि कल्पनाशक्ती यांची गरज असते. शास्त्रज्ञांना त्यांच्या संशोधनात नवनवीन कल्पना आणि दृष्टिकोन आवश्यक असतात. या साधर्म्यामुळे नृत्य आणि विज्ञान यातील संबंध दृढ होतो.

नृत्याचा शरीरावर होणारा परिणाम वैज्ञानिक दृष्ट्या अभ्यासला असता नृत्यातील विविध हालचालींमुळे शरीराची लवचीकता, ताकद आणि संतुलन सुधारते याचा प्रत्यय येतो.

नृत्यातून सामाजिक संवाद आणि टीमवर्कला प्रोत्साहन मिळते. शास्त्रज्ञांना अनेकदा संशोधन प्रकल्पांवर एकत्र काम करावे लागते इथेही दोहोतील साधर्म्य आधोरेखित होते.

नृत्य हा एक आनंददायी अनुभव आहे. नृत्यामुळे मानसिक ताण कमी होतो आणि सकारात्मक ऊर्जा मिळते. शास्त्रज्ञांना कामाचा ताण कमी करण्यासाठी आणि अधिक उत्साही राहण्यासाठी नृत्याचा उपयोग होऊ शकतो.

शास्त्रज्ञ आणि गणितज्ञ हे अनेकदा त्यांची बुद्धिमत्ता आणि तार्किक विचारसरणीसाठी ओळखले जातात, परंतु काही जणांनी कलेमध्येही प्रावीण्य मिळवले आहे. काही शास्त्रज्ञ आणि गणितज्ञांनी नृत्यामध्येही आपली प्रतिभा दर्शवली आहे. उदाहरणार्थ, मेरिट मूर ही एक भौतिकशास्त्रज्ञ आणि बॅले नृत्यांगना आहे, ज्यांनी दोन्ही क्षेत्रांमध्ये उत्कृष्ट कामगिरी केली आहे. या शास्त्रज्ञ आणि नृत्यांगनेने रोबोट आणि नृत्याचा वापर करून विज्ञान आणि कलेला एकत्र आणले.

शास्त्रज्ञ स्टीफन हॉकिंग यांच्यावर आधारित 'द थिअरी ऑफ एव्हरीथिंग' या चित्रपटात, त्यांच्या आयुष्यातील काही भाग नृत्याद्वारे दर्शवण्यात आला आहे, असे Science Museum Blog ने नमूद केले आहे.

सारांश

विज्ञानाचा नाट्य, नृत्य आणि साहित्याशी जो निकटचा संबंध आहे त्यातून नवनिर्मितीबरोबरच आनंदनिर्मिती होते हे निश्चित.

- डॉ. संगीता गोडबोले
sgodbolejoshi@gmail.com

अंतराळी ठसे

ज्यूल्स व्हर्नची काल्पनिका अवतरते साक्षात
एच.जी. वेल्सची कल्पकथा लखलखते सत्यात..

लेखकांची दूरदृष्टी, संशोधकांचा भविष्यवेध
जोडत जोडत जातात निरंतरांची रेघ...

दूरस्थशा ग्रहगोलांचे शास्त्रज्ञांना पिसे
ध्यासपंथी पावलांचे अंतराळी ठसे...

आवस आणि पौर्णिमा, खंडग्रास नि खग्रास
भरतीओहोटीच्या जादूचा जिज्ञासूंना निदिध्यास...

वसुंधरेचा आत्मज की अंतराळाचा यात्री?
डोंगरदऱ्या नि पाणी करून घेताहेत खातरी...

उलटा प्रवास काळाचा उत्पत्तीच्या गाभ्याकडे
मनू नि मानुषींना पोचायचे आहे उगमाकडे...

अज्ञातांची अद्भुते विश्लेषकांचा पसारा
प्रज्ञेच्या कवेत येई भुरभुरता कापूर-वारा...

न कळण्यातून कळण्याचा, चुकण्याचा हा प्रवास
सुधारण्याची, ब्रह्मांडात- पुरून 'उरण्याची' आस..

- आश्लेषा महाजन
मो. : ९८६०३८७१२३
ashlesha27mahajangmail.com

दिवाळी विशेषांक
ऑक्टोबर-नोव्हेंबर महिन्यांचा
हा जोड अंक असेल.
रंजक आणि माहितीपूर्ण
विज्ञान विषय वैविध्य घेऊन
प्रसिद्ध होत आहेत.

डॉ. जयंत वसंत जोशी

डॉक्टरांची उपकरणे आणि साधनांतील विज्ञान आणि तंत्रज्ञान - भाग १

डॉक्टर वापरत असलेल्या विविध उपकरणांमध्ये विज्ञान आणि तंत्रज्ञान यांचा प्रभावी वापर केलेला असतो. ही उपकरणे आणि साधने केवळ निदानासाठीच नाहीत, तर उपचार, निरीक्षण, आणि शस्त्रक्रियेसाठीही अत्यंत महत्त्वाची असतात.

स्टेथोस्कोप

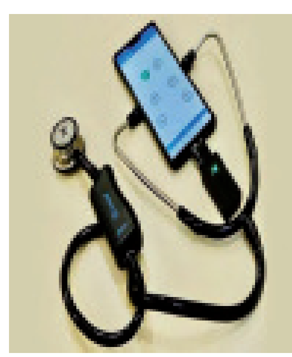
स्टेथोस्कोप हे डॉक्टरांचे एक अत्यंत महत्त्वाचे व प्राथमिक वैद्यकीय उपकरण आहे. डॉक्टरांसाठी स्टेथोस्कोप हा हृदय ऐकण्याचा विज्ञानाने दिलेला कान आहे. हृदयाचे ठोके, हृदयाच्या ठोक्यांचा दर, श्वासोच्छ्वास, फुप्फुसातील आवाज, आतड्यांची हालचाल, पोटातील हालचाल यांसारख्या अंतर्गत ध्वनी ऐकण्यासाठी स्टेथोस्कोपचा उपयोग केला जातो. स्टेथोस्कोप हे उपकरण विज्ञानातील ध्वनितरंग, ध्वनीचे वहन आणि वर्धन, ध्वनीचे अपवर्तन आणि प्रतिध्वनी या भौतिकशास्त्रातील संकल्पनांवर कार्य करतो. १८१६मध्ये फ्रेंच डॉक्टर रॅने लेनेक यांनी प्रथम स्टेथोस्कोपचा शोध लावला. सुरुवातीला हा लाकडी नळीसारखा होता. आजचे आधुनिक स्टेथोस्कोप द्विगुण ध्वनिप्रवाहासह बनलेले असतात.

लवचीक पडदा (Diaphragm), बेल (Bell), लहान, खोबणीसारखा भाग. बिंग. कानात अडकवता येणारे इअरपीसेस हे स्टेथोस्कोपचे मुख्य भाग आहेत.

लवचीक पडदा सपाट, वर्तुळाकार धातूच्या तबकडीवर हा भाग ताणून बसवलेला असतो. हृदय व फुप्फुसांचे उच्च वारंवारतेचे आवाज ऐकण्यासाठी वापरला जातो. बेल हा लहान, खोबणीसारखा भाग असतो. कमी वारंवारतेचे आवाज ऐकण्यासाठी हा भाग उपयुक्त असतो. रबर किंवा प्लास्टिकच्या ध्वनिवाहक नळ्या किंवा ट्यूबिंग ध्वनी प्रवाहित करतात. कानात लावण्याचे इअरपीस हे दोन टोकाचे भाग असतात. ते ध्वनी थेट डॉक्टरच्या कानात पोहोचवतात.

डॉक्टर स्टेथोस्कोपचा पडदा रुग्णाच्या छातीवर ठेवतात, तेव्हा अंतर्गत अंगांमधून निर्माण होणाऱ्या ध्वनिलहरी पडद्यामध्ये कंपन निर्माण करतात. ही कंपने नळीद्वारे इअरपीसपर्यंत पोहोचतात. पडदा आणि बेल यामुळे विशिष्ट ध्वनिकंपने अधिक तीव्र होतात. हृदयातील दोष, अनियमित ठोके ओळखणे, फुप्फुसातील आवाज (गुरगुर, गर्जना, कर्कश आवाज), पोटातील हालचालींचा अभ्यास, रक्तदाब

पारंपरिक स्टेथोस्कोप



डिजिटल स्टेथोस्कोप

मोजतानाचा आवाज असे डॉक्टर त्या अत्यंत सूक्ष्म आवाजांना स्पष्ट ऐकू शकतात. त्या आवाजावरून संभाव्य आजाराचे निदान केले जाते.

आधुनिक इलेक्ट्रॉनिक स्टेथोस्कोप आवाजाचे डिजिटल रूपांतरण व वर्धन करतात. ब्लूटूथने उपकरणांना जोडलेले स्टेथोस्कोप, ध्वनी भ्रमणध्वनी संच किंवा संगणकाला माहिती पाठवतात. कृत्रिम प्रज्ञाधारित स्टेथोस्कोप, संकलित केलेल्या आवाजाच्या विश्लेषणासाठी कृत्रिम बुद्धिमत्तेचा वापर करतात. ड्युअल-हेड स्टेथोस्कोपमध्ये हृदयासाठी / फुप्फुसासाठी वेगवेगळे संवेदक (सेन्सर्स) असतात. डिजिटल स्टेथोस्कोपचा वापर करून संकलित केलेला आवाज संगणकाच्या पडद्यावर दाखवला जातो व तो भविष्यातील संदर्भासाठी संग्रहितही (रेकॉर्ड) करता येतो.

तापमापक (थर्मोमीटर)

ताप मोजणारे यंत्र म्हणजे तापमापक. हेही डॉक्टरांचे एक मूलभूत उपकरण आहे. तापमापक हे शरीरातील उष्णतेचा सूचक आहे. यात वापरलेली शास्त्रीय तत्त्वे - उष्णतेचा प्रसार, विद्युतप्रतिकार, आणि इन्फ्रारेड प्रारण - ही तापमान मोजण्याच्या अत्यंत सूक्ष्म, अचूक आणि सुरक्षित पद्धती आहेत. डॉक्टरांसाठी हे उपकरण आजार ओळखण्याच्या पहिल्या पायरीचे एक महत्त्वाचे साधन आहे. शरीराचे तापमान मोजून आजाराची प्राथमिक माहिती मिळवण्यासाठी याचा उपयोग होतो. यामागे तापमानशास्त्र आणि तापमानातील बदलामुळे होणारे प्रसरण व अकुंचन हे भौतिकशास्त्राचे तत्त्व कार्यरत असते. पारंपरिक तापमापकात पाऱ्याचा वापर केलेला असतो. हा तापमापक ३५°C ते ४२°C दरम्यान तापमान मोजमापन मोजण्यासाठी वापरतात. रुग्णाच्या तोंड, बगल किंवा गुदद्वारात तापमापक ४-५ मिनिटे ठेवून त्याचे वाचन घेतले जाते.

डिजिटल तापमापक थर्मिस्टर नावाचा तापमान संवेदक वापरून तापमान मोजतो. थर्मिस्टर नावाचा संवेदक अर्धवाहक तंत्रज्ञानावर आधारित असतो. थर्मिस्टरचा विद्युतरोध तापमानानुसार बदलतो. डिजिटल तापमापकाच्या फलकावर (डिस्प्लेमध्ये) अचूक आकड्यांच्या स्वरूपात दाखवले जाते.

अवरत किरणाधारित (इन्फ्रारेड) तापमापक हा अवरत विद्युतचुंबकीय प्रारणांवर काम करतो. त्वचेपासून येणाऱ्या उष्णतेच्या प्रारणांवर आधारित कपाळावरून/कानातून विनासंपर्क तापमानाचे मोजमाप करता येते.

थर्मोकपल आधारित तापमापक हा तापमानानुसार बदलणाऱ्या दोन वेगवेगळ्या धातूंमधील विद्युतदाबावर आधारित काम करतो.

पारंपरिक तापमापकामध्ये पारा तापला की तो प्रसरण पावतो आणि काचेच्या नळीत वर चढतो. नळीवर असलेल्या मोजपट्टीवर (°C/°F) तापमान दर्शवले जाते. उष्णतेनुसार पाऱ्याच्या प्रसरणावर आधिरित पाऱ्याने अंशतः भरलेल्या नळीमध्ये एका ठिकाणी अरुंद भाग असतो, जो पाऱ्याला मागे जाण्यापासून रोकतो. त्यामुळे पारा एकदा वर गेला की तो त्याच स्थितीत रहातो, जे डॉक्टर वाचू शकतात.

शरिराच्या विविध भागांचे तापमानाचे पुढीलप्रमाणे असते. तोंडात ३६.८°C (९८.२°F), बगलेत ३६.५°C (९७.७°F), गुदद्वार ३७.०°C (९८.६°F), कान / कपाळ ३७.७°C (९८.६°F). १००°F म्हणजेच ३८°Cपेक्षा जास्त तापमान म्हणजे ताप.

नवीन अवरक्त प्रारणांच्या तंत्रज्ञानावर आधारित आधुनिक तापमापक अधिक अचूक आणि वेगवान वाचन देतात. संपर्करहित ताप मोजणीमुळे संसर्गाची शक्यता फारच

पारंपरिक तापमापक

डिजिटल तापमापक

कमी होते संगणक व भ्रमणध्वनी संचाशी जोडता येत असल्याने माहिती जतन करून ठेवता येते.

रक्तदाब मोजण्याचे साधन

रक्तदाब (Blood Pressure) म्हणजे हृदय रक्त जोर लावून पुढे ढकलते तेव्हा रक्तवाहिन्यांवर पडणारा दाब. रक्तदाब मोजण्याची प्रक्रिया ही फक्त वैद्यकीय नसून ती दाब, ध्वनी, आणि प्रवाह यांसारख्या मूलभूत भौतिकशास्त्रीय नियमांवर आधारलेली असते. डॉक्टर या विज्ञानाचा वापर करून हृदयविकार, हृदयविकाराचा झटका व इतर आजारांचा पहिला टप्पा ठरवतात. हे मोजण्यासाठी डॉक्टर स्फिग्मोमॅनोमीटर नावाचे उपकरण वापरतात. या उपकरणामागे दाबशास्त्र, ध्वनिशास्त्र आणि गतिशास्त्र यांची मूलभूत तत्त्वे कार्य करत असतात.

रक्तदाब मोजण्याच्या उपकरणाचे तीन प्रमुख भाग असतात. एक बंदिस्त पिशवी जिला कफ म्हणतात, रुग्णाच्या हाताला दंडावर गुंडाळली जाते व ती हवा भरून फुगवता येतो. दोन, या पिशवीमध्ये हवा भरण्यासाठी रबराचा फुगा असतो त्याला मॅन्यूअल पंप किंवा बल्ब म्हणतात.

रक्तदाब मोजण्याचे उपकरण

तिसरा, प्रेशर गेज कफमधील दाब मिमीमध्ये मोजण्यासाठी. रक्ताच्या प्रवाहातील आवाज ऐकण्यासाठी स्टेथोस्कोप वापरतात.

कफ हवा भरून फुगवून बाह्य दाब वाढवतात, जो बाहेरील रक्तवाहिन्यांना दाबतो. दाबाच्या सूत्रानुसार दाब = बल भागिले क्षेत्रफळ. कफमध्ये हवा भरल्यावर तयार झालेला दाब सगळीकडे समान प्रमाणात पसरतो. त्यामुळे रक्तवाहिन्या संकुचित होतात आणि रक्तप्रवाह थांबतो. स्टेथोस्कोप वापरून डॉक्टर हे आवाज ऐकतात. पहिला आवाज सिस्टोलिक दाब दर्शवतो. आवाज गायब होणे म्हणजे डायस्टोलिक दाब. यामध्ये ध्वनिशास्त्रातील ध्वनी लहरी, प्रवाहातील घर्षण, कंपन इत्यादी तत्त्वे लागू होतात. पारंपरिक यंत्रात पाऱ्याचा स्तंभ असतो. पाऱ्याच्या स्तंभाच्या उंचीवरून दाब मोजला जातो. रक्तदाब मोजताना आधी कप फुगवतो, त्यामुळे बाह्य दाब वाढतो, रक्तप्रवाह थांबतो. हळूहळू दाब कमी केला जातो. रक्त थोडे थोडे प्रवाहित होते – आवाज निर्माण होतो. पहिला आवाज सिस्टोलिक दाब (हृदय आकुंचन) त्यानंतर दाब कमी केला जातो. एका विशिष्ट टप्प्यावर आवाज गायब होतो. तो डायस्टोलिक दाब (हृदय शिथिल).

आधुनिक डिजिटल रक्तदाब मापन यंत्रात दाबसंवेदक (प्रेशर सेन्सर) असतो. तो दाबातील बदल अचूक मोजतो. ऑस्सिलोमेट्रिक पद्धतीत रक्तप्रवाहातील लहरी मोजल्या जातात. मायक्रोप्रोसेसर अचूक वाचन देते. सामान्य रक्तदाब पातळी वयानुसार बदलते.

इंजेक्शन देतांना स्पिरिटचा वापर

इंजेक्शन देताना स्पिरिट वापरणे ही एक शास्त्रीयदृष्ट्या आवश्यक आणि अत्यंत प्रभावी प्रक्रिया आहे. यामुळे जिवाणू-विषाणू संक्रमण रोखले जाते, स्वच्छता राखली जाते आणि रुग्णाच्या सुरक्षेला प्राथमिकता दिली जाते. इंजेक्शन देण्यापूर्वी डॉक्टर किंवा परिचारिका रुग्णाच्या त्वचेवर स्पिरिट लावून साफ करतात. हे केवळ स्वच्छतेसाठी नाही, तर त्यामागे जिवाणूशास्त्र आणि रसायनशास्त्र याचे शास्त्रीय कारण आहे.

स्पिरिट म्हणजे ७० टक्के अल्कोहोल (मुख्यतः आयसोप्रोपिल अल्कोहोल/इथेनॉल) असलेले निर्जंतुकीकरण करणारे द्रावण. उर्वरित ३० टक्के शुद्ध पाणी हे अल्कोहोल त्वचेत खोलवर पोहोचण्यासाठी आवश्यक असते.

आपली त्वचा सतत जिवाणू, विषाणू व बुरशीजन्य जिवाणूंनी भरलेली असते. स्पिरिट त्वचेवरील ९९.९९ टक्के सूक्ष्मजंतूंना काही सेकंदात नष्ट करते.

सुई दूषित भागावरून टोचली तर जिवाणू थेट रक्तप्रवाहात जाऊ शकतात. त्यामुळे फोड, फोडी, सेप्टिक,

किंवा इतर संसर्गजन्य आजार होऊ शकतात. स्पिरिट वापरल्यामुळे ही शक्यता मोठ्या प्रमाणात कमी होते. स्पिरिट लावल्यावर त्वचेवरील तेल, घाण व मृत पेशी साफ होतात. त्यामुळे सुई टोचणे अधिक सुलभ होते. स्पिरिट त्वचेवर लावताच बाष्पीकरण होते, ज्यामुळे थोडासा थंडपणा जाणवतो. त्यामुळे सुई टोचण्याची वेदना थोडी कमी होते.

अल्कोहोल प्रथिनांचे विसंयोजन करते. हे जिवाणूंच्या पेशींच्या झिल्लीला भेदते व त्यांचा पाण्याचा संतुलन बिघडवते.

इंजेक्शन सिरिंज

रोगनिदान झाल्यानंतर डॉक्टर रुग्णाला उपचार ठरवतात. गोळ्या औषधांबरोबर आवश्यक असल्यास इंजेक्शनही देतात. इंजेक्शनची सिरिंज हे एक साधे दिसणारे पण विज्ञानाने परिपूर्ण असे उपकरण आहे. जे औषध थेट शरीरात देण्यासाठी वापरले जाते. औषध योग्य प्रमाणात, योग्य ठिकाणी आणि योग्य वेगाने देण्यासाठी त्याची रचना अत्यंत काटेकोर असावी लागते. इंजेक्शनमागे दाब, द्रवगतिशास्त्र (fluid dynamics), रचना अभियांत्रिकी आणि स्वच्छता विज्ञान (hygiene science) यांचा सुंदर संगम आहे.

इंजेक्शन सिरिंज तीन मुख्य भागांनी बनलेली असते. पहिला बॅरल म्हणजे पारदर्शक नळी, ज्यामध्ये औषध भरले जाते. दुसरा दट्ट्या (Plunger) : सिलिंडरमध्ये वरखाली सरकणारा दांडा, ज्याद्वारे औषध आत दाबले जाते. तिसरा, टोकाला असलेली बारीक सुई (Needle), ही त्वचेतून औषध आत सोडते.

दट्ट्या दाबतो, तेव्हा बॅरलमधील औषध सुईमधून बाहेर फेकले जाते. पास्कलच्या नियमानुसार, बंद प्रणालीतील

दाब सर्वत्र एकसमान प्रमाणात वितरित होतो. सिरिंजमधून ते अत्यंत बारीक सुईने बाहेर जाते, हे औषध न्यूटनियन द्रव आहे की नॉनन्यूटनियन द्रव यावर अवलंबून असते. सुई जितकी बारीक तितका प्रवाह संथ पण अचूक. विशिष्ट औषधांसाठी विशिष्ट सुई आवश्यक असते. औषध मांसल भागात (इंट्रामस्क्युलर), शिरेत (इंट्राव्हिनस) किंवा स्नायूंच्या वरच्या थरात (सबक्युटेनियस) पद्धतीने दिले जाते. त्वचेखालील रक्तप्रवाहात औषध प्रवेश करून जलद परिणाम देतो.

सलाईन

सलाईन म्हणजे शरीरात थेट रक्तवाहिनीतून दिले जाणारे क्षार व खनिजयुक्त पाण्याचे मिश्रण. ते डिहायड्रेशन, औषध पोचवणे, रक्तदाब राखणे यासाठी दिले जाते. सलाईन

लावण्यामागे गुरुत्वाकर्षण, द्रवगतिशास्त्र, दाब, आणि परासरण यासारखी भौतिकशास्त्रातील मूलभूत तत्त्वे कार्यरत असतात. सलाईन बॅग/बॉटल सुमारे ३ ते ४ फूट उंच अडकवली /लटकवली जाते. त्यामुळे द्रव खालील दिशेने गुरुत्वाकर्षणाच्या प्रभावाखाली वाहतो – हाच सलाईनचा प्रवाह आहे. गुरुत्वाकर्षणाच्या जोरावरच सलाईन रक्तप्रवाहात प्रवेश करते. द्रवगतिशास्त्रातील हागेनपॉईसेयच्या नियमानुसार प्रवाहाचा वेग हा उंचीमुळे निर्माण झालेला दाबातील फरक व नळीच्या त्रिज्येच्या चौथ्या घातावर अवलंबून असतो. बॅग जितकी उंच, तितका जास्त दाब तयार होतो. बॅगेतील द्रव स्वतःच्या वजनामुळे रक्तवाहिनीत ढकलला जातो.

सलाईन हे ०.९ टक्के शुद्ध मीठ (NaCl) असलेले परासरणी दाब असलेले द्रावण (आयसोटॉनिक सोल्युशन)

असते, जे शरीरातील पेशींच्या परासरण संतुलनाशी सुसंगत असते. त्यामुळे पेशी फुगत नाहीत किंवा आकुंचन पावत नाहीत.

सलाईनच्या द्रावणाचा प्रवाह नियंत्रित करण्यासाठी ड्रिप सेटमधील चिमटा (क्लॅम्प) प्रवाहाचा ओघ किती जलद होईल हे ठरवतो. प्रती मिनिटात किती थेंब येतात हे मोजले जाते. औषध, वय, आजार यानुसार डॉक्टर औषधाच्या प्रवाहाचा वेग निश्चित करतात.

सलाईन लावणे ही फक्त सुई लावण्याची प्रक्रिया नसून त्यामागे भौतिकशास्त्रातील मूलभूत संकल्पना – गुरुत्व, द्रवगती, दाब, आणि परासरण – कार्यरत असतात. डॉक्टर आणि परिचारिका या विज्ञानाचा योग्य वापर करून रुग्णांना प्रभावी उपचार देतात.

डॉक्टरांकडचा वजनकाटा

वजनकाटा हेही डॉक्टरांच्या दवाखान्यातील मूलभूत उपकरणांपैकी एक आहे. रुग्णाचे वजन मोजून त्याचे पोषण, आरोग्यस्थिती, औषधाचे डोस, वाढीचा दर, आणि बीएमआय (Body Mass Index) यांचे आकलन करता

येते. वजनकाट्यामागे गुरुत्वाकर्षण, बल, दाब, यांत्रिक यंत्रणा आणि संवेदक तंत्रज्ञान (सेन्सर टेक्नॉलॉजी) या विज्ञानतत्त्वांचा वापर केलेला असतो.

वजन (Weight) म्हणजे वस्तूचे वस्तुमान (Mass) व गुरुत्वाकर्षण (Gravity) बल यांचा गुणाकार. पृथ्वीवर गुरुत्वाकर्षण स्थिर (९.८ मी/से^{२}) असल्यामुळे वजन म्हणजे वस्तुमानच समजले जाते.

वजनकाट्याचे वेगवेगळे प्रकार असतात आणि त्यामागील विज्ञानतत्त्व ही वेगवेगळी असतात :

यांत्रिक वजनकाटा (Mechanical Scale) : हा स्प्रिंगला लावलेल्या बलानुसार प्रसरण व आकुंचन पावण्याच्या तत्त्वावर आधारित असतो. रुग्ण जसा त्याच्या सपाट भागावर उभा राहतो, तसे त्याचे वजन स्प्रिंगवर दबाव टाकते. स्प्रिंगचे प्रसरण व संकोचन फिरणाऱ्या तबकडीवर वजन दर्शवते.

तराजूकाटा (Balance Beam Scale) : हा किराणामालाचे दुकान, शाळा किंवा दवाखान्यातील पारंपरिक वजनकाटा. गुरुत्वमध्य, दोन बाजूंमध्ये तोल साधणे, प्रमाणित वजनाशी तुलना करणे, हे मुख्य तत्त्व.

