मासिक विज्ञानपुस्तिका

विज्ञानधारा

जुलै २०२५ * मूल्य ५० रु. * पृष्ठे ६४

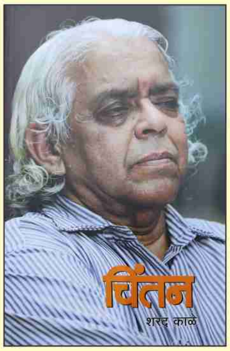
२० जुलै १९६९
मानवाचे चंद्रावतरण

सौजन्य – ब्रिटानिका विश्वकोश

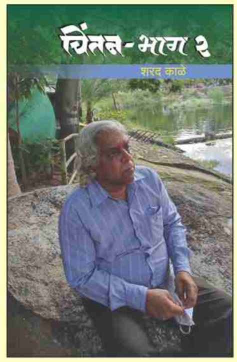
॥ग्रंथाली॥

शरद काळे लिखित विज्ञानविचार आणि जीवन यांची सांगड घालणारी सात पुस्तके

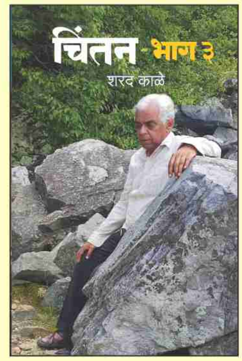
चिंतन भाग १, भाग २, भाग ३, भाग ४, भाग ५ आणि भाग ६



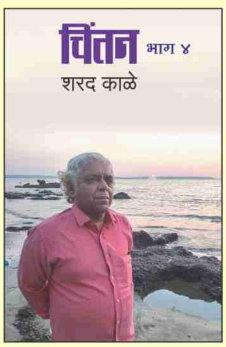
मूल्य ६०० रु.
सवलतीत ३५० रु.



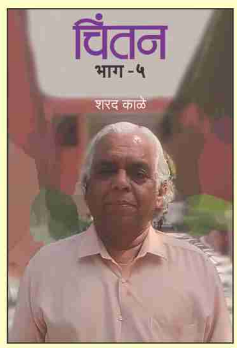
मूल्य ७५० रु.
सवलतीत ४५० रु.



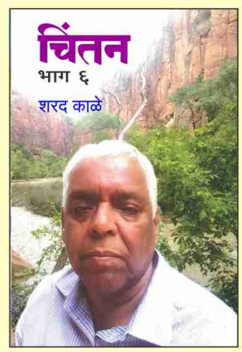
मूल्य ७५० रु.
सवलतीत ४५० रु.



मूल्य ५०० रु.
सवलतीत ३०० रु.

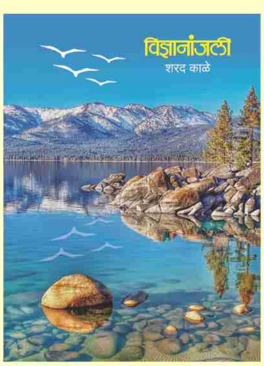


मूल्य ५०० रु.
सवलतीत ३०० रु.



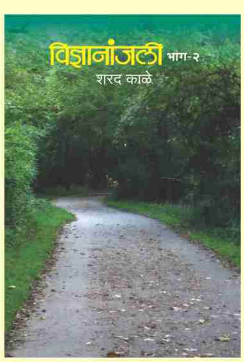
मूल्य ६५० रु.
सवलतीत ४०० रु.

विज्ञानांजली



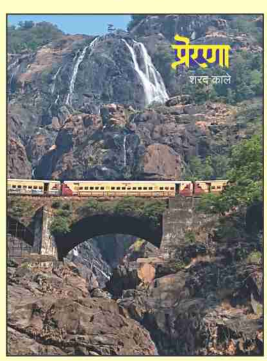
मूल्य ३५० रु.
सवलतीत २१० रु.

विज्ञानांजली भाग २



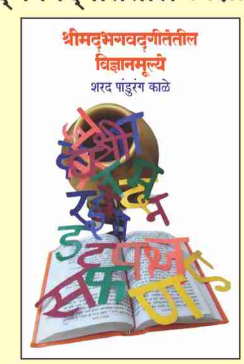
मूल्य २०० रु.
सवलतीत १२० रु.

प्रेरणा



मूल्य १५० रु.
सवलतीत ९० रु.

श्रीमद्भगवद्गीतेतील विज्ञानमूल्ये



मूल्य ४०० रु.
सवलतीत २५० रु.

'ग्रंथाली'ची मासिक पुस्तिका

विज्ञानधारा

जुलै २०२५, वर्ष तिसरे
पुस्तिका दुसरी, मूल्य ५० रु.
संपादक : **शरद काळे**
कार्यकारी संपादक : **अरुण जोशी**
समन्वयक : **सुदेश हिंगलासपूरकर** (विश्वस्त, ग्रंथाली)
मुखपृष्ठ : **ग्रंथाली संगणक विभाग**

मुखपृष्ठ ४ वरील चित्रे एआयच्या साहाय्याने. त्यांचा वापर केवळ शैक्षणिक व गैरव्यावसायिक हेतूने केला आहे.

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.

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
अंतराळात मानव

डॉ. शर्वरी कुडतरकर / ११
'ब्ल्यू कार्बन'

अनघा शिराळकर / १४
इतिहास हवामानशास्त्राचा

बिपीन भालचंद्र देशमाने / १९
शरीराला मदत, कॅन्सरवर हल्ला!

डॉ. स्वाती बापट / २३
स्थूलत्व निवारणासाठी उपचारपद्धती

डॉ. रंजन गर्गे /२७
भिंगाने केली क्रांती

आनंद घैसास / ३२
सर्वात मोठ्या कॅमेऱ्याने केलेले सर्वात पहिले चित्रण...

डॉ. जयंत वसंत जोशी / ३७
हाडवैद्यकातील विज्ञान आणि तंत्रज्ञान

वर्षा केळकर-माने / ४३
डायटॉमच्या विलक्षण जगाची सफर!

डॉ. संगीता गोडबोले / ४७
संगीत आणि विज्ञान

डॉ. वसुधा जोशी / ५०
प्रदूषण – एक जागतिक समस्या

नरेंद्र गोळे / ५३
ऊर्जेच्या एककांची कथा

कुसुमसुत / ५६
क्लोरीन वायू – मित्र आणि शत्रूदेखील!

शरद काळे / ५९
हरलेली लढाई आपण जिंकू शकतो!

संपादकीय...

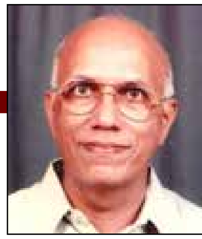
१६ जुलै १९६९ रोजी अपोलो ११ यान पृथ्वीवरून निघाले आणि २० जुलै १९६९ रोजी नील आर्मस्ट्राँग आणि एलविन आल्ड्रिन या दोन अंतराळवीरांनी चंद्रभूमीवर पाऊल ठेवून इतिहास रचला. मायकेल कॉलिन्स हे तिसरे अंतरळवीर चंद्राभोवती फिरत राहिले व त्यांनी नील आर्मस्ट्राँग आणि एलविन आल्ड्रिन यांच्या परतीच्या प्रवासासाठी मोलाची मदत केली. गेल्या ५६ वर्षांत अंतराळक्षेत्रात मानवाने जी दैदिप्यमान कामगिरी केली आहे, त्यात या चंद्रावतरणाचा मोलाचा वाटा आहे.

भारतीय विमानवाहतूक क्षेत्राने १७ नोव्हेंबर २०२४ रोजी ऐतिहासिक टप्पा गाठला. त्या दिवशी देशभरातून एकाच दिवशी ५,०५,४१२ देशांतर्गत प्रवासी प्रवासासाठी निघाले. ही देशांतर्गत प्रवाशांच्या संख्येने पहिल्यांदाच ५ लाखांचा आकडा ओलांडल्याची घटना असून, भारताचे जागतिक विमानवाहतूक क्षेत्रातील वाढते महत्त्व अधोरेखित करते. त्या दिवशी ३,१०० हून अधिक विमाने उड्डाण करत, पाच लाखांहून अधिक प्रवाशांनी प्रवास केला. जागतिक स्तरावर पाहिले तर दररोज एक लाख विमानउड्डाणांद्वारे जवळजवळ ६० लाख प्रवासी ह्या मार्गाने प्रवास करतात. सहसा सुरक्षित समजल्या जाणाऱ्या विमानवाहतुकीत १२ जून २०२५ रोजी एक भीषण अपघात झाला. एअर इंडियाचे अहमदाबादहून लंडनला जाणारे एआय१७१ हे बोईंग कंपनीचे २३२ प्रवासी व १० विमान कर्मचारी असलेले ड्रीमलायनर विमान, उड्डाण घेताच अवघ्या ३६ सेकंदात जवळच असलेल्या मेडिकल कॉलेजच्या वसतिगृहावर कोसळले व त्यातील २४१ प्रवासी आणि जमिनीवरील ३२ लोकांचा मृत्यू झाला. एक प्रवासी या भीषण अपघातातून आश्चर्यकारकरीत्या बचावला. या अपघाताची चौकशी होऊन नक्की कशामुळे अपघात झाला त्याची कारणे शोधली जातील. तांत्रिक कारणे असली तर कंपनी त्यांची निश्चितच दखल घेऊन त्यावर उपाययोजना करेलच. यापूर्वीही भारतात मोठे विमानअपघात झालेले आहेत.

आंतरराष्ट्रीय हवाई वाहतूक संघटना (IATA) आणि इतर सुरक्षा अहवालांनुसार दर ८ लाख ते १० लाख उड्डाणांमागे १ अपघात होतो. दर २० लाख ते ४० लाख उड्डाणांमागे १ प्राणघातक अपघात घडतो, यामध्ये आंशिक स्वरूपात बदल संभवतात. अर्थात अपघातात जे सापडतात, त्यांना या आकडेवारीने दिलासा नक्कीच मिळणार नाही. परंतु वैज्ञानिक अभ्यासासाठी आणि प्रवास अधिक सुरक्षित करण्यासाठी या माहितीची गरज असते. गेल्या काही दशकांत विमानप्रवास फारच सुरक्षित झाला आहे. याची कारणे सुधारित विमानरचना आणि देखभाल, उत्कृष्ट वैमानिक प्रशिक्षण, प्रगत हवाई वाहतूक नियंत्रणप्रणाली आणि कडक आंतरराष्ट्रीय नियम अशी सांगता येतील. सन २०२२ साली IATA अहवालानुसार, जगभरात ३२ लाखांहून अधिक उड्डाणे झाली. त्यामध्ये फक्त ५ प्राणघातक अपघात झाले. म्हणजे दर ६.२५ लाख उड्डाणांमागे एक थरकाप उडवणारा अपघात झाला आहे. विमान अपघातांची चर्चा अधिक होणे स्वाभाविक आहे. कारण त्याचे दूरगामी परिणाम होत असतात. मात्र आपल्या देशात त्याहून अधिक चिंतेची बाब म्हणजे रस्तेअपघात ही आहे. दररोज सरासरी ४५० ते ५०० लोक रस्ते अपघाताचे बळी ठरतात. हा आकडा चिंताजनक तर आहेच, पण वाहतूकक्षेत्रातील दिसणारी एकूणच बेशिस्त आहे. तिचेच प्रतिबिंब या महितीसंचात दिसते. ही बेशिस्त रस्ते वापरकर्त्यांमध्ये अधिक आहे, यात वाद नाही. सन २०२३मध्ये रस्तेअपघातातील देशातील वार्षिक मृत्यूसंख्या सुमारे १.७२ लाख होती. दैनंदिन सरासरी मृत्यू अंदाजे ४७४ एवढे झाले, तर त्याच वर्षामध्ये रस्ते अपघातांची संख्या ४.८ लाखांपेक्षा जास्त होती. याचा अर्थ आपल्या देशात साधारणत दर मिनिटाला एक रस्ताअपघात होतो, तर दर तीन मिनिटांनी एक जण रस्त्यावरील अपघातात मृत्यू पावतो. जागतिक स्तरावर सर्वात अधिक रस्तेअपघात आणि अपघातातील मृत्यू आपल्या देशात होतात ही बाब नक्कीच चिंतनीय आहे.

विमानअपघात कसे होतात याचा उलगडा ब्लॅक बॉक्समधून होऊ शकतो. रस्तेअपघात कसे होतात यासाठी फारशा संशोधनाची किंवा कृत्रिम बुद्धिमत्तेची गरज नाही! सर्व ज्ञान असते, पण सामान्यज्ञान कमी पडते म्हणून रस्तेअपघात होतात. काही मोजक्या शहरांचा अपवाद वगळता हेल्मेट वापरणे कायद्याने सक्तीचे असले तरी ते वापरले जात नाही. कानाला मोबाइल लावून वाहन चालवणे हाच नियम झाला आहे. त्यामुळे खूप अपघात होतात. वेगाची नशा हे रस्तेअपघाताचे एक महत्त्वाचे कारण आपल्या देशात पाहायला मिळते. त्यात नशा करून आणि मोबाइल कानाला लावून ही वेगाची नशा चढली तर विचारायलाच नको! विमानअपघात मानवी चुकांमुळे होण्याची शक्यता फार कमी असते. तर रस्तेअपघातात मानवी चूकच अपघाताचे कारण ठरते. वाहन चालवताना आपला आणि इतरांचा जीव मौल्यवान आहे हे शिकवले गेले असते तर घरातून स्वयंचलित दुचाकीवर बसण्यासाठी बाहेर पडताना डोक्यावर हेल्मेट ठेवले गेले असते, कारमध्ये बसल्याबरोबर हात सुरक्षापट्ट्याकडे गेला असता, मोबाइल फोन सायलेंटवर ठेवून खिशात गेला असता आणि वाहतूकदिव्यांचा मान राखला गेला असता! हे होत नाही, तोपर्यंत भारतातील रस्तेवाहतूक सुरक्षित होणे अवघड आहे. अहमदाबाद विमानअपघातातील सर्व मृतात्म्यांना चिरशांती मिळो हीच प्रार्थना.

– शरद काळे
sharadkale@gmail.com



आनंद घारे

अंतराळात मानव

विमानाचा शोध लागला त्या काळात आकाशात उडून येणे हेच एक मोठे धाडसाचे काम वाटत होते, पण कालांतराने ते सुरक्षित आणि सर्वसामान्य झाले. तोपर्यंत मानवाने आकाशाच्या पलीकडे असलेल्या अंतराळात भरारी मारण्याचा विचार सुरू केला. यूएसए (अमेरिका) आणि यूएसएसआर (रशिया) यांच्यात होत असलेल्या चढाओढीत सुरुवातीला रशियाने आणि अमेरिकेने अवकाशात उपग्रह सोडले. हे उपग्रह आणि पृथ्वीवरील नियंत्रणकक्ष यांच्यात चांगला खात्रीलायक संपर्क स्थापन झाल्यानंतर मानवाला अंतराळात पाठवण्याचे प्रयत्न सुरू झाले. अंतराळात गेलेल्या यानाला पृथ्वीवर परत आणता येणे आवश्यक होते म्हणून काही रिकामी यानेच अवकाशापर्यंत उडवून त्यांना परत आणण्याचे प्रयत्न होत राहिले.

हे काम यशस्वीरीत्या करता येते याची खात्री पटल्यानंतर १२ एप्रिल १९६१ रोजी युरी गागारिन हा पहिला अंतराळवीर अवकाशात जाऊन सुखरूप परत आला आणि तो लगेच त्या काळातला एक महानायक झाला. त्याच्या पाठोपाठ ५ मे १९६१ रोजी अमेरिकेचा ॲलन शेपर्ड अंतराळात जाऊन आला. (आकृती अंतराळमानव-१) युरी गागारिन फक्त एक पृथ्वीप्रदक्षिणा करून परत आला होता, तर शेपर्ड एकही प्रदक्षिणा पूर्ण न करता फक्त अवकाशात पोचून परत आला होता. रशियाचा 'व्होस्टोक' आणि अमेरिकेचा 'मर्क्युरी' या प्रोग्रॅमच्या अंतर्गत दोन दोन उड्डाणे झाल्यानंतर २० फेब्रुवारी १९६२ला अमेरिकेच्या जॉन ग्लेन याने मर्क्युरी प्रोग्रॅमखालीच फ्रेंडशिप-७ या यानात बसून उड्डाण केले. त्याने आपल्या यानाचे स्वतः नियंत्रण करून पृथ्वीभोवती भराभर तीन वेळा फेऱ्या मारल्या आणि तो काही तासांत परत आला. १६ जून १९६३ रोजी रशियाने व्होस्टोक प्रोग्रॅमखालीच व्हॅलेंटिना तेरेश्कोव्हा

युरी गागारिन, ॲलन शेपर्ड, व्हॅलेंटिना तेरेश्कोव्हा, जॉन ग्लेन, ॲलेक्सी लेओनोव्ह, सतीश शर्मा

प्रसिद्ध अंतराळवीर

अंतराळमानव-१

या महिलेला अंतराळात पाठवले आणि तीही अंतराळात जाऊन आलेली पहिली महिला म्हणून जगप्रसिद्ध झाली. १८ मार्च १९६५ रोजी रशियाच्याच ॲलेक्सी लेओनोव्ह याने पहिल्यांदाच आपल्या यानाच्या बाहेर निघून विशाल अंतराळात काही मिनिटे 'स्पेसवॉक' करून म्हणजे तरंगून दाखवले. या अंतराळवीरांना अमेरिकेत ॲस्ट्रोनॉट तर रशियात कॉस्मोनॉट असे म्हटले जाते. त्यांना अवकाशात नेऊन आणणाऱ्या वाहनांना स्पेसक्राफ्ट किंवा स्पेस व्हेइकल (अंतराळयान) असे म्हटले जाते. हेसुद्धा काही काळ पृथ्वीला प्रदक्षिणा घालत असले तरी त्यांना उपग्रह न म्हणता अंतराळयान असे म्हंटले जाते.

नील आर्मस्ट्राँग

आर्मस्ट्राँग, कॉलिन्स आणि आल्ड्रिन

कमांड मॉड्युल कोलंबिया

ल्यूनर मॉड्युल ईगल

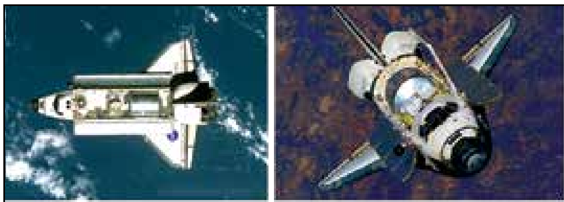
अंतराळमानव–२

या दोन्ही देशांनी त्यानंतर एकापाठोपाठ एक अनेक मोहिमा काढल्या. सुरुवातीला त्यांचे अंतराळवीर अवकाशात जाऊन सुखरूपपणे परत येत होते. या उपलब्धीचेच अप्रूप आणि कौतुक होते. हळूहळू त्यांनी पृथ्वीचे आणि अवकाशाचे निरीक्षण व संशोधन करून इतर माहिती गोळा करायला सुरुवात केली, पण ते काम करणारे अनेक मानवरहित उपग्रह आधीपासून कार्यरत होतेच. माणसांनी अवकाशात जाऊन त्यापेक्षा वेगळे काहीतरी जास्त काम करायला हवे. अमेरिका आणि रशिया चंद्राची जास्त माहिती मिळवण्याचा कसून प्रयत्न करत होते. रशियाने ल्यूना कार्यक्रमामध्ये काही मानवरहित याने चंद्रावर पाठवली, तर अमेरिकेने आधी मानवरहित वाहने पाठवून मोहिमेची चाचणी करून घेतली आणि १९६९मध्ये अपोलो ११ कार्यक्रमाअंतर्गत नील आर्मस्ट्रांग, बझ एल्ड्रिन आणि मायकेल कॉलिन्स या तिघांना चांद्रविजयाच्या मोहिमेवर पाठवले. (आकृती अंतराळमानव–२) त्यातील कॉलिन्स हा कोलंबिया नावाच्या कमांड मॉड्युलमध्ये बसून चंद्राभोवती फिरत राहिला आणि आर्मस्ट्रांग व एल्ड्रिन ही अंतराळवीरांची जोडी ईगल नावाच्या ल्यूनर मॉड्युलमधून चंद्रावर जाऊन उतरली. त्यांनी तिथे जाऊन अमेरिकेचा झेंडा रोवला, अनेक फोटो काढले आणि चंद्रावरील दगड माती गोळा केली. त्यानंतर ते ईगलमध्ये बसून चंद्रावरून उडून कोलंबिया यानामध्ये गेले आणि कॉलिन्ससह सुखरूपपणे पृथ्वीवर परत आले. हा एक ऐतिहासिक असा खूप मोठा विक्रम होता.

रशियाने मानवाला चंद्रावर पाठवायचा नाद न धरता अवकाशातच काही काळ मुक्काम करून राहायच्या प्रयत्नांवर जास्त लक्ष दिले आणि १९७१मध्ये साल्युत १ नावाचे पहिले स्पेस स्टेशन अवकाशात पाठवले. अमेरिकेचे अपोलो मिशन १९७२पर्यंत चालत राहिले आणि त्यातून चोवीस अॅस्ट्रोनॉट अवकाशात जाऊन आले. त्यातले काही चंद्रावर उतरले, तिथे त्यांनी गाडी चालवली, चंद्रावरच्या निरनिराळ्या भागांची आणखी माहिती मिळवली आणि तिथले दगडधोंडे जमा करून पृथ्वीवर आणले. रशिया आणि अमेरिका यांच्यासह भारतादी अनेक देशांनी मंगळ, शुक्र, गुरू आदी इतर ग्रहांचा अभ्यास करण्यासाठी दूरवर अनेक मानवरहित याने पाठवली, काही याने सूर्याजवळ तर काही सूर्यमालिकेच्याही बाहेर पाठवली गेली. ती मात्र पृथ्वीवर परत आणली नाहीत.

अवकाशात एक प्रयोगशाळा ठेवण्याच्या दृष्टीने प्रयत्न सुरू ठेवले गेले होतेच. अमेरिकेने पुन्हा पुन्हा वापरता येतील अशी स्पेस शटल नावाची प्रचंड वाहने तयार केली. (आकृती अंतराळमानव–३) या वाहनांमधून कृत्रिम उपग्रह, उपकरणे, इतर सामान आणि अंतराळवीर यांना अवकाशात घेऊन जाणे, त्यांना तिथल्या स्पेस स्टेशनवर नेऊन ठेवणे किंवा तिकडून पृथ्वीवर परत आणणे शक्य झाले. यातला स्पेस शटल ऑर्बायटर किंवा स्पेसप्लेन हा विमानासारखा दिसतो. पृथ्वीवरून उडवताना त्याला मोठ्या रॉकेटला जोडून उडवले जाते. परत येताना त्याला ग्लायडरसारखे तरंगत तरंगत जमीनीवर उतरवता येते. हे ऑर्बायटर नव्या रॉकेटच्या साहाय्याने पुन्हा पुन्हा उडवता येते. एंटरप्राइज, कोलंबिया, चॅलेंजर, डिस्कव्हरी, अॅटलांटिस आणि एंडेव्हर या नावांचे ऑर्बाइटर तयार करून वापरले गेले. कोलंबिया या स्पेस शटलने १९८१मध्ये पहिले यशस्वी उड्डाण केले. १९८३मध्ये अमेरिकेने स्पेस शटलमधून यंत्रसामग्री आणि उपकरणे अवकाशात नेऊन स्पेसलॅब प्रस्थापित केली, तसेच १९९०मध्ये हबल टेलिस्कोप ही महाकाय दुर्बिण अवकाशात नेऊन ठेवली. सन २०११पर्यंत निरनिराळ्या स्पेस शटलनी १३५ उड्डाणे केली आणि त्यातून अनेक अंतराळवीरांनी अवकाशात ये–जा केली.

रशियाने १९७१ मध्ये सोल्युत १, त्यानंतर सोल्युतचे



दोन प्रकारची स्पेस शटल्स

पोस्टाचे तिकिट

स्पेस स्टेशनला जोडलेले स्पेस शटल

स्पेस स्टेशनच्या आतले दृश्य

अंतराळमानव-३

काही अवतार आणि १९८७ साली मीर नावाची स्पेस स्टेशने तयार केली आणि बुरान नावाचे शटलही तयार केले. त्यांचे सोयूझ हे यान अंतराळवीर आणि उपकरणांना स्पेस स्टेशनवर घेऊन जाण्यासाठी वापरले जात असे. सन २०००मध्ये या दोन्ही देशांनी जपान, कॅनडा आणि युरोपमधील काही देशांशी सहयोग करून इंटरनॅशनल स्पेस स्टेशन नावाची कायम स्वरूपाची प्रयोगशाळा स्थापन केली ती आजतागायत सुरू आहे. ही सगळी स्पेस स्टेशने लो अर्थ ऑर्बिटमध्ये पृथ्वीभोवती वेगाने फिरत राहणारे कृत्रिम उपग्रह आहेत. नेहमी काही अंतराळवीर पृथ्वीवरून तिथे जाऊन काही दिवस किंवा महिने राहतात आणि परत येतात. त्यांच्या तिथून निघण्यापूर्वीच अंतराळवीरांची नवी तुकडी तिथे जाऊन पोचते. यातले बहुतेक जण कुठल्या ना कुठल्या विषयातले तज्ज्ञ असतात आणि अंतराळातल्या प्रयोगशाळांमध्ये राहून नवनवे प्रयोग करतात. जे पृथ्वीवर राहून करता येणार नाही अशा प्रकारचे हे संशोधन असते. त्यांनी कोणते प्रयोग करायचे हे ठरवून त्यासाठी आवश्यक अशी सामग्री आणि उपकरणे त्यांच्याबरोबर स्पेस शटलमधून स्पेस स्टेशनावर पाठवली जातात.

अमेरिका आणि रशिया या देशांनी निरनिराळ्या कार्यक्रमांमधून इतर काही मित्र देशांच्या अंतराळवीरांनाही अवकाशात जाण्याची संधी दिली. १९८४ साली भारताचा राकेश शर्मा रशियाच्या सोयुझ मोहिमेतून अवकाशात फिरून आला. आतापर्यंत ४७ देशांचे सुमारे सातशे अंतराळवीर अवकाशात गेले आहेत, त्यातले काही दुर्दैवी अपवाद वगळता बाकीचे सगळे सुखरूप परत आले आहेत. अमेरिकेने सर्वात जास्त म्हणजे सुमारे साडेतीनशे अंतराळवीरांना अवकाशात पाठवले आहे, त्यात मूळ भारतीय वंशाच्या कल्पना चावला आणि सुनीता विल्यम्स या दोन महिला आहेत. रशिया आणि अमेरिकेनंतर २००३मध्ये चीन या तिसऱ्या देशाने स्वतःच्या यानामधून अंतराळवीरांना अवकाशात पाठवून परत आणले. २०२०पासून अमेरिकेतल्या स्पेसेक्स या खाजगी कंपनीने अनेक लोकांना अवकाशात पाठवून त्यांना स्पेस स्टेशनवर पोचवले. भारताच्या इस्रोनेही मानवांना अंतराळात पाठवण्यासाठी गगनयान नावाची योजना आखली आहे आणि त्यासाठी काही अंतराळवीरांची निवड केली आहे. पुढील दोन-तीन वर्षांमध्ये ही योजना कार्यान्वित होईल असा अंदाज आहे.

पृथ्वी आणि अंतराळ यात खूप फरक असतो. मुख्य म्हणजे अंतराळामध्ये वातावरण नसल्यामुळे तिथे आजूबाजूच्या हवेचा दाब किंवा तापमान नसते. अंतराळात सकाळ, संध्याकाळ आणि रात्र नसते, तिथे सतत तेजस्वी सूर्य तळपत असतो. एखादा उपग्रह पृथ्वीभोवती फिरत असताना जेवढा वेळ तो पृथ्वीच्या सावलीत जातो तेवढा वेळ सोडला तर बाकीच्या वेळात त्याच्या सूर्याकडे असलेल्या भागावर प्रखर ऊन पडत असते. काही सूर्यकिरणांचे त्याच्यावरून परावर्तन होते तर काही किरण शोषले जातात. त्यांच्यामुळे त्या भागाचे तापमान वाढत जाते, पण उपग्रहाच्या सर्वच भागांमधून सतत अवकाशात उष्णतेचे उत्सर्जन चालले असल्यामुळे तो वेगाने अतीशय थंड होत असतो. यामुळे काही भागात काही वेळ खूप जास्त (शंभर अंशांहून जास्त) तापमान आणि इतर ठिकाणी शून्याच्याही खूप खाली (उणे अडीचशे अंशाच्याही खाली) तापमान अशी विषम परिस्थिती येत असते. उपग्रहाचे, यानाचे आणि स्पेससूटचे भाग बनवण्यासाठी जे धातू किंवा अधातू निवडले जातात त्यांचे गुणधर्म खूप जास्त किंवा खूप कमी तापमानातही स्थिर राहतील हे पाहिले जाते आणि त्यांचे प्रयोगशाळांमध्ये कसून परीक्षण केले जाते. काही उपकरणांना आणि नाजूक भागांना संरक्षक कवच लावले जाते, त्यांचे तापमान मर्यादेत राखण्यासाठी थर्मल कंट्रोल सिस्टीम असते. उपग्रहामधील बहुतेक सगळी उपकरणे विजेवर चालणारी असतात. त्यांना विजेचा प्रवाह पुरवण्यासाठी विशिष्ट प्रकारच्या बॅटऱ्या ठेवलेल्या असतात आणि त्या बॅटऱ्यांना चार्ज करण्यासाठी मोठमोठी सोलर पॅनेल बसवलेली असतात. त्यामुळे उपग्रहांचे

उपयुक्त आयुष्य वाढते, पण त्या उपकरणांमध्ये बिघाड झाला तर ती उपकरणे काम करत नाहीत. तरीही ते उपग्रह आपल्या कक्षांमध्ये फिरतच राहतात. त्यांना पृथ्वीवर परत आणले जात नाही.

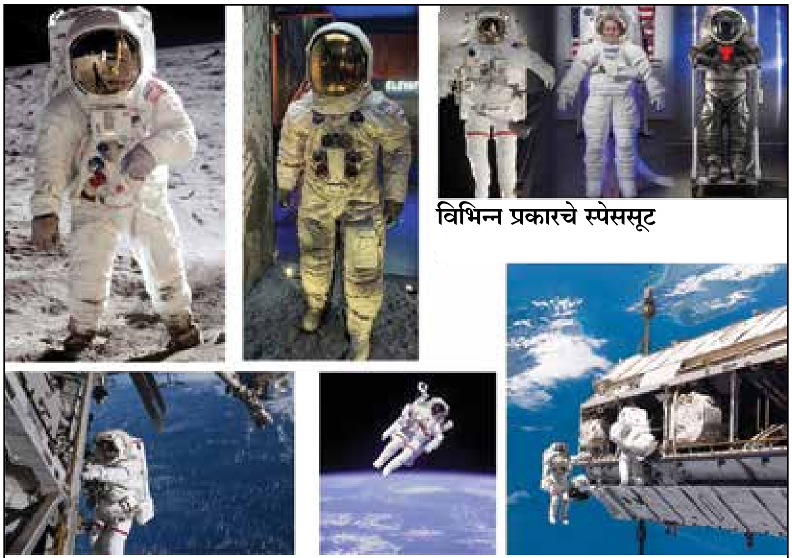
मानवाला अवकाशात पाठवल्यावर मात्र तो सुखरूपपणे परत येईल याची विश्वसनीय व्यवस्था केली जातेच. त्यासाठी इथून जातानाच परत येण्यासाठी लागणारी जास्तीची यंत्रसामग्री त्यांच्या अंतराळयानांमध्ये ठेवावी लागते. उपग्रहांमधल्या निर्जीव यंत्रांना चालत राहण्यासाठी विजेखेरीज आणखी कशाची गरज नसते, पण माणसाला जिवंत राहण्यासाठी अन्न, पाणी आणि हवा यांची अत्यंत आवश्यकता असते. त्याला या गोष्टी अंतराळात मिळणे शक्य नसल्यामुळे पृथ्वीवरून उड्डाण करतानाच त्या बरोबर घेऊन जाव्या लागतात. जमिनीवर आपण रोज स्वयंपाक करून ताजे अन्न खाऊ शकतो, तसे करणे अंतराळात शक्य नसते. त्या अंतराळवीरांसाठी पौष्टिक, रुचकर, सहज पचण्यासारखे आणि टिकाऊ असे विशिष्ट प्रकारचे अन्नपदार्थ मुद्दाम तयार करवून घेऊन त्यांना सोबत नेण्यासाठी दिले जातात. पृथ्वीवर राहणारा प्रत्येक माणूस रोज २ ते ३ लिटर पाणी पितो आणि स्वयंपाक, अंघोळ, हातपाय आणि तोंड धुणे, कपडे धुणे आणि भांडी घासणे वगैरेंवर कित्येक लिटर पाणी खर्च करतो. अंतराळवीरांना इतके पाणी घेऊन जाणे शक्य नसल्यामुळे ते असली कामे करतच नाहीत.

स्पेस स्टेशनसारख्या ठिकाणी जिथे अंतराळवीर दीर्घ काळ मुक्काम करून राहतात तिथे पाण्याचा पुनर्वापर करण्याची चोख व्यवस्था केलेली असते. माणसाने प्यायलेले बहुतेक सगळे पाणी श्वासोच्छ्वास, घाम आणि मूत्र यातून शरीराबाहेर पडत असते, तसेच इतर कारणांसाठी पाण्याचा थोडा उपयोग केला जातो, यातला थेंबन्थेंब गोळा करून आणि शुद्ध करून पुन्हा वापरासाठी उपलब्ध केला जातो. यासाठी तिथे विशेष प्रकारची यंत्रसामुग्री ठेवावी लागते. स्पेस सेंटरसारख्या ठिकाणी साधारणपणे पृथ्वीवर असलेल्या वातावरणासारखीच हवा पुरवलेली असते, पण श्वासोच्छ्वासामधून निघालेला कार्बन डायॉक्साइड वायू बाजूला काढून प्राणवायूचा पुरवठा करत राहण्याची योजना केलेली असते. जे अंतराळवीर फक्त वर जाऊन परत येतात किंवा स्पेसवॉक करताना अवकाशात जातात त्यांच्या स्पेससूटमध्येच प्राणवायू आणि नायट्रोजन वायू यांचे विशिष्ट प्रमाणातले मिश्रण पुरवले जाण्याची व्यवस्था असते.

अंतराळवीरांची अन्नपाणी व हवा यांची गरज भागवणे एवढेच पुरेसे नसते. पृथ्वीवर आपल्या शरीराला इथल्या वातावरणाचा दाब आणि तापमान यांची सवय असते. अंतराळातल्या निर्वात पोकळीत आणि अतिशीत तापमानात

मानवी शरीर तग धरू शकणार नाही. शरीराला सोसेल इतकाच हवेचा दाब आणि तापमान राहील याची विशेष काळजी स्पेस स्टेशन आणि स्पेससूटमध्ये घेतली जाते. रक्ताभिसरण आणि अन्नपचन यासकट आपल्या शरीराच्या सगळ्या व्यवहारांवर पृथ्वीवरील गुरुत्वाकर्षणाचा परिणाम होत असतो. इथेही आपण नेहमी जमिनीवर उभे किंवा आडवे असतो, शीर्षासन करून फार वेळ राहू शकत नाही. अंतराळात जमीनच नसल्यामुळे काय उभे आणि काय आडवे? तिथे अंतराळवीर उभे, आडवे, तिरके, उफराटे अशा कुठल्याही पोजमध्ये तरंगत राहतात. तिथे तोल जाऊन खाली पडण्याची भीतीच नसते, पण त्यामुळे शरीराचा तोल सांभाळण्याच्या शरीराच्या नैसर्गिक क्रियेवर परिणाम होतो. अंतराळात असताना शरीराचे वजन पायावर तोलले जात नसल्यामुळे पायांचे स्नायू कमजोर होत जातात. त्यांची शक्ती शाबूत ठेवण्यासाठी त्यांना विशेष व्यायाम करत राहावे लागते. तिथे गुरुत्वाकर्षणाच्या अभावी रक्ताभिसरण आणि अन्नपचन वगैरेंमध्ये बाधा आल्यामुळे उलट्या, डोकेदुखी, चक्कर येणे असे त्रासही होतात. सुनीता विल्यम्स आणि तिचे सहकारी यांना पृथ्वीवर परत आणल्यानंतर यानामधून बाहेर काढताना स्ट्रेचरवर घेतले होते हे आपण व्हीडिओमध्ये पाहिले होते. अंतराळवीरांना खाली आल्यानंतर काही दिवस विशेष ट्रीटमेंट देऊन आणि व्यायाम करवून घेऊन पुन्हा आपल्या पायांवर उभे केले जाते.

स्पेससूट या विशिष्ट प्रकारच्या पोशाखावरून अंतराळवीर लगेच ओळखला जातो. घातक ठिकाणी काम करणाऱ्या काही कामगारांना खास प्रकारचा ओव्हरऑल ड्रेस घालावा लागतो तो बाहेरच्या हवेमधील दूषित पदार्थ शरीरात जाऊ नयेत यासाठी असतो, पण अंतराळवीरांच्या शरीरामधील हवा किंवा पाणी बाहेरच्या निर्वात पोकळीत उडून जाऊ नये यासाठी त्यांना हा खास स्पेससूट घालावा लागतो. अंतराळामधील निर्वात पोकळी, तिथले प्रखर सूर्यकिरण आणि त्यामुळे होणारे विषम तापमान, अल्ट्राव्हायोलेटसारखे घातक किरण, मधूनच वेगाने उडत असलेल्या सूक्ष्म आकाराच्या उल्कांचे कण या सर्वांपासून बचाव करणे, श्वसनासाठी प्राणवायू पुरवणे, हातापायांच्या हालचाली करता येणे आणि मायक्रोफोन व स्पीकरमधून संपर्क साधता येणे हे मुख्य उद्देश लक्षात घेऊन या स्पेससूटची रचना केली जाते. त्यांचेही अनेक प्रकार असतात. (आकृती अंतराळवीर-४) फक्त यानामधून अंतराळापर्यंत जाऊन परत येण्यासाठी सुटसुटीत सूट असतो, तर स्पेसवॉक करणे, अंतराळयानाच्या बाहेर येऊन काही काम करणे किंवा



विभिन्न प्रकारचे स्पेससूट

अंतराळयानाच्या बाहेर आलेले अंतराळवीर

अंतराळमानव–४

चंद्रावर उतरणे यासाठी खूप जाडजूड सूट असतात. त्यात अनेक पदर (लेयर) असतात. सर्वात आतला मऊ कपडा शरीराला घट्ट बसतो तर सर्वात बाहेरचा कणखर कपडा सगळे धक्के सहन करणारा अभेद्य असा असतो. अंतराळवीराच्या शरीराला बाहेरच्या बाजूने हवेचा दाब मिळावा म्हणून त्याच्या श्वसनासाठी लागणारा प्राणवायूही त्याच्या पोशाखातच भरून ठेवलेला असतो, त्यामुळे तो टम्म फुगलेला दिसतो. अंतराळवीर या स्पेससूटमध्ये नखशिखांत झाकलेला असतो. त्याला समोरचे पाहता यावे यासाठी विशिष्ट प्रकारची काच त्या पोशाखाच्या हेलमेटमध्ये बसवलेली असते.

अंतराळवीरांना आधी सुमारे दोन वर्षे प्रशिक्षण दिले जाते. अंतराळात गुरुत्वाकर्षणाच्या अभावी होणारे त्रास सहन करता यावेत यासाठी अंतराळवीरांच्या ट्रेनिंगमध्ये त्यांना निरनिराळ्या यंत्रांमध्ये उभे, आडवे, वाकडे, तिकडे कसेही ठेवून वेगाने गरागरा फिरवून किंवा खाली वर करून गुरुत्वाकर्षणहीन अवस्थेचा सराव केला जातो. माणसाला एका संकुचित जागेत एकट्याने खूप वेळ राहणेही अवघड असते. यासाठी त्यांना स्पेससूटमध्ये तासन् तास बसणे, उठणे, चालणे वगैरे क्रिया करून त्याची सवय करवून घेतली जाते. त्यांना त्यांच्या यानाची समग्र माहिती दिली जाते. त्या यानाच्या प्रतिकृतीमध्ये बसवून तिथली सगळी उपकरणे कशी वापरायची याची सिम्युलेटरवरून प्रॅक्टिस करून घेतली जाते. या प्रवासात कोणत्या अनपेक्षित गोष्टी किंवा अपघात घडू शकतात हे सिम्युलेटरवर दाखवून त्या वेळी काय करायचे हे प्रात्यक्षिकांसह शिकवले जाते. त्यासाठी आवश्यक तेवढे विज्ञान आणि तंत्रज्ञान यातले विषयही थिअरॉटिकल शिक्षणात शिकवले जातात. त्यांच्याकडून रोजच सैनिकांसारखे भरपूर व्यायाम करून घेतले जातात. प्रत्येक उमेदवाराची शारीरिक, बौद्धिक आणि मानसिक क्षमता यांची कसून तपासणी केली जात असते. जे उमेदवार या सगळ्या दिव्यांमधून तावून–सुलाखून निघतील त्यांचीच प्रत्यक्ष उड्डाणासाठी निवड केली जाते.

अवकाशातून परत येणारे यान नेमक्या जागी आणून उतरवता येईल अशी व्यवस्था स्पेस शटलसाठी केलेली असते. परंतु इतर सगळ्या यानांना तसे करता येत नाही. अवकाशात गेलेले अंतराळयान उपग्रहासारखे सतत पृथ्वीभोवती वेगाने फिरत असते. त्यावर अनेक छोटी छोटी रॉकेट इंजिने असतात. ती इंजिने सुरू केल्यावर त्यातून निघालेल्या वायूंच्या झोतांच्या प्रतिक्रियेने यानाचा वेग कमी केला जातो आणि ते पृथ्वीभोवती फिरत फिरतच वेगाने खाली

स्पेस स्टेशनमध्ये सुनीता विलियम्स

सुनीता आणि तीन अंतराळवीर परत येताना

पॅराशूटससह समुद्रात उतरलेले कॅप्सुल

स्पेसेक्स ड्रॅगॉन कॅप्सुल

अंतराळमानव–५

डेनिस टिटो

अनौशेह अन्सारी

अंतराळातले पर्यटक

अंतराळमानव-६

येत राहते. ते पृथ्वीपासून काही अंतरावर येताच अवाढव्य आकाराची पॅराशूट उघडतात आणि हवेतून तरंगत समुद्रात कुठेतरी त्या यानाला उतरवतात. ते यान अंदाजे कुठे उतरेल हे त्याची गणिते करून ठरवलेले असते आणि अवकाशातून खाली यायला निघाल्यापासून त्याचे सतत बारकाईने निरीक्षणही चाललेले असते. त्या संभाव्य जागेच्या आसपास विशेष प्रकारची जहाजे समुद्रात फिरत ठेवलेली असतात. त्या जहाजांमधले लोक अंतराळवीरांच्या कॅप्सुल मुख्य जहाजाकडे नेतात आणि तिथे त्या कॅप्सुलचा दरवाजा उघडून प्रवाशांना जहाजावर घेऊन जातात. सुनीता विलियम्स आणि बॅरी विलमोर हे अंतराळवीर काही तांत्रिक कारणांमुळे स्पेस स्टेशनवर अडकून पडले होते. त्यांच्यासह चार अंतराळवीरांना स्पेसेक्सच्या ड्रॅगॉन कॅप्सुलमधून पृथ्वीवर आणले गेले. (आकृती अंतराळमानव-५) या सगळ्या प्रक्रियेचे उदाहरण टेलिव्हिजनवर सगळ्या जगाने पाहिले होते.

नासा, इस्रो किंवा तत्सम संस्था स्पेस प्रोग्रॅम आणि त्यासाठी लागणारे यान आणि रॉकेट ठरवून ती तयार करून घेतात. त्या मोहिमेवर पाठवण्यासाठी अनेक उमेदवारांच्या शारीरिक, बौद्धिक आणि मानसिक अवस्थांच्या परीक्षा घेऊन त्यातून निवड करतात. त्यांना प्रशिक्षण देऊन तयार केलेल्या लोकांमधून अखेर अंतराळवीरांची निवड करून त्यांना अंतराळात पाठवले जाते. युरी गागारिन किंवा नील आर्मस्ट्रॉंग अशांच्या नावाला प्रसिद्धी मिळाली असली तरी त्यांना पाठवणाऱ्या यंत्रणांमध्ये काम करणारे अनामिक तंत्रज्ञ आणि शास्त्रज्ञ हेच त्यांच्या यशाचे खरे धनी असतात.

आपणही एकदा अवकाशात जाऊन यावे अशी कुणाच्याही मनात कितीही तीव्र इच्छा असली तरी ती पूर्ण करता येण्याची कसलीही सोय पूर्वी नव्हती, पण या शतकात काही कंपन्यांनी अंतरिक्षाचे पर्यटन सुरू केले. (आकृती अंतराळमानव-६) अमेरिकन इंजिनीयर आणि बिझनेसमॅन डेनिस टिटो हा पहिला प्रवासी २००१मध्ये सोयूझच्या यानातून अवकाशात जाऊन आला, तर अनौशेह अन्सारी नावाची इराणी अमेरिकन ही पहिली महिला प्रवासीसुद्धा सोयूझमधूनच २००६ मध्ये अवकाशात जाऊन आली. तिच्या आधी टिटोसह तीन पुरुष प्रवासी अवकाशात फिरून आले होते. या सगळ्या लोकांनी काही कोटी डॉलर खर्च करून ही यात्रा केली होती. नंतरच्या काळात अधिक कंपन्या या क्षेत्रात उतरल्या. स्पेसेक्सने तर स्वतःची याने आणि रॉकेट तयार करून हौशी प्रवाशांची वाहतूक सुरू केलीच, ते नासाच्या अंतराळवीरांची ने-आणही त्यांच्या यानातून करायला लागले. अजूनही स्पेस स्टेशनपर्यंत जाऊन तिथून परत येण्यासाठी कोट्यवधी डॉलर लागतातच, पण काही कंपन्यांनी फक्त पंधरा मिनिटात कार्मान लाइनच्या पलीकडे अवकाशात जाऊन परत येण्याच्या लहान सहली काढल्या आहेत, त्या काही लाख डॉलरमध्ये करता येतील. त्यातून जाणाऱ्या यात्रेकरूंना कदाचित काळेभोर अवकाश, त्यात एका बाजूला विलक्षण तेजस्वी सूर्य, तर इतर भागात असंख्य चांदण्याही चमकताना दिसतील, तसेच सुंदर निळी वसुंधरा दुरून पाहायला मिळेल. या सगळ्यांची तब्येत धडधाकट असणे आवश्यक असतेच, त्यांनाही आधी विशेष प्रकारचे थोडे ट्रेनिंगही घ्यावे लागतेच. अंतराळयान आणि अग्निबाण यांच्यावरील खर्च अवाढव्य असल्यामुळे अवकाशात जाणे हे अजूनही सामान्य माणसाच्या आटोक्यात नाहीच आणि नजीकच्या भविष्यात तशी शक्यता दिसत नाही.

भारताचा दुसरा अंतराळवीर ग्रुप कॅप्टन शुभांशु शुक्ला स्पेसेक्सच्या फाल्कन ९ या अंतराळयानामधून उड्डाण करून २६ जून २०२५ रोजी इंटरनॅशनल स्पेस स्टेशनमध्ये जाऊन पोचला आहे. तो भारताच्या इस्रोतर्फे ॲक्झियम ४ या आंतरराष्ट्रीय मोहिमेत सहभागी झाला आहे आणि दोन आठवडे आयएसएसमध्ये राहून अनेक प्रयोग करणार आहे.

– आनंद घारे

abghare@yahoo.com

डॉ. शर्वरी कुडतरकर

'ब्ल्यू कार्बन'

समुद्रविश्वाच्या या भागात आपण निळ्या कार्बनविषयी जाणून घेणार आहोत. रसायनशास्त्रामध्ये आपण कार्बन या मूलद्रव्याविषयी शिकत आलेलो आहोत, ब्ल्यू कार्बन म्हणजे नेमके काय ते आता पाहू.

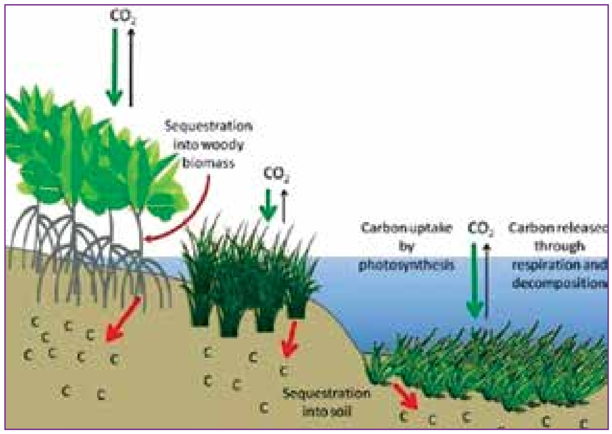
ब्ल्यू कार्बन म्हणजे समुद्रकिनारी तसेच खारफुटीचे जंगल (mangrove forest), खारफुटीच्या दलदलीच्या जागा व समुद्रगवतांचे (seagrass meadow) कुरण यांसारख्या सागरी परिसंस्थांमध्ये दीर्घकाळाकरता साठवून राहिलेला कार्बन होय. एकविसाव्या शतकात आपल्याला ज्या जागतिक समस्या भेडसावत आहेत त्यातील एक जागतिक तापमानवाढीची आहे. मागील कित्येक शतके आपण जीवाश्म इंधनाचा वेग वेगळ्या ठिकाणी वापर करत आलेलो आहोत. त्याचबरोबर इतरही कित्येक मानवी कृतींमुळे हरितगृवायूंचे प्रमाण म्हणजेच GHGs चे (Greenhouse Gases) प्रमाण दिवसेंदिवस वाढतच चाललेले आहे. कार्बन डायऑक्साइड, मिथेन, नायट्रस ऑक्साइड, फ्लोरिनेटेड गॅसेस हायड्रोफ्लुरोकार्बन (HFCs), परफ्लोरोकार्बन (PFCs), सल्फर हेक्सा फ्लोराईड (SF6) आणि पाण्याच्या वाफा या सगळ्यांना मिळून ग्रीन हाऊस गॅसेस म्हटले जाते.

समुद्र गवत

हे हरितगृहवायू पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरून परावर्तित होणारी उष्णता स्वत:मध्ये धारण करतात किंवा अडकवून ठेवतात आणि ती परत अंतराळात जाऊ देत नाहीत या घटनेला ग्रीन हाऊस इफेक्ट म्हटले जाते. ज्यामुळे पृथ्वीवरचे एकंदरीत तापमान वाढते व यालाच आपण ग्लोबल वॉर्मिंग म्हणतो. या सरासरी तापमानवाढीचा परिणाम हवामानावर होऊन जागतिक हवामानात बदल झालेले दिसून येतात. खरे तर हे वायू काही प्रमाणात हवामान स्थिर ठेवण्यास मदत करतात, पण त्यांच्या प्रमाणात वाढ झाल्यास ग्लोबल वॉर्मिंगसारख्या घटना होतात.

सध्याचे कार्बन डाय-ऑक्साइडचे मानवी कृतींमुळे (जीवाश्म इंधने व औद्योगिक उत्पादनातून) निर्माण होणारे Co2 emission, तयार होणारे कार्बनचे उत्सर्जन वार्षिक ७.८ PgC एवढे आहे (IPCC, 2013). यामध्ये साधारण 2.3 PgC/yr एवढे उत्सर्जन आपले महासागर शोषून घेतात तर 1.5 PgC/yr पर्यंतचे उत्सर्जन धरतीवरील वनस्पती शोषून घेतात. जागतिक तापमानवाढीविरोधात ज्या काही विविध संकल्पना व उपक्रम राबवले जात आहेत त्यात औद्योगिक उत्सर्जन कमी करणे, वृक्षलागवड करणे यावर भर दिला जातो. ब्ल्यू कार्बन हा अत्यंत परिणामकारक व त्या मानाने कमी परिचित असलेला असा आपला नैसर्गिक मित्र आहे. म्हणजेच जशा जमिनीवरील वनस्पती प्रकाशसंश्लेषण क्रियेद्वारे वातावरणातील कार्बन डायऑक्साइड वायू शोषून घेतात त्याच प्रकारे सागरी वनस्पतीदेखील हे काम करतात आणि सागरी पर्यावरण कार्बन डायऑक्साइड वायू साठवण्यात अधिक कार्यक्षम आहे कारण ब्ल्यू कार्बन परिसंस्था प्रती हेक्टर क्षेत्रामध्ये जमिनीवरील जंगलापेक्षा चार पट अधिक कार्बन साठवू शकतात.

समुद्रातील गाळ (Ocean sediments) हा हजारो वर्षे स्वतःमध्ये या कार्बनला मानवी हस्तक्षेपाच्या अभावामध्ये (undisturbed) साठवून ठेवत असतो. या ज्या ब्ल्यू कार्बन परिसंस्था आहेत त्यामध्ये प्रामुख्याने खारफुटीचे जंगल, दलदल व समुद्रगवतांची कुरणे यांचा समावेश केला जातो. या तीनही परिसंस्थांचा उल्लेख याआधी काही लेखांमध्ये झालाच होता त्यामुळे तुम्हाला या परिसंस्था थोड्याफार परिचयाच्या नक्कीच झाल्या असतील. या सर्वच परिसंस्थांचा कार्बन साठवण्याबरोबरच जैवविविधतेच्या संवर्धनात, किनारपट्टीलगतच्या भागांचे चक्रीवादळांपासून संरक्षण, मासेमारी व हवामानबदलाला तोंड देण्यामध्ये महत्त्वाचा वाटा आहे. ओशन ॲसिडिफिकेशनची तीव्रता कमी करण्याचे कामदेखील या परिसंस्था करतात. या परिसंस्था कार्बन सिंक (carbon sink) म्हणून ओळखल्या जातात. सागरी वनस्पती त्यांच्या वातावरणातील म्हणजे हवा व पाणी या माध्यमातील कार्बन डायऑक्साइड वायू शोषून घेतात व प्रकाशसंश्लेषण प्रक्रियेद्वारे त्याचे रूपांतर सेंद्रिय पदार्थात करतात. म्हणजेच inorganic carbonला organic carbon मध्ये रूपांतरित करण्याचे महत्त्वाचे काम या वनस्पती करतात. सागरी तळाशी कित्येक मृत प्राणी व वनस्पती तसेच इतरही काही सेंद्रिय पदार्थ येऊन जमा होतात. सेडिमेंटेशन या क्रियेद्वारे हे सेंद्रिय पदार्थ गाळामध्ये साठत जातात. समुद्रतळाशी असलेल्या गाळात ऑक्सिजनचे प्रमाण अगदीच नगण्य असते. त्यामुळे या सेंद्रिय पदार्थांचे विघटन व्हायला खूप जास्त काळ जातो. किंबहुना कित्येक काळ विघटनाविनाच हे सेंद्रिय पदार्थ तळाशी पडून राहतात. ह्या गाळाला Anoxic Soil असे म्हटले जाते. हेच आपल्या ब्ल्यू कार्बन या लढवय्याचे प्रभावी शस्त्र आहे. आणि हे वैशिष्ट्य आपल्या ब्ल्यू कार्बनला हवामानबदलाविरुद्ध लढण्याकरता अत्यंत महत्त्वाचे साधन बनवते. उष्णकटिबंधीय व उपोष्ण कटिबंधीय समुद्रकिनाऱ्यावर आढळणारी खारफुटीची जंगले त्यांच्या गाळांमध्ये ९० टक्क्यांपर्यंत कार्बनची साठवणूक करतात.



किनारी भागातल्या परिसंस्थामधील कार्बनचे रुपांतरण

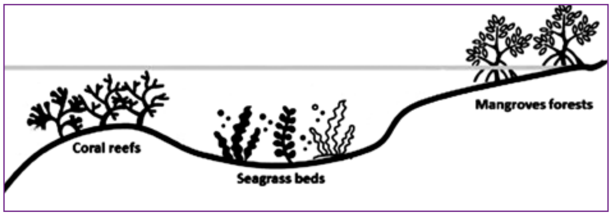
सॉल्ट मार्श म्हणजेच या खारफुटीच्या झाडाखाली असलेली दलदल. ही दलदलसुद्धा स्वतःमध्ये फार मोठ्या प्रमाणात सेंद्रिय पदार्थांची साठवणूक करते. समशीतोष्ण भागात आढळणाऱ्या या दलदलींमध्ये भरतीच्या सागरी लाटा कित्येक सेंद्रिय पदार्थांचे वहन करतात व वाहून आलेले हे सेंद्रिय पदार्थ गाळांबरोबर खारफुटीच्या झाडांच्या मुळांच्या जाळ्यांमध्ये अडकतात. या ठिकाणीदेखील ऑक्सिजन फारच कमी प्रमाणात उपलब्ध असतो त्यामुळे तिथे अडकलेल्या या सेंद्रिय पदार्थांच्या विघटनाच्या क्रियेकरता लागणारा कालावधी हा फारच जास्त असतो.

Sea grass meadows म्हणजे अशी कुरणे की जिथे समुद्रगवत मुबलक प्रमाणात वाढते. या ठिकाणी समुद्राचे पाणी थोडे उथळ असते. समुद्रगवताच्या वेगवेगळ्या प्रजाती आढळून येतात. कित्येक समुद्रगवतांना सुंदर विविधरंगी फुले येतात. या गवतांच्या मुळांमध्ये व येथे जमणाऱ्या गाळामध्येसुद्धा मोठ्या प्रमाणात कार्बन साठवला जातो. या तीनही सागरी परिसंस्था साधारण दोन टक्के समुद्रक्षेत्र व्यापतात, तरी तेथे मोठ्या प्रमाणावर कार्बनची साठवणूक केली जाते.

या परिसंस्था जोपर्यंत कार्यरत असतात तोपर्यंत वातावरणातील कार्बन साठवण्याचे काम त्या सतत करत

खारफुटीची परिसंस्था

सॉल्ट मार्श: खारफुटीच्या जंगलातली दलदल



सागर किनाऱ्यानजीकच्या परिसंस्था

राहतात, मात्र यांचा ऱ्हास झाल्यास त्यांनी साठवून ठेवलेला सेंद्रिय स्वरूपातील कार्बन पुन्हा वातावरणात सोडला जातो. परिणामी हवामानबदल वाढतो.

गेल्या पाच वर्षात ब्ल्यू कार्बनच्या संरक्षणाकरता IUCN (International union for conservation of Nature), UNESCO (United Nations Educational Scientific and cultural organisation), IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission), CI (Conservation International) यांसारख्या संस्थांनी संयुक्त पुढाकाराने ब्ल्यू कार्बनच्या संरक्षणाकरता जगभरातून निरनिराळे संशोधन चालू केले आहे तसेच या अभियानांतर्गत ब्ल्यू कार्बन सायन्स व पॉलिसीकरता प्रोत्साहन दिले जात आहे.

भारतात या संदर्भात अनेक उपक्रम राबवले जात आहेत. यामध्ये पश्चिम बंगाल येथील जगातील सर्वात मोठे खारफुटीचे जंगल अशी ज्याची ख्याती आहे ते सुंदर वन, गोदावरी व कृष्णा येथील त्रिभुज प्रदेश, पिचावरम व भितरकनिका यासारख्या ठिकाणी मोठ्या प्रमाणात ब्ल्यू कार्बन साठलेला आहे. या परिसंस्थांच्या संरक्षणाकरता धोरणात्मक उपाय राबवले तर नक्कीच ते फायद्याचे ठरू शकते. उदाहरणार्थ GIS उपग्रह चित्रणाद्वारे परिसंस्थांची कार्बन साठवण्याची क्षमता मोजणे, स्थानिक मच्छीमार व इतर रहिवाशांना प्रशिक्षण देऊन संरक्षणाअंतर्गत कार्यक्रमात

केल्प, सागरी वनस्पती

त्यांना सहभागी करून घेणे, किनारी भागांच्या विकासकामांचे योग्य नियोजन करणे, संशोधनप्रकल्प वाढवणे, इको-टूरिझमसारख्या उद्योगांना प्रोत्साहन देणे इत्यादी.

ब्ल्यू कार्बनचे संरक्षण व पुनर्स्थापना ही केवळ पर्यावरणपूरक आवश्यकता नाही तर ती आर्थिक, सामाजिक व नैतिक जबाबदारी आहे. अगदी स्थानिक ते जागतिक पातळीवर याकरता योग्य प्रयत्न करणे फार आवश्यक आहे. आंतरराष्ट्रीय अहवालानुसार दरवर्षी सुमारे दोन टक्के खारफुटीची जंगले नष्ट होत असतात. हा ऱ्हास जागतिक स्तरावर कार्बनउत्सर्जनात मोठी वाढ घडवतो. कार्बन बजेट (Carbon Budget) ही एक अशी संकल्पना आहे जी पृथ्वीच्या वातावरणातील कार्बन डायऑक्साइडच्या प्रमाणावर नियंत्रण ठेवण्यासाठी महत्त्वाची आहे.

हवामानबदलाचे परिणाम नियंत्रित ठेवण्याकरता किंवा कमी करण्याकरता आपण किती प्रमाणात कार्बन उत्सर्जित करू शकतो याचे मोजमापन व मर्यादा कार्बन बजेटद्वारे ठरवली जाते. म्हणजेच पृथ्वीचे एकंदरीत तापमान वाढण्यापासून थांबवायचे असल्यास आपण किती प्रमाणात कार्बनउत्सर्जन करावे याची एक मर्यादाआखणी म्हणजे कार्बन बजेट. १८५० सालात जी औद्योगिक क्रांती झाली तेव्हापासून आतापर्यंत हवामानात किती कार्बन डायऑक्साइड वायू शोषला गेला आहे व येणाऱ्या पुढील काळात आपण किती कार्बन उत्सर्जित करू शकतो याचा एकत्रित हिशोब ठेवणे आवश्यक आहे. नवीकरणीय (renewable) ऊर्जास्रोतांचा वापर म्हणजेच सौरऊर्जा, पवनऊर्जा, समुद्राच्या लाटांद्वारे ऊर्जानिर्मिती तसेच वृक्षारोपण करून, सार्वजनिक वाहतुकीस प्रोत्साहित करून, कचऱ्याचे व्यवस्थापन व पुनर्वापर करून आपण आपले कार्बन बजेट टिकवू शकतो.

धरतीवरील वनस्पती ज्या प्रकाशसंश्लेषणप्रक्रियेद्वारे कार्बन फिक्स करतात किंवा साठवून ठेवतात त्याला ग्रीन कार्बन असे म्हटले जाते. हा हिरवा कार्बनदेखील तेवढाच महत्त्वाचा आहे. पृथ्वीवरील जमिनीचा भाग सागराच्या तुलनेत फार कमी असला तरीही वृक्षतोड थांबवून आणि नवीन झाडे लावून ग्रीन कार्बनच्या प्रमाणात नक्कीच वाढ करता येईल. कार्बन बजेट ही एक मर्यादा आहे आणि जर का आपल्याकडून ती ओलांडली गेली तर पृथ्वीच्या हवामनात गंभीर बदल होण्याची दाट शक्यता आहे. त्या दृष्टीने आज घेतलेले निर्णय उद्याच्या सुरक्षित पर्यावरणाकरता फार महत्त्वाचे ठरणार आहेत.

– शर्वरी कुडतरकर
samikshank@gmail.com

अनघा शिराळकर

इतिहास हवामानशास्त्राचा

हवेच्या लहरीपणामुळे हवामानाचा अचूक अंदाज करणे कठीण होऊन बसते. याला कारण म्हणजे हवेच्या एका घटकात जरी बदल झाला तरी हवेचे संपूर्ण संतुलन बदलते. हवामानशास्त्र हे जसे शास्त्र आहे तसेच ते एक सेवाकार्य म्हणूनही प्रसिद्ध आहे. हवामान हा जीवनाचा अत्यावश्यक घटक असल्याने त्याचा अभ्यास शेकडो वर्षांपासून चालू आहे.

हवामानशास्त्राची सुरुवात नक्की कधी झाली हे सांगता येणे अवघड असले तरी काही ठळक संदर्भांवरून असे दिसून येते की हवामानशास्त्र हे शास्त्र म्हणून तसे नवीन आहे, परंतु ज्ञानाचा एक विभाग म्हणून ते खूपच प्राचीन आहे. माणसाची पृथ्वीवर वस्ती सुरू झाली तेव्हाच त्याचा उदय झाला. जगण्यासाठी अन्नाची गरज असते आणि ते मिळविण्यासाठी माणूस येणाऱ्या अडथळ्यांना तोंड देत असतो. हवा व वातावरण यामध्ये होणाऱ्या बदलांमुळे अन्न मिळवण्यामध्ये येणारे अडथळे हे मानवाच्या इतिहासातले पहिले अडथळे. या अडथळ्यांना तोंड देण्यासाठी हवामानाच्या स्थितीचे आडाखे बांधणे सुरू झाले. योग्य हवामानाचे दिवस व वेळा ठरविण्यात येऊ लागल्या आणि त्यानुसार अन्न मिळवण्यासाठी बाहेर पडणे ठरू लागले. हवामानाच्या पुढील स्थितीचे आडाखे हे बहुतांश आधी अनुभवलेल्या हवामानाच्या प्रकारांवर अवलंबून असू लागले. अनेक शतके असेच चालू राहिले. पुढे मात्र निरीक्षणांमध्ये हळूहळू सुधारणा होत गेली आणि आडाखेही सुधारत गेले. खलाशी, शिकारी, शेतकरी, मच्छीमार, पतंग उडवणारे हौशी, तसेच पौरोहित्य करणारे पंडित या सर्वांना त्यांच्या व्यवसायासाठी व छंदासाठी हवामानाच्या स्थितीबद्दल माहिती असणे जरुरीचे असायचे. त्यासाठी त्यांनी हवेच्या घटकांमध्ये होणाऱ्या बदलांची जाणीव करून देणाऱ्या पद्धती सुरू केल्या व हवेचे तापमान, दाब, आर्द्रता आणि वाऱ्याचा वेग यांची नोंद करणे सुरू केले. ते ढगांची सूक्ष्म निरीक्षणे करू लागले. आकार आणि उंची यांच्या संबंधांचे विश्लेषण करून ढगांना निरनिराळी नावेही त्यांनी दिली.

हवामानशास्त्राचा इतिहास बघता त्याचे तीन कालावधी आहेत. पहिला कालावधी आहे ख्रिस्तपूर्व ६०० ते इसवी सन १६००, दुसरा कालावधी आहे इसवी सन १६०० ते १८०० आणि तिसरा आहे इसवी सन १८०० पासून सुरू होणारा काळ. पहिल्या कालावधीत बऱ्याचशा गोष्टी अंधश्रद्धेवरच अवलंबून होत्या. दुसऱ्या कालावधीत हवामानाचा अभ्यास शास्त्रीय पद्धतीने होण्यास सुरुवात झाली. याच काळात निरीक्षणे घेणे सुरू झाले व त्यात शिस्तबद्धता येत गेली. तिसऱ्या कालावधीचे वैशिष्ट्य म्हणजे हवामानशास्त्राच्या अभ्यासात बरीच सुधारणा होऊन ते व्यवस्थितपणे विकसित होऊ लागले.

ख्रिस्तपूर्व पाचव्या शतकात काही ग्रीक तंत्रज्ञांना मात्र अशी शंका आली की हवामानातील बदलांमागे नैसर्गिक कारणेच असावीत. मात्र त्या काळात निरीक्षकांच्या, मोजमापांच्या तसेच शास्त्रशुद्ध अभ्यासाच्या साधनांच्या अभावामुळे या शंकेचे निरसन होऊ शकले नाही. ख्रिस्तपूर्व तिसऱ्या शतकापर्यंत जनतेमध्ये असा पक्का समज होता की हवामानातील बदल हे पूर्णपणे परमेश्वराच्या अधीन आहेत.

ख्रिस्तपूर्व चौथ्या शतकातील थोर तत्त्वज्ञ ॲरिस्टॉटल याने हवामानाच्या घटकांच्या व्यवस्थित नोंदी ठेवून त्यांचे परीक्षण केले आणि 'मिटिऑरॉलॉजिका' नावाचा एक प्रबंध तयार केला. हा प्रबंध म्हणजे हवामानाच्या शास्त्रशुद्ध अभ्यासाचा मूलभूत पायाच होय. ॲरिस्टॉटल हा हवामानशास्त्राचा जनक म्हणून ओळखला जाऊ लागला.

मात्र ॲरिस्टॉटलनंतर जवळजवळ दोन हजार वर्षे या शास्त्रात काहीच प्रगती होऊ शकली नाही. एकोणीसशे सतरा ते एकोणिसाव्या शतकांचा काळ अनेक मापकयंत्रांच्या शोधाचा काळ ठरला. उष्णतामापक म्हणजे थर्मामीटरचा शोध गॅलिलिओने सन १६०७ मध्ये लावला. टॉरिसेली याने सन १६४३ मध्ये हवेचा दाब मोजण्याच्या यंत्राचा म्हणजे बॅरॉमीटरचा शोध लावला. हवेतील आर्द्रता मोजण्याचे यंत्र म्हणजे आर्द्रतामापक म्हणजे हायग्रोमीटर प्रथम लिओनार्डो दा विंची यांनी १४८० साली तयार केले होते तरी त्यात १६०० साली फ्रान्सिस्को फोली आणि रॉबर्ट हूक यांनी तंत्रज्ञानाचा वापर करून अधिक व्यावहारिकता आणली. १७५५ साली जोहान हेन्रिक लॅम्बर्ट यांनी त्याची आधुनिक आवृत्ती तयार केली. होरेस बेनेडिक्ट डी सॉसुर यांनी १७८३ साली आर्द्रता मोजण्यासाठी मानवी केसांचा वापर करून अधिक आधुनिक आर्द्रतामापक तयार केले.

सतरावे शतक हेच खऱ्या अर्थाने हवामानाच्या शास्त्रशुद्ध अभ्यासास सुरुवात करणारे शतक ठरले. सर्व यंत्रांच्या साहाय्याने उष्णता, दाब आणि आर्द्रता या हवेच्या तीन अतिमहत्त्वाच्या मूलभूत घटकांच्या नोंदी ठेवणे शक्य झाले. अठराव्या शतकात गणित, भौतिकशास्त्र आणि रसायनशास्त्र यांचा सहभाग हवामानशास्त्राच्या अभ्यासात प्रगती होण्यास कारणीभूत ठरला.

हवामानशास्त्रातील ही प्रगती साधारणपणे जगात सर्वत्र अशीच होती. तरीही आपल्या प्राचीन भारताचा इतिहास पाहता बरीचशी शास्त्रे हजारो वर्षांपूर्वीही अस्तित्वात होती व त्याची रीतसर नोंदही आपल्या प्राचीन ग्रंथामध्ये आढळून येते.

भारतातील हवामानशास्त्र

वेदिक काळातील भारतीय हवामानशास्त्र

आपल्या भारत देशाचे भौगोलिक रूप फार अलौकिक आहे. तो उष्णकटिबंधातील एक विशाल देश असून, हिमालयाच्या पर्वतरांगांनी त्याच्या उत्तर, वायव्य व ईशान्य दिशांकडील शेजारील राष्ट्रांपासून स्वतंत्र झालेला आहे. त्याच्या उरलेल्या तीनही बाजू सागरांच्या पाण्याने वेढलेल्या आहेत. हिमालयाच्या पर्वतरांगा, विशाल पात्र असणारी महाकाय गंगा नदी, थारचे वाळवंट, विंध्यपर्वताच्या रांगा आणि दख्खनचे पठार या पाच वैशिष्ट्यपूर्ण भौगोलिक घटकांमुळे आपल्या देशाचे हवामानही वैशिष्ट्यपूर्ण झालेले आहे.

आपला देश सांस्कृतिकदृष्ट्याही वैशिष्ट्यपूर्ण आहे. ही संस्कृती जगातली सर्वात जुनी असूनही सुसंगत आहे. प्राचीन भारताची संस्कृती ही मुख्यत्वे धर्मावर आधारित होती. नद्या, समुद्र आणि पर्वत या निसर्गाच्या रूपांचाही प्राचीन भारताच्या संस्कृतीमध्ये सिंहांचा वाटा होता. गंगा, यमुना आणि ब्रह्मपुत्रा या तीन प्रमुख नद्यांच्या गाळामुळे तयार झालेले जगातील सर्वात मोठे असे सुपीक खोरे भारताच्या उत्तरेला आहे. हे सुपीक खोरे आणि तिथे असलेले उत्तम हवामान यामुळे इथल्या प्राचीन काळातील लोकांची सांपत्तिक स्थिती फारच उत्तम होती. या अशा अनुकूल भौगोलिक परिस्थितीमुळे इथे लोकसंख्या भराभर वाढत गेली. शारीरिक आणि सांपत्तिक स्थिती उत्तम राहिल्याने इथल्या माणसांच्या बौद्धिक पातळीतही वाढ होत गेली. वेदिक काळात म्हणजे ख्रिस्तपूर्व १५ ते ५ व्या शतकाच्या काळात वेद हा जीवनाचा

अविभाज्य घटक होता. ऋग्वेद व अथर्ववेद यांमध्ये हवेच्या विविध स्थिती आणि खगोलशास्त्रीय निरीक्षणे यांचा उल्लेख आढळतो. चांगले हवामान आणि पाऊस यांच्यासाठीची स्तोत्रे या दोन्ही वेदांमध्ये आढळतात.

वेदिक काळातील आपले भारतीय बांधव देव आणि देवतांचे पूजक होते. पृथ्वी, वरुण आणि इंद्र या मुख्य देवता मानल्या जात होत्या. या तीन देवतांची पूजा धरती, आकाश आणि मरुत म्हणजे वारा यांना प्रसन्न करण्यासाठी यज्ञाद्वारे केली जायची. प्रथम अग्निदेवतेला आहुती देऊन प्रसन्न केले जायचे. आपल्या सृष्टीचे संरक्षण करण्यासाठी प्रत्येक देवतेकडे एक विशिष्ट कार्य सोपवलेले आहे असाही एक समज होता. उदाहरणार्थ, सूर्य ही अग्निदेवता, वरुण ही पाण्याचे व्यवस्थापन करणारी देवता, तर इंद्र ही वारे आणि वादळ यांची देवता म्हणून मानले जायचे.

भारतात वेदिक काळात शेती हाच मुख्य व्यवसाय होता. शेती आणि पाणी हे नैऋत्य मोसमी पावसावरच संपूर्णपणे अवलंबून होते. अन्न आणि निवारा या मूलभूत गरजांमधूनच दुष्काळ, पूर, वादळ, विजांचा कडकडाट, गारा, बर्फ इत्यादींसारख्या हवेतील तीव्र बदलांपासून मानव सावध राहू लागला आणि त्यासाठी हवेतील घटकांची रोजच्या रोज काळजीपूर्वक निरीक्षणे करणे सुरू झाले. चांगल्या किंवा वाईट हवेची निर्मिती ही पूर्णपणे परमेश्वराच्या इच्छेवर अवलंबून असते असा समज दृढ होता.

हवामानशास्त्राचा उगम ख्रिस्तपूर्व चौथ्या शतकात ग्रीक तत्त्वज्ञ ॲरिस्टॉटल यांच्या 'मिटिऑरॉलॉजिका' या प्रबंधाने झालेला असला तरी भारतामध्ये मात्र तो ख्रिस्तपूर्व सहाव्या शतकापूर्वीपासून आढळतो. 'रामायण' व 'महाभारत' या दोन्हीही प्राचीन महाकाव्यांत प्राचीन भारताच्या भौगोलिक स्थितीचे आणि त्यावेळच्या हवामानाचे उल्लेख आढळतात. धरती, पाणी, उष्णता, वारा आणि आकाश यांच्या देवतांना प्रसन्न करण्यासाठी यज्ञकर्म हे महत्त्वाचे साधन होते. यज्ञामध्ये आहुती दिल्यावर त्यांच्या ज्वाळेतून व धुरातून जे कण बाहेर पडतात ते ढग तयार होण्यासाठी उपयुक्त ठरतात असे समजले जायचे. याचे आधुनिक काळातील कृत्रिम पावसाच्या तंत्राशी साम्य आढळते.

पावसाचे मोजमाप करणे म्हणजेच ज्याला आपण पर्जन्यमापन म्हणतो ते आपल्या देशात फार पुरातन काळापासून चालू आहे असे दिसते. ख्रिस्तपूर्व पाचव्या शतकातील पाणिनी नावाच्या थोर विद्वानाच्या 'अष्ट्याध्याय' नावाच्या ग्रंथामध्ये पर्जन्यमापनाला 'वर्षाप्रमाण' असे म्हटले आहे. पळ, आडाखा, द्रोण आणि घोषपाडा ही पाऊस मोजण्याची मापे होती.

ख्रिस्तपूर्व चौथ्या शतकातील 'कृषिपराशर' या कृषिविषयक ग्रंथात पर्जन्यमान पात्राची उंची आणि व्यास यात थोडा बदल होता. ही पात्रे निरनिराळ्या झाडांच्या लाकडापासून केलेली असायची. कृषिपराशर या ग्रंथातील पद्धतीप्रमाणे शंभर चौरस योजने व तीस योजने उंच इतका पाऊस झाला की त्याला एक आडाखा म्हणायचे. तसेच, या ग्रंथातील माहितीप्रमाणे संपूर्ण जगावर पडलेल्या पावसाचे वीस भाग केले तर त्यातले दहा भाग समुद्रावर, सहा भाग पर्वतावर, तर उरलेले चार भाग जमिनीवर पडतो.

ख्रिस्तपूर्व तिसऱ्या शतकातील चंद्रगुप्त मौर्य या राजाच्या दरबारातील कौटिल्य ऊर्फ चाणक्य नावाच्या मंत्र्याने लिहिलेल्या 'अर्थशास्त्र' नावाच्या विवेचनात्मक ग्रंथामध्येही

जंतरमंतर, जयपूर

ढगांचे प्रकार व पाऊस यासंबंधी विस्तृत माहिती आहे. कौटिल्याच्या अर्थशास्त्रात पर्जन्यमापनाचेही संदर्भ मिळतात. यामध्ये कोषागाराच्या व्यवस्थापनावर पर्जन्यमापनाची जबाबदारी असायची असे समजते.

ख्रिस्तपूर्व दुसऱ्या शतकातील भारताची आचारसंहिता म्हणून प्रसिद्ध असलेल्या 'मनुस्मृति' या ग्रंथामध्येही हवामान-शास्त्राचा उल्लेख आढळून येतो.

इसवी सन चौथ्या शतकातील प्रसिद्ध संस्कृत महाकवी कालिदास यांच्या 'मेघदूत' या काव्यरचनेमध्येही भारताचे भौगोलिक रूप मोठ्या सुंदर पद्धतीने वर्णन केलेले आहे. कालिदासाच्या या अमर काव्यरचनेमध्ये एक पंक्ती 'आषाढस्य प्रथमदिवसे मेघमिश्लष्टसातु वप्रक्रीडापरिणत प्रेक्षणीयं ददर्श' असे दर्शविते की मध्यप्रदेशातील उज्जैन या शहरात पावसाच्या ढगांचे आगमन आषाढाच्या पहिल्याच दिवशी म्हणजे साधारण जून महिन्याच्या शेवटी किंवा जुलै महिन्याच्या सुरुवातीला होते.

मध्य प्रदेशातील उज्जैन येथील इसवी सन सहाव्या शतकातील भारतीय खगोलशास्त्रज्ञ, गणितज्ञ आणि ज्योतिषी वराहमिहीर यांनी 'बृहतसंहिता' नावाचा ग्रंथ लिहिला. या बृहत्संहितेमध्ये प्राणी व निसर्गात होणाऱ्या बदलांच्या आधारावर केल्या जाणाऱ्या पावसाच्या अंदाजाबद्दल विस्तृत विवेचन केलेले आहे. पावसाचा अंदाज हा बराचसा निरीक्षणांवर व तर्कावर आधारित असायचा. वराहमिहीर यांनी ढगांचे वर्गीकरणही केलेले आहे. आवर्त, समावर्त, पुष्कर आणि द्रोण हे ढगांचे चार प्रमुख प्रकार. यापैकी प्रत्येक प्रकारच्या ढगांचे वैशिष्ट्य सांगितले आहे.

पाऊस कधी मोजायला सुरुवात करावी यावरही अनेक मते होती. अर्थशास्त्र आणि कृषिपराशर या ग्रंथात भारतातील विविध भागांतील पर्जन्यमानाच्या नोंदी केलेल्या आढळतात.

वेदिक काळानंतरचे भारतीय हवामानशास्त्र

प्राचीन काळातील भारतीय संस्कृतीमध्ये सर्व प्रकारचे विज्ञान हे धर्माशी निगडित होते. दैनंदिन जीवनातही धार्मिक विधींना अनन्यसाधारण महत्त्व होते. या धार्मिक विधींच्या वेळा निश्चितपणे कळण्यासाठी ज्योतिषशास्त्राचा अभ्यास सुरू झाला आणि या अभ्यासासाठी ज्योतिषतज्ज्ञ सूर्य, चंद्र व इतर ग्रह आणि तारे यांच्या स्थानांची व भ्रमणांची निरीक्षणे करून त्याप्रमाणे नोंदी करू लागले. या निरीक्षणांच्या नोंदींवरून व गणिताच्या साहाय्याने खगोलशास्त्राच्या दिनदर्शिकेचा जन्म झाला. यालाच आपण पंचांग म्हणतो. वेदिक काळातील लोकांचे रोजचे जीवन तसेच त्यांची धार्मिक कार्ये या पंचांगावरच अवलंबून असायची, कारण या पंचांगाद्वारे ऋतू आणि हवामान कळायचे. त्यानुसार शेतीकामाची व धार्मिक कार्यांची आखणी केली जायची. अशा प्रकारे हवामानशास्त्राचा उगम खगोलशास्त्र व ज्योतिषशास्त्रातून झाला असेच म्हणावे लागेल.