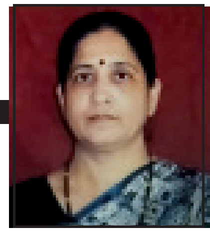
संपूर्णपणे यांत्रिक आणि अत्यंत अचूक असतो तो डिजिटल वजनकाटा (Digital Scale). यात लोड सेल (Load Cell) संवेदकाचा वापर केलेला असतो. लोड सेलवर दाब दिल्यावर (बल लावल्यावर) विद्युत प्रतिकार बदलतो. हे बदल डिजिटल विद्युत मंडल मोजते आणि फलकावर अंकरूपात अचूक वजन दर्शवते.

डॉक्टर वजन का मोजतात?

बालकांची वाढीच्या नोंदी ठेवणे, उंची आणि वजन यावरून पौढ रुग्णाचा बीएमआय (BMI) मोजणे. त्यानुसार औषधाचा योग्य डोस ठरवणे. गर्भवती महिलांमध्ये वजन–वाढ नियंत्रित करणे. वजनवाढ किंवा घट यानुसार रोगनिदान करणे, त्यावरून आजाराची लक्षणे ओळखणे. यासाठी रुग्णाचे वजन करणे आवश्यक असते

(छायाचित्र माहितीजालावरील स्रोतांतून साभार.)

– डॉ. जयंत वसंत जोशी
jvjoshi2002@yahoo.com

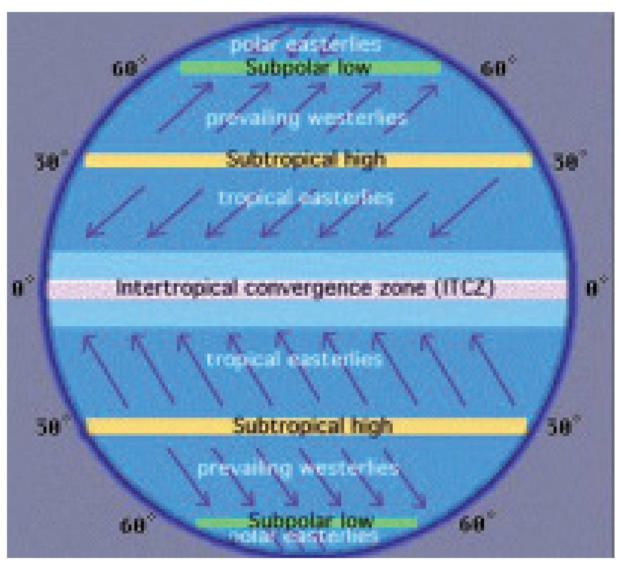


अनघा शिराळकर

मोसमी पाऊस

पाऊस ही जीवनातील एक अत्यावश्यक असणारी नैसर्गिक घटना आहे. दर वर्षी विशिष्ट काळात किंवा विशिष्ट ऋतूमध्ये बरसणाऱ्या पावसाला 'मोसमी पाऊस' किंवा 'मॉन्सून' म्हणतात. मॉन्सून या शब्दाची उत्पत्ती 'मौसीम' या अरबी शब्दामधून झाली, ज्याचा अर्थ ऋतू (season) असा आहे. मान्सून म्हणजे विशिष्ट दिशेने येणारे व परत जाणारे वारे. हे वारे एका ऋतूमध्ये एका दिशेनी येतात आणि दुसऱ्या ऋतूमध्ये विरुद्ध दिशेने निघून जातात. हे मोसमी वारे समुद्रावरून जमिनीकडे येताना समुद्रातील भरपूर बाष्प घेऊन येतात ज्यामुळे भरपूर पाऊस पडतो. मोसमी पावसाचे प्रमाण, कालावधी व त्याची प्रादेशिक व्याप्ती इतर वेळी पडणाऱ्या पावसापेक्षा अधिक असते.

मोसमी पाऊस ही पृथ्वीच्या हवामानातील अतिशय महत्त्वाची प्रक्रिया आहे. पृथ्वीच्या उष्णतेमुळे आणि वातावरणातील अभिसरणामुळे उष्णकटिबंधीय पूर्वेकडील वारे (Tropical Easterlies) निर्माण होतात. हे विषुववृत्ताजवळ वाहणारे नियमित आणि स्थिर वारे असून ते उत्तर गोलार्धात ईशान्य दिशेकडून विषुववृत्ताकडे तर दक्षिण गोलार्धात आग्नेय दिशेकडून विषुववृत्ताकडे वळतात. या वाऱ्यांना उष्णकटिबंधीय पूर्वेकडील वारे म्हणतात. दोन्ही दिशांनी वाहणारे हे वारे भारतात येताना पाऊस आणतात. या विशिष्ट दिशेनश्र वाहत असणाऱ्या वाऱ्यांचा उपयोग समुद्रातील वाहतुकीसाठी होतो. पूर्वीच्या काळात व्यापारासाठी समद्रातून जहाज व बोटींनी प्रवास करताना हे वारे विश्वासार्ह दिशादर्शक होते म्हणून त्यांना 'व्यापारी वारे' (Trade Winds) असे नाव पडले. हे वारे विषुववृत्ताच्या जवळ असलेल्या पूर्व आफ्रिकेतील मादागास्कर बेटावरून म्हणजे सुमारे पाच हजार किलोमीटर अंतरावरून भारतात येतात. मादागास्कर बेट चारी बाजूंनी हिंदी महासागराने वेढलेले आहे. प्रचलित पश्चिमी वारे (prevailing westerlies) उपोष्णकटिबंधीय भागात पश्चिमेकडून पूर्वेकडे वाहत असतात.



या वाऱ्यांचा प्रभाव हवामान (weather pattern) आणि सागरी प्रवाह (ocean currents) यांच्यावर जास्त होतो. हे वारे जमिनीवर उष्ण व बाष्पयुक्त हवा घेऊन येत असल्याने सागरी किनाऱ्यांवर पाऊस आणतात तसेच ते पृथ्वीच्या मध्य अक्षांशावर (mid-latitude) वादळे निर्माण करण्यास कारणीभूत ठरतात. हे वारे दक्षिण महासागर आणि उत्तर अटलांटिक महासागरात प्रवाह निर्माण करून वैश्विक तापमान वितरणावर आणि हवामानावर परिणाम करतात.

जगातील मोसमी पावसाची क्षेत्रे

विषुववृत्ताजवळ ईशान्य आणि आग्नेय व्यापारी वाऱ्यांच्या अभिसरणामुळे आंतर-उष्णकटिबंधीय अभिसरण क्षेत्र (ITCZ) तयार होते. हे विषुववृत्ताच्या उष्ण तापमानामुळे कमी दाबाचे क्षेत्र झालेले असते. या क्षेत्रात उत्तर व दक्षिण गोलार्धातील व्यापारी वारे एकत्र येऊन तेथील उष्ण हवा वर जाते आणि तिचे वादळी वाऱ्यात रूपांतर होऊन त्या भागात जोराचा पाऊस पडतो.

भारताव्यतिरिक्त जगातील पुढे नमूद केलेल्या इतर काही भागातही मोसमी पाऊस पडतो.

- ✻ आफ्रिकेतील सहारा वाळवंटाच्या पश्चिमेकडील भाग
- ✻ नैर्ऋत्य अमेरिका आणि मेक्सिको
- ✻ दक्षिण चीन,द्वकोरिया, जपानचा काही भाग
- ✻ इंडो-चायना, फिलिपाइन्स, व्हिएतनाम, मलाया, जावा, सुमात्रा, बोर्निओ, उत्तर ऑस्ट्रेलिया
- ✻ आयर्लंड, ग्रेट ब्रिटन, पश्चिम जर्मनी, उत्तर फ्रान्स आणि स्कॅन्डेनेव्हियाचा काही भाग

या भागात मोसमी पावसासह अन्य ऋतूंमध्येही पाऊस पडतो.

इतिहासातील मोसमी पाऊस

प्राचीन संस्कृतीमध्ये मोसमी पावसाचे अनेक दाखले आहेत. शेती आणि रोजच्या जीवनावश्यक गोष्टींसाठी मानव मोसमी पावसावरच अवलंबून असायचा. सिंधू खोऱ्यातील हडप्पा व मोहेंजोदारो या संस्कृतीमधील जनजीवन आणि जलसंधारण व्यवस्थेच्या विकासामध्ये मोसमी पावसाची भूमिका महत्त्वाची होती. प्राचीन भारतातील संस्कृतीमध्ये मोसमी पावसाला सणसमारंभात आदराचे व पूजनीय स्थान होते. भारत, आग्नेय आणि मध्यपूर्व आशिया खंडात मोसमी वारे समुद्रातील व्यापारी वाहतुकीसाठी मार्गदर्शक होते.

मोसमी पावसाचा वैज्ञानिक अभ्यास एकोणिसाव्या शतकात भारतातील ब्रिटिश वसाहतवादी प्रशासकांनी व शास्त्रज्ञांनी सुरू केला. काळानुरूप हवामानाच्या घटकांच्या निरीक्षणांच्या नोंदी घेऊन व त्यांचे विश्लेषण करून मोसमी पावसाचा अंदाज तयार करण्याचे तंत्रज्ञान विकसित केले.

मोसमी वारे आणि त्यांचा उगम

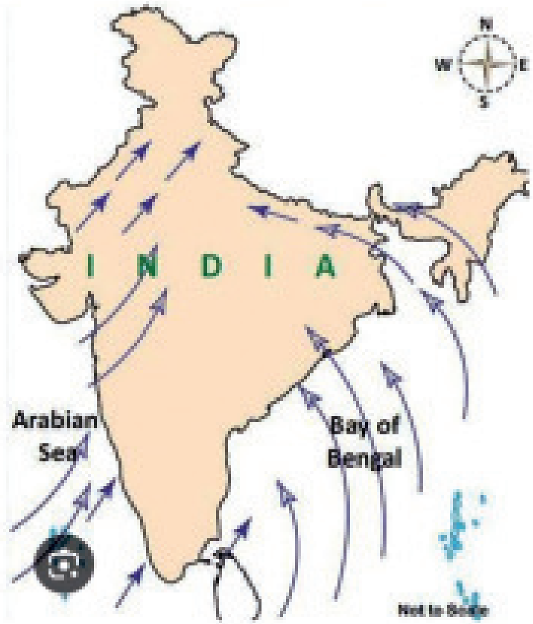
भारताच्या दोन्ही बाजूंनी असणाऱ्या अरबी समुद्र आणि बंगालच्या उपसागरात करण्यात आलेल्या शोधमोहिमेत असे निदर्शनास आले की मोसमी पावसाच्या वाऱ्यांची निर्मिती उष्णकटिबंधीय प्रदेशात होऊन ते आफ्रिका खंडाच्या बाजूने येऊन विषुववृत्ताकडे सरकतात. इथे येईपर्यंत या वाऱ्यांची तीव्रता व गती वाढलेली असते आणि त्यांचे एका शक्तिशाली प्रवाहात रूपांतर झालेले असते. विषुववृत्त ओलांडल्यानंतर ते आपली दिशा बदलतात आणि भारताच्या दिशेने झेपावतात. हिंदी महासागरातून येताना हे वारे तिथले बाष्प घेऊन अरबी समुद्रात आल्यावर तेथील बाष्पाची त्यात भर पडते. भरपूर बाष्प असलेले हे मोसमी वारे भारताच्या नैर्ऋत्य किनाऱ्यावर केरळ राज्यात येऊन बरसतात.

पृथ्वीवरील भूभाग व त्याला लागून असलेले महासागर/समुद्र यांच्या तापमानांत हिवाळ्यात व उन्हाळ्यात होणाऱ्या फरकांमुळे मोसमी वाऱ्यांच्या नेहमीच्या दिशांमध्ये बदल होऊन ते उलट दिशांनी वाहू लागतात. विस्तीर्ण भूखंडीय भागावरील सर्वसाधारण हवामानावर या मोसमी वाऱ्यांचा प्रभाव पडत असतो. या वाऱ्यांमुळे केवळ अरबी समुद्रावरीलच नव्हे, तर लगतच्या आफ्रिकेच्या भागावरील व संपूर्ण दक्षिण आणि विशेषतः आग्नेय आशियाच्या क्षेत्रावरील मोसमी वाऱ्यांच्या दिशांमध्ये व हवामानात बदल घडून येतात. मोसमी वारे पृथ्वीच्या वातावरणात उष्णतेचे फार मोठ्या प्रमाणावर परिवहन घडवून आणतात. या वाऱ्यांपासून मिळणाऱ्या पावसाचा लाभ जगातील निम्म्या देशांना मिळतो.

भारतातील मोसमी पाऊस

आपल्या भारत देशाला त्याच्या वैशिष्ट्यपूर्ण भौगोलिक स्थितीमुळे मोसमी पावसासाठी अनुकूल वातावरण लाभले आहे. पश्चिम, दक्षिण व पूर्वेला समुद्र, उत्तरेला उत्तुंग हिमालय, पूर्व व पश्चिम बाजूस घाट, ईशान्येला घनदाट जंगलासह डोंगराळ प्रदेश, उत्तरेला गंगा-सिंधू नद्यांचे मैदान, (Indo-Gangetic Plain), महानद्यांचे त्रिभुज प्रदेश इत्यादींमुळे भारतातील मोसमी पाऊस इतर देशांच्या मोसमी पावसापेक्षा वेगळा, भरपूर पर्जन्यवृष्टी करणारा आणि अख्ख्या देशाचा आर्थिक कणा असणारा आहे.

'नैर्ऋत्य मोसमी वारे (Southwest Monsoon)' आणि 'ईशान्य मोसमी वारे (Northeast Monsoon)' या दोन



प्रकारच्या वाऱ्यांमुळे भारतात पाऊस पडतो. नैऋत्य आणि ईशान्य मोसमी पावसामध्ये हिंदी महासागर, अरबी समुद्र आणि बंगालचा उपसागर महत्त्वाची भूमिका बजावतात. भारतात येणाऱ्या मोसमी पावसाच्या दोन शाखा आहेत. एक शाखा अरबी समुद्रावरील तर दुसरी बंगालच्या उपसागराची. या दोन शाखा भारतात मोठ्या प्रमाणात पाऊस पाडणारे आर्द्रतायुक्त वारे आणतात. दुसरीकडे, ईशान्य मोसमी पाऊस बंगालच्या उपसागराच्या प्रभावाखाली येतो, ज्यामुळे पूर्व किनाऱ्यावर, विशेषतः तामिळनाडू व आंध्र प्रदेशच्या काही भागावर पाऊस पडतो.

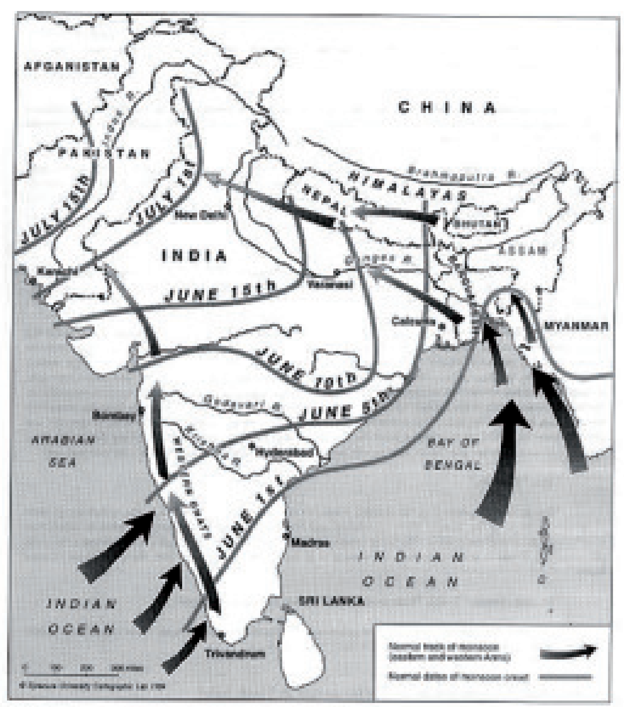
मोसमी पावसाची अरबी समुद्राची शाखा भारताच्या पश्चिम किनाऱ्यावर विशेषतः पश्चिम घाटाच्या बाजूने पाऊस आणते.

बंगालच्या उपसागराची शाखा भारताचा पूर्व किनारा, निकोबार बेटे आणि ईशान्य भारत इथे पाऊस पाडते.

गंगा नदीच्या मैदानी भागाच्या वायव्येला अरबी समुद्र आणि बंगालचा उपसागर यांच्या शाखा एकत्र येतात आणि मोठ्या प्रमाणात पाऊस पाडतात.

नैऋत्य मोसमी पाऊस

तीन बाजूंनी समुद्राने वेढल्यामुळे भारताची भौगोलिक रचना द्वीपकल्पीय झालेली आहे. जमिनीचे आणि समुद्राचे तापमान यावर मोसमी वाऱ्यांचा प्रवास ठरतो. तापमान वाढले की हवेचा दाब कमी होतो आणि तापमान कमी झाले की हवेचा दाब वाढतो. वारे उच्च दाबाच्या क्षेत्राकडून कमी दाबाच्या क्षेत्राकडे वाहत असतात. भारतातील भूभागावर उन्हाळ्यातील तीव्र उष्णतेमुळे कमी दाबाचे क्षेत्र तयार होते. त्या मानाने समुद्राच्या पाण्याचे तापमान कमी असल्याने तिथे उच्च दाबाचे क्षेत्र झालेले असते. अशा वेळी समुद्रावरील बाष्पयुक्त वारे भूभागाकडे आकर्षित होतात. हे वारे उंच गेल्यावर थंड होतात. कारण पृथ्वीच्या वातावरणातील दाब उंचीनुसार कमी होत जातो. उंच ठिकाणी हवा विरळ होऊन, तिची घनता कमी होते. हवेची घनता आणि तापमान यांचा एकमेकांशी संबंध असतो. कमी घनता असलेल्या हवेत उष्णता टिकून ठेवण्याची क्षमता कमी असते, त्यामुळे ती थंड होते. थंड हवेमुळे वाऱ्यांमधील वाफ घनरूप होऊन ढग तयार होतात. हे ढग पाण्याने संपृक्त झाले की पाऊस पाडतात. भारतीय उपखंडात नैऋत्य मोसमी पावसाची प्रक्रिया साधारणपणे मे महिन्याच्या तिसऱ्या आठवड्यापासून ऑक्टोबरच्या पहिल्या आठवड्यापर्यंत चालू असते. भारतीय उपखंडात भरपूर बाष्प घेऊन येणारे मोसमी वारे नैऋत्येकडून येतात म्हणून त्यांना ‘नैऋत्य मोसमी वारे’ म्हणतात. हे वारे जून ते सप्टेंबर या काळात ‘नैर्ऋत्य मोसमी पाऊस’ पाडतात. या कालावधीला पावसाळा ऋतू म्हणतात. नैऋत्य मोसमी पाऊस भारतात जून महिन्याच्या पहिल्या आठवड्यात प्रथम केरळ राज्यात सुरू होतो. याचे कारण म्हणजे केरळ राज्याची भौगोलिक वैशिष्ट्ये, हवामानाची स्थिती आणि मोसमी वाऱ्यांची गतिशीलता. केरळ हे भारताच्या नैऋत्य किनाऱ्यावर अरबी



समुद्रालगत वसलेले राज्य आहे. त्यामुळे अरबी समुद्रातून वाहणारे नैऋत्य मोसमी वारे प्रथम केरळ राज्यात येतात. तिथे पश्चिम किनाऱ्यावरील पर्वतरांगा व पश्चिम घाट हे नैसर्गिक अडथळे असल्याने बाष्पयुक्त मोसमी वारे वर उंच जातात आणि त्यांचे घनरूप होऊन ढगात रूपांतर होते. हे ढग केरळ राज्यामध्ये प्रथम मुसळधार पाऊस पाडतात.

मोसमी पावसाच्या आगमनाचे निकष

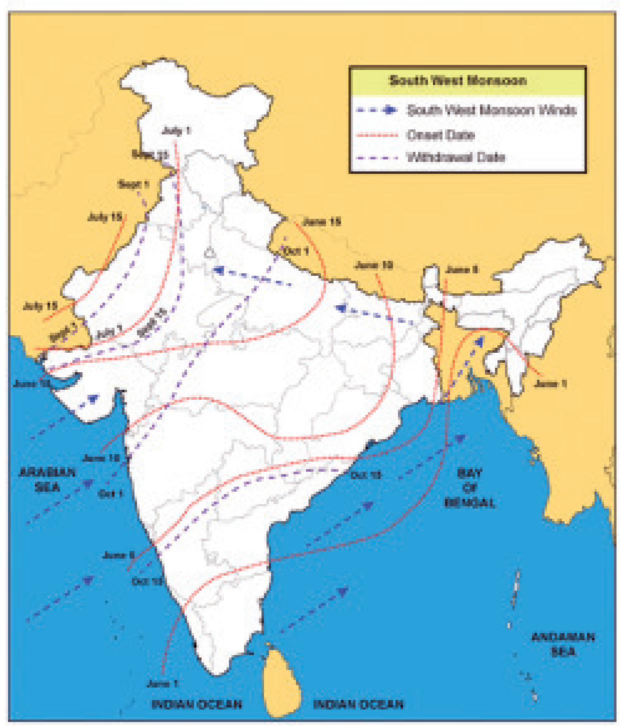
नैऋत्य मोसमी पावसाचे आगमन प्रथम केरळ राज्यात होते. त्याचे काही निकष आहेत. ते म्हणजे एकूण १४ हवामान केंद्रांपैकी ६० टक्के केंद्रांवर सलग दोन दिवस २.५ मिलीमीटर किंवा जास्त पावसाची नोंद असणे, पश्चिम वाऱ्यांची उंची ६०० एचपीए इतक्या हवेच्या दाबापर्यंत म्हणजे चार किलोमीटर व त्याचा वेग ताशी किमान २५–३५ किलोमीटर असणे आणि ढगांच्या आवरणातून जास्त तरंगलांबी (longwave) असलेल्या सूर्यकिरणांच्या उत्सर्जनाचे प्रमाण (विद्युतशक्ती) २०० वॉटस् प्रती चौरस मीटरपेक्षा कमी असणे, म्हणजेच ते क्षेत्र भरपूर ढगांनी व्यापलेले असणे. पावसाचे प्रमाण, वाऱ्यांची उंची व वेग, ढगांचे आवरण हे घटक या निकषांमध्ये महत्त्वाचे आहेत.

नैऋत्य मोसमी पावसाच्या प्रक्रियेत हिंदी महासागर फारच महत्त्वाचा आहे. अरबी समुद्र आणि बंगालचा उपसागर हे हिंदी महासागरातून आर्द्रता घेतात आणि मोसमी पावसाच्या प्रारंभावर आणि पर्जन्यमानावर परिणाम करण्यात ते महत्त्वाची भूमिका बजावतात. अरबी समुद्राची शाखा व बंगालच्या उपसागराची शाखा आर्द्रतेने भरलेले वारे भारतीय भूखंडाला प्रदान करतात. हे आर्द्रतायुक्त वारे भूभागावरील कमी दाबामुळे आणि महासागरावरील उच्च दाबामुळे भारतीय उपखंडाकडे खेचले जातात. अरबी समुद्राची शाखा हिंदी महासागरावरील बाष्पयुक्त नैऋत्य मोसमी वारे जून ते सप्टेंबर या कालावधीत भारतात आणते. हा काळ मोसमी पावसाचा असतो.

अरबी समुद्राची शाखा प्रथम भारताच्या पश्चिम किनाऱ्याला धडकते आणि ती केरळ, कर्नाटक आणि महाराष्ट्र या राज्यांत मोसमी पाऊस आणते. वार्षिक एकूण पावसापैकी ८० टक्के नैऋत्य मोसमी असतो. हाच पाऊस शेतीच्या खरीप पिकांसाठी व जलसंधारणासाठी उपयुक्त असतो. एकूण पिकांच्या ६० टक्के भाग खरीप पिकांचा असतो. भारत हा कृषीप्रधान देश असून शेतीचे उत्पन्न देशाच्या अर्थव्यवस्थेचा कणा आहे. एकूणच भारताच्या जीवनमानासाठी नैऋत्य मोसमी पाऊस फारच महत्त्वाचा असतो.

नैऋत्य मोसमी पाऊस साधारणपणे जूनच्या पहिल्या आठवड्यात केरळमध्ये दाखल होतो आणि त्यानंतर तो पश्चिम घाटावर आणि अरबी समुद्रावरून प्रवास करतो, ज्यामुळे भारताच्या पश्चिम किनारपट्टीवर पाऊस पडतो. नंतर तो उत्तरेकडे सरकतो व हळूहळू संपूर्ण भारतभर पसरून १५ जुलैपर्यंत संपूर्ण देश व्यापतो.

केरळ, कोकण, पूर्ण महाराष्ट्र, गुजरात, मध्य प्रदेश आणि पूर्व राजस्थान असा प्रवास करून जून महिन्याच्या शेवटी दिल्लीत पोहोचतो. त्याच वेळी बंगालच्या उपसागरातील शाखा ईशान्येकडील राज्यांमध्ये पोहोचलेली असते. तेथील डोंगरांमुळे हे पावसाचे वारे डावीकडे वळून हिमालयाच्या पायथ्याशी येऊन पश्चिमेकडे वळतात. त्याआधी या डोंगराच्या कुशीत वसलेल्या मेघालय राज्याला (चेरापुंजी, मोसिनराम) जगातील सर्वाधिक असा भरपूर पाऊस देतात. पुढे पश्चिम बंगाल, बिहार, उत्तर प्रदेश पार करून दिल्लीत पोहोचतात. अरबी समुद्राची शाखा नैऋत्य मोसमी पाऊस घेऊन दिल्लीत पोहचेपर्यंत त्यातले बाष्प कमी झालेले असते. त्यामुळे बंगालच्या उपसागरातील बाष्पयुक्त वारे दिल्लीत पाऊस पाडण्यास मदत करतात. पुढे हरियाणा, पंजाब, हिमाचल प्रदेश पार करून मोसमी पाऊस काश्मीरमध्ये पोहोचतो. शेवटी जुलै महिन्याच्या मध्यापर्यंत पश्चिम राजस्थान आणि थारच्या वाळवंटापर्यंत पाऊस पोहोचतो. तोपर्यंत या मौसमी वाऱ्यांमधील बाष्प जवळ



नैऋत्य मोसमी पावसाच्या परतीच्या तारखा

जवळ संपलेले असल्याने पश्चिम राजस्थान बराचसा कोरडाच राहतो. सप्टेंबर महिन्याच्या शेवटच्या आठवड्यात नैऋत्य मोसमी पावसाची माघार सुरू होते आणि हळूहळू तो दक्षिणेकडे जाऊन १५ आक्टोबर पर्यंत पूर्णपणे परत जातो. हिमालय पर्वतामुळे मोसमी पाऊस पुढे चीनकडे न जाता भारतातच रोखला जातो.