पाचव्या ते चौदाव्या शतकाच्या कालखंडातील आर्यभट्ट आणि भास्कराचार्य नावाच्या सुप्रसिद्ध गणिततज्ज्ञांनी समुद्रसपाटीपासूनची उंची मोजण्याचे एक सुलभ यंत्र तयार केले. पंधरावे शतक हे भारतातील विज्ञानाच्या, विशेषतः खगोलशास्त्र व हवामानशास्त्र यांच्या पुनरुज्जीवनाचे ठरले. सन १६८६ ते १७३४ या काळातील मावळ राज्यातील मुघल सम्राटाच्या दरबारातील एक मुत्सद्दी मंत्री व खगोलशास्त्रज्ञ दुसरा सवाई जयसिंग यांनी या यंत्रात अधिक अचूक नोंदी करण्यासाठी त्यात आवश्यक त्या सुधारणा करण्याचे प्रयत्न केले. त्यासाठी सवाई जयसिंग यांनी अरबी खगोलशास्त्रज्ञांचे

कसब वापरले. परंतु त्या यंत्रावरचे लिखाण मात्र पारंपरिक संस्कृत भाषेतच ठेवले. दिल्ली, जयपूर, वाराणसी, मथुरा आणि उज्जैन येथे 'जंतरमंतर' नावाने प्रसिद्ध असलेल्या खगोलशास्त्राच्या वेधशाळाही सवाई जयसिंग यांनी सुरू केल्या. या वेधशाळा योग्य त्या मापनयंत्रांनी सुसज्जही केल्या आणि या वेधशाळांमधून केलेल्या निरीक्षणांच्या आधारे त्यांनी खगोलशास्त्रीय पंचांगही तयार केले. सवाई जयसिंग यांनी तयार केलेली यंत्रे सम्राटयंत्र, जयप्रकाशयंत्र व रामयंत्र या नावांनी प्रसिद्ध आहेत. सवाई जयसिंग यांनी आपल्या भारत देशात विज्ञानाचा प्रसार करण्यासाठी व त्याची भरभराट करण्यासाठी लागणारे वैज्ञानिक निर्माण करण्यासाठी एक प्रकारे लौकिकार्थाने विज्ञानाचा पायाच रोवला असे म्हणावे लागेल. प्राचीन काळात आलेल्या बऱ्याचशा विदेशी पर्यटकांनीही आपल्या प्रवासवर्णनात भारताचे वैशिष्ट्यपूर्ण हवामान व मोसमी पाऊस यांच्या नोंदी केलेल्या आढळतात.

हवामानशास्त्राच्या प्रगतीची वाटचाल खऱ्या अर्थाने अठराव्या आणि एकोणिसाव्या शतकात झाली. मद्रास (चेन्नई) येथे सन १७९२मध्ये ब्रिटिश ईस्ट इंडिया कंपनीने खगोलशास्त्र व हवामानशास्त्राची पहिली वेधशाळा स्थापन केली. यानंतर मुंबईतील कुलाबा येथे १८२३ साली खगोलशास्त्राची आणि त्रिवेंद्रम येथे १८३६ साली भुचुंबकशास्त्र आणि हवामानशास्त्र यांच्या वेधशाळा सुरू केल्या. 'सर्व्हे ऑफ इंडिया' नावाच्या संस्थेची स्थापना १८२९मध्ये कलकत्ता (कोलकाता) येथे झाली. एकोणिसाव्या शतकाच्या मध्यावर उत्तर भारतात सिमला येथे आणि दक्षिण भारतात दोडाबेट्टा येथे एक अशा दोन उंच हवेच्या ठिकाणावरच्या वेधशाळा स्थापन झाल्या. सन १८७५मध्ये भारतीय हवामानशास्त्र विभागाची लौकिकार्थाने स्थापना झाली. या विभागाची मुख्य कचेरी कलकत्ता येथे, तर तिची विभागीय कार्यालये कलकत्ता, लाहोर, मद्रास आणि अलाहाबाद येथे सुरू झाली. मध्यवर्ती वेधशाळेची स्थापना १८७७ साली कलकत्ता येथे झाली. दैनिक हवामानाचा पहिला अहवाल १८७८मध्ये मोसमी पावसाच्या सुरुवातीला प्रसिद्ध झाला. या अहवालात देशातील निरनिराळ्या भागांतील त्या वेळच्या हवामानाची स्थिती दाखवलेली होती. देशातील हवेच्या दाबाचे स्वरूप, वाऱ्याची दिशा आणि आधीच्या २४ तासांत नोंदवलेला पाऊस, हे सर्व दाखवणारा पहिला हवामानाचा तक्ता १ सप्टेंबर १८८७ रोजी सकाळी १० वाजता प्रसिद्ध झाला. हळूहळू भारतीय हवामानशास्त्र विभागाने आपली पाळेमुळे देशभरात रुजवली आणि आपल्या विविध भागांतील वेधशाळांनी केलेल्या निरीक्षणाच्या नोंदी व हवामानाचा अंदाज पूरवून भूकंपशास्त्र, भूभौतिकशास्त्र, सौरभौतिकशास्त्र, भूचुंबकशास्त्र, कृषिशास्त्र, पुराचे व पाण्याचे व्यवस्थापन इत्यादी अनेक शास्त्रांच्या प्रगतीला हातभार लावला. वेधशाळेच्या भारतभर शाखा सुरू झाल्या. हवेच्या निरनिराळ्या घटकांच्या व्यवस्थित नोंदी घेणारी अत्याधुनिक यंत्रणा, हवेच्या व पावसाच्या अंदाजासाठी लागणारी किचकट आकडेमोड करणारे सक्षम संगणक आणि सर्वात महत्त्वाचे म्हणजे उच्चशिक्षित व प्रशिक्षित संशोधक व कर्मचारीवर्ग या सर्वांच्या सहयोगाने भारतीय हवामानशास्त्रही जगातील सर्व विकसित राष्ट्रांच्या बरोबरीने वाटचाल करत आहे.

निरीक्षण, विश्लेषण आणि अत्याधुनिक तंत्रज्ञान यांच्यातील गुणात्मक विकासामुळे हवामानशास्त्राच्या अभ्यासात व संशोधनात जगात सर्वत्रच लक्षणीय परिवर्तन होत आहे.

संदर्भ

१. Ferrand John Jr., From Gods to Satellite, Weatherwise, 44, 1991, 30-36

२. Fleming James Rodger, Historical Perspectives on Climate Change, 1998

३. Frisinger Howard H., History of Meteorology to 1800, American Meteorological Society and Science History Publications. New York, 1977

४. Hundred Years of Weather Services (1875 - 1975), New Delhi, India Meteorological Department, New Delhi, 1976

५. Shiralkar A.A. and Salvekar P.S., Meteorology in Ancient India, Proceedings of Annual Seminar on Science and Technology in Ancient India, Institute of Oriental Study, Thane, 25-26 April 1998

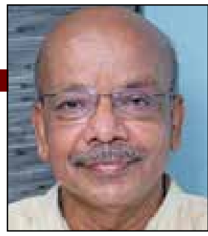
६. शिराळकर अनघा, प्राचीन भारतातील हवामानशास्त्र, सृष्टिज्ञान, भाग १ – जून १९९९ व भाग – २, जुलै १९९९

७. शिराळकर अनघा, भारतीय हवामान विभागाची दीडशे वर्षे, ९८, जानेवारी २०२५

८. शिराळकर अनघा, भारतीय हवामानशास्त्र विभाग, मराठी विश्वकोश, https://marathivishwakosh.org/69926

– अनघा शिराळकर

anaghashiralkar@gmail.com



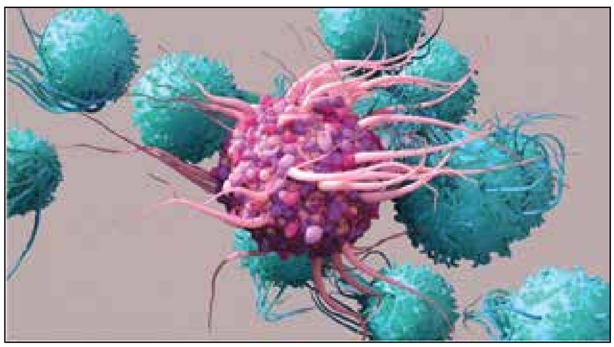
बिपीन भालचंद्र देशमाने

शरीराला मदत, कॅन्सरवर हल्ला!

आपल्या हाताला लागले, कापले, खरचटले, भाजले की तिथे जखम होते. त्या ठिकाणच्या हजारो, लाखो पेशी मरतात. त्या जागी पेशीविभाजनाने नवीन पेशी तयार होतात आणि काही दिवसांनी जखम पूर्ण बरी होते! मेलेल्या पेशींच्या जागी नवीन पेशी निर्माण होणे गरजेचे असते, आवश्यक असते. ही गोष्ट पेशीविभाजनामुळेच शक्य होते. आवश्यक तेवढ्या पेशी तयार झाल्या, जखमेचा खड्डा भरून निघाला, की पेशीविभाजनाची क्रिया थांबते. परंतु ही क्रिया थांबलीच नाही तर?! अनावश्यक पेशींचा गोळा म्हणजेच गाठ त्या ठिकाणी तयार होईल! नेमकी हीच गोष्ट कॅन्सरमध्ये होते! कॅन्सर किंवा कर्करोग म्हणजे आपल्याच शरीरातील काही पेशींची अनावश्यक ठिकाणी आणि अनावश्यक वेळी होणारी अनिर्बंध वाढ!

सामान्य पेशी जिथे आवश्यक आहे तिथे आणि ज्यावेळी आवश्यक आहे त्याच वेळी पेशीविभाजन करते आणि वाढते. कॅन्सरची पेशी हा शरीराचा नियम धुडकावून लावते आणि नको तिथे, नको तेव्हा पेशीविभाजन करून वाढायला लागते! त्यामुळे पेशींचा गोळा तयार होतो ज्याला आपण कॅन्सरची गाठ म्हणतो. सामान्य पेशी एकमेकांना धरून असतात, चिकटून असतात. या पेशी कुठल्याही अवयवाची सीमा पार करून बाहेर जात नाहीत. त्या अवयवाच्या सीमेतच राहतात. कॅन्सरच्या पेशी एकमेकांना तेवढ्या चिकटलेल्या नसतात आणि त्यामुळे त्या कॅन्सरच्या गाठीतून निखळू शकतात आणि रक्त किंवा लिम्फ याद्वारे संपूर्ण शरीरात पसरू शकतात आणि नवीन ठिकाणी नवीन निरोगी अवयवात जाऊन नवीन गाठ तयार करू शकतात. यालाच आपण कॅन्सर पसरला (मेटॅस्टॅसिस) असे म्हणतो! रासायनिक औषधांच्या द्वारे उपचार - किमोथेरपी, शस्त्रक्रिया, किरणोत्सर्ग, अस्थिमज्जारोपण - बोन मॅरो ट्रान्सप्लांटेशन- अशा अनेक उपचार पद्धती विविध कॅन्सरवर वापरल्या जातात. परंतु प्रगत टप्प्यामध्ये कॅन्सर शरीरात पसरल्यावर त्याला रोखणे फार कठीण होऊन बसते.

सामान्य पेशींचे ज्यावेळी कर्करोगाच्या पेशीमध्ये रूपांतर होते त्यावेळी त्यांच्या दिसण्यात, रूपात काहीच बदल होत नाही का? आणि असा बदल झाला तर आपल्या प्रतिकारयंत्रणेला ते कळत नाही का? आपल्या प्रतिकार-यंत्रणेतील पेशी अशा फितूर पेशींना ओळखू शकत नाहीत का? काही वेळा ओळखतात; काही वेळा ओळखू शकत नाहीत. त्यामुळेच अशा फितूर पेशींचे फावते आणि आपले शरीरात कर्करोग पेशी त्यांचे बस्तान बसवतात.



कॅन्सरच्या पेशींवर तुटून पडणाऱ्या टी लसिकापेशी! या रणधुमाळीत आता कॅन्सरच्या पेशीची खैर नाही!

यासाठी आपल्याला आपल्या रोगप्रतिकारयंत्रणेतील सैनिकांची माहिती करून घेणे आवश्यक आहे. आपल्या रक्तात तांबड्या पेशी, पांढऱ्या पेशी आणि प्लेटलेट असतात. तांबड्या पेशी फुप्फुसाकडून संपूर्ण शरीरभर ऑक्सिजन वाहून नेण्याचे काम करतात. प्लेटलेट रक्त गोठण्याच्या कामी मदत

करतात. तर पांढऱ्या पेशी म्हणजे आपली संरक्षक यंत्रणा, आपले सैनिक, आपल्या फौजा, आपली मिलिटरी. विविध प्रकारच्या पांढऱ्या पेशींची फौज आपल्या शरीरात म्हणजेच रक्त आणि लिम्फ या द्रवांमधून आपल्या संपूर्ण शरीरात गस्त घालत असते. त्यापैकी काही पेशींना लिंफोसाइट किंवा लसिका पेशी असे म्हणतात. लसिका पेशी दोन प्रकारच्या असतात. एका प्रकारच्या पेशींना टी लिम्फोसाइट असे म्हणतात तर दुसऱ्या प्रकारच्या पेशींना बी लिम्फोसाइट असे म्हणतात. या दोन्ही प्रकारच्या पेशी अस्थिमज्जेमध्ये तयार होतात आणि मग त्यांची रवानगी रक्त आणि लिम्फद्वारे संपूर्ण शरीरभर होते. बी लसिका पेशी बाहेरून आलेल्या परक्या पदार्थाविरुद्ध म्हणजे रोगजंतूंविरुद्ध अँटीबॉडी तयार करते. टी लसिका पेशींमध्येही अनेक प्रकार आहेत. टी लसिका-पेशींमध्ये एक प्रकार आहे. त्याला पेशीमारक, पेशीहानिकारक (सायटो-टॉक्सिक) टी लसिकापेशी असे म्हणतात. या पेशी शरीरातील इतर विषाणूग्रस्त किंवा जिवाणूग्रस्त पेशींना मारून टाकतात. त्यामुळे त्या विषाणूंचा किंवा जिवाणूंचा शरीरात प्रसार रोखला जातो.

याशिवाय टी लसिकापेशीं आणखीन एक महत्त्वाचे काम ते करतात ते म्हणजे कर्करोगपेशींनाही ते मारू शकतात! त्यांच्यात ती क्षमता असते. या टी लसिका पेशींना कॅन्सर पेशींविरुद्ध लढण्यासाठी प्रोत्साहन दिले, उद्युक्त केले तर या पेशी कॅन्सर पेशींचा खात्मा करू शकतात! परंतु बऱ्याच वेळा या सैनिक पेशींचे हात बांधलेले असतात त्यामुळे त्यांना कॅन्सर पेशींविरुद्ध उठाव करता येत नाही.

या सायटो-टॉक्सिक लसिका टी-पेशींचे हात बांधलेले असतात म्हणजे नेमके काय?

या युद्धभूमीवर तीन पात्रे पेशींच्या रूपाने वावरत असतात. पहिले पात्र म्हणजे अँटिजेन प्रेझेन्टिंग पेशी! ही आपल्या सैन्यदलातीलच मंडळी. यामध्ये मॅक्रोफाजेस पेशी आणि डेनड्राइटिक पेशी, या दोन पेशींचा समावेश होतो. या पेशी कॅन्सर (युद्धभूमीवरील दुसरे पात्र, आपला शत्रू) पेशीला गिळतात, तिचे तुकडे करतात आणि कॅन्सर पेशीमधील विशिष्ट, युनिक अँटिजेन वेगळे करून त्यांच्या बाह्य आवरणावर झेंड्यासारखे रोवून, गाडून ठेवतात! म्हणून या पेशींना अँटिजेन प्रेझेन्टिंग सेल - एपीसी असे म्हणतात. आपल्या शरीरातील तिसरे पात्र म्हणजे सायटोटॉक्सिक टी पेशी (ही आपल्या सैन्यदलातीलच मंडळी) हा गाडलेला अँटिजेनचा झेंडा कोणत्या कॅन्सर पेशीचा आहे हे बरोबर ओळखतात! आणि त्या त्या कॅन्सर पेशींचा मुडदा पाडू शकतात, खात्मा करू शकतात. त्यासाठी त्यांच्याकडे रासायनिक हत्यारांचा मुबलक पुरवठा असतो. या रासायनिक हत्यारांना परफोरीन आणि ग्रॅनझाइम्स असे म्हणतात.

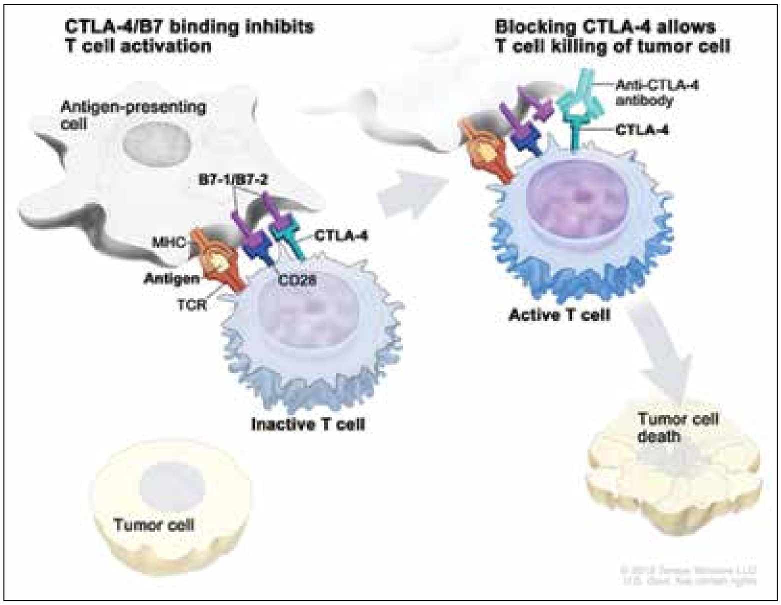
मग यांना अडवलय कुणी?! इथेच तर ग्यानबाची मेख आहे! त्यांचे हात बांधलेले आहेत. त्यामुळे ते कॅन्सर पेशींना मारण्यासाठी उद्युक्त होत नाहीत, सक्रिय होत नाहीत. कॅन्सर शत्रू पेशी समोर असून सुद्धा तोंड दाबून बुक्क्यांचा मार त्यांना सहन करावा लागतो. हे कशामुळे होतं? या साईटोटॉक्सिक टी पेशीवर CTLA-4 नावाचे प्रथिन असते. CTLA म्हणजे साईटोटॉक्सिक टी लिम्फोसाईट असोसिएटेड प्रोटिन. जोपर्यंत हे प्रथिन या पेशीच्या आवरणावर आहे तोपर्यंत ही पेशी कॅन्सर पेशीबरोबर कुस्ती करू शकत नाही! ती उद्युक्त होऊ शकत नाही. उठाव करू शकत नाही. म्हणजे पेशीचे हात बांधल्यासारखेच झाले! पेशीच्या कॅन्सरविरोधी विधायक कार्याला ब्रेक लागल्यासारखे झाले. हा CTLA-4 प्रथिन रेणू टी पेशीच्या कार्यातील हा एक प्रकारचा ब्रेक झाला. अडथळा झाला.

ते कसे ते बघू या. अँटिजेन प्रेझेन्टिंग पेशीच्या आवरणावर ई ७-१ (त्याचे दुसरे नाव CD-80) नावाचे प्रथिन असते. हे प्रथिन आणि सायटोटॉक्सिक टी पेशी वरील CTLA-4 प्रथिन हे दोघे एकमेकांना बिलगतात. मिठी मारतात. हाच तो ब्रेक. याच ब्रेकमुळे टी पेशी कार्यान्वित होत नाही. सक्रिय होत नाही. या दोघांची मिठी सोडवली की हा ब्रेक रिलीज झालाच म्हणून समजा! हा ब्रेक CTLA-4 प्रथिन रेणू सर्वात पहिल्यांदा १९९४ साली शोधून काढला तो या लेखाचे एक नायक डॉ. जेम्स एलिसन यांनी.

इथपर्यंत हे अगदी मूलभूत संशोधन आहे. मूलभूत संशोधनातूनच उपयोजित, क्रांतिकारी संशोधनाचा जन्म

डॉ. जेम्स एलिसन

होतो! अर्थात त्यासाठी डॉ. जेम्स एलिसन यांच्यासारख्या महान शास्त्रज्ञाची दृष्टी लागते. त्यांच्या डोक्यात एक विलक्षण कल्पना चमकली. सायटोटॉक्सिक टी पेशीतील CTLA-4 हा ब्रेक, अडथळा काढून टाकला तर, दूर केला तर! तर या पेशींना आपण कॅन्सर पेशींच्या विरोधात उभे करू शकतो, उद्युक्त करू शकतो आणि कॅन्सरच्या पेशींचा नाश घडवून आणू शकतो. म्हणजे आपल्याच शरीरातील एका सैन्य पेशीच्या मदतीने कॅन्सरच्या पेशींवर हल्ला करून त्यांना यमसदनाला धाडू शकतो. CTLA-4 या प्रथिनाविरुद्ध जर मोनोक्लोनल ॲण्टिबॉडी तयार केली आणि प्राण्याच्या शरीरात सोडली तर CTLA-4 या प्रथिनाशी तिचा संयोग होऊन ब्रेक रिलीज होईल. त्यामुळे सायटोटॉक्सिक टी पेशीच्या कार्यातील अडथळा दूर होईल. आणि ही सायटोटॉक्सिक टी पेशी, कॅन्सर पेशींचा विनाश घडवून आणेल. काळाच्या पुढच्या या विचाराला औषधनिर्मिती कंपन्यांकडून साथ मिळाली नाही! शेवटी एकला चलो रे म्हणत त्यांनी आपले संशोधन पुढे सुरू ठेवले.



CTLA-4 प्रथिनांचा ब्रेक बाजूला केल्याबरोबर सायटोटॉक्सिक टी पेशी उद्युक्त झाली, सक्रिय झाली आणि कॅन्सर पेशीचा खात्मा झाला!

१९९०च्या दशकामध्ये अमेरिकेतील बर्कले येथील कॅलिफोर्निया विद्यापीठात त्यांनी CTLA-4 या प्रथिनाच्या सखोल अभ्यास केला. या प्रथिनाविरुद्ध मोनोक्लोनल ॲण्टिबॉडी तयार केली. १९९४मध्ये त्यांनी प्रयोगशाळेत उंदरांवर प्रयोग केले. प्रगत अवस्थेतील कॅन्सर झालेल्या उंदराला ज्यावेळी ही ॲण्टिबॉडी देण्यात आली, त्यावेळी उत्सुकता शिगेला पोहोचली होती. या ॲण्टिबॉडीमुळे CTLA-4 या प्रथिनामुळे सायटोटॉक्सिक टी पेशीवर लागलेला ब्रेक रिलीज होईल आणि टी पेशी कॅन्सर पेशींना नष्ट करतील अशी अटकळ होती. आणि बरोबर तसेच घडले. उंदीर कॅन्सरमुक्त झाला. या प्रयोगांना जबरदस्त, नेत्रदीपक यश मिळाले. आता हेच प्रयोग माणसांवर करणे आवश्यक होते. परंतु औषध कंपन्यांची साथ मिळाली नाही. शेवटी २०११ मध्ये इपिलीमुमॅब या CTLA-4 विरोधी मोनोक्लोनल ॲण्टिबॉडीला माणसांवर वैद्यकीय चाचण्या करण्याची परवानगी मिळाली. मेलॅनोमा नावाचा एक त्वचेचा कॅन्सर आहे. शेवटच्या पायरीवरील शरीरात पसरलेल्या कॅन्सरच्या या रुग्णांनी जगण्याची आशा सोडलेली असते. त्यांच्यावर या मोनोक्लोनल ॲण्टिबॉडीने उपचार केले असता अपेक्षेप्रमाणे जबरदस्त यश मिळाले. अनेकांचे आयुष्य दहा दहा वर्षांनी वाढले हे नंतर निदर्शनास आले. असं पूर्वी कधीही झाले नव्हते. CTLA-4 या प्रथिनाला चेक पॉईंट प्रथिन असे म्हणतात. आणि या उपचार पद्धतीला चेक पॉइन्ट इनहिबिटर थेरपी असे म्हणतात.

कॅन्सरच्या उपचार पद्धतीत हा एक नवा अध्याय होता आणि म्हणूनच २०१८ चे वैद्यकीय क्षेत्रातील नोबेल पारितोषिक डॉ. जेम्स एलिसन यांच्याकडे आपसूकच चालत आले! आपल्याच शरीरातील प्रतिकारयंत्रणेतील पेशींच्या मार्गातील अडथळा दूर करून त्यांना कॅन्सर पेशी नष्ट करण्यासाठी प्रवृत्त करणे, त्यांचा मार्ग सुकर करणे ही फार मोठी उपलब्धी आहे.

अमेरिकेत १९९०च्या दशकात या घडामोडी सुरू असतानाच तिकडे त्याच दरम्यान जपानमध्येही क्युटो विद्यापीठात या लेखाचे दुसरे नायक डॉ. टासुकू होन्जो यांची धावपळ सुरू होती. त्यांनीही सायटोटॉक्सिक टी पेशीच्या आवरणावर PD-1 नावाचे एक प्रथिन शोधून काढले. आणि हे प्रथिनसुद्धा CTLA-4 प्रमाणे ब्रेकचेच काम करते. PD-L-1 नावाचे दुसरे प्रथिन हे कॅन्सरच्या पेशीवर उपलब्ध असते. PD-1 आणि PD-L-1 ही दोन्ही प्रथिने एकमेकांना बिलगतात, मिठी मारतात. त्यामुळे सायटोटॉक्सिक टी पेशीचे हात बांधले जातात! ती कॅन्सरच्या पेशीवर हल्ला करू शकत नाही. PD-1 (किंवा PD-L-1 किंवा दोन्ही) प्रथिनविरोधी ॲण्टिबॉडी तयार करून कॅन्सरग्रस्त प्राण्यांच्या शरीरात

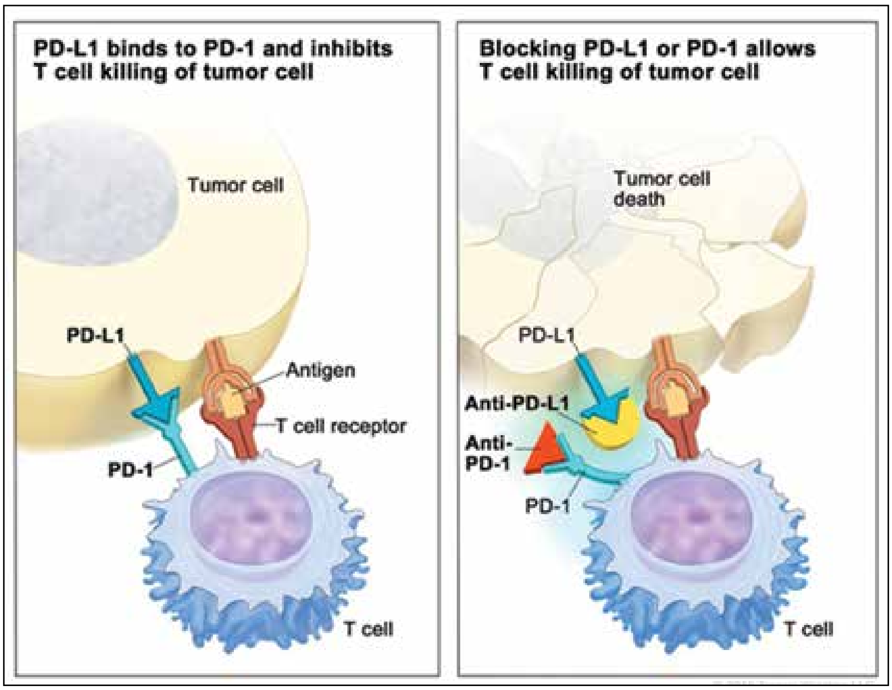
डॉ. टासुकू होन्जो

टोचल्या तर हे ब्रेक रिलीज होतील. सायटोटॉक्सिक टी पेशींचे बांधलेले हात मोकळे होतील आणि या टी पेशी सर्व शक्तीनिशी कॅन्सर पेशींवर तुटून पडतील. त्यांच्या विनाश घडवतील. प्राण्यांमध्ये त्यांनी हे प्रयोग केले. ते कमालीचे यशस्वी झाले.

आता पाळी माणसांवर करायच्या चाचण्यांची होती! क्लिनिकल ट्रायल. २०१२मध्ये PD-1 विरोधी मोनोक्लोनल ॲण्टिबॉडी वापरून विविध प्रकारच्या कॅन्सरग्रस्त रुग्णांवर प्रयोग केले. हे प्रयोग कमालीचे यशस्वी ठरले. अनेक रुग्णांच्या प्रकृतीत नाट्यपूर्ण सुधारणा दिसून आल्या! एकदा कॅन्सर शरीरात पसरला की त्यावर उपाय करणे महाकर्मकठीण असते. अशा रुग्णांवरसुद्धा या उपचारपद्धतीचा चांगला परिणाम दिसून आला हे विशेष. अन्यथा अशा रुग्णांनी बरे होण्याची आशा सोडलेली असते. PD-1 विरोधी इम्युन चेक पॉइंट थेरपी ही CTLA-4 विरोधी इम्युन चेक पॉईंट थेरपीपेक्षा जास्त प्रभावी आहे असे आढळून आले. या उपचार-पद्धतीमुळे फुफ्फुसाचा कॅन्सर, मूत्रपिंडाचा कॅन्सर, लिम्फोमा, त्वचेचा कॅन्सर असे अनेक प्रकारचे कॅन्सर बरे होण्यास मदत होते. दोन्ही प्रकारच्या उपचारपद्धती एकत्र करून वापरल्यास रुग्णांना आणखी जास्त फायदा होतो असे आढळले आहे.

एवढी प्रचंड आणि तोलामोलाची वैज्ञानिक संशोधनाची कामगिरी केल्यानंतर डॉ. टासुकू होन्जो हे नोबेल पुरस्कारापासून वंचित कसे राहतील? त्यांनाही डॉ. जेम्स एलिसन यांच्याबरोबर २०१८ साली वैद्यकीय क्षेत्रातील नोबेल पुरस्कारासाठी सन्मानाने पाचारण करण्यात आले.

कॅन्सरने जगात दरवर्षी लक्षावधी माणसे मृत्युमुखी पडत आहेत. या रोगावर शंभर वर्षांहून अधिक काळ संपूर्ण जगात संशोधन सुरू आहे. असंख्य वैज्ञानिकांनी यावर काम केले आहे. करत आहेत. तरीही कॅन्सर अखिल मानवजातीला चकवा देत आला आहे. डॉ. जेम्स एलिसन आणि डॉ. टासुकू होन्जो या दोन महान शास्त्रज्ञांनी शोधून काढलेली परिणामकारक चेक पॉइंट इनहिबिशन थेरपी हे क्रांतिकारक पुढचे पाऊल आहे. त्यामुळे कॅन्सरवरील उपचारांना एक नवी दिशा मिळेल. आपल्याच शरीराला (शरीरातील टी पेशींना) मदत करून त्याच्याकडून कॅन्सर पेशींवर हल्ला करायचा आणि त्यांना यमसदनाला पाठवायचे हे कॅन्सरवरील उपचार पद्धतीतील वेगळे वळण आहे. हा मैलाचा दगड आहे.



डॉ. टासुकू होन्जो यांनी PD-1 विरोधी ॲण्टिबॉडी वापरून सायटोटॉक्सिक टी पेशीला लागलेला ब्रेक बाजूला केला आणि कॅन्सरच्या पेशीला संपवले!

– बिपीन भालचंद्र देशमाने
bipindeshmane@gmail.com

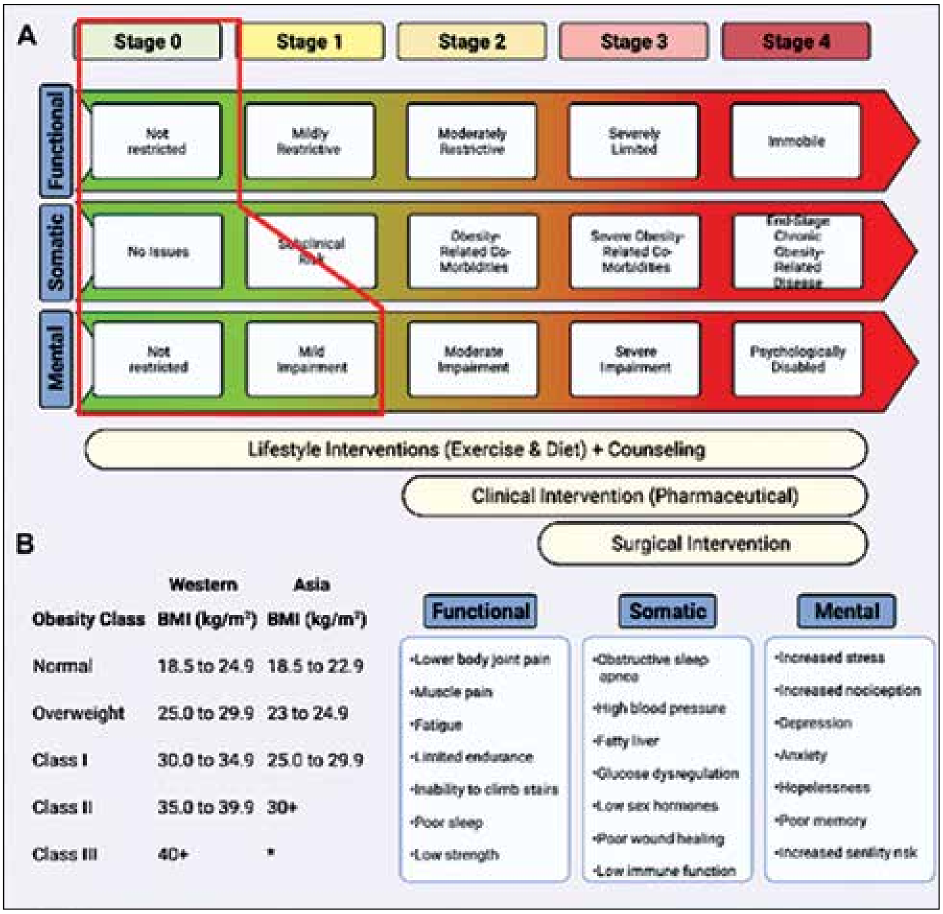
डॉ. स्वाती बापट

स्थूलत्व निवारणासाठी उपचारपद्धती

गेल्या काही लेखांमध्ये आपण स्थूलत्व या आरोग्यसमस्येबाबत चर्चा केली. स्थूलत्व येण्यासाठी calorie in-calorie out या संकल्पनेबरोबरच set point theory, genetic theory आणि hormonal theory या तीन संकल्पनाही आपण समजून घेतल्या. तसेच, या संकल्पना कशा विकसित होत गेल्या हेही आपण बघितले. स्थूल व्यक्तींमधे अनेकविध कारणांमुळे स्थूलत्व उद्भवू शकते. काही व्यक्तींमध्ये आहार जास्त असणे हे स्थूलत्व येण्यासाठीचे कारण असू शकते. अशा व्यक्तींमध्ये भूक बळावण्यासाठीची करणेही वेगवेगळी असू शकतात. काही व्यक्ती सातत्याने मानसिक ताणतणावाखाली असल्यामुळे आवश्यकतेपेक्षा जास्त आहार घेत राहतात आणि स्थूल होतात. तर काही व्यक्तींमध्ये भूकनियंत्रण करणाऱ्या संप्रेरकांमधील दोषांमुळे किंवा त्या संप्रेरकांच्या कार्याला अवरोध निर्माण झाल्यामुळे, अशा व्यक्ती आवश्यकतेपेक्षा जास्त आहार घेऊन स्थूल होत जातात. काही मोजक्या व्यक्तींमध्ये आनुवंशिकतेने स्थूलत्व आलेले असते. काही व्यक्तींच्या मेंदूमध्ये तृप्तीची भावना निर्माण करणाऱ्या संप्रेरकांच्या पातळीमधले संतुलन बिघडून किंवा त्या मार्गावरील संदेशवहनामध्ये गडबड होऊन स्थूलत्व येते. म्हणजेच सरसकट कुठल्याही एका कारणामुळे स्थूलत्व हा आजार होतो असे नाही. म्हणूनच प्रत्येक स्थूल रुग्णामध्ये स्थूलत्व येण्यासाठी नेमकी काय कारणे आहेत, याची कारणमीमांसा करून, त्या त्या स्थूल व्यक्तीसाठी योग्य असलेली उपचारपद्धती वापरली तरच त्या व्यक्तीमधील स्थूलत्वाचे निवारण आपण करू शकतो. कुठल्याही मुरलेल्या आणि परत परत उलटणाऱ्या आजाराचे निवारण करण्यासाठी अनेक मार्ग वापरावे लागतात. तसेच स्थूलत्व या आजारासाठीही करावे लागते.

एखाद्या व्यक्तीमध्ये स्थूलत्वाचे नेमके कारण किंवा कोणकोणती नेमकी कारणे आहेत याचा विचार त्या व्यक्तीसाठीची उपचारपद्धती ठरवण्यासाठी केला जातो. त्या व्यक्तीचे स्थूलत्व सौम्यप्रकारात मोडणारे आहे का तीव्र प्रकारचे आहे यावरही कोणते उपचार करायचे हे ठरवले जाते. याबरोबरच, त्या व्यक्तीसाठी कुठली उपचारपद्धती वापरायची हे ठरवताना, त्या व्यक्तीच्या शरीरामध्ये स्थूलत्वामुळे इतर कोणकोणते आजार निर्माण झालेले आहेत याचाही विचार केला जातो. यासाठी Edmonton Obesity Staging System (EOSS) याचा वापर जगभरातील वैद्यकीय व्यावसायिक करतात. (आकृती क्रमांक-१) EOSS या सोप्या साधनामुळे स्थूलत्वाचे आणि स्थूलत्वाशी निगडित इतर आजारांचे एकत्रित मूल्यमापन करता येते. त्याचबरोबर स्थूलत्वाशी निगडित आजारांमुळे, एकंदरीत स्थूल व्यक्तींच्या आरोग्यावर आणि मृत्युदरावर काय परिणाम होतो याचाही अभ्यास करणे सोपे जाते. EOSS मध्ये स्थूलत्वाचे पाच टप्प्यांमध्ये वर्गीकरण करण्यात येते. याचबरोबर, त्या त्या रुग्णाच्या स्थूलत्वावर कोणते उपचार करावेत हे ठरवण्यासाठी त्या रुग्णाचा चयापचय, शारीरिक आणि मानसिक स्थिती यांचा एकत्रित विचार केला जातो.

रुग्णाचा BMI किती आहे यापेक्षाही, त्याच्या स्थूलत्वामुळे, रुग्णाच्या कार्यशीलतेमधे आलेल्या अडचणी (functional) शारीरिक आजार (somatic), तसेच मानसिक (Mental) समस्या यांचा एकत्रित विचार केल्यानंतर, EOSS वर आधारित उपचार (आकृती क्रमांक-१) ठरवले जातात. शरीराच्या खालच्या भागातील सांधेदुखी होणे, स्नायू दुखणे, दमणूक जाणवणे, सहनशक्ती आणि ताकद मर्यादित होणे, जिने चढायला त्रास होणे, झोप न लागणे अशा



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

प्रकारच्या काही कार्यशीलतेमधील (Functional) अडचणी येत आहेत का याचा आढावा घेतला जातो. तसेच उच्च रक्तदाब, झोपेमध्ये सातत्याने येणार व्यत्यय (obstructive sleep apnoea) फॅटी लिव्हर, रक्तातल्या साखरेवरील नियंत्रण नसणे, सेक्स हार्मोन्सची कमतरता, जखमा लवकर बऱ्या न होणे, प्रतिकारशक्ती कमी होणे, यासारखे शारीरिक आजार (somatic) झाले आहेत का ते तपासले जाते. नैराश्य, चिंता, विस्मरण अशांसारख्या मानसिक (Mental) समस्या आहेत का, याचाही शोध घेतला जातो. हे सगळे असले तरीही सर्व स्थूल रुग्णांसाठी जीवनशैलीतील बदल (आहार व व्यायाम) आणि समुपदेशन हे मार्ग आवश्यकच असतात.

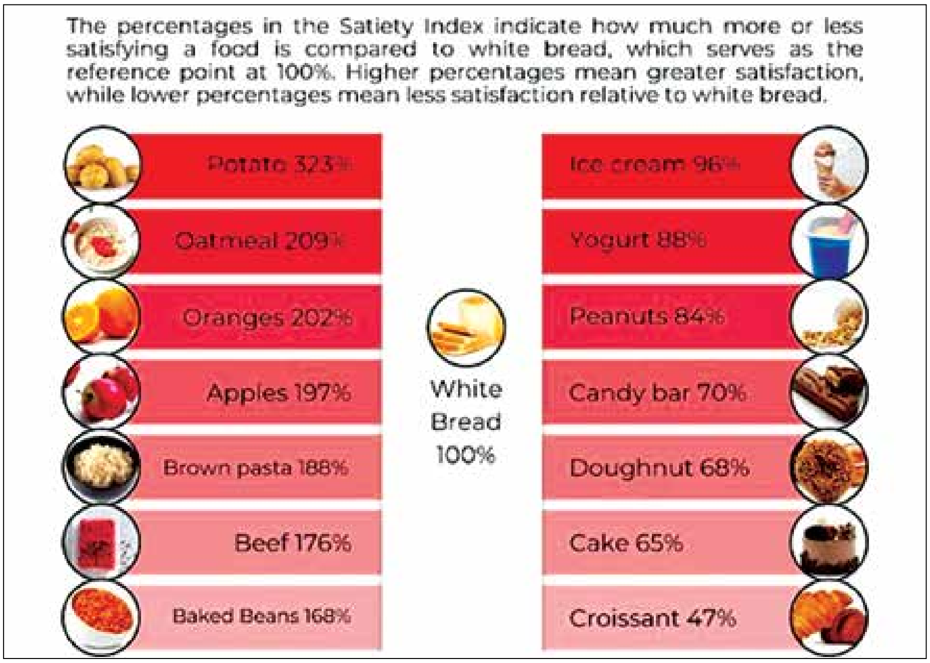
आहारातील बदल

वजन कमी करण्यासाठी प्रत्येक स्थूल व्यक्तीला आहारातील कॅलरी कमी कराव्या लागतात. अमर्यादित प्रमाणात खात राहिले तर वजन कमी होत नाही.

सतत भूक भूक होऊ नये, आणि सहजी आहारातील कॅलरी कमी व्हाव्यात यासाठी फळे, भाज्या, कोशिंबिरी, मोड आलेली कडधान्ये यासारखे पदार्थ खाण्यावर भर द्यावा. एका दिवसभरामधे वेगवेगळ्या प्रकारची फळे आणि कच्च्या भाज्या कमीत कमी ५०० ग्रॅम तरी खाव्यात. यामुळे शरीराला योग्य प्रमाणामध्ये micronutrient (जीवनसत्त्वे व खनिजे) मिळत राहतात.

बाजारात मिळणारे, रासायनिक प्रक्रिया केलेले पाकिटबंद पदार्थ, तळलेले व गोड पदार्थ, साखरयुक्त पेये अशा पदार्थांचे सेवन अगदी कमीत कमी ठेवावे, आणि शक्य झाल्यास पूर्णपणे बंद करावे. आहारातील कॅलरी कमी करण्यासोबतच, पथ्यात बसणारे आणि आपल्या आवडीचे पदार्थ खावेत, ज्यायोगे वंचनेची किंवा कमतरतेची भावना (Sense of Deprivation) मनात येणार नाही.

भुकेच्या आणि तृप्तीच्या भावनेच्या संकेतांकडे लक्ष देत सावकाश खाल्ले तर आपोआपच कमी खाल्ले जाते आणि आहारातील कॅलरी नियंत्रित ठेवण्यास मदत होते. तसेच portion control केल्यास, म्हणजे एकावेळी अन्न वाढून घेण्याचे प्रमाण कमी केल्यास आपोआपच कमी खाल्ले जाते.



Satiety Index अथवा तृप्तता निर्देशांक (आकृती क्रमांक-२)

पोटभरीचा आणि समाधान देणारा आहार घेतल्यास तृप्तीची भावना निर्माण होते आणि आहारामधे सातत्य राहण्यास मदत होते. यासाठी आहारामधे दीर्घकाळ तृप्ततेची भावना निर्माण करणाऱ्या अन्नपदार्थांचा जास्तीत जास्त समावेश असला पाहिजे. यासाठी तृप्तता निर्देशांक (Satiety Index) या संकल्पनेचा वापर करून (आकृती क्रमांक-२) आहारातले घटक ठरवले तर ते योग्य होते. पांढऱ्या ब्रेडचा तृप्तता निर्देशांक १०० धरला जातो. त्याच्या प्रमाणात इतर अन्नपदार्थांचा तृप्तीचा निर्देशांक ठरवला जातो. जास्त निर्देशांक असलेले अन्नपदार्थ जास्त प्रमाणात तृप्तीची भवन निर्माण करतात. ओमेगा-३ फॅटी ॲसिडने युक्त असलेले मासे, अंडी, डाळी व कडधान्ये, फळे-भाज्या, ओटमील, बटाटा, रताळी या पदार्थांमधे दीर्घकाळ तृप्ततेची भावना निर्माण करण्याची क्षमता असते. त्याचे कारण असे की या पदार्थांचा तृप्तता निर्देशांक जास्त असला तरीही या पदार्थांमध्ये भरमसाट कॅलरी नसतात. अन्नसेवनामुळे येणारी तृप्तीची भावना अन्न शिजवण्याच्या पद्धतीनुसार बदलू शकते. उकडलेले अन्न किंवा बेक केलेले अन्न खाणे अधिक तृप्ती देऊ शकतात.

प्रत्येक जेवणात आणि एकूणच आहारामध्ये प्रथिनांचे प्रमाण जास्त ठेवावे. असे केल्याने भूक लवकर भागते आणि आहारावर नियंत्रण राहते. तसेच, वजन कमी झाले तरी शरीरातील स्नायूंचे वजन घटत नाही.

प्रथिने, कर्बोदके आणि तेल-तूप यांचे योग्य प्रमाण असलेला संतुलित आहार घेण्यावर भर द्यावा.

दिवसातील तीन मुख्य जेवणांपैकी (नाश्ता, दुपारचे जेवण आणि रात्रीचे जेवण) एका जेवणाच्या ऐवजी प्रोटीन शेक किंवा प्रोटीन बार, सॅलड अथवा सूप यापैकी काहीतरी घ्यावे. जेवणाच्या ठरावीक वेळा पाळणे हेदेखील आहारनियम नाच्या दृष्टीने श्रेयस्कर ठरते.

काही रुग्णांना दर तीन ते चार तासांनी थोडे-थोडे खाणे जास्त सोयीचे वाटते. त्यामुळे त्यांच्या रक्तातील साखर नियंत्रित राहण्यास मदत होते. तर काही रुग्णांना एक दिवसाआड उपास करणे, किंवा आठवड्यातून एक-दोन दिवस उपास करणे जास्त सोयीचे वाटते. अगदी कडकडीत उपास न करता, हे लोक दिवसभरामध्ये ५०० पेक्षाही कमी कॅलरीचा आहार सेवन करतात.

कुठल्याही नवनवीन प्रकारच्या डाएट फॅड अथवा वजन कमी करण्यासाठी केल्या जाणाऱ्या फसव्या जाहिरातींपासून दूर राहणे आवश्यक असते.

पाण्यामध्ये शून्य कॅलरी असल्याने इतर कुठल्याही कॅलरीयुक्त पेयापेक्षा सतत पाणी पिणे भूक कमी करण्यासाठी उपयोगी पडू शकते.

व्यायाम करणे व शारीरिक हालचाली वाढवणे

आपल्या रोजच्या जीवनातील छोट्या-छोट्या हालचाली वाढवाव्यात. लिफ्टचा वापर न करता जिने चढणे, टीव्हीचा रिमोट न वापरता टीव्हीजवळ जाऊन बटणे

दाबून टीव्ही लावणे, जिथे शारीरिक हालचाली होतील अशा समारंभांना जाणे, मोठमोठ्या मॉलमध्ये जाऊन फिरणे, गाडी दूरवर पार्क करून चालत जाणे, अशा छोट्या-छोट्या हालचाली वाढवण्यामुळे वजन कमी होण्यासाठी निश्चित फायदा होतो. आठवड्यातून कमीत कमी १५० मिनिटे मध्यम तीव्रतेचा अथवा कमीत कमी ७५ मिनिटे जोरकस 'एरोबिक व्यायाम' (पळणे, पोहणे, सायकलिंग) करणे आवश्यक असते. याबरोबरच, आठवड्यातून कमीत कमी दोनदा 'अनएरोबिक व्यायाम' (वजन उचलणे, मशीनचे व्यायाम) करणे आवश्यक असते. प्रत्यक्षात, व्यायामामुळे फारसे वजन कमी होत नसले तरीही, कमी झालेले वजन स्थिर ठेवण्यासाठी आणि शरीरातील मांसपेशींचे वजन घटू न देण्यासाठी हा व्यायाम अतिशय उपयुक्त ठरतो.

बहुतांश स्थूल व्यक्तींची जीवनशैली बैठी असते. त्यांच्या शरीरातील चरबीचे प्रमाण जास्त असल्यामुळे व स्नायू बळकट नसल्यामुळे त्यांना व्यायामादरम्यान इजा अथवा दुखापत होण्याची शक्यता जास्त असते. त्यामुळे त्यांनी व्यायाम हळूहळू वाढवत न्यावा. एकदम एका दिवशी जास्त व्यायाम करू नये. तसेच, व्यायाम करताना आपले सांधे दुखावले जाणार नाहीत याची दक्षता घ्यावी .

व्यायामाचा प्रकार निवडताना सातत्य राखता येईल असा आनंददायी व्यायामप्रकार निवडावा. त्यामुळे तो व्यायाम नियमितपणे केला जाण्याची शक्यता वाढते. एखादा खेळ खेळल्यास किंवा इतरांसोबत सामूहिक व्यायाम केल्यास व्यायामामध्ये सातत्य राहण्यास मदत होते.

स्थूल व्यक्तींनी शक्यतोवर व्यावसायिक मार्गदर्शन घेऊन, व्यायामाचे नियोजन करून घ्यावे. यामुळे त्या व्यक्तीच्या सांध्यांची, हाडांची आणि स्नायूंची स्थिती बघून त्यांचे शारीरिक प्रशिक्षक योग्य व्यायाम सुचवू शकतात व करून घेऊ शकतात. व्यायामामध्ये सातत्य राहण्यासाठी आणि व्यायामाची प्रेरणा मिळण्यासाठीदेखील शारीरिक प्रशिक्षक उपयोगी ठरतात.

वर्तणूक सुधारण्यासाठी समुपदेशन

स्थूल व्यक्तींना वजन कमी करत असताना नेमकी ध्येयनिश्चिती करणे आणि प्रगतीचा मागोवा घेणे आवश्यक असते. त्या त्या व्यक्तीचे ध्येय निश्चित करताना, सहजी साध्य करण्याजोगे, लहानसे आणि वास्तववादी ध्येय ठरवले जाते. तसेच, ते ध्येय किती काळामध्ये गाठायचे आहे याचाही सल्ला रुग्णांना दिला जातो. सर्वसाधारणपणे पहिल्या सहा महिन्यांमध्ये पाच ते सात टक्के वजन कमी करणे रुग्णांना शक्य होते. दर महिन्याला एक ते दोन किलो वजन कमी करण्याचे ध्येय दिल्यास ते आटोक्यातले वाटते. हे करत असताना रुग्णाला मानसिक आधाराची, प्रोत्साहनाची आणि वरचेवर तपासणीचीही गरज भासते. वजन कमी करण्यामध्ये येणारे संभाव्य अडथळे नियमित तपासणीदरम्यान ओळखून, त्यावर मात करण्यासाठी समुपदेशक मदत करू शकतात.

स्थूल व्यक्तीचे अतिरिक्त वजन व त्या व्यक्तीची स्व-प्रतिमा, तसेच ती व्यक्ती करत असलेले व्यायाम व आहारनियमन यांची उपयुक्तता, या सर्वांबाबत त्या व्यक्तीच्या मनात येऊ शकणारे नकारात्मक विचार कमी करण्यासाठी Cognitive Behavioural थेरपी अथवा संज्ञात्मक वर्तणुकीय उपचार उपयुक्त ठरतात.

जीवनशैली सुधारण्यासाठी आणि वजनवाढीस कारणीभूत ठरणारे वर्तन सुधारण्यासाठी सांघिक समुपदेशन केल्यास ते अधिक प्रभावी ठरते.

ताणतणावमुक्त जीवनशैली

सातत्याने ताणतणावाखाली असलेल्या व्यक्तीमध्ये स्थूलत्व निर्माण होते. त्याचबरोबर, आपल्या स्थूलत्वामुळेही अनेक स्थूल व्यक्ती अधिकच तणावग्रस्त किंवा नैराश्यग्रस्त होतात. अशा व्यक्तींना ताणतणावाचे व्यवस्थापन केल्यास खूप फायदा होतो. ध्यान, योग, छंद, कला किंवा निसर्गाच्या सान्निध्यात वेळ घालवणे यासारख्या उपाययोजना करून ताण कमी करता येतो.

भावनिक चढउतार झाल्यामुळे होणाऱ्या अतिरिक्त आहारसेवनाला Emotional eating किंवा 'भावनिक खाणे' असे म्हटले जाते. निष्क्रियता, नैराश्य, कंटाळा, एकलकोंडेपणा किंवा अचानक आलेली आनंदी अवस्था, यापैकी कशामुळे अतिअन्नसेवन होते आहे ते ओळखून त्यावर मात करणे आवश्यक ठरते. तसेच स्थूलत्व वाढण्यासाठी अनुकूल असलेल्या वातावरणापासून (obesogenic environment) दूर राहणेही आवश्यक असते. स्थूल व्यक्तीला कुटुंबीयांची साथ असणे आवश्यक असते. स्थूल व्यक्तीसोबतच सर्व कुटुंबीयांनीही आपली आहारशैली बदलणे, स्थूल व्यक्तीला आनंदी ठेवणे, स्थूल व्यक्तीच्या जीवनशैलीतील बदलांना साथ देणे व त्या व्यक्तीला सतत प्रोत्साहित करणे आवश्यक असते.

स्थूलत्वनिवारणासाठी सुयोग्य औषधयोजना काय असावी आणि त्यासाठी कोणकोणत्या शस्त्रक्रिया करता येतात याबाबत आपण पुढील महिन्याच्या लेखामध्ये अधिक माहिती घेऊ या.

- डॉ. स्वाती बापट
swateebapat@gmail.com

डॉ. रंजन गर्गे

भिंगाने केली क्रांती

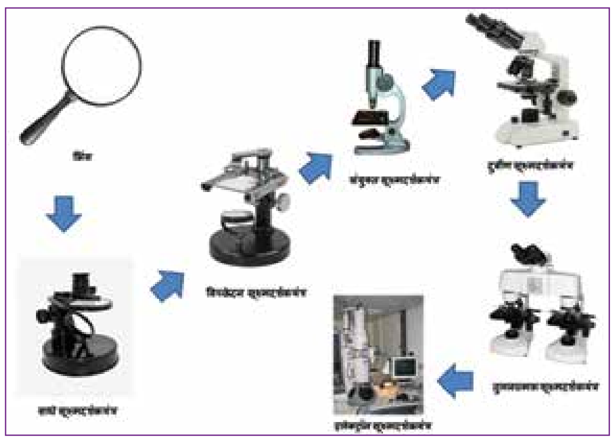
एखादी आकाराने लहान किंवा सूक्ष्म वस्तू, सूक्ष्मजीव, पेशी मोठी करून बघण्याची मानवाची इच्छा तशी खूप पुरातन आहे. सूक्ष्मजीवशास्त्र या विषयाचा विकास हा सूक्ष्मदर्शकयंत्राच्या विकासाशी समांतर पद्धतीने होत गेला आहे. काचेच्या भिंगाचा शोध हा या दिशेने पडलेले पहिले पाऊल म्हणता येईल. प्रकाशशास्त्र, इलेक्ट्रॉनिक्स, जीवभौतिकी आणि पुढे अणुजीवभौतिकी या विषयांतील प्रगतीमुळेच आपण डीएनए आणि प्रथिन तंत्रज्ञानापर्यंत मजल मारू शकलो आहोत. बघू या कशी ते–

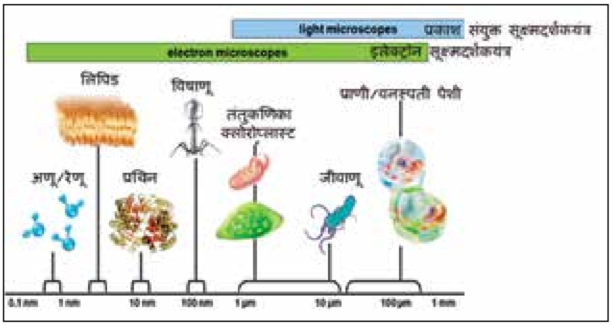
रॉजर बेकन याने तेराव्या शतकात भिंगाचा शोध लावला. सतराव्या शतकापर्यंत या भिंगाचा प्रामुख्याने वाचनासाठी उपयोग केला जात असे. संशोधकांच्या असे लक्षात आले की बहिर्गोलाकार काचेचा तुकडा हा उत्तम आकार-वर्धनक्षम असतो. सतराव्या शतकात या भिंगांची उपयोजिता दोन प्रकारे लक्षात आली. साध्या डोळ्यांना न दिसणार्या सूक्ष्म गोष्टी भिंगाच्या साहाय्याने मोठ्या करून बघता येतील का? तसेच, साध्या डोळ्यांना न दिसणाऱ्या अंतराळातील ग्रहांचे दर्शन भिंगाच्या साहाय्याने करता येईल का? या अनुषंगाने काच घासून उत्तम वर्धनक्षमता असलेली भिंगे तयार करण्याचे तंत्रज्ञान किंवा कला युरोपात विकसित व्हायला सुरुवात झाली होती. त्यामुळे सूक्ष्मापासून अनंतापर्यंत आपला संशोधनप्रवास सुरू झाला.

‘मायक्रोस्कोप’ हा ग्रीक शब्द असून ‘मायक्रो’ म्हणजे ‘सूक्ष्म’ आणि ‘स्कोप’ म्हणजे ‘दर्शन’. सूक्ष्म वस्तूंचे दर्शन घडवणारे यंत्र यालाच आपण ‘सूक्ष्मदर्शक यंत्र’ असे म्हणू या. १० मे १६२४ रोजी रोममध्ये झालेल्या एका सभेत सुधारणा केलेला सूक्ष्मदर्शक पीसाच्या गॅलिलिओ गॅलिली या शास्त्रज्ञाने झोलर्नच्या कार्डिनल फेडेरिको युटेल Federico Eutel of Zollern यांना भेट दिला. या सूक्ष्मदर्शकाच्या खाली त्यांनी युटेलला माशीची वर्धित झालेली प्रतिमा दाखवली. २३ सप्टेंबर १६२४ रोजी अ‍ॅकॅडेमिया द लिन्सीचा राजपुत्र फेदेरिको सेसी यास गॅलिलिओने आपला ‘लिटिल आय’ नावाचा सूक्ष्मदर्शक भेट दिला. जिओवानी फॅबर याने गॅलिलिओ गॅलेलीच्या यंत्राचे प्रथमच ‘मायक्रोस्कोप’ असे नामकरण केले.

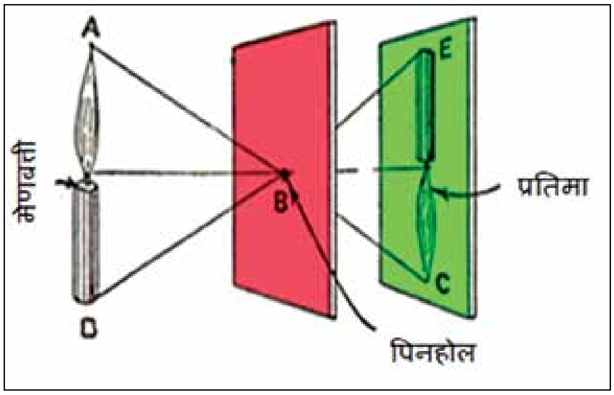
सूक्ष्मदर्शकयंत्राची मानवाला गरज का उत्पन्न झाली?

याची शास्त्रीय मीमांसा केली तर असे म्हणता येईल, की मानवाचा डोळा हे एक भिंग आहे असे मानले तर त्या भिंगाच्या वर्धनक्षमतेला मर्यादा आहेत. ही मर्यादा ‘रिझॉल्व्हिंग पॉवर’ या एककाने मोजली जाते. ‘रिझॉल्व्हिंग पॉवर’ म्हणजे दोन जवळात जवळ अंतरावर असलेल्या बिंदूंना स्पष्ट वेगळे बघू शकण्याची क्षमता. मानवी डोळ्यांची रिझॉल्व्हिंग पॉवर ०.१ मिमी इतकी आहे. म्हणजे कुठलेही दोन बिंदू एकमेकांपासून कमीत कमी ०.१ मिमी अंतर दूर असतील तरच ते आपल्याला स्वतंत्रपणे दिसू शकतात.



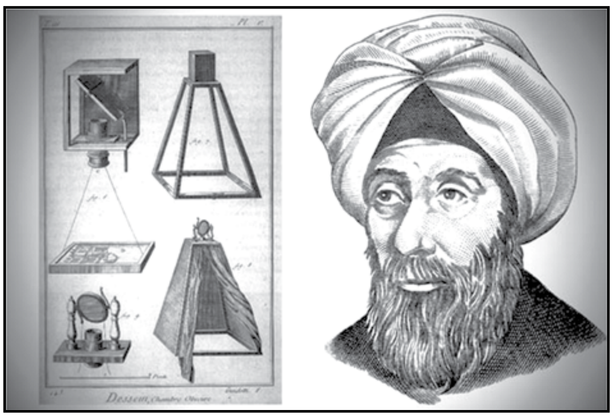


सूक्ष्मदर्शकयंत्राची क्षमता आणि पेशीअंगांचे आकार



०.१ मिमीपेक्षा कमी अंतरावरील दोन बिंदू आपण एकमेकांपासून वेगळे बघू शकत नाही. अशाच पद्धतीने संयुक्त सूक्ष्मदर्शकाची रिझॉल्व्हिंग पॉवर ०.०००२ मिमी इतकी आहे. या यंत्राच्या साहाय्याने आपण दोन प्राणिपेशी, वनस्पतीपेशी किंवा जिवाणूपेशी स्वतंत्रपणे ओळखू शकतो. त्या पेशींचा आकार बघू शकतो. त्या पेशींची आंतररचना बघू शकतो. पेशींचे विभाजन आणि पेशींमधील हरितद्रव्याची हालचालसुद्धा बघू शकतो.

प्रकाशशास्त्राचा उदय



इब्न-अल हैथम यांचा जन्म १ जुलै ९६५ रोजी, बसरा, इराक येथे झाला. मध्ययुगीन कालखंडात प्रकाशिकी, खगोल शास्त्र, गणित आणि दृष्टिशास्त्र हे त्याच्या अभ्यासाचे विषय होते. त्याला आधुनिक प्रकाशशास्त्राचा पितामह मानले जाते.

आपण एखादी वस्तू डोळ्यांनी पाहू शकतो तेव्हा त्या वस्तूवर पडलेली प्रकाशकिरणे परावर्तित होऊन आपल्या डोळ्यांत येतात असे प्रतिपादन करणारा हा पहिलाच शास्त्रज्ञ होता. जगातील पहिल्या पिनहोल कॅमेऱ्याचा त्यांनी शोध लावला. याला 'कॅमेरा ऑबस्कुरा' असे म्हणतात. पुढे रॉबर्ट बॉयल यांनी छोट्या आकाराचा पिनहोल कॅमेरा तयार केला. नंतर जोहान झान यांनी वापरता येईल असा पहिला छोटा कॅमेरा बनवला आणि कालांतराने जोसेफ निसेफोर यांनी कायमस्वरूपी चित्र मिळवता येईल असा कॅमेरा बनवला.

कॅमेरा ऑबस्कुरा म्हणजे लॅटिन भाषेत अंधारी पेटी. या पेटीचा आतील भाग काळा केलेला असतो जेणेकरून आतील प्रकाश बाहेर जाऊ शकणार नाही. अस्तित्वात आलेला हा पहिला कॅमेरा होता. यातूनच पुढे सूक्ष्मदर्शक, दुर्बीण, कॅमेरा अशी प्रकाशउपकरणे अस्तित्वात आली.

१२१४ साली **रॉजर बेकन** यांचा जन्म इल्चेस्तर, युनायटेड किंग्डम येथे झाला. ऑक्स्फोर्ड विद्यापीठात त्यांनी आपले पदव्युत्तर शिक्षण पूर्ण केले. ते ॲरिस्टॉटल वर भाषणे देत असत. ते एक तत्त्वज्ञ आणि शास्त्रज्ञ होते. इन्ब-अल हैथम याच्या 'बुक ऑफ ऑप्टिक्स'च्या युजेनने केलेल्या लॅटिन भाषांतराचा तसेच अल-किंदी, क्लाडियस टॉलमी यांचा त्यांच्या कामावर प्रभाव होता. दृष्टी स्वच्छ करण्यासाठी त्यांनी भिंगांचा वापर प्रथम केला अशी नोंद आहे. भिंगांचा वापर करून त्यांनी दृष्टी केंद्रित केली. रुढ अर्थाने चष्मा त्यानंतर अस्तित्वात आला. १२८२मध्ये धर्मगुरू निकोलस बुलेट यांनी एका करारावर हस्ताक्षर करताना चष्मा वापरला होता असा संदर्भ सापडतो.

रॉयल सोसायटी ऑफ लंडनची स्थापना

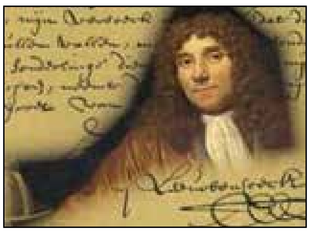
१६६० साली रॉयल सोसायटी ऑफ लंडनची स्थापना झाली. ११ जानेवारी १६६५ या दिवशी रॉबर्ट हुक यांची संग्रहालय प्रमुख म्हणून नियुक्ती केली गेली. बुचाच्या पातळ आडव्या छेदाचे सूक्ष्मदर्शकाखाली निरीक्षण करून पेशीच्या अंतरंगाचा वेध घेणारा रॉबर्ट हुक हा पहिला शास्त्रज्ञ म्हणायला हवा. या निरीक्षणात दिसलेल्या

रॉबर्ट हुकचे सूक्ष्मदर्शकयंत्र

छिद्रांना त्यांनी 'पेशी' असे संबोधले. त्यांनी वनस्पतीच्या पेशींचा शोध लावला. त्यांनी पेशीच्या भित्तिकेचे निरिक्षण केले. बुचाच्या पातळ छेदाचे निरीक्षण करत असताना दिसलेल्या खोक्यांसारख्या रचनेची तुलना त्यांनी मॉनेस्ट्री-मधील खोल्यांशी सेल्स केली, आणि पेशीसाठी त्यांनी 'सेल' हा शब्दप्रयोग वापरला व तो पुढे जीवशास्त्रात रुढ झाला.

रॉबर्ट हुक १६३५-१७०३ आणि अँटनी व्हॅन ल्यूएनहॉक १६३२-१७२३ हे समकालीन होते. ल्यूएनहॉकने १६७६ साली आपली सूक्ष्मजंतूंची निरीक्षणे आणि १६७७मध्ये स्वतः तयार केलेले सूक्ष्मदर्शकयंत्र रॉयल सोसायटीला पाठवले तेव्हा रॉबर्ट हुक यांनीच त्याची सत्यता पडताळून पहिली होती. १६६५मध्ये प्रसिद्ध झालेला रॉबर्ट हुक यांचा मायक्रोग्राफिया आणि १६७६ साली प्रसिद्ध झालेली ल्यूएनहॉकची सुक्ष्मजंतूविषयीची निरीक्षणे या सूक्ष्म जीवशास्त्राच्या इतिहासातील आद्य घटना म्हणून नोंदवल्या गेल्या. कालांतराने रॉबर्ट हुक हे रॉयल सोसायटीचे सचिव झाले.

सूक्ष्मदर्शकाखाली सूक्ष्मजीव प्रथमच बघितले !

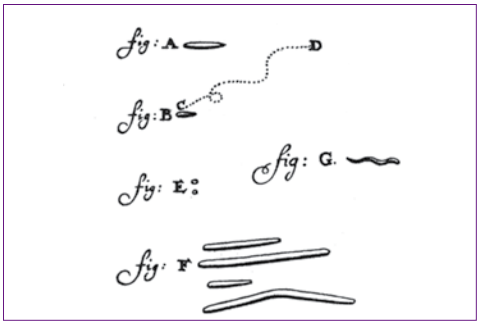


अँटनी व्हॅन ल्यूएनहॉक यांचा जन्म २४ ऑक्टोबर १६६२ रोजी डच रिपब्लिकमध्ये डेल्फ्ट या गावी झाला. ते कपड्याचे व्यापारी होते. कपड्याच्या सुताची जाडी बघण्यासाठी ते भिंगाचा वापर करत होते. १६५४मध्ये त्यांचे स्वतःचे दुकान ते चालवत होते. नगरपालिकेच्या राजकरणात त्यांचा सहभाग असे. त्यांना भिंग तयार करण्याचा छंद होता. १६७० सालापासून त्यांनी स्वतः बनवलेल्या भिंगातून सूक्ष्मजंतूंचे निरीक्षण करायला सुरुवात केली. उत्तम गुणवत्तेची भिंगे तयार करता आल्यानंतर त्यांनी आपल्या 'रेनर दि ग्राफ' या एका प्रसिद्ध डच फिजिशियन मित्राला आपल्या कामाबद्दल माहिती दिली. फिलॉसॉफीकल ट्रान्झाक्शन या रॉयल सोसायटी लंडनच्या संशोधन पत्रिकेत रॉयल सोसायटीने ल्यूएनहॉकचे हे क्रांतिकारी संशोधन प्रसिद्ध केले. ग्राफ याने आपल्या शिफारस पत्रात म्हटले होते 'आतापर्यंत आपण जे बघितले आहे त्याच्या हे खूप पलीकडचे आहे'. १६७३ साली रॉयल सोसायटीला ल्यूएनहॉकने पाठवलेली सूक्ष्म दर्शकाखालील चित्रे प्रसिद्ध केली. त्यात मधमाशी, पिसवा, बुरशी यांचा समावेश होता. १६७४मध्ये तर त्यांनी असे म्हटले आहे, की 'जीव आणि हालचाल हे एकच आहेत.' सूक्ष्मदर्शकाखालील वळवळणारे जीव हे सूक्ष्म प्राणी आहेत असे म्हणून त्यांनी त्यांच्या वहीत याचे सचित्र वर्णन लिहून काढले.

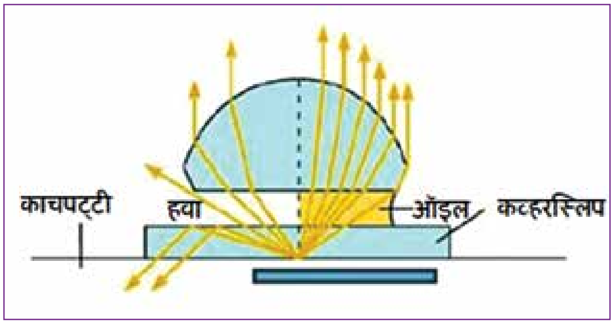
डॉक्टर विल्यम क्रून यांच्या शिफारशीनुसार १६८०च्या फेब्रुवारी महिन्यात ल्यूएनहॉकला रॉयल सोसायटीचे सदस्यत्व बहाल करण्यात आले. परंतु ल्यूएनहॉकने माघार घेतली. इतक्या मोठ्या सन्मानाने ते दडपून गेले. सदस्यत्व बहाल करण्याच्या कार्यक्रमाला ते हजर राहिले नाही आणि पुढे त्यांच्या सभांनासुद्धा कधी हजर राहिले नाही.

ल्यूएनहॉकने त्यांच्या आयुष्यात ५०० भिंगे बनवली. त्यांनी वेगवेगळ्या प्रकारची एक भिंगाची २५ सूक्ष्मदर्शकयंत्रे बनवली. त्यातील सध्या ९ अस्तित्वात आहेत. यासाठी त्यांनी चांदी किंवा तांबे या धातूंचा वापर केला होता. त्यांची वर्धनक्षमता २७५ पट मोठे करून बघण्याची होती. त्यांच्याकडे कदाचित यापेक्षाही सक्षम म्हणजे ५००ची क्षमता असलेली भिंगे असावी अशी शंका आहे. या निरीक्षणातून अनेक अनभिज्ञ आणि रोमांचकारी गोष्टींचा उलगडा झाला. डबक्यातले पाणी, आपले ओठ, आपला घसा, लोणी अशा गोष्टींवर अतिसूक्ष्म जीवांचे वास्तव्य असते हे त्यांनी प्रत्यक्ष

अँटनी व्हॅन ल्यूएनहॉकचे सूक्ष्मदर्शकयंत्र



ल्यूएनहॉकने दातातील जिवाणूंची काढलेली चित्रे



किरणांचे रंगविचलन

बघितले. हे सूक्ष्मजीव साध्या डोळ्यांना दिसणारे नव्हते! म्हणूनच त्यांना सूक्ष्मजीवशास्त्राचा जनक म्हटले जाते.

संयुक्त सूक्ष्मदर्शक

एका दुसऱ्या जास्तीच्या भिंगाचा वापर केल्यास, पहिल्या भिंगामुळे मिळणाऱ्या प्रतिमेपेक्षाही ती गोष्ट जास्त मोठी करून बघता येते असे झाकारायस जेनसेन, क्रिस्तियान यूजेन आणि जॉन मार्शल यांच्या लक्षात आले, आणि यातूनच पुढे इ.स. १७००च्या सुमारास संयुक्त सूक्ष्मदर्शकाचा शोध लागला. यात डोळ्यांद्वारे बघतो ते नेत्रभिंग आणि ज्या वस्तूवर ते केंद्रित करतो ते वस्तुभिंग अशा रचनेची संयुक्त सूक्ष्मदर्शकयंत्रे अस्तित्वात आली.

रंगविकृतीरहित संयुक्त सूक्ष्मदर्शक

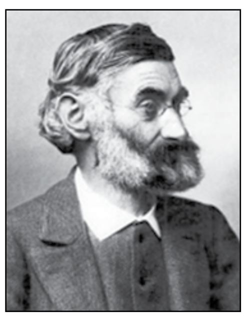
जियोवानी बत्तीस्ता अमीसी यांचा जन्म २५ मार्च १७८६ रोजी इटलीतील मोडेना या गावी झाला. त्या काळी संयुक्त सूक्ष्मदर्शकाखाली दिसणारी प्रतिमा वर्धित झाली असली तरी स्वच्छ दिसत नसे. प्रतिमेभोवती रंगीत वर्तुळे दिसत असल्यामुळे प्रतिमेची गुणवत्ता चांगली नव्हती. याला प्रकाशकिरणांचे विचलन (Chromatic berration) असे म्हणतात. यात सूक्ष्मदर्शकाच्या पटलावर मोठ्या तरंगलांबीचे लाल तर आखूड तरंग लांबीच्या निळ्या रंगाची वर्तुळे दिसत होती. दुसरी त्रुटी अशी होती की पटलावर मिळणारी प्रतिमा मध्यभागी खोल आणि परिघाकडे उचललेली अशा प्रकारे गोलाकार दिसत होती. याला गोलाकार विचलन (Spherical berration) असे म्हणतात. तिसरी त्रुटी म्हणजे पटलावर मिळणारी प्रतिमा वक्ररेषाकार दिसत होती ज्याला विकृतीकरण (Distortion) असे म्हणतात. सूक्ष्मदर्शकातील या सर्व त्रुटी घालवून अमीसी यांनी १८४०मध्ये प्रगत रंगविकृतीरहित सूक्ष्मदर्शक तयार केले. सूक्ष्म अवलोकनासाठी त्यांनी 'ऑईल इमर्शन ऑब्जेक्टिव्ह तंत्र' विकसित केले.

ऑईल इमर्शन ऑब्जेक्टिव्ह

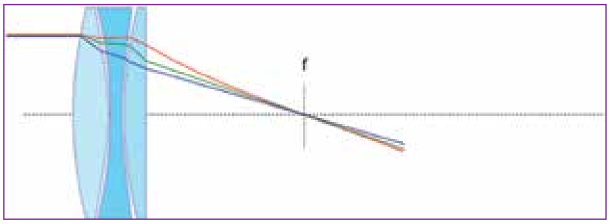
डावीकडील भाग : कोरडे वस्तुभिंग - वस्तुभिंगाचा अग्रभाग आणि काचपट्टीवरील नमुना यात हवेचे मध्यम आहे. काच १.५ आणि हवा १.० यांचा अपवर्तनांक (Refractive index) वेगवेगळा आहे. किरणे काच या माध्यमातून हवा या माध्यमात प्रवेश करतात तेव्हा यात किरणांचे अपवर्तन जास्तीत जास्त होऊन किरणे भिंगाच्या अक्षापासून दूर जातात. काही किरणे तर भिंगाच्या सीमेबाहेर गेलेली दिसतात. त्यामुळे नमुना स्पष्ट आणि प्रकाशमान दिसत नाही.

उजवीकडील भाग : तेलात बुडालेले वस्तुभिंग - वस्तुभिंगाचा अग्रभाग आणि काचपट्टीवरील नमुना यात सिडार वूड तेलाचे माध्यम आहे. त्यामुळे काच या माध्यमातून तेल या माध्यमात प्रवेश करणारे किरण भिंगाच्या अक्षाकडे झुकतात. याचे कारण काच १.५ आणि तेल १.५ यांचा अपवर्तनांक सारखाच आहे. यात किरणांचे अपवर्तन कमीत कमी होऊन जास्तीत जास्त किरण भिंगावर पडल्यामुळे नमुना स्पष्ट आणि प्रकाशमान दिसतो.

स्पष्ट प्रतिमेसाठी कंडेन्सर



अर्न्स्ट कार्ल अब्बे यांचा जन्म २३ जानेवारी १८४० रोजी ऐसेनाच येथे झाला. १८६६मध्ये अब्बे हे झेईस ऑप्टिकल वर्क्सचे संशोधन संचालक झाले आणि इ.स. १८६८मध्ये त्यांनी 'ॲपोक्रोमॅटिक' लेन्सचा शोध लावला. यात तीन विविध तरंगलांबीच्या किरणांना एकाच बिंदूवर केंद्रित केले जाते. त्यामुळे प्रतिमेतील रंगदोष नाहीशे होऊन प्रतिमा स्वच्छ आणि स्पष्ट दिसते. १८७८मध्ये ते जेना येथे खगोलशास्त्रीय आणि हवामान वेधशाळचे संचालक झाले.



अॅपोक्रोमॅटिक लेन्स

१८७०मध्ये अब्बे यांनी कंडेन्सरचा महत्त्वपूर्ण शोध लावला. तोच अब्बे कंडेन्सर म्हणून आजही प्रसिद्ध आहे. सूक्ष्मदर्शकाखाली प्रदीपनासाठी त्यांनी प्रथमच कंडेन्सर वापरला. दोन भिंगे एकत्र करून सूक्ष्मदर्शकाखाली मिळणाऱ्या प्रतिमा प्रकाशित व्हाव्या यासाठी अब्बे याने शोधून काढलेला कंडेन्सर हा सूक्ष्मदर्शकाचा अत्यंत महत्त्वाचा भाग समजला जातो.

प्रतिमेच्या वर्धनाबरोबरच त्याची स्पष्टता वाढवण्यासाठी १८७३मध्ये अब्बे यांनी संशोधन करून सूक्ष्मदर्शकाखाली मिळणाऱ्या प्रतिमेच्या स्पष्टतेची मर्यादा, ज्याला आपण रिझोल्युशन म्हणतो, ते वाढवण्याचे सूत्र बनवले. यामुळे संयुक्त सूक्ष्मदर्शकयंत्राची गुणवत्ता वाढतच गेली. शैक्षणिक प्रयोगशाळा, प्रगत प्रयोगशाळा आणि विज्ञान संशोधनकार्यात विद्यार्थ्यांना वापरण्याजोगे उच्च गुणवत्ता असलेले 'रीसर्च सूक्ष्म दर्शकयंत्र' हे जगभर प्रयोगशाळांमध्ये वापरले जाऊ लागले.

$$d = \frac{\lambda}{2 * NA}$$

रिझोल्युशन = प्रकाश किरणांची तरंग लांबी ÷ २ x न्युमेरिकल अपर्चर

फेज कॉन्ट्रास्ट सूक्ष्मदर्शक

फ्रीत्झ झेरनिक यांचा जन्म १६ जुलै १८८८ रोजी आम्सटरडॅम, नेदरलॅण्ड, येथे झाला. १९३०पासून ते प्रकाश-शास्त्राकडे वळले. या दरम्यान त्यांनी 'फेज कॉन्ट्रास्ट' आणि 'सदोष आंतरगोल भिंगामुळे निर्माण होणारी चुकीची प्रतिमा' यावर लेख लिहिला.

प्रतिमेतील फरक
संयुक्त सूक्ष्मदर्शकाखाली फेज कॉन्ट्रास्ट सूक्ष्मदर्शकाखाली

त्यांनी त्यांच्या विद्यार्थ्यांच्या सहकार्याने 'प्रकाशकिरणांचे विचलन करणारी सदोष भिंगे' या समस्येचे निराकरण केले. त्यांनी 'फेज कॉन्ट्रास्ट' हा चित्तवेधक शोध १९३० साली त्याच्या ब्लॅकपेंटेड ऑप्टिकल प्रयोगशाळेत लावला.

एखादा जैविक नमुना पारदर्शक भासत असला तरी एका विशिष्ट प्रकाशतंत्राच्या साहाय्याने त्या जैविक नमुन्याची वेगळ्या पद्धतीने पाहणी केली जाते. एखाद्या पेशीत जी विविध पेशीअंगके (सेल ओरगॅनेल) असतात ती सूक्ष्म फरकाने विविध घनतेची आणि वेगवेगळ्या अपवर्तक सूचकांकाची रिफ्राक्टिव्ह इंडेक्स असतात. उदाहरणार्थ, पेशी पापुद्रा, पेशीभित्तिका, केंद्रक इत्यादी. परंतु ही विविधता संयुक्त सूक्ष्मदर्शकाखाली दिसू शकत नाही. एका विशिष्ट प्रकाश तंत्राच्या साहाय्याने मात्र या विविध आकाराच्या घनतेमुळे आरपार जाणारे प्रकाशकिरण वेगवेगळ्या अवस्था फेजमधून पाठवले जातात. या तंत्रात एक फेज प्लेट आणि त्यात फेज रिंग वापरलेली असते. यातून होणाऱ्या प्रकाशाच्या प्रवासात प्रकाशकिरण आपला मार्ग बदलतात. हा बदल त्यांच्या तरंगलांबीच्या एक चतुर्थांश इतका असतो. या बादलामुळे प्रत्येक पेशीअंगक वेगवेगळ्या रंग/कृष्ण-धवल छटा धारण करते. या तंत्राच्या साहाय्याने पेशीचा त्रिमिती अभ्यास करता येतो. यात फ्लुरोसंट आणि ब्राईटफील्ड त्रिमिती प्रतिमा मिळतात. या त्यांच्या शोधासाठी १९५३ साली भौतिकशास्त्राचा नोबेल पुरस्कार देऊन त्यांना गौरवण्यात आले.