ईशान्य मोसमी पाऊस

ऑक्टोबर ते फेब्रुवारी म्हणजेच हिवाळ्याच्या ऋतूमध्ये मोसमी वाऱ्यांचे चक्र उलटे होते. या वेळी जमिनीवरचे तापमान कमी होऊन हवेचा दाब वाढल्याने वारे जमिनीकडून समुद्राच्या दिशेने वाहतात. हिंदी महासागर व अरबी समुद्र यांच्यावरून वाहणाऱ्या वाऱ्यांबरोबर भारतात नैऋत्येकडून प्रवेश करणारा मोसमी पाऊस साधारणपणे सप्टेंबर महिन्याच्या शेवटच्या आठवड्यात परतीचा प्रवास सुरू करतो. याच काळात आंतर-उष्णकटिबंधीय अभिसरण क्षेत्रामध्ये बदल होऊन हवेच्या दाबाच्या क्षेत्रात बदल होतो आणि पाऊस दक्षिणेकडे सरकतो. हिवाळ्यातील कमी झालेल्या तापमानामुळे भूभागावरील हवेचा दाब वाढतो. म्हणून मोसमी वारे भारताच्या पूर्व किनाऱ्याकडे व ईशान्य भागाकडे वळतात आणि आक्टोबर ते फेब्रुवारी या कालावधीत तिथे पाऊस देतात. या पावसाला 'ईशान्य

मोसमी पाऊस (retreating monsoon)' असे म्हणतात. या पावसाचे क्षेत्र भारताच्या एकूण क्षेत्राच्या मानाने अत्यल्प आहे. हा हिवाळ्यातील पाऊस उन्हाळ्यातील पावसापेक्षा कमी क्षमतेचा असतो कारण बाष्पयुक्त वाऱ्यांना हिमालयाच्या पर्वतरांगा थोपवतात. मात्र काही प्रभावित क्षेत्रात भरपूर पाऊस पडतो.

ईशान्य मोसमी पावसासाठी बंगालचा उपसागर हा आर्द्रतेचा मुख्य स्रोत आहे.

बंगालच्या उपसागरावर कमी दाबाचे क्षेत्र तयार झाल्याने तिथे ईशान्य व्यापारी वारे आकर्षित होतात. बंगालच्या उपसागरातून बाष्प घेऊन ईशान्य मोसमी वारे पूर्वेकडून पश्चिमेकडे येऊन तामिळनाडू, आंध्रच्या किनारपट्टीवरील भाग, आग्नेय भारत, पूर्व किनारपट्टीच्या काही भागांवर आणि केरळमध्ये पाऊस पाडतात.

ईशान्य मोसमी पाऊस दक्षिण भारतातील राज्यांमधील खरीप पिकांसाठी उपयुक्त असतो. तसेच, नैऋत्य मोसमी पाऊस कमी पडलेल्या प्रदेशांमध्ये रब्बी पिकांच्या आणि पाणीपुरवठाच्या दृष्टीने ईशान्य मोसमी पाऊस महत्त्वाचा असतो. अशा प्रकारे नैऋत्य मोसमी पाऊस कमी पडणाऱ्या दक्षिणेकडील राज्यात ईशान्य मोसमी पाऊस ती तूट भरून काढतो.

थोडक्यात, हिंदी महासागर, अरबी समुद्राची शाखा व बंगालच्या उपसागराची शाखा नैऋत्य मोसमी वाऱ्यांसाठी महत्त्वाचे आहेत, तर ईशान्य मोसमी पावसासाठी आवश्यक आर्द्रता आणि कमी दाब निर्मितीमध्ये बंगालच्या उपसागराची भूमिका महत्त्वाची आहे.

क्षेत्रनिहाय मोसमी पावसाचे वितरण

भारतीय उपखंडावरील मोसमी वाऱ्यांवर परिणाम करणारे अनेक घटक आहेत. त्यामुळे भारतात सर्वत्र सारख्याच प्रमाणात पाऊस पडत नाही. त्यात दर ५ ते १० किलोमीटरवर फरक पडतो. भौगोलिक स्थिती व सूर्याच्या उष्णतेचे प्रमाण यावर भारतामध्ये वेगवेगळ्या प्रकारच्या हवामानाची क्षेत्रे तयार झालेली असल्याने पावसाचे प्रमाण आणि प्रकार प्रदेशानुसार बदलतात. भौगोलिक स्थितीमध्ये हिमालय पर्वत, थारचे वाळवंट आणि हिंदी महासागर यांचा प्रभाव मोसमी वारे आणि पर्जन्यमानावर असतो. नैऋत्य मोसमी वारे आणि त्यांच्यासोबत येणारी आर्द्रता हे समुद्राची किनारपट्टी आणि पश्चिम घाट या भागांवर आतील भागापेक्षा जास्त पाऊस पाडतात. पश्चिम घाटाला असणारा सह्याद्री पर्वत समुद्रावरून येणारे बाष्पयुक्त वारे अडवतो त्यामुळे तिथे अधिक पाऊस पडतो. घाट ओलांडला की पाऊस

कमी होतो. उत्तरेच्या सपाट प्रदेशात मध्यम प्रमाणात पाऊस पडतो. मोसमी पावसाचे उत्तरेकडे सरकणे आणि हिमालयाचा पायथा या दोन घटकांचा प्रभाव येथील पावसावर असतो. बंगालचा उपसागर जवळ असल्याने पूर्व किनारपट्टीवर आणि ईशान्येकडील राज्यांमध्ये पाऊस जास्त प्रमाणात पडतो. दख्खनच्या पठारावर पावसाचे प्रमाण कमी असते कारण मोसमी वारे तिथे पोहोचेपर्यंत ते निर्बल झालेले असतात. राजस्थानात आणि त्याच्या जवळच्या गुजरातच्या काही भागात पाऊस कमी पडतो. त्याचे मुख्य कारण म्हणजे थारचे वाळवंट आणि अरावली पर्वतरांग. थारच्या वाळवंटामुळे तेथील हवामान शुष्क असते. अरावलीच्या पर्वतरांगांमुळे मोसमी वारे आपला मार्ग बदलून ते पूर्वेकडे वळतात. शिवाय तेथील जास्त तापमानामुळे नैऋत्य मोसमी वारे वर उंच जाण्यापूर्वीच त्यांच्यातील आर्द्रतेची वाफ होऊन जाते.

मोसमी वाऱ्यांवर परिणाम करणारे घटक

मोसमी पावसाचे वेळापत्रक अनेक घटकांवर अवलंबून असते. समुद्राचे तापमान, वाऱ्यांची दिशा व वेग आणि विषुववृत्तीय हवामान हे मुख्य घटक आहेत. एल निनो, ला निना, हिंदी महासागरातील द्विध्रुवीय दोलन (Indian Ocean Dipole), मेडन ज्युलियन दोलन (Medden Julian Oscillation) यांसारख्या महासागरांच्या तापमानासंबंधीच्या हवामानातील घटना, सूर्य आणि पृथ्वी यामधील अंतर, अती उंचीवरील वाऱ्यांचे प्रवाह (Jet Streams), इत्यादी घटकांचाही मोसमी पावसावर परिणाम होतो.

पूर्व-मोसमी पाऊस आणि मोसमी पाऊस

पूर्व-मोसमी पाऊस उन्हाळ्यात, म्हणजेच मार्च ते मे या दरम्यान पडतो, तर मोसमी पाऊस जून ते सप्टेंबर/आक्टोबर या महिन्यांत पडतो.

- पूर्वमोसमी पावसाचे वारे कमी गतीचे असतात तर मोसमी पावसाचे वारे वेगाने येतात.
- पूर्वमोसमी पाऊस स्थानिक आणि कमी क्षेत्रावर पडतो तर मोसमी पावसाचे क्षेत्र विस्तृत असते.
- पूर्वमोसमी पाऊस अचानक आणि जोरदार पडतो, तर मोसमी पाऊस हळूहळू आणि जास्त वेळ पडतो.
- पूर्वमोसमी पावसाचे ढग उष्णतेमुळे तयार होतात. ते दाट असून त्यांची जाडी व उंची जास्त असते. मोसमी पावसाच्या ढगांची जाडी कमी असून ते जमिनीला समांतर असे पसरलेले असतात.
- पूर्वमोसमी पावसाचे ढग दुपारी उशिरा किंवा संध्याकाळच्या सुमारास येतात. मोसमी पावसाचे ढग सतत आणि जास्त प्रमाणात असतात.
- पूर्वमोसमी पावसाच्या काळात हवामान उष्ण आणि दमट असते, तर मोसमी पावसाच्या कालावधीत हवामान थंड असते.

सध्या हवामानबदलाचे परिणाम म्हणून पूर्वमोसमी व मोसमी पावसाच्या वेळापत्रकात, कालावधीत, प्रमाणात आणि आकृतिबंधात बदल दिसून येत आहेत.

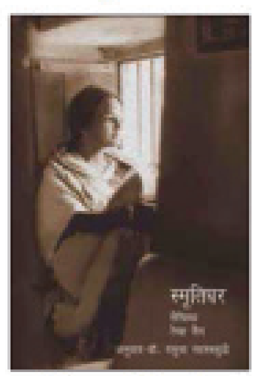
– अनघा शिराळकर
anaghashiralkar@gmail.com

संदर्भ :

- Das, P.K (1968): The Monsoons, National Book Trust, India, Third reprint, 1992, 212pp
- Gadgil Sulochana, The Indian Monsoon, 1. Variations in Space and Time, Resonance, 11, August, 2006, 8-21
- India Meteorological Department website – (http://www.imd.gov.in)
- Monsoon - https://en.wikipedia.org
- Murty Ayapilla, Monsoons over the Indian Subcontinent, Academia Letters (Open Access Journal), 2022
- शिराळकर अनघा, प्राचीन भारतातील हवामान-शास्त्र, सृष्टिज्ञान, भाग १ - जून १९९९ व भाग - २, जुलै १९९९

॥ग्रंथाली॥

स्मृतिघर



लेखिका : रेखा जैन
अनुवाद : डॉ. वसुधा सहस्रबुद्धे

मूल्य ४०० रुपये । सवलतीत २४० रुपये

हेमंत लागवणकर

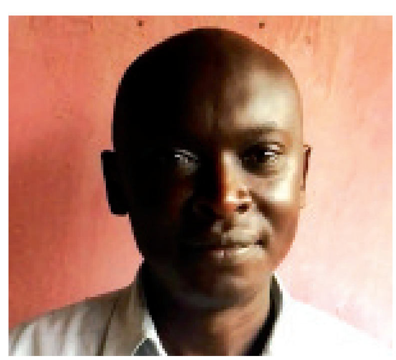
एका स्टार्ट-अपची यशोगाथा

या स्टार्ट-अपची सुरुवात झाली ती १९९०च्या दशकातल्या पूर्वाधात, केनियामध्ये. खरं तर त्या काळी 'स्टार्ट-अप' हा शब्दप्रयोग फारसा प्रचलित नव्हता. पिकांची नासधूस करणाऱ्या हत्तींच्या त्रासानं केनियातील शेतकरी हैराण झाले होते. यातूनच माणूस आणि हत्ती यांच्यात एक संघर्ष सुरू झाला. पण, काही स्थानिक पुढारी आणि पर्यावरणतज्ज्ञांनी या संघर्षाचं रूपांतर संधीमध्ये करण्यासाठी नव्या दृष्टिकोनातून या समस्येचा विचार सुरू केला. या विचारांतून १९९४ मध्ये एका क्रांतिकारी कल्पनेचा उगम झाला.

एक हत्ती दररोज सरासरी २०० ते २५० किलोग्रॅम गवत, झाडपाला इत्यादींचं सेवन करतो. मात्र हत्तींची पचनक्षमता खूपच कमी असते. हत्तींच्या पचनातील एक मोठी समस्या म्हणजे त्यांच्या दातांची संख्या मर्यादित असते. खाल्लेल्या अन्नापैकी फक्त ४० ते ५० टक्के अन्नच ते पचवू शकतात. परिणामी, खाल्लेल्या अन्नाचा बराचसा भाग न पचलेल्या स्थितीत विष्ठेच्या स्वरूपात उत्सर्जित केला जातो. शरीराला आवश्यक असणाऱ्या ऊर्जेची गरज भागवण्यासाठी त्यांना सतत खात राहावे लागते. हत्तींच्या विष्ठेमध्ये वनस्पतींचे तंतुमय अवशेष मोठ्या प्रमाणावर असतात. या तंतुमय अवशेषांचा उपयोग कागदनिर्मितीसाठी करण्याची कल्पना पर्यावरणतज्ज्ञांच्या मनात आली आणि क्वाले काउंटीमधील म्वालुगांजे हत्ती अभयारण्यात यादृष्टीने प्रयोगांना सुरुवात झाली. हळूहळू या प्रयोगांना यश आलं आणि मग ही नवकल्पना प्रत्यक्षात साकारू लागली.

कागदनिर्मितीच्या या प्रक्रियेत हत्तींची विष्ठा किंवा शेण जमा करून व्यवस्थित धुतलं जातं. यामुळे शेणातली माती आणि इतर निरुपयोगी पदार्थ वेगळे होऊन केवळ वनस्पतींचे तंतूमय अवशेष उरतात. या तंतुमय पदार्थांमध्ये मीठ, बेकिंग सोडा आणि पाणी टाकून ते मिश्रण काही तास उकळलं जातं. यामुळे मिश्रणाचं निर्जंतुकीकरण होतं आणि दुर्गंधी पूर्णपणे नाहीशी होते. त्यानंतर या तंतुमय पदार्थांचा लगदा तयार केला जातो. कागदाचा टिकाऊपणा आणि मजबुती वाढवण्यासाठी या लगद्यामध्ये आवश्यकतेनुसार कापूस मिसळला जातो. त्यानंतर हा लगदा जाळीवर पसरून दाब देऊन सपाट केला जातो आणि उन्हामध्ये वाळवला जातो. अशा तऱ्हेने टिकाऊ, गंधरहित कागद तयार केला जातो.

हळूहळू ही संकल्पना केवळ प्रयोगापुरतीच मर्यादित राहिली नाही आणि २००० सालापर्यंत या प्रयोगांची यशस्विता वाढून त्याला व्यावसायिक स्वरूप प्राप्त झालं. हत्तीच्या ५० किलो शेणापासून ए४ आकाराचे सुमारे १२५ कागद तयार होतात. या कागदाचा वापर वह्या, शुभेच्छापत्रं, भेटवस्तूंची पाकिटं, पिशव्या, बुकमार्क तयार करण्यासाठी केला जातो. व्यावसायिकदृष्ट्यादेखील ही कागदनिर्मिती फायदेशीर असल्याचं लक्षात आल्यावर जॉन मतानो या उद्योजकानं 'नँपाथ पेपर' ही कंपनी स्थापन करून त्याद्वारे स्थानिकांना रोजगार दिला. आज केनियामध्ये 'ट्रान्सपेपर केनिया'सारख्या अनेक कंपन्या हत्तींच्या हजारो टन



जॉन मतानो

शेणापासून कागद तयार करत आहेत. सध्या या उद्योगामुळे केनियामध्ये शेकडो लोकांना रोजगार मिळाला आहे, आणि अनेक ग्रामीण कुटुंबांच्या उपजीविकेचा हा एक महत्त्वाचा आधार बनला आहे.

ज्या गावकऱ्यांना पूर्वी हत्ती म्हणजे एक हानिकारक प्राणी वाटायचा, तेच गावकरी आता हत्तींच्या शेणामुळे मिळणाऱ्या उत्पन्नामुळे हत्तींचं रक्षण करू लागले आहेत. केवळ उपजीविकेचं साधन म्हणून नव्हे, तर पर्यावरण-संवर्धनातही या संकल्पनेचा मोलाचा वाटा आहे. कारण, या पद्धतीनं कागद तयार करण्यासाठी झाडं तोडावी लागत नाहीत. याशिवाय कागदनिर्मितीसाठी लागणारा लगदा तयार करण्यासाठी लाकडावर ज्या प्राथमिक प्रक्रिया कराव्या लागतात त्या प्रक्रिया थेट हत्तींचं शेण वापरल्यामुळे कराव्या लागत नाहीत, रासायनिक पदार्थ वापरावे लागत नाहीत. त्यामुळे वेळ आणि ऊर्जेची मोठीच बचत होते. या पद्धतीनं कागदनिर्मिती करण्यासाठी पारंपरिक कागदनिर्मितीच्या तुलनेत पाणी आणि ऊर्जेची गरज ५० ते ७५ टक्के कमी असल्याचं निदर्शनास आलं आहे.

या बदलेल्या परिस्थितीमुळे लोकांच्या मानसिकतेमध्येसुद्धा बदल झाला आणि केनियामधील हत्तींची संख्यादेखील समाधानकारकपणे वाढत गेल्याचं लक्षात येतं. १९८९ मध्ये केनियामध्ये केवळ १६,००० हत्ती उरले होते. २०२४ पर्यंत ही संख्या जवळपास ३७,०००पर्यंत पोहोचली आहे. आता हे हत्ती सुमारे १३०,००० चौरस किलोमीटरच्या परिसरात विहार करतात. हे क्षेत्र केनियाच्या एकूण क्षेत्रफळाच्या सुमारे २२ टक्के आहे. अर्थात, काळानुसार केनियातली लोकसंख्यासुद्धा वाढली आहे. त्यामुळे मानव आणि हत्ती यांतील संघर्षाची शक्यतासुद्धा अप्रत्यक्षपणे वाढली असली, तरी या कागदउद्योगासारख्या उपक्रमांमुळे या संघर्षाला सामंजस्याची जोड मिळाली आहे.

केनियातील या प्रयोगापासून प्रेरणा घेऊन श्रीलंकेतदेखील १९९७ पासून हत्तींच्या शेणापासून कागदनिर्मिती केली जाते. श्रीलंकन उद्योजक थुसिथा रणसिंघे यांनी १९९७ मध्ये 'इको मॅक्झिमस' या कंपनीच्या माध्यमातून केगाल्लेमधील पिन्नावला हत्ती अनाथालयाजवळ कागदनिर्मिती सुरू केली. मात्र कागदनिर्मिती प्रक्रियेत त्यांनी थोडासा बदल केला. श्रीलंकेत केल्या जाणाऱ्या कागदनिर्मितीमध्ये हत्तींचे शेण एक आठवड्यापर्यंत उन्हात वाळवलं जातं. त्यामुळे त्यातील दुर्गंधी नाहीशी होते. त्यानंतर ते १३० अंश सेल्सिअसपर्यंत कडुनिंबाच्या पानांसह पाण्यामध्ये उकळलं जातं. कडुनिंबाच्या पानांचा वापर केल्याने शेणाचं निर्जंतुकीकरण होतं. त्यानंतर मऊ झालेले तंतुमय पदार्थ पुनर्वापर करण्यायोग्य कागदासोबत मिसळून लगदा तयार केला जातो. तयार झालेल्या लगद्यापासून कागदनिर्मिती केली जाते. कालांतरानं कागदनिर्मितीचं हे काम केवळ लघुउद्योगाच्या स्वरूपात न राहता एक मोठा सामाजिक आणि आर्थिक उपक्रम बनला. 'इको मॅक्झिमस' कंपनीनं कांडालामा आणि रंगिरीगामा भागांमध्ये कागदनिर्मितीची उपकेंद्रं सुरू केली. आज हा उपक्रम ५०० पेक्षा अधिक ग्रामीण श्रीलंकन नागरिकांसाठी रोजगाराचं साधन बनला आहे. विशेष म्हणजे, 'इको मॅक्झिमस' कंपनीमार्फत तयार केलेला सुमारे ९० टक्के कागद अमेरिका, युरोप, जपान आणि ऑस्ट्रेलियामध्ये निर्यात केला जातो. हत्तींच्या शेणापासून तयार केलेल्या कागदापासून हस्तकलेच्या विविध शोभिवंत वस्तू तयार करण्याचं प्रशिक्षणदेखील 'इको मॅक्झिमस' कंपनीतर्फे महिलांना दिलं जातं. अर्थातच, यामुळे महिलांचा आर्थिक फायदा होतो.

युगांडामध्ये हत्तींच्या शेणापासून करण्यात येणाऱ्या कागदनिर्मितीचा उपयोग महिला सक्षमीकरणासाठी अत्यंत प्रभावीपणे केला जातो. युगांडामधील बुशेनी आणि रुबिरीझी जिल्ह्यांमध्ये फातुमा बरुघारे यांच्या नेतृत्वात 'कतारा वुमन्स

श्रीलंकेत केली जाणारी कागदनिर्मिती

पॉवर्टी अलिव्हिएशन ग्रुप' कार्यरत आहे. या गटामार्फत अत्यंत गरीब, तसंच विधवा महिलांच्या आर्थिक सक्षमीकरणासाठी हत्तींच्या शेणापासून कागदनिर्मिती केली जाते. तयार झालेल्या कागदापासून वह्या, पिशव्या, बास्केट, फ्रेम, कार्ड, दागदागिने आणि इतर हस्तकलेच्या वस्तू तयार केल्या जातात. या उपक्रमामुळे साठपेक्षा अधिक विधवा महिलांना रोजगाराचं साधन मिळालं आहे.

विशेष म्हणजे, युगांडातील या उपक्रमामुळे एक सर्वसमावेशक आर्थिक प्रारूप तयार झालं आहे. या उपक्रमासाठी आवश्यक असणारं हत्तींचं शेण गोळा करणाऱ्यांना प्रत्येक टोपलीसाठी सुमारे ३ डॉलर मिळतात. कागदापासून विविध वस्तू तयार करणाऱ्या कारागिरांना विक्रीच्या किमतीपैकी २५ टक्के वाटा दिला जातो. विक्रीच्या किंमतीचा सर्वांत मोठा वाटा म्हणजे ५० टक्के रक्कम सामूहिक बचत व पतसंस्था चालवण्यासाठी वापरला जातो. या माध्यमातून गरजू महिलांना अल्प व्याजदरात कर्ज उपलब्ध करून दिलं जातं आणि त्यातून त्या स्वतःचा छोटा व्यवसाय सुरू करू शकतात.

थायलंडमध्ये हत्तींच्या शेणापासून कागदनिर्मिती करण्याच्या संकल्पनेचा उपयोग चक्क 'इको-टूरिझम'साठी करण्यात आला आहे. चियांग माई या शहराजवळ २०१३मध्ये 'एलिफंट पूपूपेपर पार्क' स्थापन करण्यात आलं. विशेष म्हणजे, या ठिकाणी हत्तींच्या शेणापासून कागद कसा तयार केला जातो याची संपूर्ण प्रक्रिया पर्यटकांना व्यवस्थितपणे दाखवली जाते. इतकंच नव्हे, तर पर्यटकांनादेखील असा कागद प्रत्यक्ष तयार करण्याची संधी दिली जाते. त्यामुळे हत्तींचं शेण गोळा करण्यापासून कागद तयार होईपर्यंतच्या प्रत्येक टप्प्याचा प्रत्यक्ष अनुभव पर्यटकांना घेता येतो. पर्यटकांना एक आगळावेगळा शैक्षणिक अनुभव देणाऱ्या या पार्कमुळे स्थानिकांना कायमस्वरूपी रोजगार मिळाला आहे.

भारतात राजस्थानमध्ये २००३ पासून 'हाथी छाप' या नावानं हत्तींच्या शेणापासून कागद तयार केला जातो. महिमा मेहरा आणि विजेंद्र शेखावत या दोघांनी राजस्थानातील जयपूर इथे या उपक्रमाची सुरुवात केली. भारतात तीस हजारांपेक्षा जास्त हत्ती आहेत. त्यापैकी सुमारे ५,७०० हत्ती केरळमध्ये आहेत. विशेषत: थेक्कडी इथे असलेलं पेरियार टायगर रिझर्व्ह, वायनाड, थ्रिसुर, अथिराप्पल्ली, पलक्कड या भागांत हत्तींची संख्या जास्त आहे. साहजिकच, केरळमध्ये हत्तींच्या शेणापासून कागदनिर्मिती करण्यासाठी तिथे खूप वाव आहे. मात्र आश्चर्य म्हणजे, केरळमध्ये अजूनही अशा प्रकारे कागदनिर्मिती केली जात नाही. जगभरातून अशा प्रकारे केल्या जाणाऱ्या कागदनिर्मितीपासून प्रेरणा घेऊन केरळमध्ये एक मोठा उद्योग उभारण्याची आज गरज आहे. यामुळे निसर्गसंवर्धनाचं काम तर होईलच, शिवाय तेथील पर्यटनव्यवसायालासुद्धा चालना मिळू शकते.

हत्तींच्या शेणापासून केल्या जाणाऱ्या कागदनिर्मितीची ही गोष्ट म्हणजे मानवानं निसर्गाशी मैत्री करून साधलेल्या विकासाची गोष्ट आहे. शाश्वत विकास करण्यासाठी नेहमीच मोठ्या तंत्रज्ञानाची गरज नसते; तर निसर्गाशी एकरूप होऊन आपल्या समस्यांचं निराकरण करण्याचा प्रयत्न केला तर शाश्वत विकासाच्या दृष्टीनं टाकलेलं ते एक महत्त्वाचं पाऊल ठरतं, हेच यातून दिसून येतं.