(क्रमश:)

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

आनंद घैसास

सर्वात मोठ्या कॅमेऱ्याने केलेले सर्वात पहिले चित्रण...

चिलीतील व्हेरा सी. रुबिन वेधशाळेने जगातल्या सर्वात मोठ्या कॅमेऱ्याने घेतलेल्या पहिल्या प्रतिमांना नुकतीच प्रसिद्धी दिली आहे, ज्यामुळे ३,२००-मेगापिक्सेलच्या या डिजिटल कॅमेऱ्याच्या अभूतपूर्व क्षमतेने खगोलशास्त्रज्ञांसकट सर्वांना आश्चर्यचकित केले आहे. एप्रिलमध्ये या वेधशाळेच्या 'सिमोनई सर्व्हे दुर्बिणीचे' बांधकाम पूर्ण झाल्यावर सुरू झालेल्या चाचण्यांच्या दरम्यान घेतलेल्या छायाचित्रांमधून ही प्रतिमा तयार केली गेली आहे. जी सोबत दिली आहे.

'वा.. तुम्हाला जर विश्वाची भव्यता पाहायची आहे, तर ती पाहण्याचा हा नवा मार्ग मिळाला आहे!' असे मेरीलँडमधील बाल्टिमोर येथील स्पेस टेलिस्कोप सायन्स इन्स्टिट्यूटचे माजी प्रमुख खगोलशास्त्रज्ञ रॉबर्ट विल्यम्स या प्रतिमेबद्दल बोलताना म्हणाले.

या एका प्रतिमेत 'ट्रिफिड नेब्युला आणि लगून नेब्युला' हे आकाशगंगेच्या धनू राशीच्या प्रदेशात आहेत, जो भाग आयनीकृत हायड्रोजनने दाट भरलेला आहे आणि त्यात बरेच तरुण आणि स्थिरावलेले तारे आहेत. ही प्रतिमा 'सिमोनई सर्व्हे टेलिस्कोप'ने फक्त ७ तासांत टिपलेल्या ६७८ वेगवेगळ्या प्रकाशचित्रांमधून (एक्सपोजरमधून) एकत्रितपणे तयार केली गेली आहे. प्रत्येक एक्सपोजर आधी एकरंगी (मोनोक्रोमॅटिक) होते आणि ते चार निराळ्या रंगीत पडद्यांपैकी एका एका पडद्यातून घेतले गेले होते; अंतिम प्रतिमा तयार करताना समृद्ध रंग मिळण्यासाठी त्या साऱ्या प्रतिमा एकत्रित केल्या गेल्या. आकाशाचे सार्थ प्रकाशचित्र मिळण्यासाठी असे करावेच लागते.

मध्य चिलीमधील अँडीज पर्वतरांगातील 'सेरो पचोन'वर वसलेली रुबिन वेधशाळा, ८१० दशलक्ष अमेरिकन डॉलरची, यूएस-नेतृत्वाखालील एक सुविधा आहे. या वेधशाळेत आकाशाचे खूप मोठे दृश्यक्षेत्र मिळते, जे दर तीन ते चार रात्री संपूर्ण दक्षिण आकाश व्यापू शकेल. हबल स्पेस टेलिस्कोप आणि जेम्स वेब स्पेस टेलिस्कोप यांसारख्या इतर दुर्बिणी, लहान तपशिलांसाठी अधिक संवेदनशील असतातही, परंतु एकाच वेळी त्या आकाशाचा फक्त एक लहान भागच पाहू शकतात.

नवीनतम प्रतिमा प्रामुख्याने सौंदर्यात्मक प्रभावासाठी आणि वेधशाळेचा डिजिटल कॅमेरा उच्च संवेदनशीलतेसह आणि कमी वेळात आकाशाच्या मोठ्या भागांना आपण कसे स्कॅन करू शकतो हे दर्शवण्यासाठी एकत्रित केल्या गेल्या आहेत. त्यामुळे, जगभरातील खगोलशास्त्रज्ञ संशोधनासाठी वापरत असलेल्या 'डेटा उत्पादना'च्या प्रकारांपेक्षा त्या खूप वेगळ्या आहेत आणि तरीही, या प्रतिमा खगोलशास्त्रज्ञांना आपल्या सुरुवातीच्या चालना काय होत्या याची आठवण करून देतात. 'आपण खगोलशास्त्रात जातो कारण आपल्याला आकाशाकडे पाहणे आणि त्याचे सौंदर्य अनुभवणे मूलत:च आवडते...'

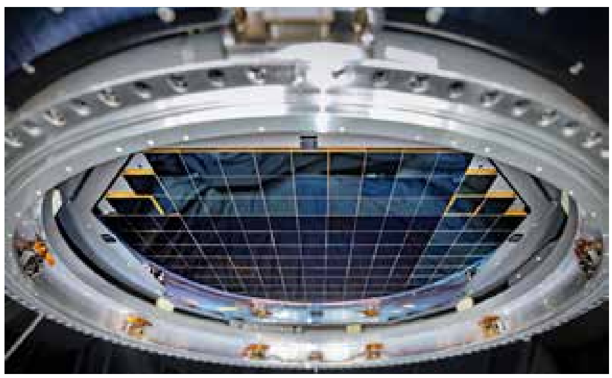
इ.स.१९९०च्या दशकात दुर्बिणीची संकल्पना मांडणारे कॅलिफोर्निया विद्यापीठ, डेव्हिस येथील खगोलशास्त्रज्ञ टोनी टायसन म्हणतात की या उपकरणाने अपेक्षेप्रमाणे कामगिरी केली, परंतु 'ते पाहणे ही पूर्णपणे वेगळी गोष्ट आहे. हे घडवून आणणाऱ्या शेकडो समर्पित अभियंते आणि शास्त्रज्ञांबद्दल मला विस्मय आणि अभिमानाची भावना आहे.' तर 'मला असे वाटते की आपण या क्षणाची तयारी खूप दिवसांपासून करत होतो, आपल्या दहा वर्षांच्या मोहिमेची अखेर म्हणजे ही खरे तर नवी सुरुवात आहे...,' यूकेमधील एडिंनबर्ग विद्यापीठातील खगोलभौतिकशास्त्रज्ञ आणि स्कॉटलंडच्या खगोलशास्त्रज्ञ रॉयल कॅथरीन हेमन्स याबाबत पत्रकारांशी बोलताना असे म्हणत आहेत.

व्हेरा सी. रुबिन वेधशाळा, ज्याला पूर्वी 'लार्ज सिनोप्टिक सर्व्हे टेलिस्कोप' (LSST) म्हणून ओळखले जात असे, ही चिलीमधील एक खगोलशास्त्रीय वेधशाळा आहे. तिचे मुख्य काम, दररोज काही रात्री सलगपणे संपूर्ण उपलब्ध दक्षिण आकाशाचे खगोलशास्त्रीय सर्वेक्षण करणे आहे, ज्यामुळे दहा वर्षांमध्ये एक 'टाइम-लॅप्स रेकॉर्ड' तयार होईल, 'लेगसी सर्व्हे ऑफ स्पेस अँड टाइम ज्यालाही (LSST) देखील म्हणतात. ही वेधशाळा उत्तर चिलीमधील कोक्विम्बो प्रदेशातील २,६८२ मीटर उंच (८,७९९ फूट) 'सेरो पाचोन' पर्वताच्या 'एल पेनॉन' नावाच्या शिखरावर, विद्यमान जेमिनी साउथ अँड सदर्न ॲस्ट्रोफिजिकल रिसर्च टेलिस्कोपच्या शेजारी आहे. रुबिन वेधशाळेची तळ-सुविधा मात्र सेरेना शहरात, रस्त्याने वेधशाळेपासून सुमारे १०० किलोमीटर (६२ मैल) अंतरावर आहे. व्हेरा रुबिन या अमेरिकन महिला खगोलशास्त्रज्ञांच्या नावावरून या वेधशाळेला हे नाव देण्यात आले आहे, ज्यांनी आकाशगंगेच्या परिवलन गतीच्या दरांबद्दल शोध लावले आहेत.

व्हेरा सी. रुबिन वेधशाळा ही यूएस नॅशनल सायन्स फाउंडेशन (NSF) आणि यूएस डिपार्टमेंट ऑफ एनर्जीच्या, ऑफिस ऑफ सायन्सचा एक संयुक्त उपक्रम आहे आणि NSF NOIRLab आणि SLC नॅशनल एक्सीलरेटर लॅबोरेटरीद्वारे संयुक्तपणे चालवली जाते.

रुबिन वेधशाळेत 'सिमोनई सर्व्हे टेलिस्कोप' आहे, जी ८.४-मीटर प्राथमिक आरसा असलेली, एक विस्तृत क्षेत्र परावर्तित करणारी दुर्बिण आहे, जी दर काही रात्री संपूर्ण उपलब्ध आकाशाचे प्रकाशचित्र घेऊ शकते. या दुर्बिणीमध्ये 'तीन-मिरर ॲनास्टिग्मॅट'चा एक प्रकार वापरला जातो, जो कॉम्पॅक्ट दुर्बिणीला ३.५-अंशात्मक-व्यासाच्या दृश्यक्षेत्रावर काटेकोर प्रतिमा ग्रहण करण्यास अनुमती देतो. यातील प्रतिमा ३.२-गीगापिक्सेल 'चार्ज-कपल्ड डिव्हाइस इमेजिंग' (CCD)

कॅमेऱ्याचे भिंग


कॅमेऱ्यातील सीसीडी

सिमोनई टेलिस्कोप

कॅमेऱ्याद्वारे ग्रहण केल्या जातात, जो आतापर्यंत निर्मित कॅमेऱ्यांपेक्षा सर्वात मोठा 'डिजिटल कॅमेरा' आहे.

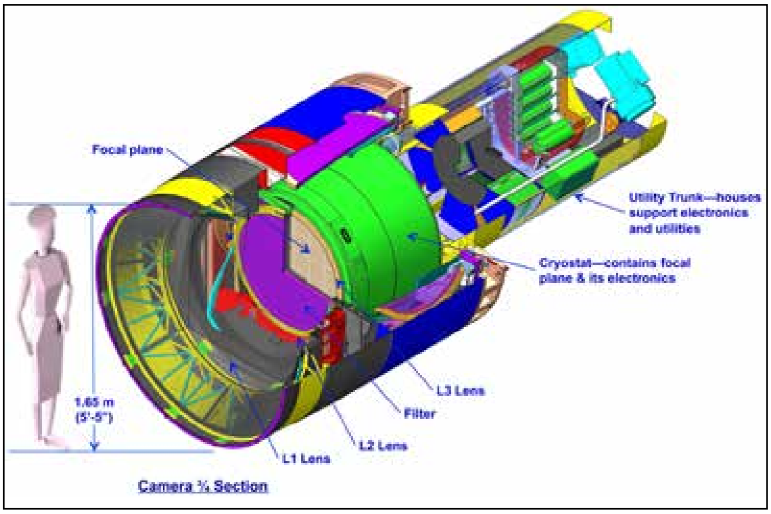
इ.स. २००१मध्ये, एलएसएसटी म्हणून रुबिन वेधशाळेचा प्रस्ताव ठेवण्यात आला होता आणि २००७मध्ये याच्या आरशाचे बांधकाम (खाजगी निधीतून) सुरू झाले. त्यानंतर एलएसएसटी २०१०च्या खगोलभौतिकशास्त्र दशांश सर्वेक्षणात अव्वल क्रमांकाचा मोठा भू-आधारित प्रकल्प बनला आणि १ ऑगस्ट २०१४ रोजी युनायटेड स्टेट्स नॅशनल सायन्स फाउंडेशनने (एनएसएफ) त्यांच्या बांधकाम बजेटच्या आर्थिक वर्ष २०१४ च्या भागासाठी (२७.५ दशलक्ष डॉलर) अधिकृतपणे प्रकल्पाचे बांधकाम सुरू केले. निधी एनएसएफ, युनायटेड स्टेट्स डिपार्टमेंट ऑफ एनर्जी आणि समर्पित आंतरराष्ट्रीय ना-नफा संस्था, एलएसएसटी डिस्कव्हरी अलायन्सद्वारे उभारलेल्या खाजगी निधीतून येतो. ऑपरेशन्स असोसिएशन ऑफ युनिव्हर्सिटीज फॉर रिसर्च इन ॲस्ट्रॉनॉमीच्या (UR) व्यवस्थापनाखाली या सर्व आहेत. एकूण बांधकाम खर्च सुमारे ६८० दशलक्ष डॉलरपर्यंत असण्याची अपेक्षा होती.

१४ एप्रिल २०१५ रोजी पहिल्या शिलान्यासाच्या औपचारिक समारंभाने जागेचे बांधकाम सुरू झाले. अभियांत्रिकी कॅमेऱ्याने आकाशातील पहिले चाचणी निरीक्षण २४ ऑक्टोबर २०२४ रोजी झाले, तर 'सिस्टीम फर्स्ट लाईट इमेजेस' म्हणजे सर्व तांत्रिक बाबी कार्यान्वित झाल्यावर घेतल्या गेलेल्या प्रथम प्रतिमा, २३ जून २०२५ रोजी प्रसिद्ध करण्यात आल्या. मूळ वेळापत्रकात कोव्हिड-संबंधित विलंब झाल्यामुळे, संपूर्ण सर्वेक्षण कार्यवाही मात्र २०२५च्या उत्तरार्धात सुरू करण्याचे सध्याचे नियोजन आहे. त्यात ग्रथित होणारी विदा (डेटा) नंतर दोन वर्षांनी पूर्णपणे सार्वजनिक होण्याची शक्यता आहे.

पूर्ण उपकरणाद्वारे प्राप्त झालेले पहिले प्रकाशकण 'फोटॉन' १५ एप्रिल २०२५ रोजी आढळले होते, जे उपकरणाला बिंदू म्हणून केंद्रित करण्यासाठी समायोजित करण्यापूर्वी कड्यांसारखे (रिंगांसारखे) दिसत होते. पूर्ण दुर्बिणीच्या पहिल्या प्रकाशातील प्रतिमा आणि कॅमेऱ्याचे संयोजन २३ जून २०२५ रोजी प्रसिद्ध करण्यात आले. पहिली चाचणी प्रतिमा (टीझर) ट्रिफिड आणि लगून नेब्युला यांची संयुक्त प्रतिमा होती आणि इतर कन्या राशीतील अनेक आकाशगंगांच्या विस्तृत क्षेत्राच्या दृश्यातून काढलेली प्रकाशचित्रे होती. कन्या संकुलातील आकाशगंगांची प्रतिमा मे महिन्याच्या सुरुवातीला चार रात्री घेण्यात आली होती. शिवाय सुरुवातीच्या काही प्रतिमांमध्ये २००० हून अधिक नवीन लघुग्रह दिसून आले. या उपकरणाच्या कार्यान्वित करण्यात २८ देशांतील लोक सहभागी असल्याने सहा खंडांमध्ये प्रकाशनासाठी 'वॉच पार्टी' आयोजित करण्यात आल्या होत्या.

सिमोनई सर्व्हे टेलिस्कोपची रचना मोठ्या दुर्बिणींमध्येही (८-मीटर-वर्ग प्राथमिक आरशांमध्ये) अद्वितीय आहे, कारण त्याचे दृश्यक्षेत्र खूप विस्तृत आहे- ३.५ अंश व्यासाचे, किंवा ९.६ चौरस अंशांचे. तुलनेसाठी, पृथ्वीवरून दिसणारे सूर्य आणि चंद्र दोन्ही ०.५ अंश व्यासाचे आहेत, किंवा फक्त ०.२ चौरस अंश आहेत. या कॅमेराच्या मोठ्या खिडकीसह ('ॲपरचर'- प्रकाश आत घेण्यासाठी ठेवलेले छिद्र-प्रकाश गोळा करण्याची क्षमता त्यावर अवलंबून असते), त्याला 319 m^2.$degree^2$ चा नेत्रदीपक मोठा कालावधी मिळेल. हे सर्वात मोठ्या दृश्यमान दुर्बिणींपेक्षा, सुबारू दुर्बिणीच्या हायपर सुप्राइम कॅमेऱ्यासह आणि पॅन-स्टार्सच्या दुर्बिणीच्या तिप्पटीपेक्षा जास्त आहे आणि बहुतेक मोठ्या दुर्बिणींपेक्षा परिमाणाच्या क्रमानेही चांगले आहे.

सर्वात जुन्या परावर्ती दुर्बिणींमध्ये गोलाकार आरसे वापरले जात असत, जे बनवणे आणि चाचणी करणे सोपे असले तरी, गोलीय विकृतीमुळे दोषग्रस्त असतात; गोलाकार विकृती सहन करण्यायोग्य पातळीपर्यंत हा दोष कमी करण्यासाठी दीर्घ केंद्रांतराची, अधिक लांबीची आवश्यकता असते. प्राथमिक आरसा पॅराबॉलिक (अन्वस्त) बनवल्याने अक्षावर गोलीय विकृती दूर होते, परंतु दृश्याचे क्षेत्र नंतर अक्षाबाहेरील कोमाद्वारे मर्यादित होते. इ.स.१९४९ मध्ये हेल टेलिस्कोपद्वारे अविभाज्य किंवा कॅसेग्रेन फोकससह असा पॅराबॉलिक प्राथमिक आरसा, सर्वात सामान्य ऑप्टिकल

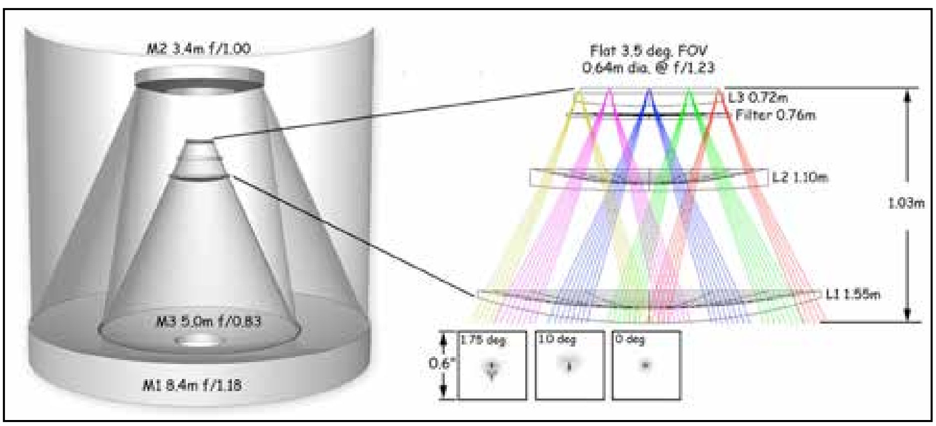


कॅमेऱ्याचे अंतर्भाग दर्शवणारी रचना

सीसीडीचा आकार चंद्र त्यात किती आकाराचा दिसेल हे मुद्दाम दाखवले आहे.

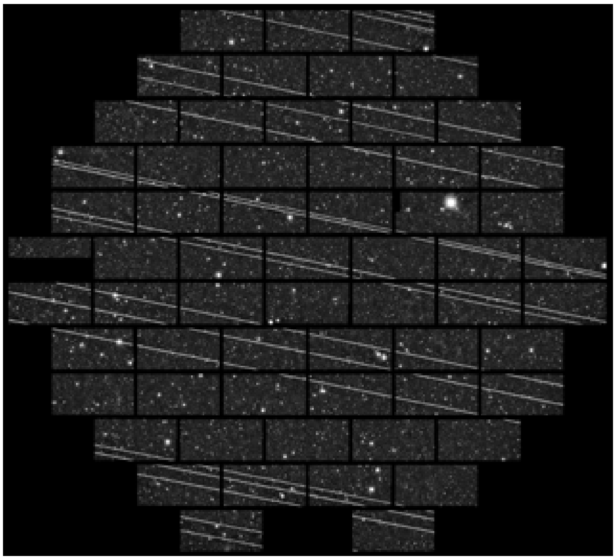
रचनेचा तयार केला गेला होता. त्यानंतर, दुर्बिणींनी बहुतेक ठिकाणी 'रिट्चे-क्रेटियन डिझाइन'चा वापर केला, गोलाकार विकृती आणि कोमा दोन्ही काढून टाकण्यासाठी दोन हायपरबोलिक (अपास्त) आरशांचा यात वापर केला होता, ज्यामुळे केवळ दृष्टिवैषम्यता आणि उच्च-क्रम विकृतींद्वारे मर्यादित असलेले विस्तृत उपयुक्त दृश्य क्षेत्र मिळाले. हेलने या रचनेचा वापर केल्यापासून बहुतेक मोठ्या दुर्बिणी - उदाहरणार्थ, हबल आणि केक दुर्बिणी - रिट्चे-क्रेटियन आहेत. पण रुबिन वेधशाळा त्याऐवजी तीन गोलाकार वक्रता नसलेल्या (नॉन-स्फेरिकल) आरशांचा वापर करून दृष्टिवैषम्यता काढून टाकण्यासाठी अशी 'तीन-मिरर ॲनास्टिग्मॅट' वापरते. परिणामी, विस्तृत दृश्य क्षेत्रावर काटेकोर प्रतिमा तर मिळतातच, परंतु दृश्य मार्गाच्या अस्पष्ट भागाच्या मोठ्या तृतीयक आरशामुळे निर्माण होणाऱ्या काही प्रकाश-संकलनशक्तीमुळेही प्राप्त होतात.

दुर्बिणीचा प्राथमिक आरसा (M1) ८.४ मीटर (२८ फूट) व्यासाचा आहे, दुय्यम आरसा (M2) ३.४ मीटर (११.२ फूट) व्यासाचा आहे आणि कड्यासारख्या (रिंगसारख्या) प्राथमिक आरशाच्या आत असलेला तृतीयक आरसा (M3) ५.० मीटर (१६ फूट) व्यासाचा आहे. सुमारे २०२८मध्ये 'एक्स्ट्रिमली लार्ज टेलिस्कोप'च्या ४.२-मीटर दुय्यम आरशाने याला ओलांडेपर्यंत, कोणत्याही कार्यरत दुर्बिणीतील सर्वात मोठा, बहिर्वक्र दुय्यम आरसा हा असण्याची अपेक्षा आहे. दुसरा आणि तिसरा आरसा प्राथमिक आरशाचे प्रकाश-संकलनक्षेत्र ३५ चौरस मीटरपर्यंत (३७६.७ चौरस फूट) करतो, जो ६.६८-मीटर-व्यासाच्या (२१.९ फूट) दुर्बिणीच्या समतुल्य आहे. दृश्य क्षेत्राने याचा गुणाकार केल्यास 336 m^2.$degree^2$ चा संग्राहक तयार होतो; यात वास्तविक आकृती नंतर 'विग्नेटिंग'द्वारे कमी आकाराची केली जाते.



M1, M2 आणि M3 या तीन आरशांची दुर्बिणीतील अंतर्गत रचना

प्राथमिक आणि तृतीयक आरसे (M1 आणि M3) हे एकाच काचेच्या तुकड्याप्रमाणे, M1M3 मोनोलिथ म्हणून डिझाइन केलेले आहेत. दोन्ही आरसे एकाच ठिकाणी ठेवल्याने दुर्बिणीची एकूण लांबी कमी होते, ज्यामुळे दुर्बीण जलद पुनर्स्थित करणे सोपे होते. काचेच्या एकाच तुकड्यापासून ते दोनही



सीसीडीने टिपलेले प्रकाशचित्र.
यात तिरप्या रेषा स्टारलिंक या उपग्रहामुळे आलेल्या आहेत.

आरसे बनवल्याने दोन वेगवेगळ्या आरशांपेक्षा सक्षम-सुदृढ रचना तयार होते, ज्यामुळे गतीनंतर जलद स्थिरीकरण होण्यास हातभार लागतो.

ऑप्टिक्समध्ये (दृक्मार्गात) विकृती कमी करण्यासाठी तीन दुरुस्ती भिंगे (करेक्टर लेन्स) समाविष्ट आहेत. ही भिंगे आणि दुर्बिणीचे फिल्टर, कॅमेऱ्याच्या जोडणीतच (असेंब्लीमध्ये) तयार केले आहेत. १.५५ मीटर व्यासाचे पहिले भिंग हे आतापर्यंतचे सर्वात मोठे भिंग आहे, आणि तिसरे भिंग फोकल प्लेनच्या समोर निर्वात खिडकी (व्हॅक्युम विंडो) तयार करतो.

अनेक दुर्बिणींपेक्षा, रुबिन वेधशाळा वातावरणातील विखुरलेल्या प्रकाशाची, भागाची भरपाई करण्याचा कोणताही प्रयत्न करत नाही. दृश्यमार्गामध्ये अतिरिक्त घटक पुन्हा समायोजित करण्याची आवश्यकता असलेली अशी दुरुस्ती, पॉइंटिंग्ज दरम्यान परवानगी असलेल्या ५ सेकंदात साध्य करणे खूप कठीण असेल, तसेच अत्यंत कमी फोकल लांबीमुळे हे एक तांत्रिक आव्हान आहे. परिणामी, शिखरापासून दूर असलेल्या लहान तरंगलांबी बँडमुळे प्रतिमा गुणवत्ता काहीशी कमी होईल.

३.२ गीगापिक्सेल डिजिटल कॅमेरा ३० सेकंदाचे एक्सपोजर घेईल. कॅमेरा प्रत्यक्षात टर्शरी फोकसवर आहे, प्राइम फोकसवर नाही, परंतु प्राथमिक आरशासमोर ट्रॅप्ड फोकस वर स्थित असल्याने, संबंधित तांत्रिक समस्या पारंपारिक प्राइम-फोकस सर्वेक्षण कॅमेऱ्यासारख्याच आहेत. इतक्या मोठ्या टेलिस्कोपला (सेटलिंग वेळेसह) ५ सेकंदात रिपॉइंट करण्यासाठी अपवादात्मक लहान आणि दृढ रचना आवश्यक आहे. याचा अर्थ असा की एक लहान f-नंबर आहे, ज्यासाठी कॅमेऱ्याचे अचूक फोकसिंग आवश्यक आहे.

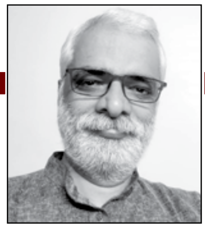
१५ सेकंदांची दोन एक्सपोजर वापरणे हे कमी प्रतीचे आणि हलणारे दोन्ही स्रोत शोधण्यासाठी मुभा मिळण्यासाठी केलेली एक तडजोड असते. परंतु एकच ३० सेकंदाचे सलग एक्सपोजर कॅमेरा रीडआउट आणि टेलिस्कोप री-पोझिशनिंगचे जास्तीचे कष्ट कमी करते, ज्यामुळे अधिक सखोल चित्रण शक्य होते. सुरुवातीच्या योजनांमध्ये सीसीडीवर वैश्विक किरणांचे होणारे आघात प्रभावीपणे नाकारण्यासाठी सलग दोन १५-सेकंदांच्या एक्सपोजरसह आकाशातील प्रत्येक ठिकाणाचे चित्रीकरण करण्याची योजना होती, परंतु २०२५पर्यंत, असे दिसून आले की ते एकाच ३० सेकंदांच्या प्रतिमेत विश्वसनीयरीत्या शोधले जाऊ शकतात.

या कॅमेऱ्याची फोकल प्लेन सपाट आहे आणि व्यास ६४ सेंमी आहे. प्रत्येकी १६ मेगापिक्सेलसह, मुख्य प्रतिमाग्राहक १८९ सीसीडी डिटेक्टरच्या सलग मांडणीद्वारे (मोझाइक रचनेद्वारे) बनवलेला आहे. जे 'राफ्ट्स'च्या, म्हणजे ५x५ ग्रिडमध्ये गटबद्ध केले आहेत, जिथे मध्यवर्ती २१ राफ्टमध्ये ३x३ प्रतिमा संवेदक 'इमेजिंग सेन्सर्स' आहेत, तर चार कोपऱ्यांतील राफ्टमध्ये प्रत्येकी फक्त तीन सीसीडी आहेत, जे मार्गदर्शन आणि फोकस नियंत्रणासाठी वापरात येणार आहेत. सीसीडी ०.२ आर्कसेकंद सॅम्पलिंगपेक्षा चांगले संवेदन प्रदान करतात आणि गोंगाट (प्रारणांच्या त्रुटी) कमी करण्यास मदत करण्यासाठी अंदाजे वजा १००°C पर्यंत (173 K) हे सारे भाग थंड राखले जातात.

कॅमेऱ्यामध्ये दुसऱ्या आणि तिसऱ्या भिंगात, लेन्समध्ये स्थित एक फिल्टर आणि स्वयंचलित फिल्टर-बदलणारी यंत्रणा समाविष्ट आहे. कॅमेऱ्यामध्ये ३३०-१०८० एनएम (नॅनोमीटर) तरंगलांबी व्यापणारे सहा निरनिराळे फिल्टर असले, तरी दुय्यम आणि तृतीयक आरशांमधील कॅमेऱ्याची स्थिती त्याच्या फिल्टर चेंजरच्या आकारावर मर्यादा घालते. तो एका वेळी फक्त पाच फिल्टर ठेवू शकतो, म्हणून दररोज पुढील रात्रीसाठी सहापैकी एक वगळण्यासाठी निवडावा लागतो. हा थोडा तांत्रिक भाग जरी असला, तरी खगोलीय प्रकाशचित्रणासाठी नक्कीच महत्त्वाचा ठरतो.

पाहूया या नव्या तंत्रातून भविष्यात काय काय हाती लागेल.

- आनंद घैसास
anandghaisas@gmail.com



डॉ. जयंत वसंत जोशी

हाडवैद्यकातील विज्ञान आणि तंत्रज्ञान

हाडवैद्यक म्हणजे हाडे, सांधे, स्नायू आणि अस्थिसंस्था यांचा अभ्यास व उपचार. आधुनिक विज्ञान व तंत्रज्ञानाच्या मदतीने हाडवैद्यकाची उपकरणे अधिक अचूक, प्रभावी व रुग्णहितकारी झाली आहेत.

शस्त्रक्रियेसाठी, गरजेनुसार हाड कापण्यासाठी विशिष्ट प्रकारची करवत, स्क्रू लावण्यासाठी छिद्र पाडण्याचे यंत्र, हाडाचे भाग आवश्यकतेनुसार कोरण्यासाठी पटाशी, हाडाभोवतीचे ऊतक वेगळे करण्यासाठीचे साधन, तुटलेली हाडे जोडून ठेवण्यासाठीच्या मिश्रधातूच्या पट्ट्या, कांबा, गुडघ्याचे सांधे, कुले, खांदे, कोपरे यात लावावे लागणारे कृत्रिम भाग. निदानासाठी, टिचलेले किंवा मोडलेल्या हाडांची प्रतिमा मिळवण्यासाठी क्ष-किरण यंत्र, हाड व उतकांचे सविस्तर निरीक्षण सी.टी. स्कॅन/एम.आर. आय. यंत्रणा, हाडांची घनता तपासण्यासाठीची यंत्रणा, सांध्यांची हालचाल मोजण्यासाठीची साधने या साऱ्यासाठी विज्ञान तंत्रज्ञान फार साहाय्यभूत ठरते.

सामान्यत: प्राथमिक परीक्षणात हाड पिचले आहे का हे तपासण्यासाठीची यंत्रणा, रुग्णाचे पुनर्वसन व साहाय्यक उपकरणे, कुबड्या, तोल सांभाळण्यासाठीच्या काठ्या व चाके असलेले चौकटी सांगाडे, सांध्याला / हाडाला स्थिरता देण्यासाठीचे आधार, हातापायाची बोटे व पायाच्या हाडांच्या दोषांवर वापरले जाणारे आधार, रुग्णाच्या आवश्यकतेनुसार खास बनवलेले भाग अशाप्रकारे हाडवैद्यकात विविध टप्प्यांवर सर्वच गोष्टीत वापरली जाणारी उपकरणे विविध प्रकारची असून ती तांत्रिकदृष्ट्या प्रगत आहेत व त्यामागे विज्ञानाचे तत्त्वज्ञान आणि तंत्रज्ञानाची प्रगत दिशा यांचा संगम आहे.

हाडांचे व सांध्यांचे हालचालीचे विश्लेषण यांत्रिकीच्या आधारे होते. अस्थिभंग झाल्यावर आवश्यक ते योग्य स्थैर्य व ताकद देण्यासाठी उपकरणांची रचना केली जाते. भौतिकशास्त्रातील बल वितरण, घर्षण, योग्य प्रमाणात दाब देणे. ध्वनितरंग (Ultrasound) - हाडांची स्थिती पाहण्यासाठी व उपचारासाठी वापरले जाते तर क्ष-किरणे व सी.टी. स्कॅनच्या मदतीने हाडांचे स्पष्ट चित्र मिळवता येते.

हे करत असताना आवश्य असलेली जैवसुसंगतता सांभाळणे आवश्यक असते. हाडांमध्ये बसवले जाणारे कृत्रिम भाग (स्क्रू, कांबा, सांधे) जैवसुसंगत असावे लागतात, म्हणजे शरीराने त्यांना विनाअडचण स्वीकारायला हवे, नाकारू नये. शरीरात बसवले जाणारे कृत्रिम भाग टायटॅनियम, स्टेनलेस स्टिल या सारख्या धातूंपासून तयार केलेले असतात.

आधुनिक त्रिमित छपाईतंत्राच्या मदतीने रुग्णाच्या अचूक रचनेस अनुरूप भाग तयार केले जातात. संगणकीय प्रणाली वापरून हाडांच्या योग्य स्थानी व आवश्यक तेवढाच काप घेता येतो व जुळणी शस्त्रक्रिया अधिक अचूक व कमी वेळात केली जाते. उच्च अचूकतेने गुडघा, कुल्याच्या हाडांचे प्रत्यारोपण कमी त्रासदायक व लवकर बरे होते.

हाडांची घनता मोजता येते. त्या आधारे हाडांची वजन पेलण्याची क्षमता लक्षात येते. यासाठी लेझर प्रकाशशलाका व ध्वनिलहरींच्या परावर्तनावर आधारित तंत्रांचा वापर केला जातो.

वेदना कमी करण्यासाठी व जखमा लवकर भरून येण्यासाठी संशोधन करून विकसित केलेल्या नवनवीन रासायनिक औषधांचा वापर केला जातो.

एखाद्या व्यक्तीचे हाड मोडते, हाडाला तडा जातो किंवा सरकते, तेव्हा त्याला योग्य स्थितीत ठेवण्यासाठी आणि बरे होण्यासाठी स्थिरता देण्यासाठी प्लास्टर ऑफ पॅरिस किंवा इतर आधुनिक साहित्य वापरून प्लास्टर घालण्यात येते.

प्लास्टर ऑफ पॅरिस म्हणजे कॅल्शिअम सल्फेट हेमिड्रेट ($CaSO_4 \cdot ½H_2O$) हे कॅल्शिअम सल्फेट डिहायड्रेटपासून (Gypsum $CaSO \cdot ½H_2O$) बनवले जाते. ते बनण्याची प्रक्रिया :

$CaSO_4 2H_2O$ (Gypsum) → $CaSO_4 \cdot ½H_2O$ (POP) + $1½H_2O$ (उष्णता देऊन) पाण्यात मिसळल्यावर पुन्हा रासायनिक अभिक्रिया होते:

ही अभिक्रिया उष्मादायी (exothermic) आहे. त्यामुळे प्लास्टर गरम होते आणि मग लवकर घट्ट होते. मोडलेले हाड योग्य स्थितीत ठेवले पाहिजे, म्हणजे ते योग्यरीत्या जोडून बरे होते. प्लास्टर कडक झाल्यावर ते हाडास आवश्यक ती स्थिरता प्रदान करते. प्लास्टर ओलसर असताना मऊ असते, त्यामुळे ते हाताने योग्य प्रकारे शरीराच्या भागाभोवती पाहिजे त्या आकारात घडवले जाते. काही मिनिटांत ते कठीण होऊन आपण दिलेला आकार कायम राखते. त्याचे वजन कमी असते, पण ते हाडाला आवश्यक तो आधार देऊन ताकद देते. संशोधनातून निर्माण झालेले आधुनिक पर्याय तुलनेने स्वस्त, सहज घडवता येणारे, पण पाण्याने खराब न होणारे आहेत. फायबरग्लॉसचे प्लास्टर हलके, पाण्यापासून सुरक्षित, मजबूत पण तुलनेने थोडे महाग असते.

हाडवैद्यकात प्लास्टरचा उपयोग म्हणजे केवळ एक उपचार पद्धती नव्हे, तर त्यामागे विज्ञान दडलेले आहे

हाडवैद्यांना गुडघे, कोपर, मान, हाता-पायाचा पंजा, बोटे या हालचाल होणाऱ्या अवयवांची हालचाल मोजावी लागते. या अवयवांची हालचाल मोजून हे पाहतात की रुग्णाच्या विशिष्ट अवयवांच्या हालचालीची मर्यादा, वेदना, काही अडथळा किंवा विकृती आहे का. यासाठी ते खास वैज्ञानिक उपकरण आणि प्रक्रिया वापरतात. यासाठी वापरल्या जाणाऱ्या उपकरणास गोनिओमीटर असे म्हणतात. गोनिओमीटर हे एक कोन मोजण्यासाठी वापरले जाणारे यंत्र आहे. यामध्ये दोन हात आणि एक अंश मोजणारी चकती असते.

हालचाल करताना सरासरी कोन, वाकवणे, सरळ करणे, बाहू, तळपाय किंवा तळहात फिरवून खाली-वर करणे याच्या मर्यादा मोजल्या जातात. रुग्ण बसलेल्या किंवा उताणा झोपलेल्या स्थितीत असताना गोनिओमीटरचे मध्यबिंदू सांध्यावर ठेवतात. एक हात स्थिर ठेवतात. दुसरा हात सोबत हलवतात. अवयव पूर्ण वाकवल्यावर किंवा सरळ केल्यावर कोन वाचला जातो. अस्थिभंग, संधिवात, स्नायूंची दुखापत किंवा शस्त्रक्रियेनंतर सुधारणा तपासण्यासाठी याचा वापर केला जातो तसेच फिजिओथेरपीसाठी आधार तयार

करण्यासाठी, रुग्णाच्या कार्यक्षमतेचा अंदाज घेण्यासाठीही याचा वापर होतो. आधुनिक डिजिटल गोनिओमीटरने अधिक अचूकत व डिजिटल स्क्रिनवर कोन मोजता येतो. आता मोबाइल ॲप व फोन सेन्सर वापरूनही अवयवांची हालचाल मोजता येते. रुग्णांच्या पुनर्वसनात हालचालींच्या नोंदी ठेवून त्याचे विश्लेषण करता येते.

रुग्णाला पाठदुखी, मणक्याचे आजार, कंबर मोच किंवा स्नायूंचा ताण होतो, तेव्हा हाडवैद्य रुग्णाला मानेचा किंवा कंबरेचा पट्टा वापरण्याचा सल्ला देतात. या पट्ट्यामागे ठोस वैज्ञानिक आणि वैद्यकीय आधार असतो.

कंबरेतील कणा, मान व त्याभोवतीचे स्नायू हालचाल करताना अति भार किंवा वाकणे यामुळे त्रास होतो. पट्टा त्या हालचालींना मर्यादा घालतो आणि मानेला, कंबरेला स्थिरता देतो.

पट्टा पाठीवरचा भार स्नायू व हाडांवर समप्रमाणात वितरीत करतो, वाटतो त्यामुळे विशिष्ट भागावरचा ताण कमी होतो. पट्टा स्नायूंना आधार देतो, त्यामुळे ते सहज थकत नाहीत. विशेषतः अशक्त स्नायूंना याचा फार उपयोग होतो. पट्टा अंगाला लागून असतो, त्यामुळे स्थानिक उष्णता वाढते, रक्तप्रवाह सुधारतो. सौम्य अकुंचनामुळे वेदना कमी होतात.

पट्ट्यामागे स्थिरता, बलवितरण, स्नायूसमर्थन आणि उष्णतेचा उपयोग यासारखी ठोस वैज्ञानिक तत्त्वे कार्यरत असतात. तो योग्य प्रकारे वापरल्यास रुग्णाच्या वेदना कमी होतात आणि तो दैनंदिन जीवनात अधिक कार्यक्षम होतो.

रुग्णाला हाताच्या पंजामध्ये मोच, अस्थिभंग, स्नायूबंधाची दुखापत, स्नायूंचा ताण किंवा संधिवात होतो, तेव्हा हाडवैद्य त्याला हाताच्या पंजाचा पट्टा वापरण्याचा सल्ला देतात कारण दुखावलेल्या भागाला स्थिर ठेवणे गरजेचे असते, म्हणजे तो न हलता बरा होतो. पट्ट्यामुळे सांधे व स्नायूंना विश्रांती मिळते. पट्ट्यामुळे स्नायूबंध, स्नायू, अस्थिबंध (लिगामेंट) यांना आधार मिळतो. त्यामुळे सूज, वेदना कमी होतात आणि बरे होण्याचा वेग वाढतो. काही प्रकारचे पट्टे विशिष्ट हालचाली (वाकवणे, सरळ करणे, फिरवणे इत्यादी) प्रतिबंधित करतात.

रुग्णाला चालताना अडचण होते, जसे पायाला अस्थिभंग, शस्त्रक्रिया झालेली असेल, स्नायू, अस्थिबंध दुखावलेले असतील किंवा तोल सांभाळणे जमत नसेल तेव्हा हाडवैद्य रुग्णाला कुबड्या वापरण्याचा सल्ला देतात. या साध्या वाटणाऱ्या कुबड्यांमागेही वैज्ञानिक विचार व आधुनिक तंत्रज्ञान दडलेले असते.

कुबड्या पायांवर येणारा वजनाचा भार हातांमार्फत जमिनीवर हस्तांतरित करतात, ज्यामुळे दुखावलेल्या पायाला आराम मिळतो. कुबड्या रुग्णाला ताठ उभे राहणे आणि चालताना संतुलन राखण्यासाठी मदत करतात. योग्य प्रकारे वापरल्यास कुबड्या रुग्णाला चालण्याच्या विविध पद्धती शिकवतात. यामुळे योग्य हालचाल होऊन बरे होण्यास मदत होते. कुबड्या स्नायूंवरचा ताण कमी करतात आणि गरजेप्रमाणे वापरल्यास शरीराची सरळ ठेवण सुधारते.

कुबड्यांचे प्रकार

बगलेखालच्या कुबड्या तात्पुरत्या दुखापतीसाठी वापरल्या जातात. कोपराच्या कुबड्या दीर्घकालीन गरज असल्यास वापरल्या जातात. हलक्या वजनाच्या, अधिक हालचालीसाठी, हातावर भार न टाकता चालण्यासाठी मुठीवर वर हात ठेवून वापरण्याच्या कुबड्या असतात.

पूर्वी कुबड्यांसाठी वेत, बांबू, लाकूड याचा वापर होत असे. आधुनिक कुबड्या ॲल्युमिनियम किंवा मिश्र धातूंपासून तयार करतात. त्या हलक्या, मजबूत, गंजरोधक असतात. कोपराच्या कुबड्यांसाठी लवचीक, टिकाऊ, घसरणार नाही व पकड सुधारेल असे विशेष रबरासारखे पदार्थ वापरले जातात. आवश्यक उंचीनुसार सहज समायोजन करता येणारे चालताना हातांवर येणारा धक्का कमी करणारे घटक वापरले जातात.

जैवयांत्रिकी शास्त्रानुसार चालताना शरीराची हालचाल, संतुलन याचे विश्लेषण करून मजबूत पण हलक्या साहित्यांची निवड केली जाते. मानवी शरीररचनाशास्त्रानुसार उंची, हातपायांचा कोन, स्नायूंची रचना यानुसार संरचना करता येते. हे करताना बल, गुरुत्वाकर्षण, घर्षण यांचे संतुलन राखणे आवश्यक असते. चुकीच्या उंचीच्या कुबड्या वापरल्यास खांद्यावर, मानेवर किंवा मनगटावर ताण येतो.

रुग्णाला पाय, गुडघा, किंवा कंबर यांची दुखापत होते किंवा शस्त्रक्रिया झाल्यावर चालण्यात मदत हवी असते, तेव्हा हाडवैद्य वॉकरचा वापर करण्याचा सल्ला देतात. वॉकर हे एक असे साधन आहे जे रुग्णाला संतुलन राखणे, वजन वितरण आणि सुरक्षित हालचाल यासाठी मदत करते.

वॉकरमागील मूलभूत विज्ञान

वजनाचे पुनर्वितरण - वॉकर वापरल्यामुळे रुग्णाचे वजन थोड्या प्रमाणात हातांवर आणि वॉकरच्या तळांवर विभागले जाते. त्यामुळे दुखावलेल्या पायावर येणारा भार कमी होतो.

स्थिरता आणि संतुलन - वॉकर जास्तीत जास्त आधार देतो, ज्यामुळे रुग्णाला ठोस स्थिरता आणि सुरक्षितता मिळते. विशेषतः वृद्ध व्यक्ती किंवा ज्यांना संतुलनाचा त्रास आहे, त्यांच्यासाठी फार उपयुक्त ठरते.

हलचाल नियंत्रित करणे - वॉकरच्या मदतीने रुग्ण सुरक्षित गतीने आणि योग्य पद्धतीने चालू शकतो. काही वॉकरमध्ये चाके असतात, ज्यामुळे गती सुलभ होते.

स्नायूंना आधार देणे - वॉकर वापरून चालताना स्नायूंवर कमी ताण येतो, त्यामुळे रुग्णाला आराम मिळतो आणि सुधारणा वेगाने होते.

कुबड्या व वॉकर म्हणजे फक्त आधार देणारी लाकडी किंवा लोखंडी साधने नसून, त्या मागे यांत्रिकी, शरीरशास्त्र, भौतिकशास्त्र आणि पदार्थ निर्मितीशास्त्र यांचा योग्य मेळ असतो. रुग्णाच्या प्रकृतीनुसार योग्य प्रकाराच्या कुबड्या व वॉकर निवडणे आणि त्यांचा योग्य वापर करणे हे हाडवैद्याच्या उपचारांचा महत्त्वाचा भाग असतो.

फिजिओथेरपी म्हणजे शरीराच्या हालचाली, स्नायूंचे वेदनानिवारण, पुनर्वसन आणि आरोग्य सुधारण्यासाठी वापरली जाणारी एक शास्त्रीय पद्धत. फिजिओथेरपिस्ट विविध साधने आणि उपकरणे वापरून रुग्णांची पुनर्प्राप्ती आणि त्याच्या धडधाकट होण्यास साहाय्यभूत ठरतात.

फिजिओथेरपिस्टची मुख्य साधने

रुग्णाला आरामात बसवणे, झोपवणे, विविध स्थितींत बसवता येणारे मजबूत टेबल असते या टेबलात यांत्रिकीशास्त्राच्या विविध तत्त्वांचा वापर केलेला असतो.

स्नायूंना मसाज आणि ताण देण्यासाठी, स्नायूंना आराम देण्यासाठी, लवचीकता वाढवण्यासाठी वेगवेगळे रोलर, गोल (बॉल) वापरले जातात. यासाठी आवश्यकतेनुसार विविध आधुनिक पदार्थ वापरले जातात. ताकद वाढवण्यासाठी वेगवेगळ्या ताकदींचे लवचीक, ताणले जाणारे रबरी पट्टे वापरले जातात. ताकद आणि सहनशक्ती वाढवण्यासाठी विविध वजनांमध्ये उपलब्ध डंबेल आणि वजने तयार केलेली असतात. वेदना कमी करणे, स्नायूंना उत्तेजित करण्यासाठी इलेक्ट्रोथेरपी उपकरणे असतात. चालण्याचा व्यायाम आणि हृदयाचे संतुलन सुधारण्यासाठी आणि ताकद वाढवण्यासाठी ट्रेडमिलचा वापर केला जातो. पायांचे व्यायाम आणि सहनशक्ती वाढवणे हृदय आणि स्नायूंच्या व्यायामासाठी स्टेपर आणि सायकल असतात. वेदना आणि सूज कमी करणे थंड आणि उष्णतेने शेकण्यासाठी तापमान साखून ठेवणाऱ्या हॉट / कोल्ड पॅक्स वापर केला जातो. हॉट आणि कोल्ड थेरपी यांमध्ये उष्णता किंवा थंडावा त्वचा आणि स्नायूंवर दिला जातो.

उष्णता रक्तवाहिन्यांना विस्तारून रक्ताभिसरण वाढवते तर थंडावा सूज कमी करतो आणि वेदना कमी करतो. रुग्णाला स्वतःच्या हालचाली पाहण्यास आरसे वापरले जातात. स्नायूंना आधार देण्यासाठी, पुनर्प्राप्तीसाठी साहाय्यक आधारपट्ट्या वापरल्या जातात.

इलेक्ट्रोथेरपी उपकरणे आणि तंत्रज्ञान : TENS (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation) वेदना कमी करण्यासाठी, ही उपकरणे स्नायूंमध्ये सूक्ष्म विद्युतप्रवाह

सोडतात. हे विद्युतप्रवाह तंत्रिका पेशींना उत्तेजित करून वेदना कमी करतात आणि रक्ताभिसरण सुधारतात. ध्वनी आणि तरंग (Ultrasound Therapy) सूज कमी करणे आणि उतींची दुरुस्ती करण्यासाठी वापरले जातात. अल्ट्रासाउंड उपकरणांम ध्ये उच्च आवृत्तीचे ध्वनितरंग तयार होतात जे उतींमध्ये खोलवर जाऊन सूज कमी करणे, रक्ताभिसरण वाढवणे आणि उतींची दुरुस्ती करतात.

यांत्रिकी (Mechanical Principles) : थेरापी टेबल, रोलर, बॉल, पुली सिस्टीम यांचा उपयोग स्नायूंचे स्ट्रेचिंग, मजबुतीकरण आणि हालचाल सुधारण्यासाठी होतो. यामध्ये बल, टॉर्क, लवचीकता आणि संतुलन यांचे ज्ञान महत्त्वाचे असते. IFC (Interferential Current Therapy) वेदना निवारण आणि रक्ताभिसरण सुधारण्यासाठी, Laser Therapy जखम दुरुस्ती आणि वेदना कमी करण्यासाठी ही सर्व उपकरणे व उपचार पद्धती विज्ञानाधारित तंत्रज्ञानावर आधारित आहेत.

व्यायामासाठी वापरली जाणारी उपकरणे

संतुलन फलक (Balance Boards) उपकरण समतोल सुधारण्यासाठी वापरले जाते. रोध पट्टा (Resistance Bands) स्नायूंची ताकद वाढवण्यासाठी वापरला जातो. पायऱ्या चढण्यासारखा व्यायाम एका जागेवरच उभे राहून करता येणारे यंत्र (Stepper Machines), हृदयाची क्षमता आणि सहनशक्ती वाढवण्यासाठी वापरले जाते. कप्प्यांची यंत्रणा (Pulley Systems) हात आणि खांद्याच्या हालचालींसाठी सुधारण्यासाठी वापरल्या जातात. तसेच, मसाज रोलर आणि स्टिक – स्नायूंची मालिश करण्यासाठी, किन्सी मशीन (Kinesiotherapy Equipment) - स्नायूंच्या हालचालींसाठी, स्पीकर आणि म्युझिक सिस्टीम – रिलॅक्सेशनसाठी, मापन उपकरणे (Goniometer, Dynamometer) – हालचाल मोजण्यासाठी वापरली जातात.

फिजिओथेरपीच्या रबरांतील विज्ञान आणि तंत्रज्ञान

फिजिओथेरपीमध्ये वापरल्या जाणाऱ्या रबर बँड (Thera Bands) हे एक अत्यंत उपयुक्त उपकरण आहे, जे स्नायूंची ताकद वाढवण्यासाठी, लवचीकता सुधारण्यासाठी आणि पुनर्वसनासाठी वापरले जाते. या रबर बँडमागील विज्ञान आणि तंत्रज्ञान जाणून घेणे महत्त्वाचे आहे. रबर बँड अत्यंत लवचीक असतात. ते ताणले तर पुन्हा आपली मूळ अवस्था परत घेतात. ह्या लवचीकतेमुळे व्यायाम करताना स्नायूंवर योग्य प्रमाणात ताण येतो, ज्यामुळे स्नायू मजबूत होतात. रबर बँड ताणल्यावर त्यावर दबाव (stress) आणि ताण (strain) तयार होतो. या ताणामुळे स्नायूंना प्रतिसाद देण्याची संधी मिळते आणि स्नायूंचे पुनर्निर्माण होते. रबर बँडची

रेझिलियन्स म्हणजे ताणल्यानंतर पटकन पूर्वस्थितीमध्ये परत येण्याची क्षमता. त्यामुळे व्यायामाच्या वेळेस त्याचा वारंवार वापर करता येतो. नैसर्गिक रबर (Natural Rubber) उच्च लवचीकता, टिकाऊपणा आणि सहज ताणता येते. सिलिकॉन आणि सिंथेटिक रबर (Silicone, Synthetic Rubber) अधिक टिकाऊ आणि विविध रंगांमध्ये उपलब्ध होते. लॅटेक्स फ्री मटेरियल (Latex Free Materials) ॲलर्जी टाळण्यासाठी पर्यायी ठरते.

प्रतिरोध (Resistance) : विविध रंगांतील रबर बँड वेगवेगळ्या ताकदीचे प्रतिरोध देतात. प्रगत व्यायाम हलक्या ते जड प्रतिरोधापर्यंत प्रगतिशील व्यायाम करता येतात. स्नायूंना प्रतिकार करून ते अधिक ताकदवान बनतात.

फिजिओथेरपिस्ट वापरत असलेल्या उपकरणांत वेगवेगळ्या प्रकारच्या रबराबरोबरच विविध स्प्रिंगचा वापर केला जातो. स्प्रिंग हा एक लवचीकतेचे धातूचे तत्त्व वापरून बनलेला घटक आहे, जो ताणल्यावर किंवा दाबल्यावर ताण येतो आणि तो सोडल्यावर मूळ आकारात परत येतो.

फिजिओथेरपीमध्ये स्प्रिंगचा उपयोग प्रतिरोध (resistance) निर्माण करण्यासाठी आणि स्नायूंच्या व्यायामात मदत करण्यासाठी होतो.

स्प्रिंगवर लागू केलेला ताण किंवा दाब, त्याच्या लांबीतील बदलाच्या प्रमाणात असतो, फिजिओथेरपी उपकरणांमध्ये स्प्रिंगची कडकपणा योग्य प्रकारे निवडून व्यायामाला आवश्यक प्रतिरोध दिला जातो. स्प्रिंगचा वापर करून हाडवैद्य किंवा फिजिओथेरपिस्ट स्नायूंना योग्य प्रमाणात प्रतिकार देतो, ज्यामुळे स्नायूंची ताकद वाढते. स्प्रिंग रोलर स्नायूंचा मसाज करताना प्रतिरोध देतात व सममित ताण / दाबाने मसाज प्रभाव वाढतो.

फिजिओथेरपी उपकरणांतील स्प्रिंगचे विज्ञान म्हणजे हुकचा नियम, लवचीकता, आणि प्रतिरोधाचे तत्त्व यांचा उपयोग करून स्नायूंचा प्रभावी व्यायाम करण्याची सोय.

तंत्रज्ञानाने स्प्रिंगची गुणवत्ता, टिकाऊपणा आणि नियंत्रित प्रतिरोध यावर लक्ष देऊन रुग्णांच्या पुनर्वसनाला होते.

हाडवैद्य रूग्णास आधारासाठी देतात त्या काठीतील विज्ञान आणि तंत्रज्ञान

काठी हे एक सोपे पण अत्यंत उपयुक्त उपकरण आहे, जे शरीराला आधार देण्यासाठी वापरले जाते. हाडवैद्यांनी दिलेली काठी रुग्णाच्या संतुलन आणि हालचालीत मदत करते, विशेषतः ज्यांना पायात दुखापत, कमकुवतपणा किंवा हालचालीची अडचण आहे.

काठी जमिनीशी संपर्क साधून शरीराला स्थिर आधार देते. यामुळे शरीराचा भार काठीवर काही प्रमाणात पडतो आणि जखमी किंवा कमकुवत पायावर भार कमी होतो. संतुलन राखण्यासाठी काठीचा योग्य आकार आणि उंची महत्त्वाची असते. काठीवर लागणारा भार जमिनीपर्यंत नीट पोहोचतो, ज्यासाठी काठी मजबूत आणि टिकाऊ असावी लागते. काठीच्या सामग्रीला या भाराला सहन करण्यासाठी उच्च ताकद आणि लवचीकता असावी लागते.

पारंपरिक काठी वेत किंवा लाकडाची असते. आधुनिक काठी मिश्र धातू (ॲल्युमिनियम, स्टील), कार्बन फायबर यापासून तयार करतात. ती हलकी, मजबूत आणि टिकाऊ असते.

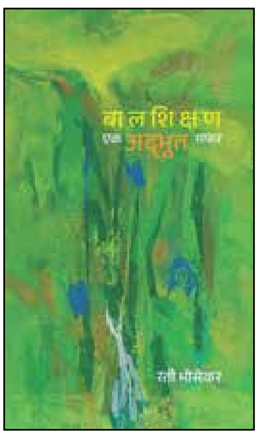
आधुनिक काठीची मूठ म्हणजे हाताला सोयीस्कर पकड असणारी, दुसऱ्या टोकावर तीन किंवा चार पाय असतात. त्यामुळे काठी हातातून सुटली तरी खाली पडत नाही. येथे गुरुत्व मध्याची उंची व स्थैर्य या विज्ञानतत्त्वांचा खुबीने वापर केलेला दिसतो. काठीच्या या पायांना रबर किंवा प्लास्टिकची नॉनस्लिप बूट, ज्यामुळे काठीची पकड जमिनीत घट्ट होते आणि घसरण टळते, उंची समायोजित करणारी काठी, वेगवेगळ्या रुग्णांसाठी योग्य असते. काठीमुळे शरीराचा भार जमिनीवर समान वितरित करते. काठी शरीराचा आधार म्हणून तरफेप्रमाणे काम करते, ज्यामुळे शरीरावर पडणारा ताण कमी होतो.

(छायाचित्रे माहितीजालावरून साभार)

– **डॉ. जयंत वसंत जोशी**
jvjoshi2002@yahoo.co.in

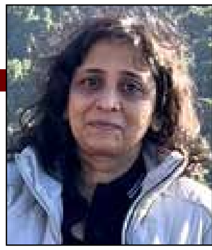
ग्रंथाली

बालशिक्षण एक अद्भुत सफर



रती भोसेकर

मूल्य ३०० रुपये
सवलतीत १८० रुपये



वर्षा केळकर-माने

डायटॉमच्या विलक्षण जगाची सफर!

शाळेत असताना आपण सर्वांनी अनेक कविता वाचल्या असतील. स्पर्धांसाठी काही निवडक कवितांचे पाठांतरसुद्धा केले असेल. सूक्ष्मजीवशास्त्राचा अभ्यास करताना मला नेहमी जेम्स स्टीफन्स यांची एक कविता आठवते. आज आपण याच कवितेने सुरुवात करून जीवाश्मांचा अभ्यास करणाऱ्या शास्त्रज्ञांना भुरळ घालणाऱ्या, नॅनोतंत्रज्ञान, कीटकनाशके आणि अगदी रोजच्या वापरातील टूथपेस्टमध्येसुद्धा महत्त्वाची भूमिका बजावणाऱ्या 'डायटॉम' या विलक्षण सूक्ष्मजीवांच्या विश्वात डोकावू या.

Little things,
that run, and quail, and die, in silence and despair!
Little things,
that fight, and fail, and fall, on sea, and earth, and air!
ll trapped and frightened little things,
the mouse, the coney, hear our prayer!
As we forgive those done to us,
the lamb, the linnet, and the hare -
Forgive us all our trespasses,
Little creatures, everywhere!

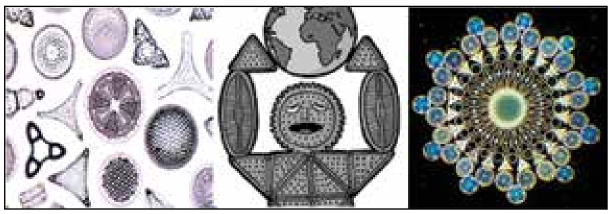
जेम्स स्टीफन्स यांच्या लिटिल थिंग्ज या कवितेचा मुख्य विषय जरी 'क्षमाशीलता' असला, तरी सूक्ष्मजीवशास्त्रज्ञांना त्या कवितेच्या ओळी न दिसणाऱ्या, पण प्रचंड सामर्थ्यवान अशा सूक्ष्मजीवांच्या जगाची आठवण करून देतात. कोव्हिडच्या काळात यातील आणखी अतिसूक्ष्मजीवांच्या म्हणजे विषाणूंच्या सामर्थ्याचा आणि प्रभावाचा अनुभव आपण सर्वांनी घेतलाच आहे.

परवाच रस्त्यावरून जाताना, एक फलक वाचला :

'या पिंपळाच्या पाराचे नूतनीकरण श्री/श्रीमती... यांच्या सौजन्याने करण्यात आले. शतशः आभार!'

त्यावर गॉगल घातलेले, चेन घातलेल्यांचे मोठमोठाले फोटो पाहून गंमत वाटली. आणि मनात सहज एक विचार आला - निसर्गाने आपल्यावर केलेल्या उपकारांची जाहिरात करण्यासाठी असेच बोर्ड लावायचे ठरविले, तर सर्वात पहिला फोटो डायटॉमचाच असायला हवा!

हे रंगीबेरंगी, काचेप्रमाणे चमकणारे कवच तयार करणारे सूक्ष्मशैवाळ म्हणजेच डायटॉम - निसर्गाची फुप्फुसेच म्हणता येतील.



पृथ्वीवरील २०-५०% प्राणवायू ह्यांच्या सौजन्याने....
आम्ही आहोत...म्हणून तुम्ही आहेत!

विलक्षण रचनांमुळे आणि कार्यक्षमतेमुळे आज त्यांचा वापर केवळ पाण्यातील प्राणवायूच्या निर्मितीत नाही, तर नॅनोतंत्रज्ञान, सौंदर्यप्रसाधने, कीटकनाशके, औषधे आणि अनेक औद्योगिक प्रक्रियांमध्ये होतो आहे. डायटॉम हे जरी आपल्या डोळ्यांना न दिसणारे असले, तरी त्यांचं अस्तित्व संपूर्ण जगासाठी अनमोल आहे.

डायअटॉम म्हणजे काय?

डायअटॉम हे तलाव, ओढे, नद्या तसेच समुद्रांमध्ये आढळणाऱ्या एकपेशीय सूक्ष्मजीवांचा समूह आहे. हे प्रामुख्याने हेटेरोकोन्टोफायटा या वनस्पतिसदृश गटातील सदस्य आहेत. यांपैकी काही डायअटॉम्स वनस्पतींसारखे

डायअटॉमच्या विविध आकारांच्या काचेच्या पेट्या

(https://cronodon.com/NatureTech/diatoms.html)

जीवन जगतात (प्रकाशसंश्लेषण करतात), तर काही प्रजाती प्राण्यांसारख्या प्रवृत्ती दाखवतात.

डायअटॉमचे सर्वात उल्लेखनीय वैशिष्ट्य म्हणजे त्यांच्या पेशीभोवती असलेली जटिल, परंतु अतिशय सुंदर आणि बारीक नक्षीकाम असलेली सिलिका (काचेच्या स्वरूपातील) पेशीभित्ती. या पेशीभित्तीला फ्रस्ट्युल म्हणतात. फ्रस्ट्यूल दोन अर्ध्या भागांनी बनलेली असते, ज्यांना व्हॉल्व्ह असे म्हणतात. हे दोन्ही भाग पट्ट्याच्या साहाय्याने एकत्र जोडलेले असतात.

डायअटॉम साधारणतः २० ते २०० मायक्रॉन व्यासाचे किंवा लांबीचे असतात, मात्र काही डायअटॉम २ मिमीपर्यंत लांब असू शकतात. हे सूक्ष्मजीव स्वतंत्र पेशी म्हणून किंवा वसाहती निर्माण करून राहतात.

डायअटॉमचे पोषण आणि रंगवैशिष्ट्ये

बहुतांश डायअटॉम्स प्रकाशसंश्लेषक (ऑटोट्रॉफिक) असतात. ते सूर्यप्रकाशातून ऊर्जा मिळवतात व लिपिड तसेच पॉलिसेकेराइड स्वरूपात ऊर्जा साठवतात. यासाठी ते क्लोरोफिल अ आणि क्लोरोफिल क चा वापर करतात. याव्यतिरिक्त काही डायअटॉम्स हेटेरोट्रॉफिक म्हणजेच बाह्य अन्नस्रोतांवर अवलंबून असतात आणि सूर्यप्रकाशाशिवायही जगू शकतात.

डायअटॉम अत्यंत मोठ्या संख्येने व प्रचंड जैव-विविधतेसह आढळतात. ते जवळजवळ सर्व जलचर अधिवासांमध्ये सापडतात. जगभरात डायअटॉमच्या सुमारे २,००,००० प्रजाती अस्तित्वात असल्याचे मानले जाते.

त्यांच्या पेशीभित्तीतील रंगामुळे आणि त्यांच्या वसाहतींच्या स्वरूपामुळे डायअटॉम्सना अनेकदा तपकिरी-शैवाल (ब्राऊन अल्गी) असेही संबोधले जाते.

अधिवास

डायअटॉम मुख्यतः दोन प्रकारांचे असतात

१. प्लँक्टोनिक डायअटॉम - हे पाण्याच्या पृष्ठभागाजवळ तरंगत राहतात. २. बेंथिक डायअटॉम - हे तलाव, नद्या, समुद्रांच्या तळाशी राहतात.

बेंथिक डायअटॉमच्या पेशीभित्तीमध्ये रॅफे नावाची एक अरुंद खोबणी असते. यामधून ते श्लेष्मासारखा पदार्थ बाहेर टाकतात, ज्यामुळे ते सबंध पृष्ठभागावर सरकू शकतात.

डायअटॉम्स हे पाण्यातील अत्यंत सूक्ष्म, पण जैव-विविधतेने समृद्ध व पर्यावरणीय दृष्टिकोनातून अत्यंत महत्त्वाचे जीव आहेत. ते अन्नसाखळीमध्ये महत्त्वाचा दुवा आहेत तसेच त्यांच्या सिलिका पेशीभित्तीमुळे ते जैव भूवैज्ञानिक प्रक्रियांमध्येही योगदान देतात.

ह्या स्रावामुळे गोगलगाईंसारख्या जीवांना घन पृष्ठभागावरून सहज सरकता येते. ह्या श्लेष्मामुळे पाण्यालगत असलेले खडक चिकट आणि निसरडे होतात.

डायटॉमच्या विशिष्ट प्रजाती ठरावीक पर्यावरणीय परिस्थितीतच वाढतात. काही प्रजातींना आम्लयुक्त किंवा

डायटॉममुळे निसरडे झालेले नदीतील खडक

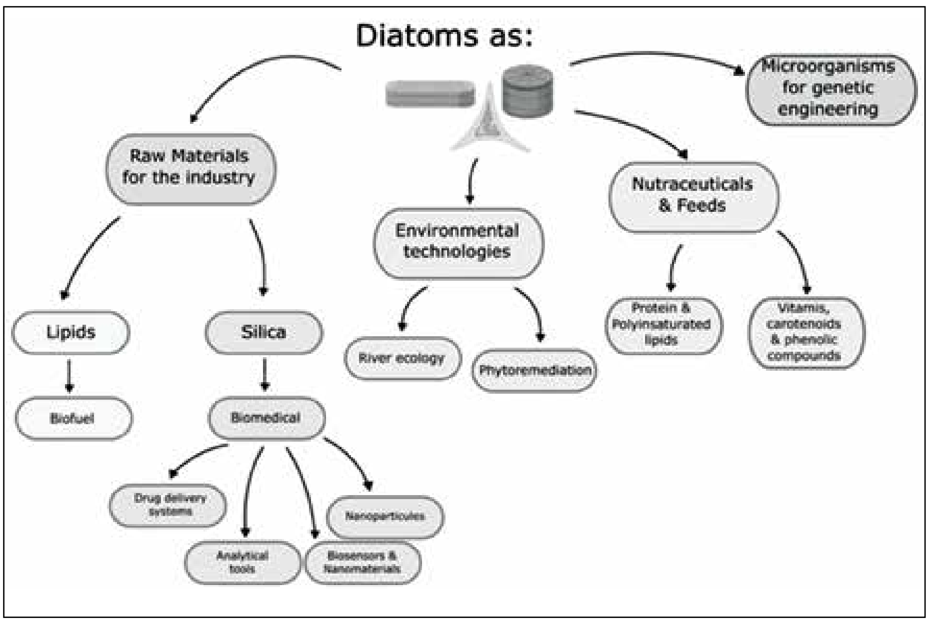
क्षारयुक्त वातावरण मानवते, तर काहींना गोड्या पाण्याचे स्रोत आवडतात. काही प्रजाती केवळ अत्यंत पोषक परिस्थितीत टिकतात, तर काही अत्यल्प पोषक परिस्थितीतही वाढू शकतात. डायटॉमचा पृथ्वीवरील विस्तृत अधिवास, त्यांची विविधता आणि त्यांच्या UV प्रतिरोधक पेशीभिंतींमुळे तलावांचा इतिहास समजून घेण्यासाठी ते एक अत्यंत उपयुक्त साधन ठरतात.

हे जलचर मरतात, तेव्हा त्यांच्या सिलिकेच्या कवचांपासून 'डायटोमेशियस अर्थ' नावाचा पदार्थ निर्माण होतो. नदी, नाले, तलाव आणि महासागरांच्या गाळात या डायटॉमचे सांगाडे जमा होतात. या डायटोमेशियस अर्थचा वापर करून अनेक उत्पादने तयार केली गेली आहेत. प्राचीन ग्रीक संस्कृतीत डायटोमेशियस अर्थचा वापर विटा आणि ब्लॉकसारख्या बांधकाम साहित्य निर्मितीसाठी केला जात होता, अशी नोंद आढळते.

क्रिस्टलाइन सिलिका हा डायटोमेशियस अर्थमधील एक प्रमुख घटक आहे. हे निसर्गातील एक सामान्य खनिज असून वजनाने पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचा सुमारे २६ टक्के भाग व्यापते. औद्योगिक दर्जाच्या डायटोमेशियस अर्थवर कृषी, कीटक नियंत्रण आणि रंग/कोटिंग उद्योग यांसारखे तीन प्रमुख उद्योग अवलंबून आहेत. फूड-ग्रेड डायटोमेशियस अर्थचा वापर कीटकनाशक, शेती आणि अन्नउद्योगात अँटि-केकिंग एजंट म्हणून केला जातो. नॉन-फूड-ग्रेड डायटोमेशियस अर्थचे असंख्य औद्योगिक उपयोग आहेत, ज्यामध्ये पाणी गाळण्याचे फिल्टर, डायनामाइट निर्मिती यांचा समावेश होतो. सध्या इमारत, शेती, बागायती तसेच पाळीव प्राण्यांच्या १५० पेक्षा अधिक उत्पादने यामध्ये डायटोमेशियस अर्थचा वापर केला जात आहे.

'किसेलगुहर' म्हणजेच डायटोमेशियस अर्थ हे एक उत्कृष्ट नैसर्गिक फिल्टर आहे, जे बीअर आणि वाइनसारख्या पेय पदार्थांच्या निर्मितीत मोठ्या प्रमाणावर वापरले जाते. सिलिका शिवाय डायटोमेशियस अर्थमध्ये अनेक सूक्ष्म खनिजे तसेच काही प्रमाणात लोखंडाचे ऑक्साइडही असते.

डायटॉममधील बायोजेनिक सिलिका जैव तसेच नॅनोतंत्रज्ञान आणि औद्योगिक वापरांसाठी अत्यंत उपयुक्त ठरते. बायोमेडिसिन आणि औषधी विज्ञानक्षेत्रात त्यांचा वापर किती प्रभावी ठरू शकतो याची जाणीव आता शास्त्रज्ञांना झाली आहे. डायटॉम सूक्ष्म किंवा नॅनोस्केल स्तरावरील सिलिकाचे विशेष संरचना तयार करतात, ज्यांचा वापर नॅनोमेडिसिनमध्ये विशेषतः औषध किंवा जीन वितरणासाठी केला जाऊ शकतो. त्यांची अद्वितीय रचना, उत्कृष्ट थर्मल स्थिरता आणि शरीराला हानिकारक नसलेले स्वरूप यामुळे डायटॉम भविष्यात स्मार्ट डिलिव्हरी प्लॅटफॉर्म म्हणून वापरले जाण्याची शक्यता आहे. तथापि, डायटॉमच्या काही प्रजाती विषारीदेखील असतात. त्यापैकी स्यूडो-नित्स्चिया वंशातील सदस्य डोमोइक ॲसिड नावाचे घातक न्यूरोटॉक्सिन तयार



अनेक औद्योगिक व इतर उपगोग दर्शवणारे ही एक flow sheet

https://doi.org/10.3389/fmars.2021.636613

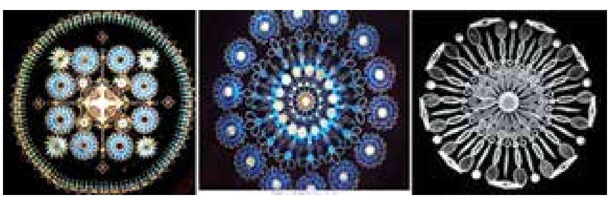
किसेलगुहरच्या फिल्टर कॅण्डल्स

करतात, ज्याचा परिणाम मोलस्क, शेलफिश, पक्षी, सागरी सस्तन प्राणी तसेच माणसांवरही होऊ शकतो.

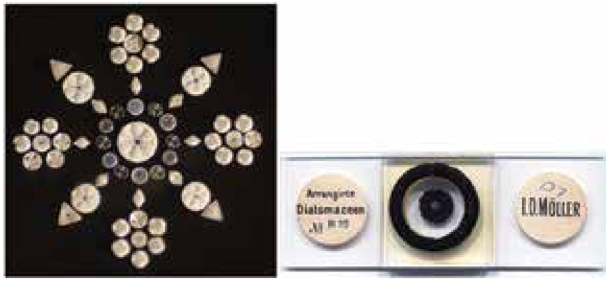
विज्ञान आणि कलेचा संगम – डायटॉम!

हे ऐकून आश्चर्य वाटेल, पण डायटॉमच्या विशिष्ट मांडणीची कला व्हिक्टोरियन काळात उदयास आली. या कलेत डायटॉम्स – त्यांच्या तपशीलवार सिलिका कवचांसह – स्लाईडवर अत्यंत अचूक आणि सुंदर नमुन्यांमध्ये मांडले जातात. या रचनांचा व्यास बहुतेक वेळेस १ मिमीपेक्षाही लहान असतो. क्लाउस केम्प या शास्त्रज्ञाने तयार केलेल्या अशा काही रचनांचे छायाचित्र आपण वरील आकृतीमध्ये पाहू शकतो.

जे.डी. मोलर (सन १८४४ – सन १९०७) हे या कलेचे अग्रणी उपासक होते. मूळचे जर्मनीतील हॅम्बुर्गचे असलेले मोलर हे उत्तम चित्रकार होण्याचे स्वप्न बाळगून होते. हॅम्बुर्गमध्ये चित्रकलेचे प्रशिक्षण घेत असताना त्यांची सूक्ष्मदर्शकाशी ओळख झाली. त्याबद्दल उत्सुकता वाढल्यामुळे त्यांनी डॉ. ह्युगो श्रोडर यांची मदत घ्यायचे



आकृती ६ सूक्ष्म दर्शकाखाली केलेल्या डायटॉम्सच्या रचना
https://jmcscientificconsulting.com/microscopy-diatom-arrangements-by-klaus-kemp/



मोलरनी केलेली डायटॉम्सची एक रचना

ठरवले. श्रोडर हे सूक्ष्मदर्शकांच्या लेन्सनिर्मितीत प्रवीण होते. मोलर यांनी श्रोडरकडून लेन्स बनवण्याची कला शिकली. शिक्षण पूर्ण झाल्यानंतर मोलर यांनी श्रोडरसाठी काही काळ काम केल्यावर आपल्याच वेडेल गावात स्वतःचा मायक्रोस्कोपचा व्यवसाय सुरू केला. सुरुवातीला श्रोडर व इतर विक्रेत्यांसाठी लेन्स आणि ऑप्टिकल साहित्य तयार केल्यानंतर त्यांनी सूक्ष्मदर्शक स्लाईड तयार करण्यास सुरुवात केली, त्यात डायटॉमचे नमुने प्रामुख्याने होते.

मोलर यांनी तयार केलेल्या डायटॉम माउंटचे तीन प्रमुख प्रकार–

१. डायटॉम फ्रस्ट्युल्सची भौमितिक डिझाइन

२. ठरावीक भौगोलिक प्रदेशातील प्रजातींचे संग्रह

३. विशिष्ट ठिकाणाहून संकलित मिश्र डायटॉम्सचे संग्रह

आजच्या काळात फारच थोडे लोक ही सूक्ष्म शिल्पकला जतन करू शकतात. क्लाउस केम्प हे या शतकातील प्रसिद्ध डायटॉम आर्टिस्ट होते. जगभरातील संग्राहकांकडून या सूक्ष्म शिल्पांना मोठ्या प्रमाणावर मागणी असते आणि ती अतिशय मौल्यवान मानली जातात. या कलाबद्दल अधिक माहिती व छायाचित्रे https://lbbonline.com/news/beautiful-film-from-optical-arts-honours-klaus-kemps-legacy Am{U https://www.smithsonianmag.com/arts-culture/secretive-victorian-artists-made-these-intricate-patterns-out-of-algae-180952720/ या संकेतस्थळांवर पाहता येतील.

मूर्ती लहान, पण कीर्ती महान – अशा या डायटॉम्सच्या अद्भुत जगाची ही केवळ एक झलक आहे!

– वर्षा केळकर–माने
varshakelkar@hotmail.com

डॉ. संगीता गोडबोले

संगीत आणि विज्ञान

विज्ञान हा सर्वस्पर्शी विषय आहे. कला त्याला अपवाद कशी असणार? त्यात संगीतकला आणि विज्ञान यांचे तर अतूट, मनस्पर्शी तसेच बुद्धिस्पर्शी नाते आहे.

संगीत आणि विज्ञान यांचा परस्पर संबंध काय आणि कसा आहे, तसेच ते परस्पर पूरक कसे आहेत, याविषयी आपण समजून घेऊ या.

संगीतशास्त्र हा संगीताचा शैक्षणिक, संशोधन-आधारित अभ्यास आहे. संगीतशास्त्राचे संशोधन मानसशास्त्र, समाजशास्त्र, ध्वनिशास्त्र, न्यूरोलॉजी, नैसर्गिक विज्ञान, औपचारिक विज्ञान आणि संगणक विज्ञान यांसारख्या अनेक क्षेत्रांत कार्य करते.

भौतिकशास्त्राच्या नियमांचे पालन करणारा ध्वनी हा संगीताचा गाभा आहे. ध्वनिक विज्ञान ही भौतिकशास्त्राची एक शाखा असून, तिच्या अभ्यासातून ध्वनिलहरी मानवी आकलनावर कसा परिणाम करतात, तसेच संगीताच्या नोट कशा तयार केल्या जातात, त्या कशा प्रसारित होतात आणि त्यांचा अर्थ कसा लावला जातो, हे स्पष्ट होते.

संगीत सिद्धांताबरोबरच संगीताचे ध्वनिदेखील विज्ञानात अंतर्भूत आहेत, जे ध्वनिलहरींद्वारे आपल्या कानांपर्यंत आणि इंद्रियांपर्यंत पोहोचवले जातात. एखादी वस्तू (जसे गिटारची तार, तारवाद्ये, स्वरयंत्रे इत्यादी) कंपन पावते, तेव्हा ध्वनीनिर्मिती होते. त्यामुळे त्याच्या सभोवतालची हवाही विचलित होऊन अदृश्य ध्वनिलहरी बाहेर पाठवल्या जातात.

सतार, तानपुरा यांसारख्या तंतुवाद्यातील तारांमध्ये कंपने निर्माण होऊन स्वरनिर्मिती होते. ही कंपने किती जलद अथवा धीम्या गतीने होतात, त्यावर त्यातून निर्माण होणाऱ्या ध्वनीचा पोत ठरतो.

ध्वनिनिर्मितीतून संगीत निर्माण होते, तर विज्ञान या ध्वनिनिर्मिती, ध्वनीची गती, स्वरूप तसेच ध्वनिवर्तनाचा अभ्यास करते.

ध्वनिविज्ञान या शाखेत हा अभ्यास केला जातो. त्यामुळे संगीतरचना, वाद्ये आणि ध्वनिव्यवस्थापनाची माहिती मिळते.

संगीत ध्वनिलहरींनी बनलेले असते. त्यामागे त्याला नियंत्रित करणारे भौतिकशास्त्र असते.

स्त्री वरच्या पट्टीत (High Pitch) तर पुरुष खालच्या पट्टीत (Low Pitch) गातो.

ध्वनिलहरींच्या कंपनसंख्येवर आवाजाचा पीच (Pitch) अवलंबून असतो. कंपनसंख्या अधिक असेल तर पट्टीही अधिक उंच असते.

दोन तानपुरे एकसारखे लागले आहेत असे म्हणतात किंवा गायकाच्या आवाजाच्या पट्टीशी जुळतात, तेव्हा त्यांच्या ध्वनिलहरींच्या कंपनांची सुसंगती असते. त्यात गफलत झाली तर संगीतातील आनंद नाहीसा होतो. त्यातील हार्मनी (सुसंवाद) नष्ट होतो आणि ते संगीत कर्णमधुर वाटण्याऐवजी त्रासदायक वाटू लागते.

संगीतातील गणित

प्राचीन भारतीय गणित आणि खगोलशास्त्र हे अनेकदा कला आणि संगीताशी जोडले गेले होते. उदाहरणार्थ :

संगीतातील गणितीय नमुने : नाट्यशास्त्रासारख्या प्राचीन भारतीय ग्रंथांमध्ये संगीतातील ताल आणि सूर हे गणितीय संकल्पनांवर आधारित आहेत.

खगोलशास्त्रीय प्रभाव : खगोलशास्त्रीय निरीक्षणे आणि गणितीय गणनांचा संगीताच्या पट्ट्या (Scales) आणि सांगीतिक रचनांच्या विकासावर प्रभाव पडला असावा असे मानले जाते.

तालवाद्यांची लय गणिताशी निगडित असते. तालाची धीमी गती गणिती नियमानुसार वाढत जाते आणि त्यामुळे आपल्या भावनाही त्यानुसार बदलत जातात.

शांत संगीत मनःशांती देते, तर जलद गती उत्साह निर्माण करते.

संगीताचा वापर गणितीय संकल्पना, नमुने आणि संरचना शिकवण्यासाठीही केला जाऊ शकतो.