– हेमंत लागवणकर

(विज्ञान प्रसारक आणि शैक्षणिक सल्लागार)

https://hemantlagvankar.com/

शरद काळे

तूच कर्ता, तूच हर्ता

फॉस्फरसने सजीवांना जीवन बहाल केले तोच सजीवसृष्टीच्या अंताला कारणीभूत होणार आहे! फॉस्फरसयुक्त खतांमुळे जगभरातील अन्नधान्याचे उत्पादन वाढले; परंतु आज हाच फॉस्फरस तलाव व समुद्रांत मृत झोन तयार करत आहे.

सन १८०२ सालच्या शरदऋतूमध्ये, जर्मन निसर्गवैज्ञानिक अलेक्झांडर व्हॉन हुम्बोल्ट पेरूच्या लिमा शहराजवळील मुख्य बंदर कल्लाओ येथे पोहोचले. बुध ग्रहाचे एक संक्रमण पाहण्यासाठी त्यांनी हा प्रवास आखला होता. त्यांनी तीन फूट लांबीच्या दुर्बिणीतून निरीक्षण करून लिमा शहराचे रेखांश मोजायचे ठरवले होते. दुर्बिणीची मांडणी त्यांनी किनाऱ्यावरील एका किल्ल्यावर केली. परंतु प्रत्यक्ष निरीक्षणास काही दिवस बाकी असल्याने त्यांनी वेळ घालवण्यासाठी बंदर परिसरात फेरफटका मारला.

तेव्हा त्यांना समुद्रातील काही नौकांमधून येणाऱ्या एका तीव्र दुर्गंधीची जाणीव झाली. त्या बोटींमध्ये पिवळसर चिकणमातीसारखी दिसणारा पदार्थ भरलेला होता. स्थानिकांकडून विचारणा केल्यावर त्यांना समजले की तो पदार्थ म्हणजे चिंचा बेटांवरील समुद्री पक्ष्यांची विष्ठा होती- आणि ती स्थानिक शेतकऱ्यांमध्ये अत्यंत मौल्यवान मानली जात असे. हुम्बोल्ट यांनी ती विष्ठा (guano) थोडीशी घरी नेण्याचे ठरवले.

मानवाने सुमारे दहा हजार वर्षांपूर्वी शेतीचा शोध लावला, तेव्हा त्यांच्यासमोर लगेचच एक मोठी अडचण उभी राहिली. पिकांना वाढण्यासाठी पोषक घटकांची गरज असते, पण पिकांची कापणी केली की हे घटक जमिनीतून निघून जातात आणि ती जमीन पुढील पिकांसाठी उपयुक्त राहत नाही. प्राचीन शेतकऱ्यांनी काही शेत विश्रांतीस (उगम न देता) सोडून देणे, प्राण्यांचे (आणि स्वतःचेही) मलमूत्र जमिनीवर टाकणे, तसेच डाळवर्गीय पिके लावणे असे उपाय शोधून काढले. परंतु हे उपाय का उपयोगी पडतात, याची त्यांना शास्त्रीय समज नव्हती.

हुम्बोल्ट यांच्या काळात पॅरिस व लंडनमधील वैज्ञानिक या गोष्टी समजून घेण्याचा प्रयत्न करत होते की पिकांना नक्की कोणते पोषक घटक आवश्यक असतात. एका प्रशियन रसायनशास्त्रज्ञाने हुम्बोल्ट यांनी आणलेली ही चिकणमाती तपासून पाहिली आणि त्यामध्ये दोन महत्त्वाचे पोषक घटक- नायट्रोजन व फॉस्फरस- मोठ्या प्रमाणावर असल्याचे आढळले. त्यामुळे ही ग्वानो म्हणजेच समुद्री पक्ष्यांची विष्ठा जमिनीच्या पोषणासाठी एक क्रांतिकारी उपाय ठरला. कॅन्सस विद्यापीठाचे इतिहासकार ग्रेगरी कुशमन म्हणतात, त्या काळात ग्वानो हे जणू 'मिरॅकल-ग्रो' सारखेच होते.

पेरूतील स्थानिक आदिवासी शतकानुशतकांपासून चिंचा बेटांवरून ग्वानो गोळा करत होते. (Guano हा शब्द क्वेचुआ भाषेतील wanu या शब्दावरून तयार झाला आहे.) युरोपीय देशांना या बेटांवर मालकी हक्क मिळवायचा होता, पण नेपोलियन युद्धे व सायमन बोलेव्हरच्या मोहिमांमुळे काही दशकांचा त्यासाठी विलंब झाला. युरोपीय शक्तींनी या बेटांचा उपयोग करण्याचे ठरवले, तेव्हा पेरू सरकारने उत्साहाने स्थानिक आदिवासींचे सर्व हक्क नष्ट केले. सन १८४० मध्ये पेरू सरकारने काही युरोपीय व्यापाऱ्यांशी ग्वानोच्या व्यापारावर मक्तेदारी करार केला, आणि पुढील पंधरा वर्षांत दोन कोटी पाउंडांहून अधिक ग्वानो युनायटेड किंग्डममध्ये निर्यात झाले.

हे ग्वानो गोळा करण्याचे कष्टाचे व अत्यंत अमानुष काम चिनी मजुरांकडून जवळपास गुलामगिरीच्या तत्त्वावर करून घेतले जात होते. सन १८४०च्या दशकाच्या

मध्यापर्यंत अमेरिकेतील शेतकरीही ग्वानो (पक्ष्यांच्या विष्ठेपासून मिळणारे खत) मिळवण्यासाठी उतावीळ झाले होते, आणि अमेरिका सातत्याने पुरवठा मिळवण्यात अपयशी ठरत असल्यामुळे संतप्त झाले होते. सन १८५० मध्ये राष्ट्राध्यक्ष मिलार्ड फिलमोर यांनी ही परिस्थिती सुधारण्यासाठी पावले उचलली. त्यांनी जाहीर केले की ग्वानो हे इतके आवश्यक व महत्त्वाचे उत्पादन झाले आहे की ते मिळवण्यासाठी वॉशिंग्टनने स्वतःकडे असलेल्या सर्व योग्य साधनांचा वापर करणे आवश्यक आहे.

सन १८५६च्या वसंतात, त्या वेळी न्यू यॉर्कचे सिनेटर असलेले विल्यम हेन्री स्युअर्ड यांनी ग्वानो आयलंड्स ॲक्ट (Guano Islands Act) प्रस्तावित केला. हे विधेयक त्याच वर्षी कायदा बनले. त्या अंतर्गत, अमेरिकन नागरिकांना असे कोणतेही बेट, खडक किंवा जलद्वीप – जो कोणत्याही सरकारच्या कायदेशीर अखत्यारीत नसेल आणि जो पक्ष्यांच्या विष्ठेने भरलेला असेल – तो अमेरिकेसाठी ताब्यात घेण्याचा अधिकार दिला गेला. यानंतर जगातील अत्यंत दूरस्थ बेटांवर धाव सुरू झाली. तीन वर्षांत, अमेरिकेने जवळपास पन्नास बेटांवर दावा केला, ज्यात उत्तर पॅसिफिकमधील मिडवे ॲटॉलचाही समावेश होता. बाल्टिमोर अमेरिकन ॲण्ड कमर्शियल ॲडव्हर्टायझर या वृत्तपत्राने ही बेटे नवीन एल डोरॅडो (सोन्याचा देश) म्हणून वर्णिली, आणि म्हटले की जरी इथे खरे सोने नसले, तरी या बेटांमुळे अमेरिकेच्या ओसाड पडलेल्या शेतांवर सोन्यासारखा धान्याचा वर्षाव होईल. नंतर याच स्युअर्ड यांनी अलास्काची खरेदी घडवून आणली होती; टीकाकारांनी अलास्काला स्युअर्डचा फ्रीज असे म्हटले होते. त्याच धर्तीवर, एका इतिहासकाराने अमेरिकेच्या ग्वानो बेटांना स्युअर्डचे शौचालय! असे संबोधले आहे.

सन १८७० मध्ये पेरू देशामधून होणारी ग्वानोची निर्यात कळसावर पोहोचली होती. त्यानंतर मात्र त्यात झपाट्याने घट झाली. युरोपमधील शेतांवर जी विष्ठा पाठवली जात होती ती लाखो पक्ष्यांनी अनेक पिढ्यांमध्ये जमा केलेली होती. एकदा ती पाठवून दिल्यानंतर, उरलेल्या पक्ष्यांची निवासस्थाने उद्ध्वस्त झाल्यामुळे ते पुरेशा प्रमाणात विष्ठा निर्माण करू शकत नव्हते. त्यामुळे अमेरिका आपल्या ग्वानोशून्य बेटांमध्ये रस गमावून बसली. बहुतेक बेटे नंतर इतर देशांना देण्यात आली; मिडवेसारखी काही मोजकी बेटे अजूनही अमेरिकेच्या ताब्यात आहेत.

परंतु ग्वानोचे महत्त्व संपले तरी फॉस्फरस आणि नायट्रोजन यांचे जीवसृष्टीसाठी महत्त्व संपले नव्हते. त्यामुळे त्यासाठी पर्याय शोधण्यात संशोधक प्रयत्नशील होतेच. ग्वानोची उपलब्धता संपली ही बाब मोठ्या गोष्टीची सुरुवात ठरली. रसायनशास्त्रज्ञांनी नायट्रोजन आणि फॉस्फरसच्या इतर साठ्यांचा शोध लावला, ते ग्वानोला पर्याय ठरले. औद्योगिक क्रांतीच्या काळात ग्वानोचा वापर वाढला, त्यामुळे त्याचे साठे झपाट्याने संपू लागले. यामुळे शास्त्रज्ञांनी नायट्रोजन आणि फॉस्फरसचे इतर साठे शोधण्यास सुरुवात केली. हे साठे संपल्यावर, नवीन साठे सापडले किंवा (नायट्रोजनच्या बाबतीत) तयार केले गेले. फॉस्फरस फॉस्फेट खडकांमधील (phosphate rocks) खनिजांमध्ये मोठ्या प्रमाणात आढळतो. हे खनिज खाणींमधून मिळवून त्यावर रासायनिक प्रक्रिया करून ते खतात रूपांतरित केले जाते (उदा. सुपरफॉस्फेट खत). आज जगभरातील फॉस्फरस साठ्यांचा मुख्य स्रोत म्हणजे हे खनिज स्फटिक फॉस्फेट हेच आहे. नायट्रोजन हे मूलद्रव्य वायुमंडळात भरपूर प्रमाणात (सुमारे ७८%) असते, पण त्याचे संयुगे (उदा. अमोनिया NHc) सजीवांना थेट वापरता येतील अशा स्वरूपात उपलब्ध नव्हते. म्हणूनच फ्रिट्झ हेबर आणि कार्ल बॉस्क या जर्मन रसायनशास्त्रज्ञांनी हेबर–बॉस्क प्रक्रिया विकसित केली. वायुमंडलीय नायट्रोजन (N) आणि हायड्रोजन (H) यांना उच्च तापमान (४५० अंश सें) आणि दाब (200 atm) तसेच लोखंडी उत्प्रेरकाच्या साहाय्याने अमोनियामध्ये (NHc) रूपांतरित केले जाते. ही प्रक्रिया आधुनिक शेतीसाठी क्रांतिकारी ठरली, कारण यामुळे कृत्रिम नायट्रोजन खते (उदा. युरिया, अमोनियम नायट्रेट) मोठ्या प्रमाणावर तयार करता येऊ लागली. आज शेतकरी खतही बियाण्यांप्रमाणे किंवा नांगरासारखे विकत घेऊ शकतात. याचा परिणाम असा झाला आहे की जगभरात पोषकद्रव्यांच्या उपलब्धीत वाढ झाली आहे. मात्र त्यामुळे एक नवीन समस्या निर्माण झाली आहे: आपण संपूर्ण जगाला अन्न तर पुरवायलाच हवे, पण त्याचवेळी पर्यावरणाला प्रदूषित बनवायचे नाही

पश्चिम सहारातील कन्व्हेयर बेल्ट : विज्ञान, भूगोल, आणि राजकारण यांचा संगम दाखवणारी स्थळवैशिष्ट्ये जगात अत्यंत दुर्लभ असतात. पश्चिम सहारामधील बाउ क्रा ते एल मार्सा हा विशाल कन्व्हेयर बेल्ट त्यापैकीच एक सुंदर उदाहरण आहे. यामध्ये मानवी बुद्धीचा उपयोग, नैसर्गिक संपत्तीचा वापर, आणि एक आंतरराष्ट्रीय राजकीय संघर्ष यांचे मिश्रण पाहायला मिळते. पश्चिम सहारातील बाउ क्रा (Bou Craa) येथे एक मोठी फॉस्फरसयुक्त खडकांची खाण आहे. या खडकांमधून अत्यावश्यक अशा फॉस्फरसचा पुरवठा होतो, जो शेतीसाठी वापरल्या जाणाऱ्या खतांचा मुख्य घटक आहे. या खडकांमधील फॉस्फेटयुक्त माती

खाणीतून उचलून सुमारे १०० किमी दूर असलेल्या एल मार्सा या बंदरापर्यंत पोहोचवण्यासाठी जगातील सर्वात लांब कन्व्हेयर बेल्ट वापरण्यात आला आहे. हा कन्व्हेयर बेल्ट इतक्या विस्तीर्ण आणि सपाट वाळवंटी भागातून जातो की तो अंतराळातूनही स्पष्ट दिसतो. नासाच्या अंतराळवीरांचेही या भागात इतर कोणतीही मानवनिर्मित रचना नसल्यामुळे या सपाट वाळवंटातील कन्व्हेयर बेल्टकडे लक्ष जाते. हा बेल्ट एक सरळ रेषेत जाणारा आणि अवकाशातून उठून दिसणारा मानवनिर्मित नमुना आहे. या बेल्टद्वारे एल मार्सा बंदरात आणलेले हे फॉस्फरसयुक्त खडक भारत, न्यूझीलंड यांसारख्या देशांमध्ये निर्यात केले जातात. तेथे त्यांवर प्रक्रिया करून त्यांचे खतांमध्ये रूपांतर केले जाते. यामुळे पश्चिम सहारामधील हे खडक जगाच्या अन्नसुरक्षेसाठी अत्यंत महत्त्वाचे घटक बनले आहेत.

परंतु या साऱ्या प्रक्रिया एका मोठ्या राजकीय प्रश्नाशी निगडित आहेत. तो प्रश्न आहे पश्चिम सहाराच्या मालकी हक्कासंबंधीतचा! ही भूमी पूर्वी स्पेनची वसाहत होती. स्पेनने सन १९७५ मध्ये माघार घेतल्यानंतर मोरोक्कोने पश्चिम सहारावर आपला ताबा प्रस्थापित केला. परंतु बहुसंख्य आंतरराष्ट्रीय संस्था आणि देश हा ताबा बेकायदेशीर मानतात. पश्चिम सहारातील सहारावी लोकांनी स्वतःच्या स्वातंत्र्यासाठी लढा उभारलेला आहे आणि त्यांच्या हक्कांचा मुद्दा आजही प्रलंबित आहे. या पार्श्वभूमीवर, बाउ क्रा येथील खाण आणि कन्व्हेयर बेल्ट हे केवळ सांस्कृतिक किंवा आर्थिक नव्हे, तर नैतिक आणि राजकीय प्रश्नांचे केंद्र बनले आहे. फॉस्फरससारखी अमूल्य नैसर्गिक संपत्ती मोरोक्कोच्या ताब्यातून जगभर पोहोचते, पण त्या प्रदेशातील मूळ रहिवाशांना त्या संपत्तीचा फारसा फायदा होत नाही. ही गोष्ट मानवाधिकार आणि संसाधनांवरील हक्क या दृष्टिकोनातून गंभीरपणे पाहिली जाते. आजच्या घडीला मोरोक्कोकडे जगातील सुमारे ७०% फॉस्फरससाठ्यांवर नियंत्रण आहे, त्यातील बहुतांश साठे हे वादग्रस्त पश्चिम सहारामध्ये आहेत. त्यामुळे मोरोक्कोला जागतिक खत उद्योगामध्ये अनन्यसाधारण महत्त्व प्राप्त झाले आहे. ही गोष्ट पुढील काळात आंतरराष्ट्रीय राजकारणातही मोठी भूमिका बजावू शकते. अशा प्रकारे, बाउ क्रा येथून सुरू होणारा कन्व्हेयर बेल्ट केवळ एक औद्योगिक रचना म्हणून नव्हे तर पर्यावरण, अर्थव्यवस्था, तंत्रज्ञान, आणि राजकीय संघर्ष यांचे एकत्रितरीत्या प्रतिनिधित्व करणारे यांत्रिकी आश्चर्य म्हणता येईल. त्यातून शिकायला मिळते, की पृथ्वीवरील, विशेषतः नैसर्गिक संसाधनांशी संबंधित असलेला, कुठलाही प्रकल्प स्थानिकांच्या हक्कांपासून ते जागतिक राजकारणापर्यंत अनेक गोष्टींशी जोडलेला असतो. त्याची जाणीव ग्राहकाला नसते, आणि इथे तर सर्व जगच ग्राहक आहे!

पश्चिम सहाराची ही स्थिती हीच पत्रकार डॅन ईगन यांच्या नव्या पुस्तकात मांडलेली चिंता आहे – The Devil's Element: Phosphorus and a World Out of Balance (नॉर्टन). ईगन हे अनेक वर्षे मिलवॉकी जर्नल सेंटिनेलसाठी ग्रेट लेक्स (महान सरोवरे) यांवर लेखन करणारे पत्रकार होते. त्यांच्या निरीक्षणातून हळूहळू त्यांना बाउ क्राच्या गोष्टी, एरी सरोवराची स्थिती, आणि तिच्याशी जोडलेल्या पर्यावरणीय समस्या आदी समजले. ब्रिटिश गुंतवणूकदार जेरमी ग्रँथम यांचे उद्गार ईगन त्यांच्या पुस्तकात उद्धृत करतात, मोरोक्कोचा फॉस्फरसवर असलेला ताबा पाहता, ओपेक आणि सौदी अरेबिया ह्या इंधनशक्ती अगदीच लिंबूटिंबू वाटतात. ईगन त्यांच्या पुस्तकात विज्ञानकथा लेखक आयझॅक ॲसिमोव्ह यांचे एक वाक्यही नमूद करतात : पृथ्वीवरील फॉस्फरस संपेपर्यंत सजीवसृष्टीला धोका नाही, ती हवी तेवढी फुलू शकते, पण भविष्यात एक अशी अनिवार्य वेळ येईल की तिला इतर कोणतीही गोष्ट रोखू शकणार नाही! फॉस्फरस (Phosphorus) हे सजीव जीवनासाठी अत्यावश्यक मूलद्रव्य आहे. तो डी.एन.ए, आर.एन.ए., ऊर्जेचे रेणू (ए.टी.पी.), हाडे, कोशिकाभित्ती, इ. अनेक जैविक घटकांत असतो. यामुळे, पृथ्वीवरील सर्व सजीवयंत्रणा फॉस्फरसशिवाय अपूर्ण आहेत.

फॉस्फरस केवळ पिकांचे उत्पादन वाढवण्यासाठीच नव्हे, तर मूलभूत जीवशास्त्रासाठीही अत्यंत महत्त्वाचा आहे. डी.एन.ए. एकत्र बांधून ठेवणारी रचना फॉस्फेट कणा म्हणून ओळखली जाते; हा कणा नसता तर डी.एन.ए.ची दुहेरी साखळी रचना (डबल हेलिक्स) अस्ताव्यस्त झाली असती. ॲडिनोसाईन ट्राय फॉस्फेट (ए.टी.पी.) हे संयुग पेशींना ऊर्जा पुरवते. शरीरातील आयनांच्या वाहतूकीपासून प्रथिनांच्या निर्मितीपर्यंत सर्व कामांसाठी ऊर्जा पुरवण्याची, ए.टी.पी. मधील पी म्हणजेच फॉस्फेट महत्त्वाची भूमिका निभावतो. सस्तन प्राण्यांमध्ये हाडे प्रामुख्याने कॅल्शियम फॉस्फेटपासून बनलेली असतात, आणि दातांच्या इनॅमेलचाही फॉस्फरस हा एक घटक असतो.

कार्बन आणि नायट्रोजन या जीवनावश्यक घटकांपेक्षा फॉस्फरस वेगळा ठरतो कारण तो तुलनेने दुर्मिळ आहे. (ॲसिमोव्हने फॉस्फरसला जीवनाचा अरुंद मार्ग म्हटले होते.) वातावरणात फॉस्फरस जवळजवळ नाहीच. फॉस्फेटयुक्त खडक काही विशिष्ट भूगर्भीय प्रदेशातच मर्यादित प्रमाणात आढळतात. चीनकडे फॉस्फेटचे जगातील दुसऱ्या क्रमांकाचे साठे आहेत, पण ते मोरोक्कोच्या

साठ्यांच्या दहाव्या भागाएवढेही नाहीत. अल्जेरियाकडे फॉस्फेटचे जागतिक स्तरावर तिसऱ्या क्रमांकाचे साठे आहेत.

१९६०च्या दशकात जागतिक हरितक्रांतीच्या सुरुवातीनंतर जागतिक फॉस्फरस खतांचा वापर चारपट वाढला आहे. या वेगाच्या पार्श्वभूमीवर, साठे किती काळ पुरतील हा अजूनही वादाचा विषय बनला आहे. जगाची लोकसंख्या सातत्याने वाढत आहे. सध्या ती आठ अब्ज ओलांडून गेली असून, पुढील पंधरा वर्षांत ती नऊ अब्ज होण्याची शक्यता आहे. त्यामुळे अधिकाधिक लोकांना अन्न पुरवणे आवश्यक ठरेल. त्याच वेळी, उच्च प्रतीचे फॉस्फेट खडक संपत चालले असल्याने खतउत्पादन सुरळीत राखण्यासाठी अधिक खनिजावर प्रक्रिया करावी लागेल. काही शास्त्रज्ञांचे म्हणणे आहे की पीक (peak) फॉस्फरस (जेव्हा खनिजातून मिळणाऱ्या फॉस्फरसचे प्रमाण) आता कमी होण्यास सुरुवात होईल, आणि ते पुढच्या दशकातच येऊ शकते. तर काहींचे म्हणणे असे आहे की ही वेळ शतकानुशतकेसुद्धा लांबू शकते. ईगन यांना वाटते की फॉस्फरस तत्काळ संपणार नाही, पण अमेरिकेला विशेष धोका आहे असे त्यांचे म्हणणे आहे. अमेरिकेतील स्थानिक फॉस्फरसचे साठे संपत चालले आहेत आणि ते अगदी खूप जास्त नसल्यामुळे ते उरणारच नाहीत. (बहुतांश फॉस्फरस मध्य फ्लोरिडामध्ये सापडतो, जिथे खाणकामाला घरबांधणीशी स्पर्धा करावी लागते.) हे साठे पुढच्या तीस वर्षांत संपल्यास, अमेरिकेला आपली अन्नसुरक्षा टिकवण्यासाठी मोरोक्कोसारख्या देशांवर अवलंबून राहणार आहे.

हे मोरोक्कोसाठी मात्र फायदेशीर ठरू शकते. सन १९७५मध्ये स्पेनने जवळपास एक शतक राजवट चालवलेल्या पश्चिम सहारावर मोरोक्कोने ताबा घेतला. ईगन लिहितात की ही घुसखोरी व्यावसायिक कारणास्तव होती. मोरोक्कोला स्वतःचे विशाल फॉस्फरस स्रोत आहेत आणि त्यांना बाऊ क्रा खाणीने त्यांच्याशी स्पर्धा करू नये असे वाटत होते. मोरोक्कोच्या आक्रमकतेमुळे हजारो स्थानिक लोकांनी त्या प्रदेशातून पलायन केले; आणि त्यातील बहुतेक जण अल्जेरियामध्ये गेले, जिथे त्यांची पुढची पिढी आजही निर्वासित छावण्यांमध्ये राहते. नोव्हेंबर २०२०मध्ये, पश्चिम सहारासाठी लढणाऱ्या पोलीसारियो फ्रंटने संयुक्त राष्ट्रांनी घडवून आणलेली शस्त्रसंधी संपवली. एका महिन्यानंतर, अमेरिकेच्या तत्कालीन अध्यक्षांनी अधिकाराच्या शेवटच्या पर्वात मोरोक्कोचा त्या भागावर सार्वभौमत्वाचा दावा मान्य केला. या निर्णयावर आंतरराष्ट्रीय कायद्याचे उल्लंघन केल्याचा आरोप झाला, आणि अनेक अमेरिकन अधिकाऱ्यांनी नंतर आलेल्या राष्ट्राध्यक्षांना तो मागे घेण्याची विनंती केली. परंतु तो निर्णय बदललेला नाही.

१ सप्टेंबर २०१८ रोजी, फ्लोरिडामधील केप कोरल शहरात अब्राहम डुआर्टे नावाचा एक तरुण वेगात गाडी चालवताना पकडला गेला. पोलिसांना चुकवण्यासाठी तो गाडीतून उडी मारून पळून गेला. त्याच्या समोर अपार्टमेंट इमारती आणि त्याच्या पाठीमागे एक कालवा होता. डुआर्टे त्या इमारतीभोवती धावला आणि त्याने कालव्याच्या पाण्यात उडी मारली. पोलीस त्याच्यापर्यंत पोहोचले, तेव्हा त्याला पोहताही येत नव्हते. मदत करा! मी मरणार आहे! असा त्याचा आक्रोश होता. त्याला पकडायला आलेल्या पोलिसांपैकी एक पोलीस थोडा सहानुभूतीपूर्वक बोलला, तू त्या पाण्यातून बाहेर ये. खरेच सांगतो, ते पाणी तुला मारेल. डुआर्टे किनाऱ्यावर यायचा प्रयत्न करू लागला, पण तो ज्या हिरव्या कढयुक्त पाण्यात होता, ते इतके दाट होते की पाणी घन पदार्थासारखं वाटत होतं. त्याला उलट्या होऊ लागल्या. पोलिसांनी त्याला पाण्यातून बाहेर काढून अटक केली. डुआर्टेने अजाणतेपणी स्वतःला एका विषारी शैवाळी फुगवट्यात (algal bloom) झोकून दिले होते. केप कोरल पोलीस विभागाने जारी केलेल्या बॉडी-कॅम फूटेजमुळे ही घटना व्हायरल झाली. अनेक वृत्तवाहिन्यांनी क्राइम-फायटिंग स्लाइमवर विनोद केले. परंतु ईगन यांच्या The Devil's Element या पुस्तकात दिलेली ही कथा, त्यांच्या मते, केवळ एक विनोदी किस्सा नाही, तर ती एक सूचना आहे, एक इशारा आहे.

शेतात फॉस्फरस टाकल्यावर पीकउत्पन्न वाढते हे खरे तर आहे. परंतु, हाच फॉस्फरस तलाव, नद्या आणि कालव्यांमध्ये पोहोचतो, तेव्हाही तो वनस्पतींच्या वाढीचा वेग वाढवतो. तो त्याचा नैसर्गिक गुणधर्म आहे. दुर्दैवाने, पाण्यातील अशा परिस्थितीत ज्या जिवांची वाढ चांगली होते, ते असे जीव असतात ज्यांना कोणीही आपल्या आजूबाजूला बघू इच्छित नाहीत. त्यामुळे फॉस्फरसच्या समस्येला दोन पैलू आहेत- एकीकडे कमतरता आणि दुसरीकडे अतिरेक. ही विषारी शेवाळवाढ (toxic algae bloom) या प्रक्रियेत अतिशय सूक्ष्म प्रकाशसंश्लेषण करणारे जीव वेगाने वाढतात आणि नंतर अशी रसायने त्याच पाण्यात सोडतात की ज्यामुळे केवळ माणसाला फक्त मळमळतच नाही, तर त्याच्या मेंदू व यकृतालाही गंभीर आजार होऊ शकतो. जेव्हा ही शेवाळी मोठ्या प्रमाणावर मरतात, तेव्हा आणखी एक भयानक संकट उद्भवते. त्यांचे विघटन होते, पण ते होताना पाण्यातील प्राणवायू (ऑक्सिजन) शोषून

घेतला जातो आणि त्यामुळे पाण्यात मृत क्षेत्रे (डेड झोन) तयार होतात, जिथे जवळजवळ कोणताही सजीव टिकू शकत नाही.

फ्लोरिडामधील फॉस्फरस अतिरेकाच्या समस्येचे ठळक केंद्र म्हणजे लेक ओकीचोबी. हे सरोवर दरवर्षी सुमारे दोन दशलक्ष पाउंड फॉस्फरस घेते. जीवशास्त्रज्ञांच्या मते हे प्रमाण सुरक्षित मर्यादेपेक्षा दहा पट अधिक आहे आणि यातील बहुतांश फॉस्फरस शेतीमधून वाहून आलेल्या पाण्यामुळे (agricultural runoff) येतो. सन २०१८ च्या उन्हाळ्यात, ज्या सुमारास डुआर्टे यांनी या सरोवरात उडी मारली, त्या वेळी ओकीचोबी सरोवराच्या पृष्ठभागाच्या ९० टक्क्यांहून अधिक भागावर विषारी शेवाळाचा थर पसरलेला होता. या सरोवरातून कॅलुसाहॅची आणि सेंट लुसी नद्यांमार्फत सोडले गेलेले पाणी इतक्या लोकांना आजारी पाडू लागले की फ्लोरिडाचे गव्हर्नर रिक स्कॉट यांनी आपत्कालीन परिस्थिती जाहीर केली. त्या उन्हाळ्यात एगन यांनी कॅलुसाहॅची नदीतून नौकाविहार करण्याचा प्रयत्न केला, पण त्यांचे मार्गदर्शक, पर्यावरणतज्ज्ञ जॉन कस्सानी, हे म्हणाले की ही यात्रा अतिशय धोकादायक आहे, म्हणून त्यांनी नकार दिला. स्थिती पूर्णपणे गोंधळाची आहे, कॅसानी त्यांना म्हणाला. अगदी पूर्णपणे.

हानिकारक जलशैवाल फुगवटे (Harmful Algal Blooms - HAB) एरी सरोवरालादेखील त्रास देतात. बहुतेक वेळा या फुगवटे मच्छीमारी आणि पर्यटनात अडथळा निर्माण करतात. पाण्यात तरंगणारे दाट, दुर्गंधीयुक्त शैवाल पर्यटकांसाठी परत फिरायला भाग पाडते. पण सन २०१४मध्ये, काही विषारी घटक टोलीडो शहराच्या पाण्याच्या पुरवठ्यात शिरले. त्यानंतर शहर प्रशासनाला सुमारे चार लाख नागरिकांना पाणी पिऊ नका असा इशारा द्यावा लागला आणि ओहायोचे राज्यपाल जॉन कॅसिच यांनी परिस्थिती नियंत्रणात राहावी म्हणून नॅशनल गार्डला पाचारण केले.

एरी सरोवरातील समस्या उत्तर-पश्चिम ओहायोमधील मॉमी नदीच्या जलप्रणालीत पसरलेल्या घन प्राणी खाद्य पुरवण्याच्या कार्याशी (Concentrated Animal Feeding Operations) संबंधित आहेत. या केंद्रांमधील लाखो गायी व डुकरे फॉस्फरसयुक्त सोयाबीन व मका खाऊन जे शेण टाकतात, ते फॉस्फरसयुक्त असते. त्यातील बरेचसे शेण या केंद्रांमधून बाहेर पडते आणि पाण्यात मिसळते. ईगन यांच्या मते, मॉमी नदी आता इंजेक्शन सुईसारखे कार्य करते, जी दरवर्षी हजारो टन फॉस्फरस एरी सरोवराच्या पश्चिम भागात मिसळते. अलीकडेच HABs चा अनुभव घेतलेल्या इतर सरोवरांमध्ये सुपीरिअर सरोवर, शॅम्प्लेन सरोवर, टाहो सरोवर, विन्नेबॅगो सरोवर, आणि सेनेका सरोवर यांचा समावेश आहे. ईगन लिहितात की, खरे तर आज अमेरिकेमधील निळसर-हिरव्या शैवालांच्या प्रकोपांनी त्रस्त असलेल्या सरोवरांचा आणि नद्यांचा नकाशा पाहिला, तर तो अगदी अमेरिकेच्या नकाशासारखाच दिसतो. ही परिस्थिती फक्त अमेरिकेपुरतीच मर्यादित राहिलेली नाही. काही वर्षांपूर्वी स्टॅनफोर्ड आणि नासा येथील संशोधकांनी जगभरातील सुमारे सत्तर मोठ्या सरोवरांची तीन दशकांतील उपग्रह प्रतिमांद्वारे तपासणी केली, ज्यात बायकल सरोवर, निकाराग्वा सरोवर, आणि व्हिक्टोरिया सरोवर यांचा समावेश होता. त्यांनी असे आढळून आले की उन्हाळ्यातील शैवाल फुगवट्यांची तीव्रता दोन-तृतीयांश सरोवरांमध्ये वाढली आहे.

दरम्यान, समुद्रातील मृत क्षेत्रेदेखील (डेड झोन्स) वाढत चालली आहेत. दर उन्हाळ्यात मेक्सिकोच्या आखातात तयार होणारा मृत क्षेत्रांचा मोठा भागसुद्धा पोषकतत्त्वांच्या वापराच्या अतिप्रमाणामुळे तयार होतो. पोषकतत्त्वांच्या प्रमाणात वाढ अशीच होत राहिली आणि समुद्राचे तापमान वाढत गेले, तर समस्या आणखी गंभीर होईल असा धोक्याचा इशारा शास्त्रज्ञ देतात. (उबदार पाण्यात थंड पाण्यापेक्षा कमी प्रमाणात ऑक्सिजन असतो.) ब्रिटनमधील तिघा संशोधकांनी असा अंदाज व्यक्त केला आहे, की जर आपल्या पुढील पिढ्या निष्काळजी राहिल्या, तर मानवजातीमुळे जगभरातील सागरी मृतप्रदेश तयार होऊ शकतो. ब्राऊन विद्यापीठातील पर्यावरणशास्त्राचे प्राध्यापक स्टीफन पॉर्डर, त्यांच्या आगामी पुस्तक Elemental: How Five Elements Changed Earth's Past and Will Shape Our Future मध्ये लिहितात, की त्याचे परिणाम इतके भयानक असतील की आपण कल्पनाही करू शकणार नाही.

हानिकारक शैवालवाढ (Harmful Algal Blooms - HABs) ही समस्या संपूर्ण जगभरात वेगवेगळ्या ठिकाणी आढळते. ती वाढत्या प्रमाणात गंभीर होत चालली आहे, विशेषतः शेतीतील खते, सांडपाणी, हवामानबदल, आणि किनारपट्टी विकासामुळे. खाली अशा काही मुख्य प्रदेशांची यादी दिली आहे जिथे ही समस्या अधिक तीव्र आहे:

- मेक्सिकोचे आखात - करेनिया ब्रेवीस नावाच्या विषारी शैवालांमुळे रेड टाइड विशेषतः फ्लोरिडामध्ये आढळते.
- ग्रेट लेक्स - विशेषतः लेक एरीमध्ये मायक्रोसिस्टीस (Microcystis) नावाच्या निळ्या हरित शैवालाच्या

(सायनोबॅक्टेरिया) अनियंत्रित वाढीमुळे नुकसान होते.

* पॅसिफिक नॉर्थवेस्ट – स्युडो नित्झशिया (Pseudo-nitzschia) नावाच्या शैवालांमुळे डोमॉयिक ॲसिड तयार होते, ज्यामुळे ॲम्नेसिक शेलफिशना विषबाधा होते.
* कॅनडा : अटलांटिक किनारा व गोड्या पाण्याची सरोवरे – जसे लेक विनिपेग – येथे सायनोबॅक्टेरियांची अनियंत्रित वाढ होत आहे, ती कशी रोखायची ही मोठी समस्या आहे.
* बाल्टिक समुद्र – अती पोषकतत्त्वांमुळे (eutrophication) सायनोबॅक्टेरियाची वाढ वारंवार होते.
* उत्तर समुद्र व अटलांटिक किनारा – डिनोफायसिस (Dinophysis) आणि अलेक्झांड्रियम (Alexandrium) या शैवालांच्या प्रजातींमुळे शिंपल्यांमध्ये विषबाधा होते.
* भूमध्य समुद्र – डायनोफ्लाजलेट प्रकाराचे शैवाल वाढतात, जे मुख्यतः प्रदूषणाशी संबंधित असतात.
* चीन : ईस्ट चायना सी व यलो सीमध्ये नॉक्टोल्युकिया आणि करेनिया या शैवालांची अनियंत्रित प्रमाणात वाढ होत आहे.
* जपान : छट्टोनिला आणि हेटरोसिग्मा या एकपेशीय प्रकाशसंश्लेषण करणाऱ्या शैवाल प्रकारांमुळे मासेमारीवर मोठा परिणाम होतो.
* भारत : अरबी समुद्र आणि बंगालचा उपसागर – येथे ट्रायकोडेस्मियम आणि डायनोफ्लाजलेट्स यांचे प्रचंड प्रमाण आढळते.
* ऑस्ट्रेलिया : किनारपट्टीचे भाग (न्यू साउथ वेल्स, क्वीन्सलँड) – लिंगबिया आणि अलेक्झांड्रियम या शैवालांच्या प्रचंड वाढीचे हानिकारक स्फोटच झाले आहेत, असे म्हटले जाते.
* न्यूझीलंड : करेनिया आणि अलेक्झांड्रियम यांच्या अनियंत्रित वाढीमुळे शिंपल्यांमध्ये विषबाधा होण्याचा धोका.
* उत्तर आफ्रिका : भूमध्य किनारपट्टीवर काही ठिकाणी शैवालवाढीचे स्फोट आढळतात.
* पश्चिम आफ्रिका : गिनी करंट प्रदेशात मासे मरतात अशा घटना सतत नोंदल्या जात आहेत.
* दक्षिण आफ्रिका : बेंगुएला करंट भागात करेनिया आणि अलेक्झांड्रियम प्रकार सापडतात.
* चिली : विशेषतः दक्षिण चिली (पॅटगोनिया) येथे अलेक्झांड्रियम या प्रकारच्या शैवालांच्या अनियंत्रित वाढीमुळे मत्स्यपालनावर परिणाम होतो.
* ब्राझील : सागरी तटवर्ती भागात डायनोफ्लाजलेट्समुळे अधूनमधून विषारी स्फोट होत असतातण.

जगभर शैवालवाढीमागील मुख्य कारणे

* शेतीतून आणि सांडपाण्यातून पोषकतत्त्वांची वाढ (eutrophication)
* समुद्रातील तापमानवाढ (हवामानबदल)
* किनारपट्टीच्या भागांचा अती विकास
* बॅलास्ट वॉटरमधून विदेशी प्रजातींचा प्रसार

रिच अर्थ इन्स्टिट्यूट युरीन न्यूट्रिएंट रिक्लेमेशन प्रोग्राम चालवते. जसे प्राणी फॉस्फरस बाहेर टाकतात, तसेच माणसेही फॉस्फरसचे उत्सर्जन करतात. दरवर्षी अब्जावधी पाउंड फॉस्फरस माणसांच्या शरीरात जातो आणि त्यातील बहुतेक भाग प्रामुख्याने लघवीतून पुन्हा बाहेर पडतो. एका शास्त्रीय अंदाजानुसार आपण उत्सर्जित करणाऱ्या फॉस्फरसपैकी सुमारे साठ टक्के फॉस्फरस आपल्या लघवीतून बाहेर पडतो. रिच अर्थ इन्स्टिट्यूटने ब्रॅटलबोरो परिसरात स्वयंसेवकांचे एक जाळे उभे केले आहे, ते विविध ठिकाणी लघवी जमा करून देतात किंवा काही वेळा पैसे देऊन ती खरेदी केली जाते. पास्चरायझेशननंतर ही लघवी स्थानिक शेतकऱ्यांना खत म्हणून दिली जाते. मूत्र पुनर्चक्रांकनामुळे पारंपरिक खताची गरज कमी होते. (लघवीत फॉस्फरसबरोबरच मोठ्या प्रमाणावर नायट्रोजन व पोटॅशियमही असते.) याच वेळी, हे पोषकतत्त्व सांडपाणी व्यवस्थेत जाण्याऐवजी शेतात गेल्यामुळे जलस्रोतांपासून दूर ठेवले जाते. त्यामुळे विशेषतः व्हरमाँटच्या नद्या फॉस्फेटमुक्त राहतात. लघवीतील पोषकतत्त्वांच्या बाबतीत 'कोठेही नाही' असे काही नसते, आपण ती कुठे तरी टाकत असतो. तर आपण त्याचा उपयुक्त उपयोग करण्याची व्यवस्था करू शकतो, नाहीतर ती सरोवरात जाऊन अशाच समस्या निर्माण करतात. रिच अर्थ इन्स्टिट्यूट दरवर्षी सुमारे बारा हजार गॅलन मूत्रावर प्रक्रिया करते. ही मात्रा मोठी वाटली तरी जागतिक चित्रात ती फारच थोडी आहे. न्यू यॉर्क शहरातले लोक दरवर्षी सुमारे एक अब्ज गॅलन मूत्र विसर्जित करतात; तर शांघायमधील लोकांचा आकडा तीन अब्ज गॅलन आहे. या उपक्रमाचे व्यावसायिकीकरण हा मोठाच प्रश्न आहे.

'द डेव्हिल्स एलिमेंट' या पुस्तकाच्या शेवटच्या प्रकरणात, लेखक ईगन फॉस्फरसच्या समस्येच्या दोन्ही बाजूंनी सामोरे जाण्याचे मार्ग शोधतात. रीसायकलिंग

(मूत्राचा पुनर्वापर) याला शास्त्रीय मान्यता दिली आहे, तसेच सांडपाण्यापासून फॉस्फरस वेगळा करण्याच्या तंत्रज्ञानालाही. ईगन यांचे मत आहे की शेणखतामधील पोषकतत्त्वांचाही अधिक कार्यक्षम वापर केला जाऊ शकतो; यामुळे तलाव आणि नद्यांमध्ये जाणाऱ्या फॉस्फरसचे प्रमाण कमी होईल, आणि त्याऐवजी ती खते पिकांसाठी वापरता येतील. शेणखताचे चांगल्या पद्धतीने व्यवस्थापन केल्यास त्याचे फायदे प्रचंड असू शकतात.

ईगन यांनी युनिव्हर्सिटी ऑफ मोंटानाच्या जीवशास्त्राचे प्राध्यापक आणि सस्टेनेबल फॉस्फरस अलायन्स या संस्थेचे संचालक जिम एल्सर यांच्याशी चर्चा केली. एल्सर सांगतात की जागतिक स्तरावर गाई, डुकरे, आणि कोंबड्या वर्षाकाठी सुमारे चार अब्ज टन शेण किंवा विष्ठा निर्माण करतात, जर पृथ्वीवरील सर्व शेणखताचा, योग्यरीत्या पुनर्वापर केला, तर फॉस्फरसच्या खाणीतून मिळणाऱ्या गरजेपैकी निम्मी गरज पूर्ण होऊ शकते. अर्थात, हे सर्वोत्कृष्ट उपाय असले, तरीदेखील समस्येचे केवळ अर्धवटच निराकरण होईल. एल्सर यांनी एक पुस्तक लिहिले आहे – फॉस्फरस : पास्ट अँड फ्युचर – जे त्यांनी ब्रिटिश मृदाशास्त्रज्ञ फिल हेगार्थ यांच्यासोबत लिहिले आहे. हे दोघे फॉस्फोगेडन हा शब्द तयार करतात – म्हणजे वाढणारी मृत क्षेत्रे (dead zones) आणि संपूर्ण महासागरांमध्ये ऑक्सिजनच्या अभावाचा धोका. त्यांच्या मते, या समस्येवर संपूर्ण उपाय करण्यासाठी केवळ पोषणतत्त्वांचे पुनर्चक्रण पुरेसे नाही, तर जागतिक कृषी पद्धतींमध्ये मुळापासून बदल करण्याची आवश्यकता आहे.

हरितक्रांतीत वापरल्या गेलेल्या पिकांच्या जातींना अधिक प्रमाणात खतांची आवश्यकता असते; त्याऐवजी कमी फॉस्फरस वापरणाऱ्या नवीन जाती तयार करता येऊ शकतात. अमेरिकेत सुमारे दहा टक्के खत हे अशा मक्याच्या लागवडीसाठी वापरले जाते, ज्याच्यापासून जैवइंधन मिळवले जाते. पण, कार्बन डायऑक्साइडच्या संदर्भात पाहिले, तर मक्यापासून मिळणाऱ्या जैवइंधनापेक्षा गॅसोलीन अधिक चांगले ठरते. त्यामुळे हे जैवइंधन बंद केल्यास हवामान आणि पाण्याचे स्रोत दोघांनाही फायदा होईल. आंतरराष्ट्रीय स्तरावर, सुमारे एकतृतीयांश अन्न वाया जाते, आणि एकट्या अमेरिकेत हा आकडा ४० टक्क्यांपर्यंत पोचतो. भारतातदेखील हा आकडा बराच मोठा आहे. अन्न कमी वाया गेल्यास फॉस्फरसची गरजही तेवढ्याच प्रमाणात कमी होईल.

या समस्येवर मात करण्यासाठी कोणताही एकच उपाय उपयोगी पडणार नाही, आपल्याला अनेक उपायांच्या समन्वयातून 'शॉटगन' हल्ला करावा लागेल. परंतु असा हल्ला वेळेत साधणे शक्य आहे का? पाण्याच्या गुणवत्तेवर आणि फॉस्फरसच्या व्यवस्थापनावर काम करणाऱ्या अनेकांना असे वाटते की 'फॉस्फोगेडन'कडेच आपण वाटचाल करत आहोत – आणि तिथेच पोहोचणार आहोत. कदाचित आम्ही तरून जाऊ, पण आमच्या मुलांना आणि नातवंडांना या परिणामांना सामोरे जावे लागेल. हंबोल्ट यांनी पक्ष्यांच्या विष्ठेचे पोते युरोपात आणले, तेव्हा त्यांना निश्चितच कल्पना नव्हती की पुढे ग्वानो बेटांचा विनाश होईल, बाऊ क्रा बॅल्टचे शोषण होईल, पश्चिम सहारामधील युद्ध, मृत समुद्री क्षेत्रे, आणि अखेरीस 'फॉस्फोगेडन' हे घडणार आहे. हेच नवकल्पनांचे संकट आहे. अल्पकालीन उपाय अनेकदा दीर्घकालीन समस्या निर्माण करतात. पण, या समस्या स्पष्ट होईपर्यंत, मार्ग बदलायला उशीर झालेला असतो. या अर्थाने, फॉस्फरसची जागतिक समस्या ही कार्बन डायऑक्साइड, प्लास्टिक, भूगर्भजल, मातीची धूप, आणि नायट्रोजन समस्यांसारखीच आहे. ही समस्यादेखील मानवजातीचा सध्याचा मार्ग संकटाकडे घेऊन जात आहे, पण आजतागायत कोणीही ती समस्या सोडवण्यासाठी योग्य मार्ग शोधलेला नाही.

संदर्भ

एलिमेंटल नीड या शीर्षकाने ६ मार्च २०२३ च्या The New Yorker च्या मुद्रित आवृत्तीत हा मूळ लेख प्रकाशित झाला होता.

– शरद काळे
sharadkale@gmail.com

ग्रंथाली

अभिजात साहित्याचे अक्षरश्वि!

राजीव श्रीखंडे

मूल्य ३५० रुपये । सवलतीत २०० रुपये
टपालखर्च ५० रु.

कुसुमसुत

निष्क्रिय वायूंच्या विश्वात - ऑरगॉन

तो आळशी आहे, तरीसुद्धा तो मेहनती आहे! तो रंगहीन आहे, पण तो रंगबिरंगीदेखील आहे! तो आहे ऑरगॉन नावाचा निष्क्रिय पण अतिशय उपयोगी वायू!

ऑरगॉन या वायूचे नाव ग्रीक शब्द ऑरगॉस (argos) वरून आले आहे, त्याचा अर्थ आहे आळशी. आणि खरोखरच, शोध लागल्यानंतर तब्बल शंभर वर्षांहून अधिक काळ रसायनशास्त्रज्ञांनी कितीही प्रयत्न केले तरी ऑरगॉन इतर कोणत्याही मूलद्रव्याशी संयोग पावत नव्हता किंवा कसलीही क्रियाशीलता दर्शवत नव्हता. परंतु सन २०००मध्ये हेलसिंकी विद्यापीठातील मार्कू रॅसॅनन यांच्या नेतृत्वाखालील शास्त्रज्ञांनी पहिल्यांदाच ऑरगॉन फ्लुओरोहायड्राइड हे संयुग तयार केले. त्यांनी हे संयुग −२६५°C तापमानावर ऑरगॉन आणि हायड्रोजन फ्लुओराईड यांचे मिश्रण सीझियम आयोडाईडच्या पृष्ठभागावर द्रवीभूत करून, त्यावर अतिनील (UV) प्रकाश टाकून तयार केले. पण जेव्हा तापमान −२४६°Cच्या वर नेले गेले, तेव्हा हे संयुग विघटित होऊन पुन्हा मूळ ऑरगॉन आणि हायड्रोजन फ्लुओराईडमध्ये रूपांतरित झाले. आजतागायत हा अपवाद वगळता इतर कोणत्याही रासायनिक प्रक्रियेत ऑरगॉनने भाग घेतलेला नाही, हे खरोखरीच एक आळशी मूलद्रव्य आहे!

पृथ्वीच्या वातावरणात ५० ट्रिलियन टन ऑरगॉन फिरत आहे, आणि हे अब्जावधी वर्षांच्या काळात हळूहळू तयार झाले आहे. यातील जवळपास सगळा ऑरगॉन किरणोत्सारी समस्थानिक पोटॅशियम-४० च्या विघटनातून निर्माण झालेला आहे. पोटॅशियम-४० या समस्थानिकाचा अर्धायुष्यकाल १२.७ अब्ज वर्षे आहे. पृथ्वीच्या निर्मितीनंतर ऑरगॉनचे प्रमाण हळूहळू वाढत गेले आहे, कारण किरणोत्सर्गी पोटॅशियम-४०च्या विघटनातून ऑरगॉन तयार होतो. ऑरगॉन व्यापारी स्तरावर द्रव वायूंच्या उर्ध्वपातन प्रक्रियेद्वारे मिळवला जातो. पृथ्वीच्या वातावरणातील प्रमुख घटक नायट्रोजन आणि ऑक्सिजन यांच्यानंतर ऑरगॉनचाच क्रमांक लागतो. त्याचे वातावरणातील प्रमाण ०.९३ टक्के आहे. असे असले तरी त्याचा शोध मात्र सन १८९४पर्यंत लागला नव्हता. भौतिकशास्त्रज्ञ लॉर्ड रायले आणि रसायनशास्त्रज्ञ डॉ. विल्यम रॅम्से यांनी ऑरगॉनचा प्रथम शोध लावला.

खरं तर, ऑरगॉन पहिल्यांदा सन १७८५ साली दक्षिण लंडनमधील क्लॅपहॅम येथे हेन्री कॅव्हेंडिश यांनी वेगळा केला होता. त्यांनी हवेमधून विद्युत्स्फोटक (इलेक्ट्रिक स्पार्क) सोडले आणि तयार होणारे वायू शोषले. पण १ टक्का वायू असा उरला जो कोणत्याही क्रियेत भाग घेत नव्हता. तेव्हा त्यांना हे नवीन वायू मूलद्रव्य असल्याचे समजले नव्हते.