संज्ञानात्मक विज्ञान आणि संगीत

आपल्या मेंदूमध्ये संगीतामुळे कसे बदल घडतात आणि विविध प्रकारच्या संगीताला मेंदू कसा प्रतिसाद देतो, हे विज्ञान स्पष्ट करते.

संगीत भावना जागृत करते आणि विज्ञान त्या प्रक्रियेचा शोध घेण्यास मदत करते.

न्यूरोसायन्स आणि मानसशास्त्रातील संशोधनानुसार, संगीत मेंदूतील विशिष्ट भागांवर परिणामकारक काम करून वेदना कमी करण्यास तसेच मानसिक ताण कमी करण्यास मदत करते.

संगीत हे मेंदूसाठी एक शक्तिशाली उत्तेजक आहे. ते मेंदूच्या अनेक भागांना सक्रिय करते, उत्तेजना देते, ऊर्जा निर्माण करते आणि विविध भावना जागृत करते.

संगीताचा स्मरणशक्तीशीही जवळचा संबंध आहे. त्यामुळे संगीत जीवनावर सकारात्मक प्रभाव टाकते.

संगीताशी संबंधित मेंदूचे भाग

१. ऑडिटरी कॉर्टेक्स (श्रवणविषयक प्रांत) : संगीत कानावर पडताच मेंदूचा हा भाग सक्रिय होतो आणि ध्वनीची नोंद घेतो.

२. अमिग्डाला : हा भाग भावनांशी निगडित असल्याने, संगीतश्रवणाने आनंद, दुःख किंवा इतर भावना जागृत होतात.

३. हिप्पोकॅम्पस : हा भाग स्मृतींशी निगडित असल्याने, संगीतामुळे जुने प्रसंग, आठवणी जागृत होतात आणि सूर, ताल लक्षात राहतात.

४. सेरेबेलम आणि बेसल गॅंग्लिया : संगीतातील लय आणि वेळेसंबंधी मेंदूमध्ये प्रक्रिया करून त्या भावनांनुसार शारीरिक हालचाली करण्यास मदत करतात. उदाहरणार्थ, टाळी देणे, देहबोलीतून प्रतिसाद देणे.

५. फ्रंटल लोब : विचारशक्ती आणि निर्णयक्षमतेशी निगडित असलेल्या या भागामुळे संगीत ऐकताना अर्थ लावणे आणि योग्य प्रतिसाद देणे शक्य होते.

संगीताच्या या सर्व पैलूंच्या आकलनासाठी विज्ञान उपयुक्त ठरते.

संगीत आणि शास्त्रज्ञ

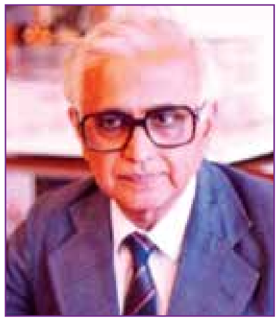
संगीत आणि शास्त्रज्ञ यांचेही अतूट बंध कधी दृश्यमान, तर कधी अदृश्य स्वरूपात दिसून येतात. त्याची काही उदाहरणे :

डॉ. ए. पी. जे. अब्दुल कलाम

त्यांना शास्त्रीय संगीताची आवड आणि गती होती.

रुद्रवीणेवर ते उत्तम कर्नाटक संगीत वाजवत असत.

डॉ. पी. व्ही. कुलकर्णी



माउंट अबू येथील पहिल्या इन्फ्रारेड वेधशाळेच्या निर्मितीत आणि इन्फ्रारेड टेलिस्कोप बांधणीत प्रमुख सहभाग.

'Double Layer Night Air Glow Theory' आणि 'Infrared Burst Theory' या त्यांच्या प्रसिद्ध संकल्पना.

तेही उत्तम संगीतप्रेमी होते आणि डॉ. कलाम यांचे स्नेही होते.

राष्ट्रपतीपदाची सूत्रे स्वीकारल्यानंतर त्यांचा पत्रव्यवहारही मुख्यतः संगीतविषयकच होता.

प्रसिद्ध भारतीय शास्त्रज्ञ जगदीशचंद्र बोस

वायरलेस संप्रेषणासाठी रेडिओलहरी आणि 'कोहेरर' उपकरणाचा शोध.

वनस्पती शरीरविज्ञानावर प्रयोग करून वनस्पती संगीतासह विविध उत्तेजनांना प्रतिसाद देतात हे सिद्ध केले.

संगीताला वनस्पतींचा प्रतिसाद

आनंददायी संगीताच्या संपर्कात आल्यावर वनस्पती अधिक वेगाने वाढतात.

कठोर संगीत त्याच्या वाढीस अडथळा आणू शकते.

क्रेस्कोग्राफचा शोध

वनस्पतींच्या वाढीचा आणि हालचालींचा अत्यंत अचूक अभ्यास करणारे उपकरण.

वनस्पती मज्जासंस्था आणि विद्युत प्रतिसाद

वनस्पतींमध्ये प्राण्यांसारखीच संवेदनशील मज्जासंस्था असते.

वनस्पती संगीताला विद्युत प्रतिसाद देतात, जे क्रेस्कोग्राफसारख्या उपकरणांनी मोजता येतात.

या संशोधनामुळे बायोफिजिक्सच्या पुढील अभ्यासाला दिशा मिळाली.

डॉ. सी. व्ही. रामन आणि संगीत

भारतीय शास्त्रीय संगीत, विशेषतः कर्नाटक संगीताचे चाहते.

वाद्यांचे भौतिकशास्त्र आणि मानवी आवाजावर संशोधन.

'रामन प्रभाव'चा शोध, जो थेट संगीतात वापरला जात नसला तरी ध्वनिलहरी आणि कंपनांच्या आकलनासाठी उपयुक्त ठरतो.

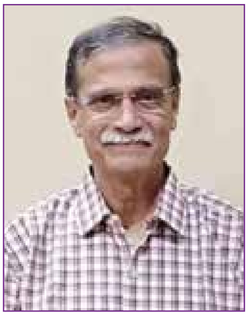
त्यांच्या संशोधनामुळे ध्वनिनिर्मिती, प्रसार आणि आकलन अधिक सखोल समजले.

संगीत आणि तंत्रज्ञान

साउंड इंजिनीअरिंग हे संगीत व मीडिया क्षेत्रातील तांत्रिक व सर्जनशील अभियांत्रिकी शिक्षण आहे, ज्यामध्ये रेकॉर्डिंग, मिक्सिंग व एडिटिंगसारखी कामे केली जातात.

उत्तम संगीतनिर्मितीसाठी ध्वनीची गुणवत्ता अत्यंत महत्त्वाची असते. साऊंड इंजिनीअर हे काम पार पाडतात.

अविनाश ओक



अविनाश ओक हे विख्यात साऊंड इंजिनियर. वेस्टर्न आऊट डोअर या स्टुडिओत त्यांनी अनेक वर्षे काम केले.

पुण्यातील एफटीआयआयचे सुवर्णपदक विजेते.

ध्वनिरेकॉर्डिंग आणि अभियांत्रिकी क्षेत्रातील आघाडीचे तज्ज्ञ. 'देवदास', 'मोहब्बतें', 'सरफरोश', 'गदर' यांसारख्या चित्रपटांमध्ये तसेच अनेक अल्बम आणि जाहिरातींमध्ये उत्कृष्ट कामगिरी.

तंत्रज्ञानाचा संगीतावर परिणाम

डिजिटल ऑडिओ वर्कस्टेशन आणि सॉफ्टवेअरमुळे संगीतरचना, रेकॉर्डिंग आणि मिश्रण सोपे झाले आहे.

इंटरनेट आणि स्ट्रीमिंग सेवांमुळे संगीत सहजपणे जगभर पोहोचते.

स्मार्टफोन, टॅब्लेट, स्मार्ट स्पीकर यामुळे संगीत ऐकणे सुलभ झाले आहे.

विविध सॉफ्टवेअरमुळे ऑनलाइन संगीत शिकणे सोपे झाले आहे.

इलेक्ट्रॉनिक संगीत आणि व्हिडिओ गेममधील संगीत-निर्मिती शक्य झाली आहे.

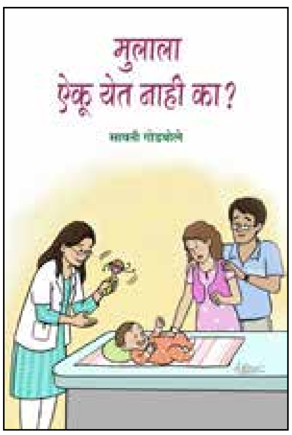
संगीत आणि कृत्रिम बुद्धिमत्ता (AI)

AI चा वापर संगीतरचना, शिकवण आणि विश्लेषणात वाढत आहे. AI प्लॅटफॉर्म जसे की एंडलेस एआय, बूमी, एआयव्हीए यांचा वापर रचना तयार करण्यासाठी, मिक्सिंग सुधारण्यासाठी, तसेच श्रोत्यांच्या पसंतीचा अंदाज घेण्यासाठी केला जात आहे. तरीही मानवी मेंदूची सर्जनशीलता आणि विविधता AI मध्ये सध्या तरी पूर्णपणे दिसत नाही.

संगीत आणि विज्ञान हे परस्परपूरक आहेत. विज्ञान आणि तंत्रज्ञानामुळे संगीताच्या क्षेत्रात नवनवीन संधी उपलब्ध होत आहेत. तरीही मानवी सर्जनशीलतेला पर्याय नाही, हेच अंतिम सत्य आहे. विज्ञानाच्या आधारे संगीतक्षेत्रात नवनवीन संशोधन आणि विकासाचा मोठा वाव आहे, हे निश्चितच म्हणता येईल.

– डॉ. संगीता गोडबोले
sgodbolejoshi@gmail.com

ग्रंथाली



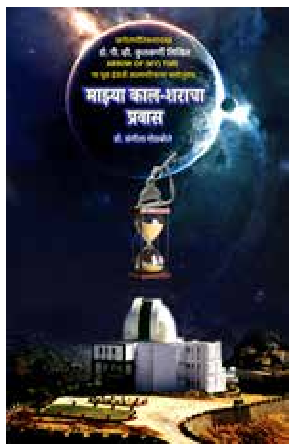
मुलाला ऐकू येत नाही का?

सावनी गोडबोले

मूल्य २५० रुपये
सवलतीत १५० रुपये

माझ्या काल-शराचा प्रवास

डॉ. संगीता गोडबोले



मूल्य ४०० रुपये
सवलतीत २५० रुपये

डॉ. वसुधा जोशी

प्रदूषण - एक जागतिक समस्या

पोल्युशन, प्रदूषण, भेसळ हे शब्द नेहमीच आपल्या कानावर पडत असतात आणि चर्चेतही असतात. प्रदूषण म्हणजेच भेसळ! नैसर्गिक गोष्टींमध्ये अनैसर्गिक पदार्थ मिसळला जातो तेव्हा नैसर्गिक पदार्थ प्रदूषित झाला आहे असे म्हटले जाते. ही भेसळ काही प्रमाणात नैसर्गिकरीत्या होते. काही प्रमाणात मुद्दाम थोड्या फायद्यासाठी घडवून आणलेली असते. मानवाची प्रगती, नवनवीन शोध, गिरण्या-कारखान्यांचे वाढते प्रमाण आणि त्यातून निर्माण होणारे वायू, रासायनिक घटक या प्रदूषणाला कारणीभूत ठरतात. काही वेळा अपघातामुळे काही वेळा अज्ञानातून तर काही वेळा बेजबाबदार वर्तणुकीतून हे घडते. हे प्रदूषण अनेक प्रकारचे असू शकते. मानव काय किंवा कोणताही सजीव या प्रदूषणाला बळी पडतो. हवा, अन्न, पाणी, वस्त्र आणि निवारा ह्या सजीवांच्या मूलभूत गरजा आहेत. आणि त्या शुद्ध नैसर्गिक स्वरूपात मिळणे गरजेचे असते. तशा त्या नाही मिळाल्या तर मानवी जीवनावर त्याचा विपरीत परिणाम होऊ शकतो असे नव्हे तर तो होतोच. फक्त मानवी जीवनावरच नाही तर सर्वच सजीवांवर त्याचा विपरीत परिणाम होणार हे ओघाने आलेच. हा विषय तसा जुनाच आहे तरीही म्हणावी अशी जनजागृती झालेली नाही. ती मानवाच्या मनात रुजली पाहिजे.

हवा, पाणी, अन्न याबरोबर वातावरण हे सर्वच या ना त्या कारणांनी प्रदूषित होत आहे. या प्रदूषणाचे दुष्परिणाम सर्वच सजीवांना भोगावे लागत आहेत. हे प्रदूषक घटक कोणते आहेत आणि मुख्यत्वे मानवी शरीरावर याचा काय परिणाम होतो हे आपण पाहू या.

सकाळी वर्तमानपत्र उघडले की आपल्याला दिसते आज हवेचा दर्जा काय आहे. हवेचा दर्जा ठरवण्यासाठी सहा मुख्य घटक, ज्यांच्यामुळे हवा प्रदूषित होते, त्यांचे हवेतील प्रमाण पाहिले जाते. कार्बन मोनॉक्साइड (CO), नायट्रोजन ऑक्साइड (NO_2), सल्फर डायऑक्साइड (SO_2), लेड (Pb), ओझोन (O3), आणि हवेत तरंगणारे कण PM10 आणि PM2.5. हवेत असलेले कण हे हवेत तरंगत असतात. या कणाचे दोन गट पडतात. PM 10 (साधारणपणे १० मायक्रोमीटर आकाराचे) आणि PM2.5 (साधारणपणे २.५ मायक्रोमीटर किंवा त्यापेक्षा लहान आकाराचे). या सर्व घटकांचे हवेतील प्रमाण मोजून हवेचा दर्जा ठरवला जातो. हवेमध्ये या कणांना चिकटून सूक्ष्मजंतूसुद्धा तरंगत असतात. बॅक्टेरिया, बॅक्टेरिया किंवा बुरशी यांचे स्पोअर आणि व्हायरस अशा प्रकारे पसरते. त्यामुळे साथीचे रोग पसरतात. मुख्यत्वे श्वसनाचे आजार, ॲलर्जी या दूषित हवेमुळे होतात.

पाणी प्रदूषित करणारे मुख्य घटक म्हणजे सुक्ष्मजंतू (उदा. बॅक्टेरिया, व्हायरस, अल्गे), हे घातक सांडपाणी पाण्याच्या मुख्य प्रवाहात मिसळले गेले तर पाणी दूषित होऊन साथीचे रोग पसरतात. ऑरगॅनिक आणि इनॉरगॅनिक रेणू (उदा. नायट्रेट, फॉस्फेट, क्षार) हे घटक रासायनिक कारखान्यातील किंवा इतर कोणत्याही कारखान्यातील टाकाऊ पदार्थ पाण्यात मिसळले गेले तर पाणी दूषित होते. जंतुनाशके, खते जे शेती किंवा बागायतीसाठी वापरले जाते तेसुद्धा अल्प प्रमाणात पाण्यामध्ये मिसळण्याची शक्यता असते. मानवी किंवा जनावरांची विष्ठा तसेच कुजलेले प्राण्यांचे अवशेष इत्यादी अनेक घटक पाण्यात मिसळतात आणि पाणी दूषित करतात. अशाच प्रकारे अनेक घटक पाण्यात मिसळून पाणी दूषित होते. तोच प्रकार अन्नपदार्थ आणि अन्नधान्यच्या बाबतीत घडतो. शेतामध्ये किंवा फळझाडांवर फवारलेली जंतुनाशके किंवा रासायनिक खतेसुद्धा काही प्रमाणात प्रदूषणाला कारणीभूत ठरतात. ही जंतुनाशके आजूबाजूच्या चाऱ्यावर पडतात आणि हा चारा गाई, म्हशींनी खाल्ला तर त्यांच्या दुधामध्येसुद्धा जंतुनाशकांमधील घटक

आढळतात. अस्वच्छ जागा, दूषित पाणी, त्याचबरोबर अस्वच्छ हातांनी बनलेले पदार्थ बऱ्याच वेळी दूषित असू शकतात आणि त्यामुळे रोगराई पसरते.

या व्यतिरिक्त आणखी दोन घटक आहेत जे संपूर्ण वातावरण प्रदूषित करतात. हे घटक पूर्णपणे मानवनिर्मित आहेत. ते घटक म्हणजे ध्वनी आणि प्लास्टिक. या लेखातून ध्वनिप्रदूषणाचा आढावा मी घेणार आहे. अलीकडे ध्वनी प्रदूषण फार वाढले आहे. अलीकडे साध्यासुधा सार्वजनिक कार्यक्रमासाठी ध्वनिक्षेपक वापरले जातात. कानठळ्या बसतील एवढ्या मोठ्या आवाजात गाणी लावलेली असतात. तोच प्रकार प्लास्टिकच्या बाबतीत घडतो. गरज असो वा नसो सर्रास कशासाठीही, कशाही आणि कितीही प्लास्टिक पेपर, पिशव्या वापरल्या जातात. आता आपण ध्वनिप्रदूषणाची कारणे, परिणाम आणि उपाय याचा आढावा घेऊ या. त्याचबरोबर प्लास्टिक वापरणे का टाळावे हेही पाहू या.

ध्वनिप्रदूषण आणि ध्वनीचे मोजमाप

ध्वनिप्रदूषण म्हणजे असा ध्वनी म्हणजेच आवाज ज्याच्यामुळे प्राणी आणि मानवाच्या जीवनावर, वर्तणुकीवर, स्वास्थ्यावर वाईट परिणा होईल. ध्वनी किंवा आवाज वाईट नाही, परंतु मोठा आवाज त्रासदायक होऊ शकतो. WHOच्या (World Health Organisation) प्रसिद्धी पत्रकानुसार ध्वनी ६५ डीबीपेक्षा (65dB) जास्त असेल तर त्याला ध्वनिप्रदूषण असे म्हटले जाते. ७५ डीबी आवाज हानिकारक तर १२० डीबी आवाज वेदनादायक मानला जातो. त्यामुळे दिवसा ६५ डीबीपेक्षा कमी आवाज असेल तर हरकत नसते. रात्री झोपेत अडथळा येऊ नये यासाठी ३० डीबीच्या खाली आवाज असेल तर चालू शकतो. ध्वनी मोजण्यासाठी प्रमाण आहे डेसिबल, जसे वजन मोजण्यासाठी प्रमाण आहे ग्राम, किलोग्राम वगैरे. ध्वनी मोजणारी वेगवेगळी उपकरणे बाजारात उपलब्ध आहेत. त्याचप्रमाणे कम्प्युटर वापरूनसुद्धा ध्वनीची तीव्रता मोजता येते. त्यासाठी वेगवेगळ्या प्रकारची ॲप उपलब्ध आहेत. ही उपकरणे वापरून ध्वनीची तीव्रता मोजणे सहज शक्य आहे. तक्ता १ मध्ये ध्वनीचे उगमस्थान, डेसिबलमध्ये त्याची तीव्रता आणि त्याचे परिणाम दिले आहेत.

तक्ता १

डेसिबल (dB)	स्रोत/उगम (source)	परिणाम (effect)
००	निखळ शांतता	नाही
१०	श्वासोश्वासाचा ध्वनी	नाही
२०	कुजबुज	नाही
४०	ग्रंथालयीन शांतता	नाही
५०	शांत गप्पागोष्टी	नाही
६०	कचेरी, हॉटेल गप्पा	नाही
७०	टीव्ही, मुक्तरस्ता वाहतूक ५० फुटांवरून	त्रासदायक
८०	कारखाने, मिक्सर, कूकर शिट्टी	कानावर आघात
१००	मोटारीवर चालणारी उपकरणे. भोंगे	ऐकू कमी येणे
१२० ते १५०	रॉक संगीत, काँक्रीटचे काम, स्टील मिल	शारीरिक, मानसिक, वन्यप्राणी

ध्वनिप्रदूषणाची उगमस्थाने

ही उगमस्थाने पुष्कळ आहेत.

१. निवासी भाग म्हणजे जिथे घरे आहेत, पुष्कळ कुटुंबे सदनिका घेऊन वास्तव्य करतात अशा ठिकाणी घरगुती उपकरणे जसे पंखे, एअर कंडिशनर, मिक्सर, जनरेटर, प्लंबिंग, कूकरची शिट्टी, माणसे, कर्कश संगीत या सगळ्यामुळे ध्वनी वाढतो. भिंती इंस्युलेटेड नसतील तर शेजारच्या घरातून, रस्त्यावरील वाहतुकीमुळे येणारे आवाज त्रासदायक असतात.

२. मोठ्या शहरांमध्ये रस्त्यांवरच्या वाहतुकीच्या आवाजामुळे ध्वनिप्रदूषण फार मोठ्या प्रमाणात होते. गाडीच्या हॉर्नची ९० डीबी तर बसच्या हॅार्नची १०० डीबी ध्वनितीव्रता असते. शहरांवरून जाणारी विमाने १३० डीबी तीव्रतेचा ध्वनी निर्माण करतात.

३. कनस्ट्रक्शनची कामे म्हणजे भोके पाडणे, पत्रे-फरशी कापणे इत्यादी ११० डीबी तीव्रतेचा ध्वनी निर्माण

करतात. त्याशिवाय कारखान्यातील मशिन, जनरेटर, पाण्याचे पंप यामुळेसुद्धा ध्वनिप्रदूषण होते.

४. उन्हाळ्यात काही हॉटेल, पब रात्री उशिरापर्यंत उघड्यावर चालू असतात, तो ध्वनी सुद्धा १०० डीबीपर्यंत असू शकतो. भारतात तर मोठ्या संख्येने उत्सव, जयंत्या साजऱ्या करण्याची प्रथा आहे. अशा वेळी ध्वनिप्रदूषण प्रचंड प्रमाणात वाढते.

ध्वनिप्रदूषणाचे परिणाम

१. शारीरिक परिणाम : तीव्र आणि सततच्या ध्वनिप्रदूषणामुळे बहिरेपण येते. लहान मुलांमध्ये हे प्रमाण जास्त आढळते. अती तीव्र ध्वनी असेल तर कानाच्या पडद्यावर वाईट परिणाम होतो. श्वासोच्छ्वासावर परिणाम, नाडीचे ठोके वाढणे, उच्च रक्तदाब, मायग्रेन, पचनाचे दोष, अती तीव्र ध्वनी असेल तर हृदयविकाराचा झटका येऊ शकतो.

२. मनोविकार : अस्वस्थता, थकवा, नैराश्य (depression), चिंता (anxiety), आक्रमकता (aggression) आणि उन्माद (histeria) हे मानसिक विकार जनावरे आणि मानव सर्वांनाच त्रासदायक ठरतात. ध्वनीची तीव्रता ४५ डीबीपेक्षा जास्त असेल तर निद्रानाश होऊ शकतो. निद्रानाश (Insomnia) बऱ्याच विकारांना कारणीभूत ठरतो. WHOच्या सांगण्यानुसार ३० डीबीपेक्षा जास्त तीव्रतेचा ध्वनी निद्रानाशाल कारणीभूत ठरू शकतो.

३. एकाग्रता (concentration) : ध्वनिप्रदूषणामुळे मन विचलित होऊन कामामध्ये लक्ष लागत नाही. अभ्यास होऊ शकत नाही. १०० डीबी तीव्रतेचा आवाज दोन तास कानावर आदळत असेल तर होणारे दुष्परिणाम पुसून टाकण्यासाठी कानाला १६ तास लागतात.

४. वन्यजीवन : ध्वनिप्रदूषणाचा परिणाम पशू, पक्षी यांच्यावरसुद्धा होतो. त्यांच्यामधील संवाद, शिकारशोध आणि प्रजनन यामध्ये अडथळे येतात. अभ्यासातून असा निष्कर्ष निघतो की प्रजननामध्ये अडथळे आल्याने वंशवृद्धी होण्यात बाधा येते, पिल्ले कमी होतात.

ध्वनिप्रदूषण कसे कमी करता येईल?

सर्वप्रथम जनतेला जागरूक करणे गरजेचे आहे. ध्वनिप्रदूषण किती धोकादायक आहे हे समजावून सांगणे गरजेचे आहे. बऱ्याच वेळा मजा म्हणून किंवा उत्साही वातावरणनिर्मिती करण्यासाठी ध्वनिक्षेपक वापरतात. खरे तर ध्वनिक्षेपकाचा दुरुपयोग केला जातो. या आवाजामुळे परिसरातील माणसांना त्रास होईल किंवा आपल्याला त्रास होईल हा विचारच केला जात नाही.

यासाठी सरकारने पावले उचलली आहेत. मुंबई पोलिसांनी २००८ मध्ये एका रविवारी भोंगा नाही दिवस (no horn day) पाळायचा असा ठराव केला होता. तरीही १६००० वाहन चालकांना तिकीट मिळाले. २०२२ मधे बंगळुरूमध्ये सरकारने प्रार्थनास्थळे म्हणजे मंदिर, मशीद, चर्च आणि इतरही स्थळे यांना आवाज कमी करण्यासाठी आवाहन केले होते.

त्याशिवाय वाहानांचा आवाज कमी केला पाहिजे. त्यासाठी ध्वनी शोषून घेतील अशा मटेरिअलच्या भिंती घरांना आणि हायवे, एक्सप्रेस वेच्या दोन्ही बाजूला लावणे गरजेचे आहे. मोठ्या शहरांमध्ये तशी सुरुवातही झाली आहे. डांबरी रस्ते ४ ते ६ डीबी ध्वनी शोषून घेतात. त्यामुळे काँक्रीट रस्त्यांपेक्षा डांबरी रस्ते बरे. वाहनांची गती ज्या प्रमाणात वाढते त्या प्रमाणात ध्वनिप्रदूषण वाढते. वाहानांची गती कमी ठेवली तर ध्वनिप्रदूषण कमी होऊ शकते.

ध्वनिप्रदूषण कमी करण्यासाठी तांत्रिक, तंत्रज्ञानात्मक आणि शास्त्रीय उपाय योजना करण्याची आवश्यकता आहे. त्याचबरोबर अनावश्यक आणि इतरांना त्रासदायक ध्वनी निर्माण करणाऱ्यांवर कायदेशीर कारवाई होणे गरजेचे आहे. त्याहीपेक्षा जास्त महत्त्वाचे आहे ते म्हणजे समाजात ध्वनिप्रदूषणाबद्दल जागरूकता निर्माण करणे. अजूनही एक करता येईल ते म्हणजे ध्वनीमुळे त्रास होत असेल तर त्या ध्वनीची तीव्रता मोजणे आणि तसे Earth5R पर्यावरण संस्थेला कळवणे. Earth5R ही भारतीय वातावरण संस्था आहे. ही संस्था UNESCO जागतिक संस्थेला जोडलेली मान्यताप्राप्त संस्था आहे. २०२३ मध्ये Earth5Rने केलेल्या भारतातल्या १५ शहरांमधील शांत आणि वसाहतीमधील सर्वेक्षणानुसार ध्वनिप्रदूषण, परवाना असलेल्या तीव्रतेपेक्षा ५० टक्के जास्त आढळले. त्यामुळे ध्वनिप्रदूषण कमी करायचे असेल तर समाजाला जागरूक बनवण्याची गरज आहे.

प्लास्टिक वापरणे फार सोईचे नक्कीच आहे. परंतु ते हानिकारकपण आहे. त्यांचे मुख्य कारण म्हणजे वर्षानुवर्षे प्लास्टिकचे विघटन होत नाही. त्यामुळे ते नष्ट करता येत नाही. पर्यायी प्लास्टिकचा कचरा जमत जातो. गटारे, नाले तुंबल्याने पूरसदृश परिस्थिती निर्माण होते. जनावरे, वन्य प्राणी यांच्या पोटात प्लास्टिक जमा होऊन त्यांच्या जिवाला धोका निर्माण होतो. अशा प्रकारच्या बातम्या आपण वाचतो, ऐकतो परंतु त्यावर विचार करत नाही. तो विचार केला तर आपण नक्कीच प्लास्टिकचा वापर टाळू. जिथे गरजच असेल तिथे विघटन करून परत वापरता येईल (recyclable) अशा वस्तू, पिशव्यांचा वापर करावा. ही जनजागृती करणे हे सर्वांचेच आद्यकर्तव्य आहे.

– डॉ. वसुधा जोशी
josudha47@gmail.com

नरेंद्र गोळे

ऊर्जेच्या एककांची कथा

सर आयझॅक न्यूटन (०४-०१-१६४३ ते ३१-०३-१७२७) सफरचंदाच्या झाडाखाली बसले होते. झाडावरून सफरचंद पडले. झाडापासून सुटलेले फळ पृथ्वीकडेच का खेचले जाते, हा विचार करता करता त्यांना गुरुत्वाकर्षणाचा शोध लागला. गुरुत्वाकर्षण हे बल असते. हे बल गुरुत्व म्हणजे मोठेपणाने प्राप्त होते. जेवढे वस्तुमान मोठे तेवढेच त्याचे गुरुत्वही आणि म्हणूनच गुरुत्वाकर्षणही. चंद्र पृथ्वीच्या मानाने सहापट लहान वस्तुमानाचा, म्हणून त्याचे गुरुत्वाकर्षणही सहापट कमी. याशिवाय, पडणारे फळ मोठे असेल तर त्यावरील ओढीचे (त्वरणाचे) बलही जास्त असणार. म्हणजे डोक्यावर बोर पडले तर काहीतरी पडले असे जाणवेल, सफरचंद पडले तर फटका जाणवेल, मात्र नारळ पडला तर कपाळमोक्षच व्हायचा. ही जाण, सर न्यूटन ह्यांनी गतिशास्त्राचे तीन नियम शोधून काढून विकसित केली. त्यांच्या सन्मानार्थ, मीटर-किलोग्रॅम-सेकंद प्रणालीत बलाच्या एककाला 'न्यूटन' हेच नाव देण्यात आले. एक किलोग्रॅम वस्तुमानाची गती दर सेकंदाला, एक मीटर प्रती सेकंद वेगाने वाढवायची झाल्यास, लागणाऱ्या बलास (जोरास) एक 'न्यूटन' बल असे म्हणतात.

एक न्यूटन बल लावून जर एक वस्तू ओढावी लागत असेल तर ती वस्तू एक मीटर दूरपर्यंत खेचत नेण्यास लागणारी ऊर्जा ही मीटर-किलोग्रॅम-सेकंद प्रणालीत एक एकक ऊर्जा म्हणतात. या एककास जेम्स प्रेस्कॉट ज्यूल (२४-१२-१८१८ ते ११-१०-१८८९) ह्यांचे नाव देण्यात आले. विद्युतप्रवाहाचे औष्णिक प्रभाव शोधून काढताना ज्यूल ह्यांनी त्या साऱ्याच प्रक्रियेचे जे सम्यक आकलन घडवले, त्यास स्मरून ऊर्जेच्या एककास त्यांचे नाव देण्यात आलेले आहे.

दर सेकंदास जेवढी ऊर्जा खर्च करण्यात येते त्या ऊर्जेस अथवा ऊर्जाविनिमयाच्या दरास 'शक्ती' म्हणतात. १७९० साली सर जेम्स वॉट (१९-०१-१७३६ ते २५-०८-१८१९) ह्यांनी वाफेच्या शक्तियंत्राचा (इंजिनाचा) शोध लावला. या शक्तीचा उपयोग दळणवळणाच्या क्षेत्रात पुढे किती झाला हे सांगण्याची मुळीच गरज नाही. मात्र त्यांच्या या महत्त्वपूर्ण आविष्काराच्या स्मरणार्थ 'शक्ती'च्या एककास मीटर-किलोग्रॅम-सेकंद प्रणालीत 'वॉट' म्हणू लागले. दैनंदिन जीवनात लागणाऱ्या शक्तींच्या मानाने 'वॉट' खूपच लहान आहे. म्हणून मग दैनंदिन गरजेच्या शक्तींना 'किलोवॉट'मध्ये मोजण्याची प्रथा पडली. एक किलोवॉट म्हणजे हजार वॉट शक्ती.

समजा एक हजार वॉट शक्तीचा दिवा तासभर जाळला तर जेवढी ऊर्जा लागते तिलाच ऊर्जेचे एक सर्वाधिक वापरात असलेले एकक समजले जाऊ लागले. तिला कुणाचेही नाव देण्यात आलेले नाही. मात्र त्या ऊर्जेच्या मात्रेस तुम्ही-आम्ही सर्वच जण अगदी जवळून ओळखतो, 'युनिट' म्हणून. वीजमंडळाच्या बिलात, आपल्याला पुरवलेली वीज, 'युनिट'मध्येच नमूद केलेली असते.

Energy हा शब्द ग्रीकमधून आला आहे (En = आंत, ergon = काम) व ॲरिस्टॉटलने वापरलेला आहे. ऊर्जेची नि:संदिग्ध व्याख्या मात्र, गेल्या शतकांत औष्णिक गतिशास्त्राच्या विकासाबरोबर झाली. ऊर्जा म्हणजे असा घटक ज्यात कार्यक्षमता आणि/अथवा उष्णता असते, काम करण्याची शक्ती अनुस्यूत असते. ऊर्जा वेगवेगळ्या एककांमध्ये मोजल्या जाते, मुख्यत: 'ज्यूल'मध्ये (चिन्ह : J). दुसरे एकक म्हणजे 'कॅलरी', जे गतकाळापासून उष्णतेच्या मापनासाठी वापरत. त्याची व्याख्या अशी आहे, की

क्र	ऊर्जा एकक	परिमाण	मूलभूत एकक	ऊर्जा क्षेत्रीय वर्णन
१	१ ज्यूल	१	J	विश्वविख्यात सिस्टिमी इंटरनॅशनली (Systeme Internationale-SI) गणन प्रणालीतील मूलभूत ऊर्जा एकक
२	१ हजार वॉटतास (KWH)	८६०	ह.कॅलरी (KC)	विद्युत अभियांत्रिकीतील ऊर्जा एकक
३	१ हजार वॉटतास	३.६	द.कॅलरी (MJ)	वीज-मापकातील एकक (१ युनिट)
४	१ कॅलरी (Calorie-C)	४.१८४	ज्यूल (J)	औष्णिक गतिशास्त्रातील ऊर्जा एकक
५	१ कॅलरी (Calorie-C)	१.१६१	हजारांश वॉटतास	
६	१ अर्ग (Erg)	१ X १०$^{-७}$	ज्यूल	भौतिकशास्त्रातील ऊर्जा एकक (कोट्यांश ज्यूल)
७	१ ऋणकव्होल्ट (eV)	१.६०२X१०^{१९}	ज्यूल	अणुऊर्जाशास्त्रातील ऊर्जा एकक
८	१ ब्रिउए (BTU*)	१.०५५X१०^{3}	ज्यूल	ब्रिटीश उष्णता एकक (British Thermal Unit)
९	१ क्वाड (Quad)	१ X १०^{१५}	ब्रिउए	क्वाड: बहु-ब्रिटीश ऊर्जा एकके
१०	१ क्वाड (Quad)	१.०५५X१०^{१८}	ज्यूल	
११	१ क्यू (Q)	१ X १०^{१८}	ब्रिउए	क्यू: बहु-ब्रिटीश ऊर्जा एकके
१२	१ क्यू (Q)	१.०५५X१०^{२१}	ज्यूल	
१३	१ अब्रॅ (bbl-billion barel)	६.१ X १०^{९}	ज्यूल	अब्ज बॅरल तेल सममूल्य ऊर्जा
१४	१ पेटस (tep**)	१.०८X१०^{१०}	कॅलरी	पेट्रोलियम टन सममूल्य ऊर्जा
१५	१ कोटस (tec***)	७ X १०^{९}	कॅलरी	कोळसा टन सममूल्य ऊर्जा
१६	१ ह.लि.वायू (cu.m gas)	३.९४X१०^{७}	कॅलरी	वातावरणीय दाबात,मध्यम सरासरी दर्जाच्या १ घनमीटर नैसर्गिक वायूतील ऊर्जेच्या सममूल्य ऊर्जा
१७	१ द.ग्रॅम (टन) टि.एन.टी. (tTNT$)	१ X १०^{९}	कॅलरी	१ द.ग्रॅम (टन) टेट्रा-नायट्रो-टोल्यूइन या स्फोटकातील ऊर्जेच्या सममूल्य ऊर्जा
१८	१ द.ग्रॅम (टन) टि.एन.टी. (tTNT$)	४.१८४X१०^{९}	ज्यूल	१ द.ग्रॅम (टन) टेट्रा-नायट्रो-टोल्यूइन या स्फोटकातील ऊर्जेच्या सममूल्य ऊर्जा
१९	१ मेऊए (Meu)	१ X १०^{१८}	ज्यूल	मेट्रिक ऊर्जा एकक
२०	१ ह.ग्रॅम वस्तुमान	८.९९X१०^{१८}	ज्यूल	१ ह.ग्रॅम वस्तुमानातील ऊर्जेच्या सममूल्य ऊर्जा

उपसर्ग: ह-हजार, द-दशलक्ष, अ-अब्ज, नि-निखर्व, टन-१,००० किलोग्रॅम किंवा एक दशलक्ष ग्रॅम

Prefixes: K-Kilo, thousand, M-Mega, million, G-Giga, billion, T-Tera, thousand billion,

* - BTU-British Thermal Unit, ** - tep-Ton Of Petrol Equivalent, toe-Ton of oil Equivalent, *** - toc-Ton of Coal eqivalent

$ - Tetra Nitro-Toluene - टेट्रा-नायट्रो-टोल्यूइन या स्फोटकातील ऊर्जेच्या सममूल्य ऊर्जा

वस्तुमान: १ लॉग टन = १०१६ हजारग्रॅम, १ शॉर्ट टन = ९०७.२ हजारग्रॅम, १ पौंड = ०.४५४ हजारग्रॅम

आकारमान: १ अमेरिकन गॅलन = ३.७८५ लिटर, १ इंपिरिअल गॅलन = ४.५४६ लिटर, १ बॅरल = ४२ अमेरिकन गॅलन

शक्ती: १ अश्वशक्ती (hp) = ०.७३५३ हजारवॉट, १ मेट्रिक अश्वशक्ती = ०.७४५७ हजारवॉट

१ ग्रॅम पाण्याचे तापमान १ अंश सेल्सियसने (१४ अंश ते १५ अंश सेल्सियस) वाढवण्यासाठी लागणारी उष्णता. १ कॅलरी = ४.१८४ ज्यूल. शक्ती म्हणजे वेळाच्या एका एककात (वापर किंवा उत्पादन) संक्रमित झालेली ऊर्जा, म्हणजे अर्थातच ऊर्जा-दर. शक्तीचे मुख्य एकक वॉट (चिन्ह : W) आहे. वॉट म्हणजे १ ज्यूल/सेकंद एवढी शक्ती. ऊर्जा-संकल्पनेला भौतिकशास्त्रात तसेच व्यवहारातही आज मूलभूत व नि:संदिग्ध अर्थ प्राप्त झालेला आहे.

आदिशक्तीची अनेक रूपे आपल्या संस्कृतीत सदैव पूजली गेलेली आहेत. नव्या जगाच्या संदर्भात आदिशक्तीचे सर्वव्यापी रूप 'ऊर्जा' हे आहे. ऊर्जा म्हणजे ऊरात जन्म घेतलेली शक्ती. प्राथमिकत: जैवशक्ती. मात्र ऊर्जेचा वावर वस्तुमान, भौतिक ऊर्जा आणि जैवऊर्जा या मुख्य रूपांमधून होत असल्याने ही तीन रूपे प्रमुख मानावीत.

वस्तुमानात ऊर्जा सामावलेली असते याचे एक सर्वश्रुत उदाहरण म्हणजे जळण वा इंधन म्हणून वापरात येणारे सर्वच पदार्थ. त्या वस्तुमानातील ऊर्जा मोकळी केल्यावर वायुरूप प्रदूषणे आणि राखच काय ती उरते. दुसरे नेहमीच्या पाहण्यातले उदाहरण म्हणजे चंद्र. पृथ्वीवरील सागरांमध्ये भरतीओहोटींची आवर्तने चंद्राच्या वस्तुमानाच्या आकर्षणापोटीच घडत असल्याचे आपण जाणतोच. वस्तुमानात अपार ऊर्जा सामावलेली असते. अवकाशीय घडामोडींमध्ये वस्तुमानाची ऊर्जा आणि ऊर्जेपासून वस्तुमान या प्रक्रिया घडतच असतात. मात्र इथे वस्तुमानरूपातील ऊर्जेचा विचार करायचा नाही आहे. इथे विचार करायचा आहे तो भौतिक ऊर्जेचा. वीज, इंधन, जल-उत्क्षेपक-गती, वायुवीजन-स्फुरण, परिवहन-गती इत्यादी चिरपरिचित ऊर्जास्वरूपांचा. याच ऊर्जेवरील सत्ता; व्यक्ती, समाज वा देशाला गरीब किंवा श्रीमंत बनवते. अभावानेच जिचा प्रभाव उमजू लागतो, तीच ही जगन्मोहिनी ऊर्जा. हिचा उगम अवश्य उरात होतो. मात्र भौतिकस्वरूपातील हिचेवरील स्वामित्व, जिवास सामर्थ्य देते. 'समर्थाचिया सेवका वक्र पाहे असा सर्व भूमंडळी कोण आहे' हे आपल्याला माहीतच आहे. सामर्थ्याची साधना म्हणजेच ऊर्जेची आराधना आणि ती करायची तर तिची एकके माहीत असायलाच हवीत. त्यांचीच तर ही प्रस्तुती आहे.