लॉर्ड रायले आणि सर विल्यम रॅम्से यांच्याकडून ऑरगॉनचा शोध लागण्याची गोष्ट मनोरंजक तर आहेच, पण संशोधक्षेत्रात येऊ पाहणाऱ्या नवीन विद्यार्थ्यांना प्रेरणादायकदेखील आहे. डॉ. रायले यांनी त्यांच्या संशोधनातून निरीक्षण नोंदवले की हवेतील नायट्रोजनची घनता अमोनियाचे विघटन करून मिळणाऱ्या नायट्रोजनपेक्षा जास्त आहे. हा फरक सूक्ष्म असला तरी निश्चितपणे दिसत होता. एकाच पदार्थाच्या दोन वेगवेगळ्या घनता असण्याचे काय कारण असावे? यावर डॉ. रॅम्से यांनी डॉ. रायले यांना सुचवले की त्यांनी हवेतून मिळणाऱ्या नायट्रोजनमध्ये काही जड वायू मिसळला आहे का याचा शोध घ्यावा, किंवा अमोनियातून मिळणाऱ्या नायट्रोजनमध्ये हलका वायू मिसळला आहे का ह्याचा शोध घ्यावा. या दोन्हीपैकी काहीही असले तरी मग दोन वेगवेगळ्या उद्गमांमधून

मिळालेल्या एकाच पदार्थाच्या वेगवेगळ्या घनतेतील फरक समजावून सांगता येईल. डॉ. सर विल्यम रॅम्से यांनी त्यांच्या नमुन्यातील सगळा नायट्रोजन गरम मॅग्नेशियमवरून पुन्हा पुन्हा फिरवला, कारण नायट्रोजन मॅग्नेशियमशी अभिक्रिया करून मॅग्नेशियम नायट्राइड बनवतो. सर्व नायट्रोजन संपल्यावरही सुरुवातीला घेतलेल्या वायूपैकी सुमारे १ टक्का वायू उरला. त्याच्या विविध चाचण्या घेतल्या, त्यात हा उरलेला वायू कोणत्याही प्रकारे क्रियाशीलता दर्शवत नव्हता. त्याची घनता नायट्रोजनपेक्षा जास्त होती. त्याच्या अणूंच्या वर्णपटात नवीन लाल आणि हिरव्या रेषा आढळल्या, यावरून हे नवीन मूलद्रव्य असल्याचे सिद्ध झाले. प्रत्यक्षात त्यात इतर काही निष्क्रिय वायूंचे थोडेफार प्रमाण होते.

सन १९०४ मध्ये भौतिकशास्त्रातील नोबेल पारितोषिक लॉर्ड रायले, जॉन विल्यम स्ट्रट आणि बेरोन रायले यांना ऑरगॉन वायूच्या शोधासाठी दिले. त्यांनी हवेतून हा नवीन वायू अलग करण्यात आणि त्याचे गुणधर्म समजावून सांगण्यात महत्त्वपूर्ण कामगिरी केली. त्याच वर्षी म्हणजे सन १९०४मध्ये रसायनशास्त्रातील नोबेल पारितोषिक सर विल्यम रॅम्से यांना त्यांच्या उदासीन किंवा निष्क्रिय (इनर्ट गॅसेस) वायूंच्या शोधासाठी हे जाहीर झाले होते. त्यांच्या संशोधनातून हीलियम, निऑन, ऑरगॉन, क्रिप्टॉन, झेनॉन आणि रेडॉन हे वायू पृथ्वीच्या वातावरणात शोधले गेले आणि त्यांच्या विशिष्ट रासायनिक गुणधर्मांचा शोध लागला. लॉर्ड रायले व सर विल्यम रॅम्से यांच्या संशोधनामुळे वायूंच्या रचनेबद्दल आणि वातावरणातील अदृश्य वायू मूलद्रव्यांची मूलभूत माहिती मिळाली.

ऑरगॉनचा जास्तीत जास्त वापर स्टील तयार करताना होतो. वितळलेल्या लोखंडात ऑक्सिजनसह तो जोरानेम मिसळला जातो. ऑरगॉन ढवळण्याचे काम करतो आणि ऑक्सिजन कार्बनला कार्बनडायऑक्साइडच्या स्वरूपात काढून टाकतो. गरम धातूंच्या ऑक्सिडीकरणापासून बचाव करायचा असेल, जसे की ॲल्युमिनियम वेल्डिंग किंवा टायटॅनियम तयार करताना, तेव्हा हवेमधून ऑरगॉनचा वापर केला जातो. ॲल्युमिनियम वेल्डिंगमध्ये विद्युत प्रत्यंचेसाठी (इलेक्ट्रिक आर्क) दर मिनिटाला १०-२० लिटर ऑरगॉन वापरला जातो. अणुऊर्जेच्या इंधन घटकांचे शुद्धीकरण आणि पुनर्प्रक्रियेदरम्यान त्यांना ऑरगॉनचा वातावरणात ठेवले जाते.

अतिसूक्ष्म धातू पावडर तयार करण्यासाठी वितळलेल्या धातूच्या प्रवाहावर द्रवरूप ऑरगॉनचा प्रवाह सोडला जातो.

काही स्मेल्टरमध्ये विषारी धातूंचा धूर वातावरणात जाण्यापासून थांबवण्यासाठी ऑरगॉनचा प्लाझ्मा टॉर्च वापरली जाते. यात ऑरगॉनच्या अणूंना विद्युत प्रत्यंचेद्वारे १०,०००^{0}C तापमान मिळते आणि त्या तापमानातून जाणारे विषारी धूलिकण वितळून लोखंडी गोळ्यांमध्ये बदलतात.

ऑरगॉनला कोणतीही ज्ञात जैविक भूमिका नाही. पण आरोग्यक्षेत्रात ऑरगॉनचा मोठ्या प्रमाणावर उपयोग केला जातो. ऑरगॉन लेसरचा उपयोग डोळ्यांच्या रेटिनाचा तुटलेला भाग जोडण्यासाठी आणि मधुमेहींसाठी रेटिनल फोटोथेरपीमध्ये केला जातो. तसेच, रक्तवाहिन्या जोडण्यासाठी आणि रक्तातील गाठी नष्ट करण्यासाठी शस्त्रक्रियेतही ऑरगॉन लेसरचा वापर केला जातो. ऑरगॉन लेसर प्रणालीचा उपयोग मुख्यतः वैद्यकीय क्षेत्रात केला जातो, कारण ती अत्यंत अचूकतेने विशिष्ट भागांवर उपचार करू शकते. मूत्रपिंडांच्या गाठीच्या उपचारासाठी क्रायोनिडल्स वापरल्या जातात आणि या प्रक्रियेमध्ये ऑरगॉन क्रायोसर्जरीचा भाग म्हणून त्या थंड केल्या जातात. याचा अर्थ असा की आजारी किंवा विकृत पेशी थंड करून नष्ट केल्या किंवा काढून टाकल्या जातात. तसेच, हृदयाच्या ठोक्यांच्या लयीत बदल (हृदयाच्या ठोक्यांचा असामान्य क्रम) यांसारख्या समस्यांच्या उपचारासाठीही ऑरगॉनचा वापर केला जातो.

त्याच्या निष्क्रियतेमुळे ऑरगॉनचा वापर अन्न व पेय उद्योगात केला जातो. पेयांमध्ये, ऑरगॉन वाइनच्या पिंपात टाकले जाते जेणेकरून तेथील हवेचे अंश बाहेर टाकता येतील. ऑरगॉन हवेपेक्षा अधिक जड असल्यामुळे ते वाईनद्रवाच्या वर स्थिरावते. त्यामुळे वाईन आंबट होणे किंवा तिचे ऑक्सिडेशन होणे टाळता येते. हेच तत्त्व बार आणि रेस्टॉरंटमधील उघड्या वाईनच्या बाटल्यांसाठी आणि इतर द्रवांच्या बाटल्यांसाठी लागू होते.

वेल्डिंगच्या उद्योगामध्ये या मूलद्रव्याचा वापर पुढील चित्रात दर्शवला आहे. ऑरगॉन एक निष्क्रिय वातावरण प्रदान करते, ज्यामध्ये वेल्ड केलेल्या धातूचे ऑक्सिडीकरण होत नाही.

ऑरगॉन वायू हा रंगहीन, गंधहीन आहे, तो इतर पदार्थांप्रती रासायनिक दृष्ट्या पूर्णपणे निष्क्रिय असतो.

ऑरगॉनचा वापर जिथे निष्क्रिय वातावरणाची गरज असते तिथे केला जातो. टायटॅनियम आणि इतर प्रतिक्रियाशील मूलद्रव्यांच्या उत्पादनासाठी अशाच प्रकारे त्याचा उपयोग केला जातो. तसेच, पारंपरिक दिव्यांमध्ये (इन्कँडेसंट बल्ब) फिलामेंटची ऑक्सिजनमुळे होणारी झीज रोखण्यासाठी ऑरगॉनचा वापर केला जातो.

ऑरगॉनचा वापर फ्लुरेसंट ट्यूब आणि कमी ऊर्जेच्या

बल्बांमध्ये केला जातो. कमी ऊर्जेच्या बल्बमध्ये सामान्यतः ऑरगॉन वायू आणि पारा वापरतात. बल्ब सुरू केल्यावर वायूमधून विद्युतप्रवाह जातो, त्यामुळे अतिनील (अल्ट्राव्हायोलेट) प्रकाश तयार होतो. बल्बच्या आतील पृष्ठभागावरील लेप या अतिनील प्रकाशामुळे सक्रिय होतो आणि बल्ब उजळून झगमगू लागतो.

डबल ग्लेझिंग असलेल्या खिडक्यांमध्ये, दोन काचांच्या दरम्यानची जागा ऑरगॉनने भरली जाते. लक्झरी कारच्या टायरमध्येदेखील ऑरगॉन भरला जातो, त्यामुळे रबराचे संरक्षण होते आणि वाहने वेगात असताना टायरचा रस्त्यावरील आवाजही कमी होतो. त्यामुळे रस्त्यांवरील ध्वनिप्रदूषणास आळा घालता येतो.

ऑरगॉन या वायूचा अंतराळविज्ञानात काही विशिष्ट उपयोग आहेत. काही अंतराळयानांमध्ये आयॉन थ्रस्टर वापरले जातात, जे अत्यंत कार्यक्षम प्रोपल्शन प्रणाली आहेत. यामध्ये सामान्यतः झिनॉन वापरतात, पण त्याचा खर्च जास्त असल्याने काही प्रकल्पांमध्ये ऑरगॉन हा स्वस्त पर्याय म्हणून वापरण्याचा विचार केला जातो. याचे उदाहरण म्हणजे स्पेसएक्सने (SpaceX) विकसित केलेल्या काही आयॉन थ्रस्टर डिझाइन्समध्ये ऑरगॉनवर प्रयोग केले आहेत. अंतराळात वापरल्या जाणाऱ्या काही अत्याधुनिक इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांच्या उत्पादनप्रक्रियेत किंवा पॅकेजिंगमध्ये ऑरगॉन वापरला जातो. ऑरगॉन निष्क्रिय वायू असल्यामुळे तो उपकरणांना ऑक्सिडेशन आणि दूषित पदार्थांपासून संरक्षण देतो. अंतराळ वेधशाळा किंवा दुर्बिणीत वापरल्या जाणाऱ्या विशिष्ट प्रकारची भिंगे किंवा उपकरणांच्या निर्मितीत ऑरगॉन वापरला जातो, कारण त्याचा वातावरणीय परिणाम कमी असतो आणि तो स्वच्छ वातावरण तयार करतो. ग्रह, उल्का किंवा इतर पदार्थांच्या रासायनिक संरचनेचा अभ्यास करण्यासाठी स्पेक्ट्रोस्कोपी तंत्र वापरतात, तेव्हा काही प्रयोगांमध्ये ऑरगॉन वापरला जातो, कारण तो स्पेक्ट्रममध्ये निष्क्रिय भूमिका बजावतो आणि पार्श्वभूमी संकेतांमध्ये व्यत्यय आणत नाही. थोडक्यात सांगायचे झाले तर अंतराळ विज्ञानात ऑरगॉनचे निश्चितच महत्त्वाचे स्थान आहे. त्याची कारणे अशी सांगता येतील -

निष्क्रिय वायू - कोणत्याही रासायनिक प्रतिक्रियेत सहभागी होत नाही.

स्वस्त आणि सहज उपलब्धता - झेनॉन किंवा क्रिप्टॉनपेक्षा स्वस्त.

संरक्षणात्मक वातावरण निर्माण करतो - उपकरणांची सुरक्षितता वाढवतो.

ऑरगॉनचा मुख्य उपयोग अंतराळयानांच्या प्रोपल्शन सिस्टममध्ये पर्यायी इंधन म्हणून, उपकरणांच्या संरक्षणासाठी, तसेच विश्लेषण व निरीक्षणाच्या प्रक्रियेत होतो. झेनॉन आणि इतर वायू जास्त लोकप्रिय असले तरी, ऑरगॉन ही एक आर्थिकदृष्ट्या व्यवहार्य निवड आहे आणि त्यावर पुढील संशोधन व प्रयोग चालू आहेत.

शून्य गुरुत्वाकर्षणाच्या अंतराळात आणि प्रचंड वादळी आकाशात, प्रत्येक विमान किंवा अंतराळयानातील घटक अतिशय अचूकतेने काम करणे अत्यावश्यक असते. यासाठी ऑरगॉन वायूसारखा साधा वाटणारा घटक अवकाश-उद्योगात एक अदृश्य नायक ठरला आहे. हा निष्क्रिय पण उत्कृष्ट वायू पूर्वी दुर्लक्षित होता, पण आता गुरुत्वाकर्षणावर मात करणाऱ्या आणि अंतराळात झेपावणाऱ्या यानांच्या निर्मितीत याची अत्यंत महत्त्वाची भूमिका आहे. ऑरगॉनचे वैशिष्ट्यपूर्ण गुणधर्म अवकाश क्षेत्रात क्रांती घडवतात. हा निष्क्रिय (इनर्ट) वायू कोणत्याही इतर घटकाशी अभिक्रिया करत नाही, त्यामुळे तो प्रदूषण टाळण्यासाठी संरक्षण कवच निर्माण करतो. ही रासायनिक अलिप्तता हा दोष नसून ऑरगॉनची खरी ताकद आहे. अवकाश तंत्रज्ञानाच्या अचूकतेवर आधारित जगात, जिथे एका छोट्याशा प्रदूषकामुळे गंभीर परिणाम होऊ शकतात, तिथे ऑरगॉनचा निष्क्रिय गुणधर्म अमूल्य ठरतो.

टायटॅनियमसारख्या क्रियाशील धातूमध्ये किंवा ॲल्युमिनियमसारख्या संवेदनशील धातूंना एकत्र वेल्ड करताना ऑरगॉनशिवाय हा प्रयत्न ऑक्सिडेशन आणि दूषितता टाळण्यासाठी हरलेली लढाई ठरते. ऑरगॉन वेल्डिंगच्या ठिकाणी संरक्षणाचे कवच तयार होते, त्यामुळे अवकाश अभियंते अशक्य वाटणाऱ्या धातूंना एकत्र जोडू शकतात. परिणामी तयार होणारे घटक अधिक मजबूत, हलके आणि विश्वासार्ह असतात, आणि ते उड्डाणाच्या खडतर परिस्थितीत टिकू शकतात. अवकाश उपकरणांची उष्णताप्रक्रिया म्हणजे तापमान आणि रसायनांचे अत्यंत नाजूक संतुलन असते. यामध्ये ऑक्सिजन आला, तर गंभीर समस्या उद्भवतात. इथे ऑरगॉन मदतीला येतो. तो ऑक्सिजन दूर करतो आणि भट्टीत निष्क्रिय वातावरण तयार करतो. त्यामुळे आवश्यक त्या घटकांचे भौतिक गुणधर्म अत्यंत अचूकपणे नियंत्रित करता येतात, जेणेकरून ते उड्डाणाच्या दडपणाला, उच्च उंचीवरच्या थंडीला आणि पुन्हा वातावरणात प्रवेश करताना होणाऱ्या प्रचंड उष्णतेला सहज तोंड देऊ शकतात.

थ्रीडी प्रिंटिंगमुळे अवकाशक्षेत्रातील निर्मितीत क्रांती घडते आहे आणि या क्षेत्रातही ऑरगॉनचा मोठा वाटा आहे. सिलेक्टिव्ह लेसर मेल्टिंगसारख्या प्रक्रियांमध्ये

ऑरगॉन ऑक्सिजनमुक्त वातावरण निर्माण करतो, ज्यामुळे निर्दोष धातूचे भाग तयार करता येतात. उच्च-शुद्धतेच्या ऑरगॉनमुळे अवकाश उत्पादक डिझाईनच्या मर्यादा ओलांडू शकतात आणि एकेकाळी अशक्य वाटणाऱ्या अत्यंत गुंतागुंतीच्या रचनाही तयार करता येतात.

अवकाशक्षेत्रात अपयशाला जागा नाही, त्यामुळे काटेकोर गुणवत्ता तपासणी अनिवार्य आहे. ऑरगॉनची भूमिका इथेही महत्त्वाची ठरते, तो गळतीशोधक (लीक डिटेक्शन) प्रणालीत मागोवा दूत (ट्रेसर गॅस) म्हणून वापरला जातो. त्याच्या निष्क्रिय आणि वैशिष्ट्यपूर्ण गुणधर्मांमुळे अगदी सूक्ष्म गळती किंवा सीलमधील दोषही सहज ओळखता येतात. याने ध्वनीपेक्षा अधिक वेगाने वातावरणात झेपावतात, तेव्हा ऑरगॉन हा मागोवादूत गुणवत्ता नियंत्रण पथकात असल्याचा फायदा निश्चितच होतो.

ऑरगॉनमुळे अवकाशउद्योगात सुरक्षा वाढते, परंतु त्याचा वापर दक्षतेने करणे गरजेचे आहे. हा वायू श्वसनास घातक (स्फिक्सिएंट) आहे, कारण तो बंदिस्त जागेत ऑक्सिजनचा स्तर कमी करू शकतो.

जसजशी अवकाश तंत्रज्ञानाची क्षितिजे विस्तारत आहेत, तसतसे ऑरगॉनचे कार्यक्षेत्रही विस्तारत आहे. अतिवेगवान उड्डाणासाठी नवीन धातूंची निर्मिती असो किंवा मंगळावर जाणाऱ्या यानांचे बांधकाम असो, ऑरगॉन मानवी उड्डाणाच्या पुढील महत्त्वाच्या टप्प्यातदेखील प्रमुख भूमिका बजावणार आहे.

ऑरगॉनच्या उपयोगांची व्याप्ती खूप मोठी आहे. पुढील यादीमध्ये या 'निष्क्रिय' वायूचे काही महत्त्वाचे उपयोग दिले आहेत -

सिनेमॅटोग्राफीमध्ये वाहक वायू म्हणून ऑरगॉनचा वापर केला जातो.

स्फटिक (क्रिस्टल) तयार करण्यासाठी किंवा द्राक्षशेतीसारख्या (viniculture) प्रक्रियांमध्ये ऑरगॉन संरक्षक वातावरण तयार करतो.

हा निष्क्रिय वायू क्रायोसर्जरी (शस्त्रक्रियेतील थंड आणि सूक्ष्म वातावरणात शल्यचिकित्सा), शीतकरण, आग विझवणारी उपकरणे, स्पेक्ट्रोस्कोपी आणि एअरबॅग फुगवण्यामध्ये वापरला जातो.

द्रव स्वरूपातील ऑरगॉनचा वापर न्युट्रिनो प्रयोगांसाठी व थेट डार्क मॅटरच्या शोधात केला जातो.

ऑरगॉनचा वापर फ्लुरोसंट दिव्यांच्या स्टार्टरमध्येही केला जातो.

ऑरगॉन आयन लेझरचा उपयोग फॉरेन्सिक वैद्यकशास्त्र, उच्च-गती छपाई, होलोग्राफी, मनोरंजनासाठी लेझर शो आणि सूक्ष्मदर्शक विज्ञान (microscopy) यामध्ये केला जातो.

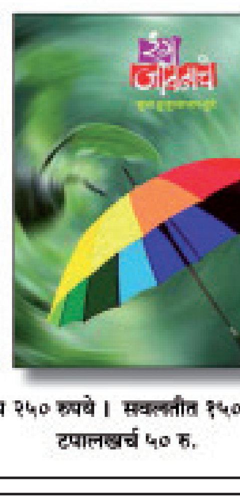
रासायनिकदृष्ट्या अत्यंत निष्क्रिय असलेल्या या वायूचा उपयोग अशा रितीने अनेक ठिकाणी होतो. अतिशय आळशी असणारी माणसे त्यांच्या आवडीनुसार काही ठिकाणी खूप मनापासून काम करतात, तसाच हा प्रकार म्हटला पाहिजे. ऑरगॉन असलेल्या झगमगाटी फलकांमध्ये निळसर प्रकाश येतो आणि त्यात जर थोडीशी पाऱ्याची वाफ मिसळली तर ते मिश्रण तेजस्वी निळसर प्रकाश देते. दुहेरी काचेमध्ये (Double Glazing) दोन काचांच्या थरांमधील जागेत फक्त हवा न ठेवता ऑरगॉन वायू सोडला तर उष्णता बाहेर जाऊ शकत नाही, कारण ऑरगॉनचा उष्णतावहन गुणांक हवेच्या (२६ mW/mK) उष्णतावहन गुणांकापेक्षा कमी म्हणजेच १७.७२ mW/mK असतो. याच कारणामुळे डायव्हिंग सूट फुगवण्यासाठीही ऑरगॉन वापरतात. जुने दस्तऐवज किंवा ऑक्सिडेशनसाठी संवेदनशील गोष्टी (तैलचित्रे, हस्तलिखिते) ऑरगॉनच्या वातावरणात सुरक्षित ठेवता येतात. निळ्या ऑरगॉनचा लेझरचा उपयोग शस्त्रक्रियेत धमनी जोडण्यासाठी, ट्युमर नष्ट करण्यासाठी आणि डोळ्यांचे दोष दुरुस्त करण्यासाठी होतो.

आळशीपणाही काही वेळा उपयोगी ठरतो, याचे उत्तम उदाहरण म्हणजे ऑरगॉन वायू हे आहे. त्याचे उच्च तंत्रज्ञानातील उपयोग हे दुहेरी काचेमधून, लेझर डोळ्यांच्या शस्त्रक्रियेतून, किंवा तुमचे नाव सुंदर छटांच्या प्रकाशात झळकवण्यात दिसून येतात निष्क्रियताच ही त्याची खरी ताकद आहे!

ग्रंथाली

रंग जीवनाचे

सुधा हुजूरबाजार-तुंबे



मूल्य २५० रुपये । सवलतीत १५० रुपये
टपालखर्च ५० रु.

आनंद घैसास

कृष्णविवरांचे महामीलन?

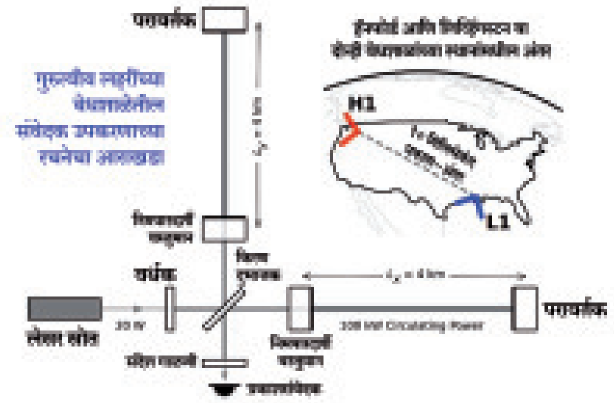
लुईझियानाच्या जंगलात लपलेल्या एका वेधशाळेला अलीकडेच कृष्णविवरांचे विलीनीकरण झालेले आढळले. हा शोध 'लेसर इंटरफेरोमीटर ग्रॅव्हिटेशनल-वेव्ह वेधशाळे'ने लावला, ज्या वेधशाळेला सामान्यत: 'लिगो' (LIGO) म्हणून अधिक ओळखले जाते. आधीच कृष्णविवर हे महाकाय गुरुत्वाकर्षण असणारी वस्तू. अशा दोन कृष्णविवरांचे मीलन म्हणजे 'महामीलन'च असणार.

लेसर इंटरफेरोमीटर ग्रॅव्हिटेशनल-वेव्ह ऑब्झर्व्हेटरीने (LIGO) खरं तर नोव्हेंबर २०२३ मध्ये, म्हणजे दोन वर्षांपूर्वीच दोन कृष्णविवरांचे हे विलीनीकरण शोधून काढले, असे म्हणायला हवे. कारण त्याचे विश्वामधून आलेले गुरुत्वीय लहरींचे संदेश तेव्हाच, दोन वर्षांपूर्वी ग्रथित झालेले आहेत. या घटनेला एका सेकंदाच्या दहाव्या भागापेक्षा कमी वेळ प्रत्यक्षात लागला असला, तरी ही दोन कृष्णविवरांची आतापर्यंतची सर्वात मोठी टक्कर होती. पूर्वी नोंदवलेल्या घटनांपेक्षा अंदाजे ५० टक्के जास्त भव्य अशा या महामीलनातून 'अंतिम कृष्णविवर' तयार झाले. 'जीडब्ल्यू २३११२३' म्हणून नियुक्त केलेल्या (म्हणजे २३ नोव्हेंबर २०२३ या दिवशी ग्रथित केले गेलेले 'ग्रॅव्हिटेशनल वेव्ह'चे संदेश) या संदेशांचे ('सिग्नल'चे) विश्लेषण करणाऱ्या शास्त्रज्ञांनी मूळ एकत्रित येणाऱ्या दोन कृष्णविवरांचे अनुक्रमे सूर्याच्या वस्तुमानाच्या १०० आणि १४० पट वस्तुमान असावे असे निश्चित केले होते. परंतु हा शोध विद्यमान निर्मिती सिद्धांतांना एक प्रकारे आव्हान देतो, कारण या आकाराचे तारे थेट कृष्णविवरांमध्ये कोसळण्याची शक्यता नसते. अर्थात, पूर्वी आधी विलीन झालेल्या कृष्णविवरांचे हे पुनःश्च विलीनीकरण झाल्यासारखी एक वेगळी निर्मितियंत्रणा यात सूचित होते.

आव्हानात्मक निर्मिती सिद्धांत

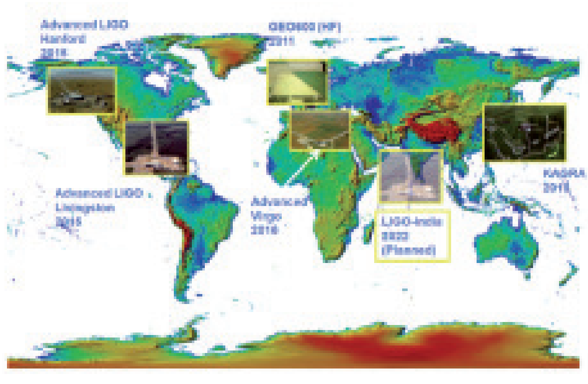
'जीडब्ल्यू २३११२३' म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या शोधलेल्या या घटनेत सूर्याच्या अंदाजे १०० आणि १४० पट वस्तुमान असलेल्या दोन कृष्णविवरांचे जे विलीनीकरण झाले, त्यामुळे अंदाजे २२५ सौर वस्तुमान असलेले अंतिम कृष्णविवर त्यातून तयार झाले. कार्डिफ विद्यापीठातील मार्क हॅनम यांच्या मते, पूर्वी आढळलेल्या घटनांच्या तुलनेत या वस्तुमानात ही लक्षणीय वाढ दिसते, जी मागील कमाल नोंदींपेक्षा अंदाजे ५० टक्क्यांनी जास्त आहे. परिणामी कृष्णविवर आणि त्याच्या पूर्वजांचे मोठे वस्तुमान कृष्णविवरनिर्मितीच्या विद्यमान प्रतिमानांना, प्रतिकृतींना, मॉडेलना एक प्रकारे आव्हान देते.

'लिगो'द्वारे शोधलेल्या बहुतेक कृष्णविवरविलीनी-करणांमध्ये सामान्य तारकीय-वस्तुमान असलेल्या कृष्णविवरांचा समावेश असतो, जो सामान्यत: सूर्याच्या वस्तुमानाच्या ३० ते १०० पटपर्यंत वस्तुमानाच्या दरम्यान असतो आणि सुपरनोव्हामध्ये होणाऱ्या अशा प्रचंड ताऱ्यांच्या उद्रेकातून ते कृष्णविवर उद्‌भवल्याचा विचार यात सामान्यपणे केला जातो. तथापि, 'जीडब्ल्यू २३११२३'मध्ये सामील असलेली प्राथमिक कृष्णविवरेच ६०-१३० सौर



वस्तुमानाच्या श्रेणीत येतात, जिथे तारकीय संकुचिततेद्वारे होणारा कृष्णविवरनिर्मितीचा अंदाज लावला जात नाही, कारण या आकाराचे तारे असे कृष्णविवरात कोसळण्यापूर्वीच विस्कळीत होतात असा सामान्यत: सिद्धांत मांडला जातो. या विसंगतीवरून असे सूचित होते की दोन कृष्णविवरे एका पर्यायी यंत्रणेद्वारे तयार झाली असावीत, ज्यामध्ये संभाव्यतः श्रेणीबद्ध विलीनीकरण – पूर्वीच्या विलीनीकरणामुळे उद्‌भवलेल्या कृष्णविवरांचे हे परत एकदा विलीनीकरण झालेले असावे – अशा कृष्णविवरांचा यात समावेश होता आणि शेवटी निरीक्षण केलेल्या कृष्णविवरांचे आता परत एका मोठ्या विवरात विलीनीकरण झाले आहे.

ही घटना अंदाजे २.३ ते १३.४ अब्ज प्रकाशवर्षे दूरवर घडली, ज्यामुळे असे दिसून येते की विलीन होणारे कृष्णविवर बऱ्याच अंतरावरून उद्‌भवले होते. पूर्वज (आधीच्या) कृष्णविवरांचे असणारे असामान्य वस्तुमान, तारकीय पतनासाठी अपेक्षित श्रेणीच्या बाहेर असल्याने, अशा प्रचंड वस्तू कशा तयार होतात आणि त्या विकसित कशा होतात याबद्दलच्या सध्याच्या समजुतींचे आता पुनर्मूल्यांकन करणे आवश्यक ठरत आहे. हा शोध विशाल शरीरांच्या श्रेणीबद्ध विलीनीकरणासारख्या पर्यायी निर्मिती मार्गांना समर्थन देणारे काही पुरावे प्रदान करतो.



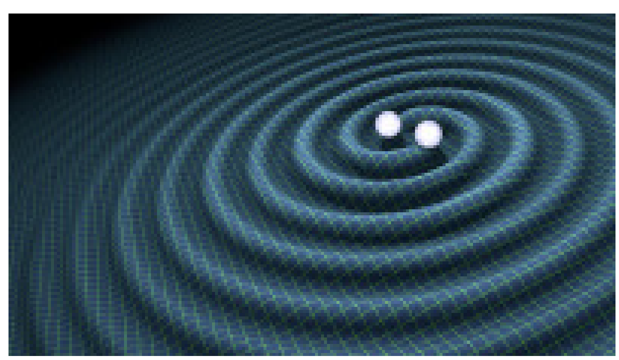
‘जीडब्ल्यू २३११२३’ चा शोध, ज्यामुळे २२५ सौर वस्तुमान असलेले जे कृष्णविवर तयार झाले असा जो अंदाज येतो, त्याचा पारंपरिक खगोलभौतिक मॉडेलांवर परिणाम होतो. सध्याची मॉडेल असा अंदाज लावतात की ६०–१३० सौर वस्तुमान श्रेणीतील तारे कोसळण्यापूर्वी विस्कळीत होतात, तरीही या घटनेत सहभागी असलेले पूर्वज कृष्णविवर या वस्तुमान श्रेणीत येतात, जे पर्यायी निर्मितीयंत्रणा सुचवते. हे कृष्णविवर निर्मितीसाठी प्राथमिक मार्ग म्हणून तारकीय पतनावर भाकीत केलेल्या विद्यमान सिद्धांतांना आव्हान देते आणि पर्यायी परिस्थितींचा विचार करणे आवश्यक ठरवते.

निरीक्षण केलेली ही घटना श्रेणीबद्ध विलीनीकरणाच्या गृहीतकाला समर्थन देते, जिथे कृष्णविवर स्वतःच विशाल शरीरांच्या पूर्वीच्या विलीनीकरणातून उद्भवतात, ज्यामुळे शेवटी या महत्त्वपूर्ण कृष्णविवर विलीनीकरणाकडे नेले जाते.

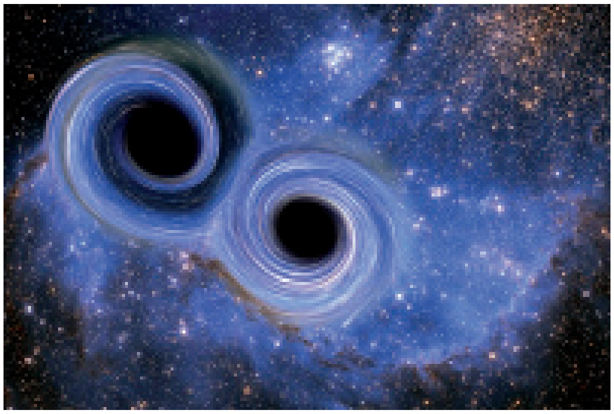
घटनेचे महत्त्वपूर्ण अंतर – अंदाजे २.३ ते १३.४ अब्ज प्रकाशवर्षे दूर – जे असे दर्शवते की विलीन होणारे कृष्णविवर बऱ्याच मोठ्या अंतरावरून उद्‌भवले आहे आणि वैश्विक काळात अशा विलीनीकरणाच्या व्याप्तीला समजून घेण्यासाठी ही विदा (डेटा) विशेष मुद्दा प्रदान करते. ‘जीडब्ल्यू २३११२३’सारख्या घटनांचा पुढील तपास कृष्णविवरनिर्मिती आणि आकाशगंगेच्या उत्क्रांतीच्या मॉडेलांमध्ये सुधारणा करण्यासाठी महत्त्वपूर्ण ठरेल.

हे म्हणजे दोन पिढ्यांमागील चौघे, म्हणजे दोन आजी–आजोबा. पुढच्या पिढीत त्यांची दोन अपत्ये, एक मुलगा एक मुलगी, त्यांच्या लग्नामधून आता झालेले मूल म्हणजे नातू... म्हणजे आता तयार झालेले हे महान कृष्णविवर... अशी ही संकल्पना...

खरे तर कृष्णविवराची संकल्पनाच अजूनही पटकन सगळ्यांच्या पचनी पडणारी नाही. कारण प्रचंड वस्तुमान असणारी ही वस्तू दिसतच नाही... हे सहसा पटत नाही.



दोन कृष्णविवरांच्या विलीनीकरणातून तयार होणाऱ्या गुरुत्वीय लहरींचे कल्पनाचित्र



कृष्णविवरांच्या विलीनीकरणाचे संकल्पनाचित्र.

पण मग त्याचे वस्तुमान किती ते कसे बरे ठरवता येत असेल? असे काही साधे प्रश्न समोर येतातच. त्याचे काय आहे, कृष्णविवर जर प्रकाशाला बाहेर पडू देत नसेल, तरी त्याच्या आसपासच्या अंतराळातील वस्तूंवर प्रचंड गुरुत्वाकर्षण दर्शवते. मग त्या वस्तू आधी हळूहळू पण नंतर प्रचंड वेगाने त्याच्याकडे झेपावायला लागतात. या वेगामुळे त्या विविध प्रारणे बाहेर टाकायला लागतात. इतर प्रारणांसोबत विशेषत: क्ष-किरण यात असतात. हे मात्र आता त्याच्याभोवती सर्व बाजूंनी एखाद्या कवचाप्रमाणे तयार झालेले वर्तुळाकार दिसते. पण त्याच्या आत कोसळणाऱ्या द्रव्याचाही वेग वाढत एका मर्यादेपाशी ते आपल्याला दिसेनासे होतात. त्या मर्यादेच्या आतले काहीच दिसत नाही. कोणत्याच प्रारणांमधून. परंतु ही मर्यादाकक्षाच आतल्या कृष्णविवराचे वस्तुमान किती ते ठरवून जाते. मधे न दिसणाऱ्या केंद्रातील बिंदूपासून किती अंतरावरील वर्तुळात काही दिसत नाही? ती जागा लहान असेल, तर कमी क्षमतेचे, आणि मर्यादावर्तुळ आकाराने मोठे असेल, तसेच त्या बाहेरील वस्तूंच्या कड्याने व्यापलेल्या दिसणाऱ्या जागेतील प्रारणांचे प्रमाण किती आणि कोणते यावरून कृष्णविवराचे एकूण वस्तुमान किती ते ठरवता येते.

पूर्वी याचे कौतुक होते, पण आता विविध अवकाशीय दुर्बिणींच्या अद्यतन प्रणालींमुळे अनेक कृष्णविवरांचा मागोवा आता सहज घेता येऊ लागला आहे.

त्यामुळे आता अधिक प्रमाणात अधिक विविधता दर्शवणाऱ्या कृष्णविवरांचा शोध लागणे सुरू झाले आहे. मात्र वर पाहिले त्याप्रमाणे हाती येणाऱ्या प्रत्येक शोधामधून नवे कोडे समोर येते. त्याचा अर्थ लावणे ही एक मोठी कार्यवाहीच होते. म्हणजे निरिक्षणातून प्रत्यक्ष नोंद होणे, आणि त्याच्या विश्लेषणातून प्रत्यक्ष शोध प्रकाशित करण्याचा कालावधी आता दोन-तीन वर्षेही होतो. शिवाय आता जगभरातल्या अनेक संस्थांमधील अनेक संशोधक यात एकत्रितपणे काम करायला लागले आहेत. त्याबद्दल, विशेषत: आपणही घरबसल्या त्यात भाग घेऊ शकतो, याबद्दल पुढील लेखात पाहू. न जाणो आपल्या सहयोगाचाही यात कोणाला काही फायदा होऊ शकतो...

- आनंद घैसास
anandghaisas@gmail.com

ग्रंथाली

मोहन टांकसाळे यांचे
मराठी व हिंदी पुस्तक

बँकिंगचे
अमर्याद विश्व
आणि
बैंकिंग की
अनंत सीमाएँ

मूल्य ३०० रुपये
सवलतीत २०० रुपये

मूल्य ३५० रुपये
सवलतीत २०० रुपये

टपालखर्च ५० रु.

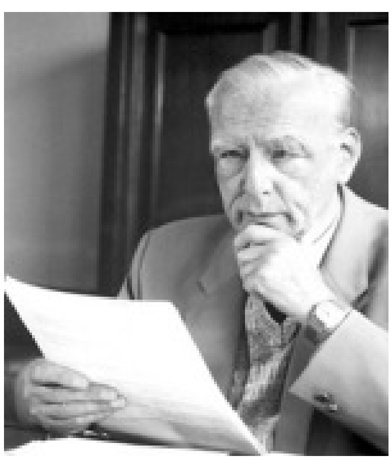
रंजन गर्गे

भिंगाने केली क्रांती

इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शक

अणुसंशोधनात हे सिद्ध झाले होते की अणूच्या केंद्रकाभोवती विविध कक्षांमध्ये इलेक्ट्रॉन फिरत असतात. ते कणरूपात असतात हेही विज्ञानाला माहीत होते. १९२४ साली फ्रेंच शास्त्रज्ञ लुई दि ब्रॉग्ली यांनी सैद्धांतिकरीत्या असे सिद्ध केले की इलेक्ट्रॉन हे तरंगरूपातदेखील असतात, आणि हेच पुढे प्रयोगाने सिद्ध झाले. यासाठी त्यांना १९२९ साली नोबेल पुरस्काराने सन्मानित केले गेले. दि ब्रॉग्ली यांच्या सूत्रानुसार इलेक्ट्रॉनची तरंग लांबी ०.०४५ अँगस्ट्रॉम इतकी येते. ही प्रकशाच्या ५००० अँगस्ट्रॉमच्या तुलनेने खूपच कमी असल्याने इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शक यंत्राखाली आपण ती वस्तू लाखो पटीने वर्धित करून त्यातील अणू-रेणूपर्यंतचे बारकावे बघू शकतो.

याच सूत्राचा वापर करून पुढे १९३१ साली अर्न्स्ट ऑगस्ट फ्रिएड्रिक रस्का यांनी इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकाचा शोध लावला. यांचा जन्म २५ डिसेंबर १९०६ रोजी हेडलबर्ग, जर्मनी येथे झाला. त्यांनी विशिष्ट अशा दोन चुंबकीय तारांच्या वेटोळ्याचा वापर करून इलेक्ट्रॉनशलाका केंद्रित करून नमुन्याचे वर्धन केले. १९३१ साली रस्का यांनी शोधलेल्या इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकाची वर्धनक्षमता १७००० पट होती. १९३८ मध्ये रस्का यांनी त्यात सुधारणा करून शोधलेला इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शक हा ३०००० पट नमुन्याचे वर्धन करू शकत होता. १९८६ साली त्यांना भौतिकशास्त्राचा नोबेल पुरस्कर देऊन गौरवण्यात आले. भौतिकशास्त्र, इलेक्ट्रॉनिक्स तंत्रज्ञान, सूक्ष्मदर्शकशास्त्र आणि वैद्यकशास्त्र यातील योगदानासाठी त्यांचा गौरव करण्यात आला.



अर्न्स्ट ऑगस्ट फ्रिएड्रीक रस्का

रस्का यांनी सुधारणा करून शोधलेला इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शक

मायक्रोस्कोपीच्या शिरपेचात मनाचा तुरा

इ.स. २०१७ सालचा रसायनशास्त्राचा नोबेल पुरस्कार जॅक ड्युबोशेट, योआकिम फ्रँक आणि रिचर्ड हेंडरसन या तिघांना जाहीर झाला. जैवरसायनशास्त्रातील संशोधनासाठी अत्यंत उपयुक्त ठरलेल्या 'क्रायो-इलेक्ट्रॉन मायक्रोस्कोपी' तंत्रज्ञानाच्या विकासासाठी तो देण्यात आला. 'क्रायो' याचा अर्थ थंड. पेशीतील जैविक रेणूंची स्पष्ट प्रतिमा मिळवण्याचे, हे अत्यंत थंड तापमानात वापरले जाणारे तंत्र, जैवरसायनशास्त्रात क्रांतिकारी ठरले आहे.

'क्रायो-इलेक्ट्रॉन मायक्रोस्कोपी'

जॅक ड्युबोशेट, योआकिम फ्रँक आणि रिचर्ड हेंडरसन

जर्मनीच्या अर्न्स्ट रस्का यांनी १९३०च्या दशकात इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकाचा शोध लावला त्या वेळी त्याची वर्धनक्षमता १७००० पट होती. १९३८ साली त्यात सुधारणा करून ती क्षमता ३००००पर्यंत त्यांनी नेली. इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकाचा उपयोग विज्ञानाच्या विविध शाखांत नेहमीच केला जातो. जीवशास्त्रातही या इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकाचा वापर काही प्रमाणात होत होता. फक्त एकच अडचण होती, ती म्हणजे इलेक्ट्रॉनसूक्ष्मदर्शकाद्वारे निरीक्षण करताना, शक्तिशाली इलेक्ट्रॉनच्या माऱ्यामुळे जैविक पदार्थ नष्ट होत असत. त्यामुळे इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकाचा उपयोग जिवंत स्थितीतील पदार्थांच्या अभ्यासासाठी करता येणे शक्य नव्हते. मग प्रश्न असा होता की याच सूक्ष्मदर्शकाखाली, एखाद्या पेशीतील जैवरासायनिक रेणूंची यंत्रणा नेमकी कशी कार्य करते, हे कसे जाणून घेता येईल?

जॅक ड्युबोशेट, योआकिम फ्रँक आणि रिचर्ड हेंडरसन यांनी विकसित केलेल्या क्रायो-इलेक्ट्रॉन मायक्रोस्कोपीच्या साहाय्याने आता हे सगळे शक्य झाले आहे. ८ जून १९४२ रोजी स्वित्झर्लंडमध्ये जन्मलेले जॅक ड्युबोशेट हे लूझन विद्यापीठात जैवभौतिकशास्त्र या विषयाचे सन्माननीय प्राध्यापक आहेत. योआकिम फ्रँक यांचा जन्म १२ सप्टेंबर १९४० रोजी जर्मनीतील सिगेन येथे झाला. ते आता अमेरिकेतील न्यू यॉर्कमधील कोलंबिया विद्यापीठात जीवशास्त्र,अणुजीवभौतिकशास्त्र आणि जीवरसायनशास्त्र या विषयांचे प्राध्यापक आहेत. स्कॉटलंडमध्ये १९ जुलै १९४५ रोजी जन्मलेले रिचर्ड हेंडरसन हे इंग्लंडमधील 'अॅकॅडमी ऑफ मेडिकल सायन्सेस' या संस्थेत सल्लागाराची जबाबदारी सांभाळतात. पेशीतील मूलभूत रेणूंची त्रिमिती प्रतिमा तयार करण्याची परिणामकारक अशी पद्धती या तीन शास्त्रज्ञांनी कशी शोधून काढली हे आपण आता जाणून घेऊ या.

क्रायो-इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शक

विसाव्या शतकाच्या पूर्वार्धात विविध प्रथिने, तसेच आरएनए, डीएनए, अशा पेशींत अस्तित्वात असणाऱ्या रेणूंचा शोध लागला. त्यांचे जैविक प्रक्रियेत असलेले महत्त्वही लक्षात आले. परंतु त्यांचा प्रत्यक्ष आकार आणि अणुरचना नेमकी कशी आहे हे मात्र गूढच राहिले. १९५०मध्ये केम्ब्रिज विद्यापीठात प्रथिनांचे स्फटिक क्ष-किरणांच्या खाली बघून त्यांच्या स्प्रिंगसारख्या वेटोळ्या आकाराची कल्पना आली. जॉन केंड्रयू आणि मॅक्स पेरुत्झ यांना 'क्रिस्टलोग्रॅफी' या तंत्राचा वापर करून ग्लोब्युलीन प्रथिनांची रचना निश्चित केल्याबद्दल १९६२ सालचे रसायनशास्त्रातील नोबेल देऊन गौरवण्यात आले होते. १९८०च्या दशकाच्या सुरुवातीला या 'क्ष-किरण क्रिस्टलोग्रॅफी' तंत्राला, अणूंच्या चुंबकीय गुणधर्मांवर आधारलेल्या 'न्यूक्लिअर मॅग्नेटिक रेझोनन्स स्पेक्ट्रोस्कोपी' या तंत्राची साथ मिळाली. यामुळे घन तसेच विद्राव्य स्थितीतील विविध प्रथिनांचा अधिक तपशीलवार अभ्यास करणे शक्य झाले. या तंत्राद्वारे या प्रथिनांच्या आकाराची आणि रचनेची कल्पना तर आलीच, पण त्याही पलीकडे जाऊन रेणूंच्या हालचाली आणि त्यांच्या इतर रेणूंशी होणाऱ्या क्रियांचीही कल्पना आली.

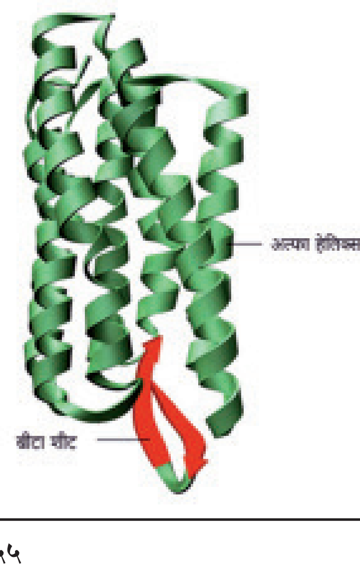
ही दोन्ही तंत्रे अनेक जैविक रेणूंबद्दल मोठ्या प्रमाणात माहिती मिळवण्यासाठी अतीशय उपयुक्त ठरली. तरीही या दोन तंत्रांना मोठ्या मर्यादा होत्या. क्ष-किरण क्रिस्टलोग्रॅफीचा वापर करायचा तर रेणूंचे व्यवस्थितपणे तयार झालेले स्फटिक मिळायला हवेत. सर्वच रेणूंपासून असे स्फटिक तयार होत नाहीत. तसेच, न्यूक्लिअर मॅग्नेटिक रेझोनन्स स्पेक्ट्रोस्कोपी हे तंत्र फक्त लहान आकाराच्या रेणूंच्या बाबतीतच उपयुक्त ठरते. इंग्लंडमधील केम्ब्रिज विद्यापीठात संशोधन करत असताना, क्ष-किरण क्रिस्टलोग्रॅफीद्वारे रिचर्ड हेंडरसन यांनी विविध प्रथिनांच्या रेणूंच्या प्रतिमा तयार करण्याचा प्रयत्न केला. परंतु पेशींवरील पटलातील प्रथिनांची प्रतिमा घेणे हे अतिशय अवघड ठरत होते. हे स्फटिक या पटलाच्या बाहेर काढले जायचे, तेव्हा त्यांचा मूळ आकार नष्ट होऊन त्यांचे रूपांतर गुठळ्यांत होत असे. या कामात अपयश आल्यानंतर हेंडरसन यांनी आपल्या संशोधनाची दिशाच बदलली. हेंडरसन यांनी आपला मोर्चा इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकाकडे वळवला.

इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शक हा बऱ्याच प्रमाणात सर्वसाधारण सूक्ष्मदर्शक यंत्रासारखाच असतो. मुख्य फरक हाच की इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकामध्ये प्रकाशकिरणांऐवजी इलेक्ट्रॉनच्या शलाकेचा (झोताचा) वापर केला जातो. गतीतील असणाऱ्या प्रत्येक कणाला लहरीचेही गुणधर्म असल्याचे भौतिकशास्त्र मानते. त्यामुळे इलेक्ट्रॉनच्या शलाकेतील इलेक्ट्रॉनलासुद्धा लहरीचे गुणधर्म असतात आणि प्रत्येक इलेक्ट्रॉनला स्वतःची तरंगलांबी असते. इलेक्ट्रॉनच्या या शलाकेचा एखाद्या रेणूवर मारा करून, प्रकाशकिरणांप्रमाणेच इलेक्ट्रॉनकिरणांद्वारेही या रेणूची प्रतिमा निर्माण करता येते. इलेक्ट्रॉनची तरंगलांबी ही प्रकाशकिरणांच्या तरंगलांबीपेक्षा खूपच लहान असते. म्हणून इलेक्ट्रॉनपासून निर्माण केल्या गेलेल्या प्रतिमा या मोठे वर्धन केल्यानंतरही अत्यंत सुस्पष्ट राहतात. त्यामुळे इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकाचा वापर केल्यास पेशीतील अणू-रेणूंची रचना स्पष्ट दिसू शकते.

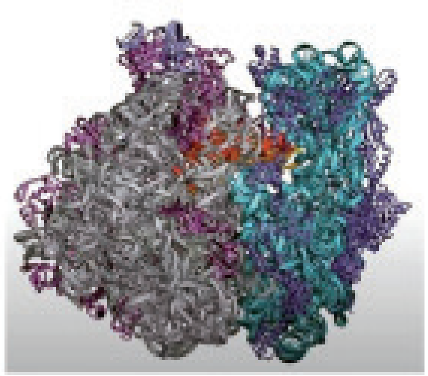
खरे तर, पेशींच्या पटलातील प्रथिनांच्या रेणूंचा अभ्यास करण्यास इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शक पुरेसा होता. परंतु इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शक वापरण्यात काही अडचणी होत्या. पहिली अडचण म्हणजे, इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकाच्या खाली जैविक पदार्थ ठेवले की इलेक्ट्रॉनच्या शक्तिशाली शलाकेमुळे ते जाळले जाऊन मृत होतात आणि त्यांची योग्य प्रतिमा मिळत नाही. दुसरी अडचण अशी की इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शक वापरायचा तर विश्लेषण करायचा नमूना निर्वात पोकळीत ठेवावा लागतो. निर्वात पोकळीमुळे जैविक रेणूंना वेढणाऱ्या पाण्याचे बाष्पीभवन होऊन जैविक रेणूंचा नमुना कोरडा पडतो. परिणामी, त्यातील रेणूंची नैसर्गिक रचनाच नष्ट होऊन असा नमुना संशोधनासाठी निरुपयोगी ठरतो. अशा परिस्थितीतही रिचर्ड हेंडरसन यांनी आपल्या संशोधनासाठी वापरलेल्या 'बॅक्टेरिओऱ्होडोप्सीन' या प्रथिनाने त्यांचा पुढील मार्ग काहीसा सुकर केला.

रिचर्ड हेंडरसन यांनी वापरलेले बॅक्टेरिओऱ्होडोप्सीन हे जांभळ्या रंगाचे प्रथिन प्रकाशसंश्लेषण करणाऱ्या सूक्ष्मजीवांच्या पेशींच्या पटलात असते. सूर्यकिरणांतील ऊर्जा शोषून घेणारे हे प्रथिन, पेशींच्या पटलापासून अलग करण्याऐवजी रिचर्ड हेंडरसन यांनी हे संपूर्ण पटलच ग्लुकोजच्या द्रावणात बुडवले व इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकाद्वारे त्याचे निरीक्षण केले. ग्लुकोजच्या द्रावणाने या प्रथिनाला कोरडे होण्यापासून वाचवले होते. त्यानंतर रिचर्ड हेंडरसन यांनी या प्रथिनाची प्रतिमा घेण्यासाठी शक्तिशाली इलेक्ट्रॉनची शलाका न वापरता कमी ऊर्जेची शलाका त्या पेशीपटलावर रोखली. कमी ऊर्जेचे इलेक्ट्रॉन वापरल्यामुळे, मिळालेली प्रतिमा तितकीशी स्पष्ट नव्हती. परंतु पेशी पटलातील या प्रथिनांची मांडणी एकाच दिशेने असल्याचे मात्र सहजपणे लक्षात येत होते. त्यानंतर हेंडरसन आणि त्यांच्या सहकाऱ्यांनी वेगवेगळ्या कोनांतून या पेशी पटलाच्या प्रतिमा घेतल्या. या प्रतिमांद्वारे त्यांना या प्रथिनाची त्रिमिती प्रतिमा मिळवता आली. १९७५ साली घेतलेली, एकूण सात वेटोळ्यांच्या स्वरूपातील ही बॅक्टेरिओऱ्होडोप्सीनची त्रिमितीय प्रतिमा इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकाद्वारे घेतलेली एखाद्या प्रथिनाची, तेव्हापर्यंतची सर्वोत्तम प्रतिमा ठरली. याची रिझोल्युशन क्षमता ७ अँगस्ट्रॉम म्हणजे ०.०००००७ मी.मी. इतकी होती. ती त्यांना ३ अँगस्ट्रॉमपर्यंत आणायची होती. आणि अशा रितीने इलेक्ट्रॉन मायक्रोस्कोपचा वापर करून प्रतिमा तंत्र विकसित व्हायला सुरुवात झाली.

बॅक्टेरिओऱ्होडोप्सीन



इकडे अमेरिकेतील न्यू यॉर्क स्टेट आरोग्य विभागात योआकिम फ्रँक यांनीही पेशींतील प्रथिनांच्या स्पष्ट प्रतिमा मिळवण्याच्या दृष्टीने संशोधनाला सुरुवात केली होती. फ्रँक यांची योजना होती – इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकातून घेतलेल्या द्विमितीय प्रतिमांचे एकत्रिकरण करून त्यातून अतिशय स्पष्ट अशी त्रिमितीय प्रतिमा निर्माण करायची. प्रथिनांच्या प्रतिमा या मुळातच अस्पष्ट होत्या. त्या स्पष्टपणे दिसणे गरजेचे होते. यावर उपाय म्हणून योआकिम फ्रँक यांनी प्रथम, विविध दिशांकडे रोखल्या गेलेल्या प्रथिनांचे आकृतिबंध विविध गटांच्या स्वरूपात एकत्र करण्याचे ठरवले. त्यासाठी फ्रँक यांनी, प्रतिमेतील पुनरावृत्ती होत असलेले आकृतिबंध वेगळे करून त्यांचे गट बनवण्यासाठी गणिती प्रारूप तयार केले. या प्रारूपाद्वारे प्रतिमेतील समान स्वरूपाचे आकृतिबंध एकाच गटात एकत्रित केले गेले. प्रत्येक गट हा एकेका विशिष्ट आकृतिबंधाशी निगडित होता. दुसऱ्या शब्दांत सांगायचे तर प्रत्येक गट हा, हे प्रथिन एका ठरावीक कोनातून पाहिल्यास कसे दिसेल, ते दर्शवत होता. त्यामुळे प्रत्येक गटात एकत्र झालेल्या आकृतिबंधांची 'बेरीज-वजाबाकी' करून, प्रत्येक गटाशी निगडीत असणाऱ्या आकृतिबंधाची स्पष्ट रचना फ्रँक यांना मिळवता आली. अशा रीतीने योआकिम फ्रँक यांना एकाच प्रथिनाचे वेगवेगळ्या कोनातून दिसणारे अनेक सुस्पष्ट द्विमितीय आकृतिबंध निर्माण करता आले. यासाठीची संगणकीय आज्ञावली त्यांनी इ.स. १९८१ साली लिहून पूर्ण केली. त्यानंतर १९८०च्या दशकाच्या मध्यावर या प्रथिनांच्या, विविध कोनांतून दिसणाऱ्या द्विमितीय प्रतिमांपासून त्रिमितीय प्रतिमा निर्माण करण्यासाठीची प्रणाली त्यांनी विकसित केली. याच प्रणालीच्या आधारे फ्रँक यांनी पेशींतील प्रथिननिर्मितीत महत्त्वाची भूमिका बजावणाऱ्या 'रायबोसोम' या रेण्वीय यंत्रणेच्या पृष्ठभागाचे प्रारूप तयार केले. योआकिम फ्रँक यांनी तयार केलेले हेच प्रतिमा-तंत्र पुढे क्रायो-इलेक्ट्रॉन मायक्रोस्कोपीसाठी पायाभूत प्रतिमा-तंत्र ठरले.



'रायबोसोम'या रेणूचा पृष्ठभाग

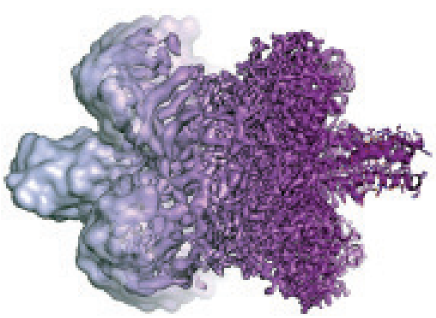
इ.स. १९७८ साली योआकिम फ्रँक आपली संगणक प्रणाली विकसित करत असतानाच जॅक ड्युबोशेट हे जर्मनीतील हायडेलबर्ग येथे, जैविक रेणूंच्या इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकाच्या वापराच्या संबंधित असलेला पूर्वीचाच प्रश्न सोडवण्याच्या मागे लागले होते. हा प्रश्न होता तो निर्वात पोकळीत जैविक नमुने बाष्पीभवनामुळे कोरडे पडून खराब होण्यासंबंधीचा. जैविक नमुने कोरडे होऊन खराब होऊ नये म्हणून रिचर्ड हेंडरसन यांनी ग्लुकोजचे द्रावण वापरले होते. काही संशोधकांनी हे जैविक नमुने गोठवलेल्या स्वरूपात वापरून, इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकाद्वारे त्यांच्या प्रतिमा घेण्याचा प्रयत्न केला होता. बर्फाचे बाष्पीभवन हे पाण्याच्या बाष्पीभवनापेक्षा हळू होते म्हणून तसाही प्रयत्न केला गेला. परंतु पेशींभोवतालचे पाणी गोठवल्यानंतर वेगळाच प्रश्न निर्माण झाला. पाणी गोठले की त्यात स्फटिक निर्माण होतात. हे पाण्यातील स्फटिकच इलेक्ट्रॉनच्या झोतातील इलेक्ट्रॉनना विखरून टाकायचे. त्यामुळे मिळणाऱ्या प्रतिमा या निरूपयोगी ठरत होत्या.

जॅक ड्युबोशेट यांनी त्यावर एक उपाय वापरायचे ठरवले. नेहमीच्या बर्फाऐवजी पाण्याचे रूपांतर स्फटिकांचा अभाव असलेल्या बर्फात केले तर? म्हणजेच पाण्याच्या काचेत! काच ही वरकरणी घन भासते. परंतु काचेतील रेणू हे स्फटिकाच्या स्वरूपात नसून ते दिशाहीन अवस्थेत विखुरलेले असतात. निसर्गात आढळणारे सर्वसाधारण बर्फ हे स्फटिकांच्या स्वरूपात असते. परंतु बिनस्फटिकांचा बर्फ म्हणजे काचेच्या स्वरूपातील बर्फ! यालाच 'व्हिट्रिफाईड पाणी' असे म्हणतात. पेशींना अशा काचेच्या स्वरूपातील बर्फाच्या थराने वेढले आणि इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकातर्फे त्यांची प्रतिमा घेतली, तर जैविक नमुनाही कोरडा होणार नाही आणि स्फटिकमय बर्फामुळे होणारी प्रतिमा घेताना होणारी इलेक्ट्रॉन्सची ढवळाढवळही टाळता येईल. पाणी अत्यंत जलद गतीने थंड केले तर त्यात स्फटिक तयार होण्यास अवधी मिळणार नाही व निर्माण होणारा बर्फ हा काचेच्या स्वरूपात म्हणजे स्फटिकहीन असेल. पेशी कोरड्या होऊ नयेत म्हणून अशा काचेच्या बर्फाचा वापर करायचे जॅक ड्युबोशेट यांनी ठरवले.

सुरुवातीला जॅक ड्युबोशेट आणि त्यांच्या सहकारी संशोधकांनी द्रवरूप नायट्रोजन वापरून (म्हणजे शून्याखाली १९६ अंश सेल्सियस तापमानाला) पाण्याचे काचेत रूपांतर करण्याचा प्रयत्न केला. परंतु त्यांना अपेक्षित यशाने हुलकावणी दिली. मात्र त्यांना यश आले ते द्रवरूपी नायट्रोजनच्या साहाय्याने थंड केलेला 'इथेन' पाण्याची काच बनवण्यासाठी वापरला तेव्हा. आतापर्यंत पाण्याची काच

बनवता येणे शक्य नसल्याचे अनेक संशोधकांचे मत होते. परंतु जॅक ड्युबोशेट यांनी अशी काच बनवता येणे हे शक्य असल्याचे दाखवून दिले. यानंतर लवकरच ड्युबोशेट यांनी इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकाद्वारे, पाण्याच्या काचेचा वापर करून जैविक नमुन्यांच्या प्रतिमा घेण्याचे तंत्र विकसित केले आणि १९८४ साली या तंत्राद्वारे घेतलेल्या काही विषाणूंच्या प्रतिमा प्रसिद्ध केल्या. त्यानंतर १९९१ साली योआकिम फ्रँक यांनी, जॅक ड्युबोशेट यांनी विकसित केलेले तंत्र आणि आपली स्वतःची संगणकीय प्रणाली वापरून रायबोसोमच्या प्रतिमा मिळवल्या. या प्रतिमांचा स्पष्टपणा कमी असला तरी जैविक रेणूंच्या, इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकाच्या साहाय्याने प्रतिमा मिळवण्याच्या दृष्टीने गरजेच्या असणाऱ्या सर्व वैज्ञानिक गोष्टी आता साध्य झाल्या होत्या. या प्रतिमा स्पष्ट करण्याचे उर्वरित काम इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकात झालेल्या तांत्रिक सुधारणांद्वारे केले जाणार होते.

गेल्या काही वर्षांत इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकाच्या प्रत्येक भागात सुधारणा झाली आहे. यातील सर्वांत महत्त्वाची सुधारणा आहे ती प्रत्यक्ष प्रतिमा नोंदवण्याच्या भागातली. इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शक यंत्रात प्रतिमा नोंदवण्यासाठी इलेक्ट्रॉन शोधक वापरला जातो. पूर्वी या इलेक्ट्रॉन शोधकात, इलेक्ट्रॉन हा प्रकाशकिरण निर्माण करणाऱ्या पदार्थावर (फॉस्फर) आदळत असे व त्यातून प्रकाशकिरण निर्माण होत असे. या प्रकाशकिरणांच्या मदतीने प्रतिमा नोंदवली जाते. परंतु २०१३ साली 'डायरेक्ट इलक्ट्रॉन डिटेक्टर' हा नव्या प्रकारचा इलेक्ट्रॉन शोधक अस्तित्वात आला. या शोधकात थेट इलेक्ट्रॉनचाच वेध घेतला जातो. या शोधकाने प्रतिमांचा स्पष्टपणा इतक्या मोठ्या प्रमाणात वाढवला आहे की आता जैविक नमुन्यातला ०.२ नॅनोमीटर या आकारापेक्षाही लहान आकाराचा तपशील अभ्यासता येऊ लागला आहे. रिचर्ड हेंडरसन यांचा इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकावरचा विश्वास सार्थ ठरला आहे!



२०१३ पूर्वीची प्रतिमा २०२० नंतरची प्रतिमा
क्रायो–इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकाद्वारा प्रथिनांची रेणवीय रचना स्पष्ट दिसू लागली.

या क्रायो–इलेक्ट्रॉन मायक्रोस्कोपीमुळे अनेक प्रकारच्या जैवरासायनिक प्रक्रियांच्या मालिकेतील विविध टप्प्यांत निर्माण होणाऱ्या रेणूंच्या प्रतिमा घेणेही शक्य झाले आहे. प्रथिनांचा होणारा प्रवास आणि दोन प्रथिनांची परस्पराशी होणारी क्रियादेखील आता स्पष्टपणे निरखता येऊ लागली. याचे एक उदाहरण म्हणजे किमोथेरपीसाठी वापरल्या जाणाऱ्या रसायनांना आणि प्रतिजैविकांना विरोध करणाऱ्या प्रथिनांच्या रचना या क्रायो–इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकाचा वापर करून अभ्यासता येऊ लागल्या. आपल्या शरीरातील चोवीस तासांच्या जैविक घड्याळाचे नियंत्रण करणाऱ्या विविध क्रियांचा वेध घेणे आता याच तंत्रामुळे शक्य झाले. प्रकाशसंश्लेषणाची संपूर्ण क्रिया 'दिसू' शकली आहे, आपल्याला ऐकू येण्याच्या क्रियेत भाग घेणारे कानातले संवेदक ओळखता आले आहेत. इतकेच कशाला... ब्राझीलमध्ये पसरलेल्या झिका विषाणूंचा आणि जगभर पसरलेल्या कोरोना विषाणूचा वेध घेणेही या क्रायो–इलेक्ट्रॉन मायक्रोस्कोपीमुळेच शक्य झाले.

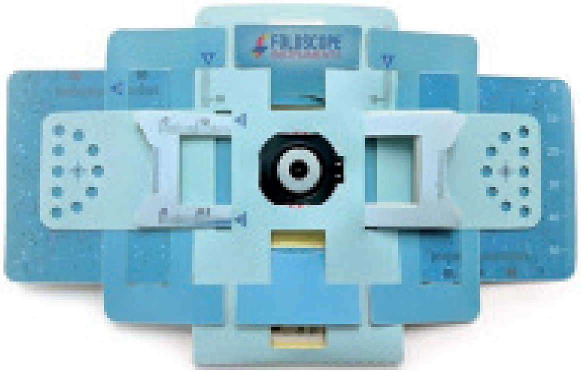
पोर्टेबल सूक्ष्मदर्शक :

डॉ. मनू प्रकाश हा भारतीय तरुण शास्त्रज्ञ आहे. याचा जन्म ६ मार्च १९८० या दिवशी उत्तर प्रदेशातील गंगेच्या

डॉ. मनू प्रकाश

काठी वसलेल्या मावाना या गावी झाला. एम.एस. आणि पीएच.डी. या दोन्ही पदव्या त्याने एमआयटी, अमेरिका येथून उपयोजित भौतिकशास्त्र या विषयात प्राप्त केल्या. तो पेशाने 'बायोइंजिनियर' आहे.

सूक्ष्मदर्शकयंत्र हे खिशात घेऊन फिरता येईल का? त्याची भिंग रचना सुलभ करता येईल का? धातू पेक्षा कागदापासून ते तयार करता येईल का? नमुने प्रयोग शाळेत आणून मग या यंत्राखाली बघायचे या पेक्षा हे यंत्रच घेऊन सहजतेने या नमुन्यापर्यन्त नेता येईल का? अत्यंत कमी



आणि परवडेल अशा किमतीत ते आपल्याला विद्यार्थ्यांना उपलब्ध करून देता येईल का? अशा अनेक प्रश्नांना उत्तरे शोधायला २१व्या शतकात सुरुवात झाली.

त्यांनी अत्यंत सहजतेने वापरता येईल आणि परवडेल अशा किमतीत कागदाचा वापर करून एक घडीचा मायक्रोस्कोप तयार करण्याचे ठरवले. याचे नाव आहे 'फोल्डस्कोप'. 'ऑरीगामी' ही प्रामुख्याने जपानी कला आहे. याला कागद दुमडण्याची कला किंवा पेपर फोल्डिंग असे म्हणतात.

अमेरिकेच्या सिलिकॉन व्हॅलीमध्ये इंडिया-यूएस स्टार्टअप कनेक्ट या कार्यक्रमांतर्गत २७ सप्टेंबर २०१५ या दिवशी एक करार संपन्न झाला. त्यानुसार भारताच्या डिपार्टमेंट ऑफ सायन्स अँड टेक्नोलॉजी, फोल्डस्कोप इन्स्ट्रुमेंट आणि प्रकाश लॅब यांच्या संयुक्त विद्यमाने हा प्रकल्प पूर्व-उत्तर राज्यात ९२ शाळा आणि ३१७ महाविद्यालये यात कार्यान्वित करण्यात आला आहे. या सूक्ष्मदर्शकाखाली जीवाणू, बुरशी, आदिजीव, मानवी पेशी, वनस्पतीपेशी, कीटक तसेच कापसाचा धागा आणि तत्सम पदार्थ बघता येतात.

– रंजन गर्गे
अध्यक्ष, मराठी विज्ञान परिषद, औरंगाबाद विभाग
ranjan.garge@gmail.com

अणूचे ऊर्जास्तर अधिक सूक्ष्म का असतात?

प्रकाशाचे उत्सर्जन अधिक सूक्ष्म रेषांमध्ये का विभाजित असते?

या प्रश्नांची उत्तरे म्हणून सॉमरफील्ड यांनी इलेक्ट्रॉनचे वेग, परिभ्रमण व विद्युत परस्परसंवाद एकत्र करणारा एक परिमाणरहित स्थिरांक असावा असे प्रस्तावित केले. त्याचा वापर करून अधिक सूक्ष्म ऊर्जासंपन्नतेचे मोजमाप करता येईल, जे बोहरचे मॉडेल समजावू शकत नव्हते. सूक्ष्मरचना स्थिरांकाचा (±) प्रस्ताव मुख्यतः अणूचे सूक्ष्म ऊर्जास्तरांमधील फरक अधिक अचूकरीत्या समजवण्यासाठी करण्यात आला. त्यात इलेक्ट्रॉनचे सापेक्षतावादी परस्परसंवाद अधिक सूक्ष्मपणे परावर्तित केले गेले. अरनॉल्ड सॉमरफील्ड (सन १८६८-सन १९५१) हे एक जर्मन सैद्धांतिक भौतिकशास्त्रज्ञ होते. त्यांनी नील बोहर यांचे अणूचे मॉडेल अधिक सूक्ष्म केले असता अणूंच्या ऊर्जास्तरांमध्ये जी सूक्ष्म विभागणी (स्पेक्ट्रल लाईनचे सूक्ष्म विभाजन) आढळते, ती समजावण्यासाठी सूक्ष्म-संरचनेचा स्थिरांक (±) वापरला. जरी त्यांचे विक्रमी ८४ वेळा नामांकने करण्यात आली होती (नोबेल न मिळवलेल्या शास्त्रज्ञांमध्ये सर्वाधिक) तरी तो पुरस्कार मात्र त्यांना कधीच मिळाला नाही!

त्यांच्या चार विद्यार्थ्यांना नोबेल पुरस्कार मिळाला, त्यातून सॉमरफील्ड यांच्या संशोधनाचा खोल प्रभाव दिसून येतो. हे चार विद्यार्थी होते वुल्फगांग पॉली, वर्नर हायजेनबर्ग, हान्स बेथे, आणि पीटर डेबे

अरनॉल्ड सॉमरफील्ड यांनी दिलेले महत्त्वपूर्ण योगदान

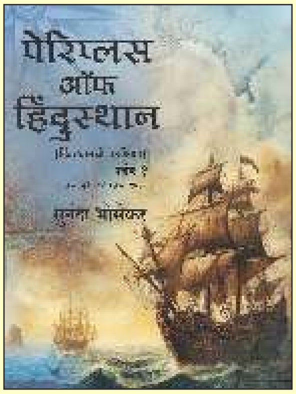
अणूचे नील बोहर मॉडेल सुधारण्यात - बोहरचे साधे मॉडेल अधिक सूक्ष्म केले. त्यांनी अंडाकृती कक्षा, सापेक्षतावादाचा प्रभाव, व सूक्ष्म संरचना या गोष्टींत बदल केले, जे परमाणूचे अधिक अचूक चित्र उभे करण्यात साहाय्यक ठरले.

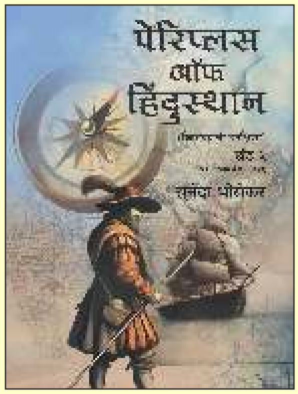
क्वांटम क्रमसंख्या - मुख्य (n), साहाय्यक (l), चुंबकीह (m) व फिरकी (spin) या चार क्वांटम क्रमसंख्या परिभाषित करणारा पाया घडवला.

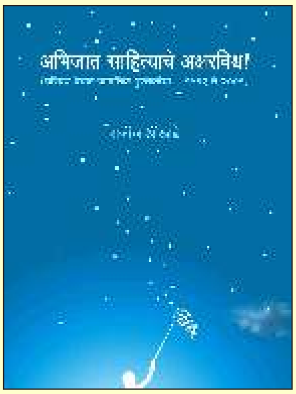
स्पेक्ट्रोस्कोपीचे आकलन - अणूचे ऊर्जास्तर व उत्सर्जन असलेल्या प्रकाशाचा अभ्यास अधिक सूक्ष्म करण्यात त्यांचे संशोधन मोलाचे ठरले.

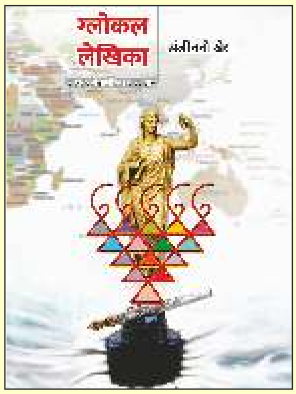
क्वांटम सैद्धांतिक शाळेचे जनक - त्यांनी असाधारण शिष्य घडवले (वुल्फगांग पाउली, वर्नर हायजेनबर्ग, हान्स बेथे इत्यादी), जे पुढे भौतिकशास्त्रातील नोबेल पुरस्कार विजेते ठरले. अरनॉल्ड सॉमरफील्ड यांनी परमाणूचे आंतरिक चित्र अधिक परिपूर्ण केले व आधुनिक क्वांटम भौतिकशास्त्राचा पाया घालण्यात महत्त्वपूर्ण भूमिका बजावली.

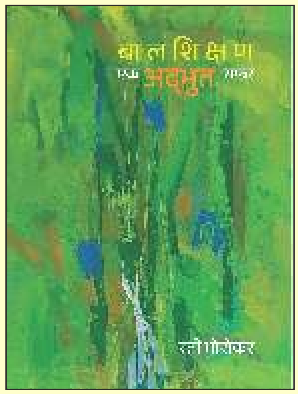
ग्रंथालीची महत्त्वपूर्ण पुस्तके

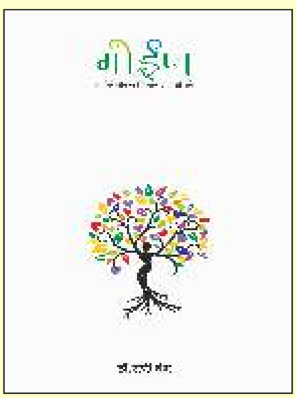


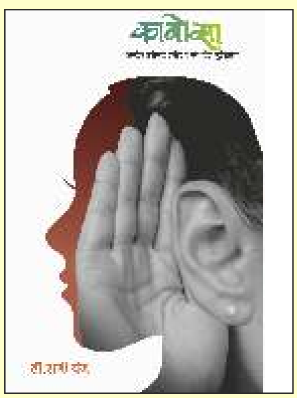












तूच कर्ता, तूच हर्ता

Phosphorus Cycle
Weathering of phosphate rock
Geologic uplifting
Phosphate in solution
Sedimentation
Absorption by plant
Decomposer
Decomposition
Phosphate in soil