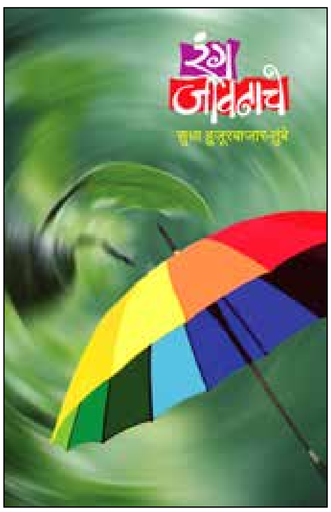
संदर्भ

एनर्जी-२००० : ॲन ओव्हर व्ह्यू ऑफ द वर्ल्ड एनर्जी रिसोर्सेस इन द डिकेडस टु कम, हेंझ नोप्फेल, युराटोम व युरोपिअन अणुऊर्जा अडत (एजन्सी) यांच्या संयुक्त विद्यमाने, पृष्ठे : १८१, ऊर्जा संशोधन केंद्र, फ्रास्काटी (रोम), गॉर्डन ॲण्ड ब्रिच विज्ञान प्रकाशन, १९८६.

– नरेंद्र गोळे
nvgole@gmail.com

रंग जीवनाचे

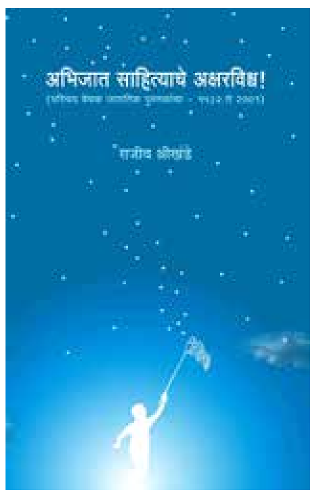
सुधा हुजूरबाजार-तुंबे



मूल्य २५० रुपये । सवलतीत १५० रुपये
टपालखर्च ५० रु.

अभिजात साहित्याचे अक्षरश्वि!

राजीव श्रीखंडे



मूल्य ३५० रुपये । सवलतीत २०० रुपये
टपालखर्च ५० रु.

कुसुमसुत

क्लोरीन वायू - मित्र आणि शत्रूदेखील!

गट	१७	वितळ बिंदू	१०१.५ओउ
पिरियड	३	उत्कलन बिंदू	३४.०४ओउ
ब्लॉक	पी	घनता (ग्रॅम सें मी३)	०.००२९९८
अणुक्रमांक	१७	अणुभार	३५.४५
अवस्था	वायू	प्रमुख समस्थानिके	३५Cl, ३७Cl
इलेक्ट्रॉनिक संरचना	(Ne) 3s23p5	सी. ए. एस. क्रमांक	७७८२-५०-५

क्लोरीन हा मूलद्रव्य एक प्रकारचा द्विधाता आहे, असे आपण म्हणू शकतो. द्विधाता नावाची विक्रम गोखले यांनी एक दूरदर्शन मालिका १९९०च्या दशकात आली होती. एकाच माणसाचे हे दोन चेहरे असतात, एक अतिशय सोज्वळ, नि:स्वार्थी, मनमिळावू, प्रेमळ, सर्वांना समजावून घेणारा, तर दुसरा दुष्ट, तुसडा, भांडकुदळ, स्वार्थी आणि इतरांचा द्वेष करणारा! क्लोरीन हे मूलद्रव्य ह्या द्विधात्यासारखेच आहे. एकीकडे हा कृत्रिम रसायने बनवणाऱ्या शास्त्रज्ञांचा मित्र आहे, पिण्याच्या पाण्याचे निर्जंतुककरण, जलतरण तलाव स्वच्छ ठेवणे अशा 'चांगल्या' उपयोगांसाठी याचा मोठ्या प्रमाणावर वापर होतो, तसेच अनेक कीटनाशकांचा हा अविभाज्य घटक असतोपण याच क्लोरीनचा भयंकर चेहराही आहे. रासायनिक युद्धासाठी याचा अस्त्र म्हणून वापर करण्यात आला होता. फॉसजीन (COCl2), डाय फॉसजीन (Cl2CO2) आणि मस्टर्ड वायू (C4H8Cl2S) ह्या क्लोरीन संयुगांचा वापर रासायनिक अस्त्रे म्हणून होऊ शकतो. पृथ्वीच्या ओझोन थराच्या ऱ्हासाला देखील हे मूलद्रव्य काही प्रमाणात जबाबदार आहे.

हायड्रोक्लोरिक सिड (HCl) हे प्राचीन काळातल्या रसायनशास्त्रज्ञांना, म्हणजेच किमयागारांना, माहीत होते. परंतु या वायुरूप मूलद्रव्याची प्रत्यक्ष निर्मिती प्रथम सन १७७४ साली स्वीडनमधील उप्साला येथे कार्ल विल्हेल्म शील यांनी केली. त्यांनी हायड्रोक्लोरिक सिड आणि नैसर्गिकरित्या आढळणाऱ्या मँगनीज डायऑक्साइड (MnO_2) या खनिजाच्या अभिक्रियेमधून हे मूलद्रव्य तयार केले. पण तेव्हा त्यांना आपण हे नवीन मूलद्रव्य शोधत आहोत, याची पूर्ण जाणीव झाली नव्हती, कारण त्यांनी चुकून यात ऑक्सिजन आहे असे गृहित धरले होते. त्यांच्या या अभिक्रियेमध्ये एक दाट, हिरवट-पिवळ्या रंगाचा वायू तयार झाला, ज्याला शील यांनी गुदमरवणाऱ्या वासाचा वायू असे म्हंटले होते. ते वायुरूप मूलद्रव्य पाण्यात सहज विरघळून आम्लीय द्रावण तयार होत होते. त्यांनी या वायुमुळे लिटमस पेपर फिकट होतो (रंग उडतो) आणि पाने व फुलेही रंगहीन होतात अशीही निरीक्षणे नोंदवली होती.

१८०७ साली सर हंफ्री डेवी यांनी या वायूवर सखोल संशोधन केले आणि अखेर त्यांनी असे निष्कर्ष काढले की, हा वायू केवळ एक साधा पदार्थ नसून तो स्वतः एक मूलद्रव्य आहे. त्यांनी सन १८१० साली हे अधिकृतपणे जाहीर केले. सर हंफ्री डेवी यांनी याचे बारसे करतांना ग्रीक शब्द khlôros(ख्लोरॉस) म्हणजेच 'पिवळसर-हिरवा' यावरून प्रेरणा घेतली आणि त्याचे नामकरण क्लोरीन असे केले होते. मात्र, त्यांच्या समकालीन काही रसायनशास्त्रज्ञांना हे मान्य होण्यासाठी आणखी दहा वर्षे लागली की, क्लोरीन हे खरोखरच एक स्वतंत्र मूलद्रव्य आहे.

क्लोरीन हे मूलद्रव्य सामान्य तापमानाला फिकट, पिवळसर-हिरवट वायू स्वरूपात असते. क्लोरीन हा वायू आवर्तसारणीतल्या १७व्या गटात, म्हणजेच हॅलोजन गटात मोडतो. नैसर्गिकरित्या हा स्वतंत्रपणे मूलद्रव्य स्वरूपात आढळत नाही, तर संयुगांच्या स्वरूपातच सापडतो.

नैसर्गिक उपलब्धता

क्लोरीन निसर्गात स्वतंत्र स्वरूपात सापडत नाही. हॅलाइट (सोडियम क्लोराइड किंवा 'सामान्य मीठ') हे क्लोरीन मिळवण्यासाठी मुख्य खनिज आहे. सोडियम क्लोराइड हे अत्यंत विद्राव्य मीठ असून पृथ्वीच्या इतिहासात

ते समुद्रांमध्ये मिसळले गेले आहे. जिथे प्राचीन समुद्र आटले आहेत अशा भागांमध्ये मीठाचे थर किंवा 'साल्ट लेक्स' सापडतात आणि तेथून क्लोराइड मिळवले जाते.

क्लोरीन कार्नालाइट (मॅग्नेशियम पोटॅशियम क्लोराइड) आणि सिल्व्हाइट (पोटॅशियम क्लोराइड) या खनिजांमध्येही आढळते.

दरवर्षी सुमारे ४० दशलक्ष टन क्लोरीन वायू मीठ पाण्याच्या इलेक्ट्रोलिसिस (विद्युत अपघटन) प्रक्रियेतून तयार केला जातो. याच प्रक्रियेमध्ये उपयुक्त असे सोडियम हायड्रॉक्साइड देखील तयार होते.

क्लोरीनची दोन स्थिर समस्थानिके आहेत: क्लोरीन-३५ आणि क्लोरीन-३७. निसर्गात जवळपास प्रत्येक चार नैसर्गिक क्लोरीन अणूंमध्ये तीन अणू क्लोरीन-३५ असतात तर एक क्लोरीन-३७ असतो. क्लोरीन-३६ हे मूलद्रव्यदेखील नैसर्गिकरित्या आढळते, पण ते किरणोत्सर्गी (radioactive) आहे आणि त्याचा अर्धायुष्यकाल सुमारे ३०,००० वर्षांचा आहे. क्लोरीनला कृत्रिम सेंद्रिय रसायनशास्त्रात खूप मोठे महत्त्व आहे. ते तीन प्रमुख अभिक्रिया पद्धतींमध्ये सहभागी होते. त्यातील पहिली अभिक्रिया आहे ती म्हणजे प्रकाशिय रासायनिक प्रतिस्थापन अभिक्रिया (फोटोकेमिकल सबस्टिट्युशन रिक्शन). यात क्लोरीन आणि अल्केन यांच्यात अभिक्रिया होऊन कार्बनला जोडलेल्या एका हायड्रोजन अणूची जागा क्लोरीन अणू घेतो आणि क्लोरोअल्केन तयार होते. ही अभिक्रिया होण्यासाठी सूर्यप्रकाश किंवा अल्ट्राव्हायोलेट प्रकाश वापरला जातो, जो दोन अणूंनी बनलेल्या क्लोरीन रेणूचे दोन मुक्त क्लोरीन रॅडिकल्समध्ये विघटन करतो. हे रॅडिकल्स अतिशय क्रियाशील अल्पायुषी असतात.

दुसरी अभिक्रिया म्हणजे विद्युत आकर्षणातून होणारी बेरीजीय अभिक्रिया (इलेक्ट्रोफिलिक ॲडिशन अभिक्रिया) आहे. यामध्ये क्लोरीन अणू अल्कीनशी अभिक्रिया करतो. इलेक्ट्रॉनने समृद्ध अशा कार्बन-कार्बन दुहेरी बंधावर दोन क्लोरीन अणू जोडले जातात. ही अभिक्रिया अंधारात होते, कारण प्रकाश असल्यास मुक्त रॅडिकल प्रतिस्थापनेमुळे अभिक्रियेमध्ये अडथळा येतो.

तिसरी सामान्य अभिक्रिया विद्युतआकर्षणातून होणारे प्रतिस्थापन (इलेक्ट्रोफिलिक प्रतिस्थापन) ही आहे. यात क्लोरीन बेंझीनच्या साखळीशी अभिक्रिया करून त्यातील एक हायड्रोजन अणू काढून टाकतो आणि तिथे क्लोरिनचा अणू बसवला जाऊन क्लोरोबेंझीन व हायड्रोजन क्लोराईड तयार होते. ही अभिक्रिया फ्रिडेल-क्राफ्ट्स अभिक्रिया म्हणून प्रसिद्ध आहे.

क्लोरीनचे औद्योगिक उपयोगही अमर्याद आहेत. त्याचा वापर ब्लीच केलेले कागद, प्लास्टिक (उदा. पीव्हीसी), टेट्राक्लोरोमेथेन, क्लोरोफॉर्म, डाय-क्लोरोमेथेन असे सॉल्व्हंट्स तयार करण्यासाठी होतो. त्याशिवाय, रंग, कापड, औषधे, अँटीसेप्टिक्स, कीटकनाशके आणि रंगकामाच्या साहित्यातही याचा वापर होतो.

क्लोरीनचे सर्वात प्रसिद्ध उपयोग म्हणजे ब्लीच तयार करणे (उदा. 'Domestos' सारखी उत्पादने), तसेच पिण्याच्या पाण्यात व स्विमिंग पूलमध्ये निर्जंतुकीकरणासाठी वापर, रासायनिक युद्धासाठी अस्त्रांच्या स्वरूपातील वापर, तसेच किटनाशकांच्या उत्पादनासाठी वापर हे आहेत.

पिण्याच्या पाण्याचे क्लोरीनद्वारे निर्जंतुकीकरण लंडनमध्ये सन १८५० मध्ये कॉलऱ्याच्या साथीनंतर सुरू झाले. त्यावेळी व्यवसायाने डॉक्टर असलेल्या आणि स्वच्छतेच्या क्षेत्रातील पुरस्कर्ते म्हणून ओळखले जाणाऱ्या जॉन स्नो यांनी सोहोमधील एका विहिरीतून कॉलऱ्याची साथ पसरल्याचे शोधून काढले. आजही बहुतेक देशांमध्ये सांडपाण्यावर प्रक्रिया करताना क्लोरीन वापरले जाते.

जॉन स्नो यांनीच क्लोरीनच्या संयुगाचा - क्लोरोफॉर्म (CHClc) - वापर क्वीन व्हिक्टोरियाच्या दोन मुलांच्या जन्मावेळी भूल देण्यासाठी केला होता. त्यानंतर हा वापर वैद्यकीय क्षेत्रात खूपच लोकप्रिय झाला होता.

रासायनिक शस्त्रास्त्र म्हणून क्लोरीन वायूचा वापर जर्मन रसायनशास्त्रज्ञ फ्रिट्झ हेबर यांनी सुरू केला, हे हेबर शास्त्रज्ञ त्यांच्या अमोनियावरच्या कामासाठी अधिक प्रसिद्ध आहेत. पहिल्या महायुद्धात धर्शिी येथे मित्र राष्ट्रांच्या सैन्यावर त्यांच्या मार्गदर्शनाखाली क्लोरिनचा वापर झाला होता. नंतर क्लोरिनपासून अधिक प्राणघातक फॉस्जीन वायू आणि मस्टर्ड गॅस बनवले गेले, पण क्लोरीन वायूचा वापर दुसऱ्या गल्फ युद्धादरम्यान सन २००७ साली इराकमध्ये शस्त्रास्त्र म्हणून पुन्हा झाला.

क्लोरीनचा पूर्वी सी.एफ. सी. (क्लोरोफ्लोरोकार्बन्स) नावाच्या एरोसोल सॉल्व्हंट्स आणि रेफ्रिजरंट्समध्ये मोठ्या प्रमाणावर वापर होत असे. पण या संयुगांचा वातावरणावर परिणाम होतो हे लक्षात आल्यानंतर त्यांचा वापर थांबवला गेला. वातावरणात हे संयुगं अतिनील प्रकाश शोषून घेते, त्यामुळे त्या रेणूंमधील होमोलिटिक बंध तुटवतात आणि त्यामुळे क्लोरीनचे मुक्त रॅडिकल्स तयार होतात, हेच रॅडिकल्स ओझोन थरातील ओझोनशी अभिक्रिया करून ओझोनचा ऱ्हास करतात.यामुळे पृथ्वीच्या ओझोन थरातील ओझोनची पातळी कमी झाली होती आणि त्यामुळे त्वचेच्या कर्करोगासारख्या आजारांचा धोका वाढला होता. पण

गेल्या काही दशकांमध्ये आता सी. एफ. सी. चा जागतिक स्तरावरील वापर थांबविण्यात आल्याने ओझोन थर आता बऱ्यापकी सुरक्षित आहे.

एकूण उत्पादन झालेल्या क्लोरीनपैकी सुमारे २०% क्लोरीनचा वापर पी. व्ही. सी. (पॉली विनाइल क्लोराईड) तयार करण्यासाठी होतो. पी. व्ही. सी. (हा अत्यंत उपयुक्त प्लास्टिक प्रकार असून खिडक्यांचे चौकट, मोटारगाड्यांचे आतील भाग, विजेच्या वायरची इन्सुलेशन, पाण्याच्या पाईप्स, रक्ताच्या पिशव्या आणि विनाइल फ्लोअरिंग (प्लास्टिकचा फरशा) यासाठी याचा मोठ्या प्रमाणावर वापर होतो.

क्लोरीनचा आणखी एक मोठा वापर सेंद्रिय रसायनशास्त्रात केला जातो. ते ऑक्सिडायझिंग एजंट (प्रज्वलन करणारे रसायन) म्हणून आणि सबस्टिट्युशन रिऍक्शन्समध्ये (प्रतिस्थापन क्रियांमध्ये) वापरले जाते. औषधनिर्मितीत ८५% उत्पादक प्रक्रिया कोणत्यातरी टप्प्यावर क्लोरीन किंवा त्याचे संयुग वापरतात.

पूर्वी क्लोरीनचा वापर क्लोरोफॉर्म (भूल देणारे रसायन) आणि कार्बन टेट्राक्लोराईड (ड्राय-क्लिनिंगमध्ये वापरले जाणारे सॉल्व्हेंट) तयार करण्यासाठी केला जात असे. मात्र, ही दोन्ही रसायने यकृताला (लिव्हरला) हानी पोहोचवू शकतात, त्यामुळे आजकाल त्यांचा वापर कमी करण्यात आला आहे.

जैविक भूमिका

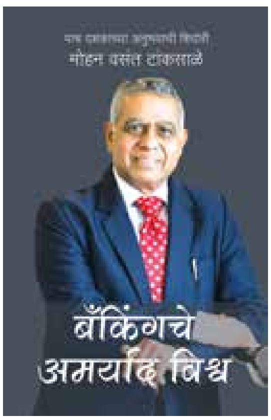
क्लोराइड आयन (Cl^-) जीवनासाठी अत्यावश्यक आहे. हे प्रामुख्याने पेशींच्या द्रवामध्ये ऋणभारित आयन म्हणून उपस्थित असते, जे धनभारीत (मुख्यतः पोटॅशियम) आयन्सच्या समतोल राखण्यात मदत करते. पेशीबाहेरील द्रवामध्ये (उदा. रक्तामध्ये) हे धनभारीत (मुख्यतः सोडियम) आयन्सना समतोल राखते.

आपल्याला आवश्यक असणारे बहुतांश क्लोराइड सैंधव मिठामधून मिळते. रोजच्या आहारातील सामान्य मीठाचे प्रमाण सुमारे ६ ग्रॅम असते, परंतु त्याच्या निम्म्या प्रमाणातही आपले काम चालू शकते.

•

ग्रंथाली

मोहन टांकसाळे यांचे अनुभवकथन
मराठी व हिंदी भाषांत

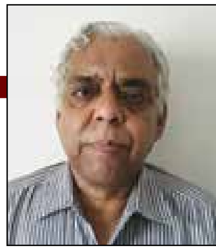


मूल्य ३०० रुपये
सवलतीत २०० रुपये

बँकिंगचे अमर्याद विश्व
आणि
बैंकिंग की अनंत सीमाएँ

मूल्य ३५० रुपये
सवलतीत २०० रुपये

टपालखर्च ५० रु.



शरद काळे

हरलेली लढाई आपण जिंकू शकतो!

एकविसाव्या शतकात विज्ञानाची गरुडभरारी एकीकडे आपल्याला थक्क करते, त्याचवेळी डासासारख्या क्षुल्लक दिसणाऱ्या कीटकाने आपल्या नाकी नऊ आणले आहेत. एकीकडे आपण चंद्रावर पोहोचतो, ए.आय. तयार करतो, क्वांटम संगणक तयार करतो, आणि दुसरीकडे डासासारख्या एका छोट्याशा कीटकापुढे आपली विकेट उडते, झोप उडते आणि आरोग्य धोक्यात येते. हजारो कोटी रुपये खर्च करूनही आपण त्यांच्यावर पूर्ण नियंत्रण मिळवू शकलेलो नाही. याला मानवी पराभव म्हणायचा की डासांचा उत्क्रांतिशील विजय! हे समजून घेण्यासाठी आपल्याला काही मूलभूत कारणांचा विचार करावा लागेल. भारतातील प्रत्येक शहरात आणि गावात बाहेर पडल्यानंतर विशेषतः संध्याकाळी डोक्यावर डासांचे थवेच्या थवे उडताना दिसतात. त्यावर नियंत्रण राखण्यासाठी केरोसिन आधारित कीटनाशकांचे धूम्रास्त्रे मारली जातात, त्यामुळे डास किती नियंत्रणात येतात ते माहीत नाही, पण विशेषतः मुलांना आणि वृद्ध व्यक्तींना त्या प्रदूषणाचे आरोग्यपरिणाम भोगावे लागतात. गुड नाईट किंवा तत्सम कीटनाशकांचा भडिमार चालूच असतो. डासांमुळे अनेकांच्या रात्रीच्या झोपेचे खोबरे होत असते.

डासांचे उत्क्रांतिशील यश : सूक्ष्मतेमागे असलेले शहाणपण

डास हे फक्त लघुरूप असलेले कीटक नाहीत, तर ते अत्यंत चतुर, उत्क्रांत, आणि परिस्थितीशी झटपट जुळवून घेणारे जैविक यंत्र आहे असे म्हटले तरी चालेल. ज्या निसर्गात आपण राहतो, त्याच निसर्गात तेही राहतात. त्यामुळे अगदी अग्रक्रमाने नसली तरी निसर्गनियमांची जोड त्यांनाही मिळत असते. अस्तित्वाची लढाई लढताना त्यांचीही जनुके पर्यावरणाशी जुळवून घेताना आवश्यक तशी बदलत असतात. ती मक्तेदारी फक्त मानवाची नसते.

प्रजननक्षमता : एक मादी डास एकावेळी सुमारे ३०० अंडी घालते. जीवनचक्र वेगाने पूर्ण होत असल्याने त्यांची डाससंख्या झपाट्याने वाढते.

जनुकीय विविधता : त्यांच्यात औषधप्रतिकारक (insecticide resistance) क्षमता झपाट्याने विकसित होते. एखाद्या नवीन कीटकनाशकाचा वापर सुरू केल्यानंतर काही वर्षांतच डास त्याला प्रतिकार करतात आणि दाद देईनासे होतात.

ध्वनी आणि गंधसंवेदनशीलता : डास अत्यंत अचूकपणे माणसांचा शोध घेऊ शकतात. मानवाच्या घामातील रसायने, श्वासातील कार्बन डायऑक्साइड, आणि त्वचेच्या उष्णतेचा नकाशासुद्धा ते वाचतात. नवीन संशोधनानुसार नर डास मादीच्या पंखांच्या ध्वनिकंपनांवरून तिला शोधून काढतात.

हे सर्व गुणधर्म त्यांना सूक्ष्म पण स्मार्ट प्रणाली विकसित करण्यासाठी मदत करतात.

मानवी प्रयत्नांची मर्यादा आणि विसंगती : डासांना मारण्यासाठी वापरले जाणारे केरोसिन आणि अन्य धुराळे किंवा धूम्रास्त्रे पर्यावरण आणि आरोग्यासाठी धोकादायक आहेत. त्यांच्यामुळे मुले आणि वृद्धांमध्ये अस्थमा, डोळ्यांची जळजळ, आणि त्वचेचे त्रास वाढतात. अनेक वेळा ही धूम्रास्त्रे फक्त हवेतल्या डासांवर परिणाम करतात; अंडी आणि अळ्या मात्र सुरक्षित राहतात. घरगुती साधनांच्या (गुड नाईट, हिट इ.) सतत वापराने डासांमध्ये प्रतिकारशक्ती

निर्माण होते. सायटोटॉक्सिक रसायने माणसांवरही परिणाम करू शकतात. डास मारण्याच्या अनेक पद्धती लघुकाळासाठी प्रभावी ठरतात, पण डासांच्या नियंत्रणाच्या दीर्घकालीन उपाययोजना अजूनही आपण विकसित करू शकले नाही. त्याची मुख्य कारणे वाढते शहरीकरण, पाणी साचणे, आणि सार्वजनिक आरोग्याबाबत मानवी निष्काळजीपणा आणि स्थानिक स्वराज्य संस्थांची बेफिकिरी हीच आहेत. आपण केवळ डास मारतो, त्यांचे अधिवास नाहीसे करत नाही, ही मोठी चूक आहे. एक मादी डाससुद्धा संपूर्ण परिसरात डासांचा स्फोट घडवू शकते हे अनेकदा दुर्लक्षित केले जाते. डासांसोबत लढाई म्हणजे विज्ञान, प्रशासन आणि समाज यांच्यात समन्वयाची परीक्षा असते. आरोग्य विभागाची यंत्रणा, नगरपालिका, वैज्ञानिक, पर्यावरण अभ्यासक, आणि सामान्य नागरिक यांच्यात समन्वय हवा असतो. जैविक उपाय, जनजागृती, सांडपाण्याचे व्यवस्थापन, आणि नवीन तंत्रज्ञान यांच्या एकत्र वापरानेच आपण हा लढा जिंकू शकतो.

वैज्ञानिक दृष्टिकोनातून भविष्यातील उपाय

जैविक नियंत्रण : डासांचे नैसर्गिक भक्षक जसे की गप्पी मासे, ड्रॅगनफ्लाय अळ्या यांचा वापर.

जनुकीय पद्धती : वंध्यत्व नर तंत्र (Sterile male Technique): नर डासांना वंध्य बनवून पुन्हा अधिवासात सोडणे. त्यामुळे डासांची उत्पत्ती कमी कमी होत जाईल

ए.आय. आधारित ध्वनिसापळे (साउंड ट्रॅप्स) : डासांच्या मूळ आणि मिश्र ध्वनिसंकेतांची हुबेहूब नक्कल करणारे सापळे तयार करणे.

स्मार्ट सुरक्षा गस्तीयंत्रणा : तापमान, आर्द्रता, आणि पाण्याच्या स्रोतांनुसार डासांची घनता मोजणारी डिजिटल यंत्रणा.

डासांची गर्दी म्हणजे गोंधळ वाटतो, पण नर डास अतिशय कुशल श्रोते असतात. गोंगाट असूनही, ते मादी डासांच्या पंखांच्या हालचालींमुळे निर्माण होणारा क्षीण आवाज ऐकू शकतात. कीटकांच्या ऐकण्याच्या प्रणालीचा गूढ अभ्यास डासांमध्ये, विशेषतः एडिस इजिप्ती (edes aegypti) या प्रजातीमध्ये ऐकण्याची (auditory) प्रणाली मेंदूमधील ए.एम.एम.सी. (Antennal Mechanosensory and Motor Center) या भागाशी जोडलेली असते. ही प्रणाली त्यांचे ध्वनिविश्लेषण आणि प्रतिसाद नियंत्रित करते. नर डासांमध्ये ए.एम.एम.सी. १५०-५०० हर्ट्झपर्यंतचे आवाज समजू शकतो. मादी डासांमध्ये ही क्षमता मर्यादित असून ती मुख्यतः १००-२०० हर्ट्झ दरम्यान कार्य करते. ह्यावरून असे स्पष्ट होते की नर डास ध्वनींच्या अधिक व्यापक श्रेणीला प्रतिसाद देऊ शकतात.

डासांचा मेंदू : डासांच्या मेंदूची रचना साधी असली तरी त्याम ध्ये, विशेषतः ऐकणे, गंध ओळखणे, दिशा शोधणे, आणि मादी-नर एकमेकांची ओळख पटवणे या संदर्भात असंख्य अत्यंत वैशिष्ट्यपूर्ण प्रक्रिया घडतात. नवीन संशोधनानुसार, डासांचा मेंदू त्यांच्या सूक्ष्मतेपेक्षा कितीतरी पटींनी जास्त कार्यक्षम आहे. डासांचा मेंदू हा मुख्यतः तीन भागांत विभागलेला असतो. डासांच्या मेंदूची ही रचना कीटकांच्या सर्वसामान्य मेंदूच्या रचनेशी सुसंगत अशीच आहे.

प्रोसेन्सेफालॉन (Protocerebrum)

मेंदूचा सर्वात मोठा भाग.

दृष्टिप्रक्रिया (Visual Processing) यासाठी जबाबदार. डासांच्या डोळ्यांत असंख्य संयुक्त पेशी **(ommatidia)** असतात.

त्याच्या अंतर्गत मश्रुम बॉडीज नावाची रचना असते जी शिकण्याचे आणि स्मृतीचे केंद्र असते.

डिउटोसेफालॉन (Deutocerebrum)

स्पर्श व गंध प्रक्रिया यांच्यासाठी जबाबदार.

अँटेनावरून येणाऱ्या गंधाच्या, कंपनांच्या आणि ध्वनीच्या संकेतांवर प्रक्रिया करतो.

यामध्ये ए.एम.सी.सी. म्हणजेच Antennal Mechanosensory and Motor Center नावाचे एक विशेष केंद्र असते जे डासांच्या ऐकण्याच्या क्षमतेसाठी महत्त्वाचे असते.

ट्रिटोसेफालॉन (Tritocerebrum)

अन्ननलिकेशी संबंधित भागांशी संलग्न.

आंतरिक जैविक संकेतांवर प्रक्रिया करतो (उपासमार, तृप्ती इत्यादी)

ए.एम.एम.सी. (Antennal Mechanosensory and Motor Center) हे डासांचे ऐकण्याचे केंद्र आहे. ए.एम.एम.सी. हे ध्वनी, विशेषतः मादीच्या पंखांच्या हालचालीतून निर्माण होणाऱ्या कंपनांवर प्रक्रिया करते.

ए.एम.एम.सी.मध्ये विविध न्यूरॉन क्लस्टर आढळतात जे वेगवेगळ्या ध्वनिसंकेतांना प्रतिसाद देतात.

नर डासांमध्ये चार प्रकारचे ध्वनिप्रतिक्रिया पॅटर्न आढळतात, तर मादींमध्ये फक्त दोनच पॅटर्न असतात.

काही न्यूरॉन १५० Hz ला 'नकारात्मक प्रतिसाद' देतात. (ध्वनिविरहित परिस्थितीत लक्ष केंद्रित करण्याची क्षमता!)

डासांचा मेंदू हा सूक्ष्म पण कुशल संगणक आहे असे म्हटले तर वावगे ठरू नये. त्याचा आकार सुमारे ०.०००३ घन सें.मी. इतकाच असतो, पण त्यामध्ये सुमारे २००,०००

न्यूरॉन असतात! त्यांनी विकसित केलेली ध्वनी-आधारित समज, प्रेमसंबंधात अचूक शोध घेणे, आणि धोक्याचा अंदाज घेणे ही सर्व कौशल्ये त्यांच्या मेंदूतील जैविक संगणन (biological computation) किती प्रगत आहे हे दाखवतात.

मेंदूतील विशिष्ट प्रतिसाद नमुने : डासांच्या मेंदूमधील न्यूरॉन ध्वनिलहरींचे विशिष्ट पद्धतीने विश्लेषण करतात. नरांमध्ये चार वेगळे प्रतिसाद गट आढळतात (clusters of neuronal activity). मादींमध्ये फक्त दोन वेगळे गट आणि एक सामान्य गट आढळतो. यावरून असे निष्पन्न होते की नर डास अधिक गुंतागुंतीच्या ध्वनिसंकेतांचे (acoustic cues) विश्लेषण करू शकतात. नागोया विद्यापीठाच्या एका नव्या अभ्यासातून असे निष्कर्ष निघाले आहेत की, नर डास मादींपेक्षा अधिक रुंद ध्वनी श्रेणीत ऐकू शकतात. त्यामुळेच ते मादी साथीदार शोधण्यात यशस्वी ठरतात आणि मानवी संरक्षण यंत्रणांना हुलकावणी देऊ शकतात. हे संशोधन अधिक प्रभावी डास नियंत्रणासाठी नवीन दिशा सूचित करते.

डास ध्वनींच्या गुंतागुंतीच्या संकेतांचा वापर करतात : शास्त्रज्ञ अनेक वर्षांपासून नर डास पकडण्यासाठी ध्वनि-सापळ्यांचा वापर करत आहेत. हे सापळे मादीच्या पंखांचा आवाज नकलीरित्या निर्माण करतात आणि मग नर डासांना आकर्षित करून त्यांना निष्क्रिय करतात. प्रत्यक्षात हे सापळे फारसे यशस्वी ठरत नाहीत. बहुतेक वेळा, हे सापळे फारच कमी डास पकडतात, कारण ते नर डास शोधत असलेल्या गुंतागुंतीच्या ध्वनिसंकेतांशी जुळत नाहीत. या नवीन अभ्यासातून असे लक्षात आले की नर डास केवळ एका विशिष्ट ध्वनिवारंवारतेकडे लक्ष देत नाहीत. त्यांचे ऐकण्याचे इंद्रिय एकाच वेळी अनेक सूक्ष्म ध्वनिबदल ओळखण्यास सक्षम असते. हे आवाज केवळ मादीच्या पंखांचे नसून नर व मादीच्या पंखांच्या कंपनांपासून तयार होणाऱ्या मिश्रित वारंवारतांचाही त्यात समावेश असतो. त्यामुळे साधे सापळे त्यांचे लक्ष वेधू शकत नाहीत.

नर डास ध्वनिविश्लेषण कसे करतात? संशोधकांनी नर आणि मादी डासांमध्ये कॅल्शियम इमेजिंग वापरून मेंदूतील प्रतिसादांचा अभ्यास केला. त्यांनी ए.एम.एम.सी. या डासांच्या मेंदूतील ऐकण्यासंबंधी केंद्राचा अभ्यास केला. प्रोफेसर मॅथ्यू सू यांच्या मतानुसार, नर डासांचा मेंदू मादींच्या आवाजाव्यतिरिक्त अधिक उच्च वारंवारतेच्या (फ्रिक्वेन्सी) आवाजांनाही प्रतिसाद देतो. हे निरीक्षण असे दर्शवते की मादी शोधण्यासाठी नर डासांचे मेंदू अतिशय गुंतागुंतीचे विश्लेषण करतात. नर डासांमध्ये ए.एम.एम.सी.ने १५० ते ५०० Hzपर्यंत वारांवारतेच्या तरंगांना प्रतिसाद दर्शवतात, तर मादी डास प्रामुख्याने १०० ते २०० Hz दरम्यानच्या वारांवारतेच्या तरंगांना प्रतिसाद देतात. नरांनी चार वेगळ्या प्रकारचे ध्वनिप्रतिसाद दाखवले, तर मादींनी दोन स्वतंत्र व एक समान प्रतिसाद दिला. यावरून असे दिसते की नर डास अधिक वैविध्यपूर्ण पद्धतीने ध्वनिविश्लेषण करू शकतात, असा निष्कर्ष निघतो.

मादी डासांचे आवाज आणि मानवी सापळे : गंमत म्हणजे, काही नर डासांच्या न्यूरॉननी १५० Hz वर उलट प्रतिसाद दाखवले - म्हणजेच त्या ध्वनीमुळे मेंदूची विश्लेषण क्षमता कमी झाली. यामुळे त्यांचे गैरसमजाने किंवा विनाकारण आवाजांकडे दुर्लक्ष होऊ शकते. कलकलाट खूप झाला तर आपले डोके उठते किंवा काम करेनासे होते. तोच प्रकार नर डासांमध्ये होत असावा! एक स्वतंत्र न्यूरॉनसमूह नर आणि मादी दोघांमध्येही कमी वारंवारतेच्या आवाजांना प्रतिसाद देतो. संशोधकांच्या मते, हे आवाज ड्रॅगनफ्लायसारखे शत्रू ओळखण्यासाठी उपयोगी पडतात. त्यामुळे नर डासांचे ध्वनी अंग अत्याधुनिक जोडीदार शोधण्यासाठी विकसित झाले असले, तरीही दोघेही सुरक्षित राहण्यासाठी मूळ प्रणालींचा वापर करतात.

डासांच्या अँटेनांच्या (शृंगिका) तळाशी अधिक ध्वनिसंवेदनशीलता का आहे, हे समजून घेण्यासाठी, संशोधकांनी त्यांच्या आनुवंशिक गुणधर्मांचा अभ्यास केला. त्यांना आढळले की नर डासांमध्ये कंपने जाणणाऱ्या सिलिया या सूक्ष्म केसांशी संबंधित जनुके अधिक प्रमाणात सक्रिय असतात. यामध्ये dynein जनुकेही आहेत जी इतर कीटकांमध्ये ऐकण्याशी संबंधित आहेत. प्रोफेसर अझुसा कामिकोची यांच्या म्हणण्यानुसार ही प्रक्रिया इतर कीटकांमध्ये दिसून न येणारी, विशेष व अत्याधुनिक ध्वनिप्रक्रिया यंत्रणा असू शकते.

जनुकीय आणि पेशींच्या रचनेत फरक

नर डासांमध्ये सिलिया (cilia) नावाचे सूक्ष्म केस अधिक प्रमाणात आढळतात, जे कंपने ओळखण्यासाठी उपयुक्त असतात.

हे केस डायनिन (dynein) आणि एफडीथ्रीएफ (fd3f) यांसारख्या जनुकांद्वारे नियंत्रित होतात.

ही जनुके मादींपेक्षा नरांमध्ये अधिक सक्रिय असल्याचे दिसून आले.

ही रचना त्यांना अत्युच्च संवेदनक्षमतेने मादी डासांचे पंखांचे कंपन ओळखण्यास मदत करते. fd3f नावाचे जनुक, जे सिलियाच्या विकासासाठी जबाबदार असते, नरांमध्ये

अधिक सक्रिय होते. या जनुकांपासून तयार होणारी प्रथिनेही नरांमध्ये अधिक प्रमाणात सापडली.

संवादी ध्वनिसंकेत (Harmonic and distortion cues) : नर डासांमध्ये काही विशिष्ट गुणधर्म असतात. ते केवळ मादीच्या पंखांचा मूळ आवाज ऐकत नाहीत, तर मादी आणि नर यांच्या पंखांच्या कंपनांमधून तयार होणाऱ्या मिश्र वारंवारता (distortion products) ओळखतात. यावरून असे दिसते की त्यांनी ध्वनिसंकेत ओळखण्यासाठी एक बहुस्तरीय प्रक्रिया प्रणाली (multi-layered auditory processing) विकसित केली आहे.

अधिक प्रभावी ध्वनिसापळे तयार करणे : नर डास मादीच्या पंखांच्या आवाजावर आधारित जोडीदार शोधतात. त्यामुळे त्यांची ऐकण्याची प्रणाली डासांच्या प्रजननावर आळा घालण्यासाठी एक आशादायक लक्ष्य ठरते, असे कामिकोची यांना वाटते. या अभ्यासाच्या आधारे, वैज्ञानिक असे सापळे तयार करू शकतात जे केवळ एकच नाही, तर अनेक, अगदी विकृत ध्वनिप्रकार निर्माण करू शकतील आणि ते खऱ्या मादी डासांच्या आवाजाशी अधिक मिळतेजुळते असतील.

आश्चर्यकारकपणे गुंतागुंतीची ऐकण्याची प्रणाली : हा अभ्यास कीटकांच्या ऐकण्याच्या क्षमतेबाबत आपले आकलन खूपच वाढवतो. यातून असे लक्षात येते, की नर डासांची ऐकण्याची प्रणाली अतिशय विशिष्ट, गुंतागुंतीची आहे आणि गोंगाटमय वातावरणातही साथीदार शोधण्यासाठी उत्क्रांतीतून विकसित झाली आहे. फक्त एकाच संकेतावर अवलंबून न राहता, ते अनेक मिश्रध्वनी प्रकारांचे विश्लेषण करतात उदाहरणार्थ, मादी आणि नर डासांच्या पंखांच्या आवाजांचे मिश्रण. यावरून हेच सिद्ध होते की डासांच्या प्रजनन यशासाठी त्यांच्या ऐकण्याच्या क्षमतेवर तीव्र उत्क्रांती दबाव होता.

ध्वनीचा वापर जीवनरक्षणासाठी : या अभ्यासातून असाही निष्कर्ष निघतो, की काही ध्वनिप्रतिसाद नर आणि मादी दोघांमध्ये समान आहेत, कदाचित हे प्रतिसाद त्यांच्या उत्क्रांतीच्या प्रारंभीपासून आहेत, जेव्हा प्रजनन व्यवहार फारसे विशिष्ट झाले नव्हते. उदाहरणार्थ, दोघेही ड्रॅगनफ्लायसारख्या भक्षकांच्या पंखांच्या कमी वारंवारतेच्या आवाजाला प्रतिसाद देतात. या निरीक्षणावरून असे वाटते की डासांच्या ऐकण्याच्या प्रणालीचा आरंभ जीव वाचवण्यासाठी झाला असेल.

उत्क्रांतीमधून विकसित झालेली विशेष प्रणाली : यातून असा निष्कर्ष निघतो, की डासांची ऐकण्याची प्रणाली केवळ प्रजननासाठी नव्हे, तर भक्षकांचा धोका ओळखण्यासाठीसुद्धा (ड्रॅगनफ्लायचे पंखांचे आवाज) विकसित झाली आहे. त्यामुळे डासांची ध्वनिप्रक्रिया यंत्रणा ही जीवनरक्षण आणि प्रजनन दोन्हीसाठी वापरली जाणारी प्रणाली आहे.

डास, ध्वनी, आणि माणसांची झोपमोड : नर डासांनी नव्या, उच्च दर्जाच्या ऐकण्याच्या क्षमतेचा विकास प्रजननासाठी केला असला, तरीही ते जुने सुरक्षाविषयक इंद्रिय आजही वापरत आहेत. संशोधकांच्या मते, आपण या ऐकण्याच्या प्रजनन व जीवसंरक्षण या दुहेरी भूमिकेचे पूर्ण आकलन केले, तर आपण डासांच्या जीवनचक्रात व्यत्यय आणू शकतो. आपण डासांनी अवलंबलेल्या ध्वनींची नक्कल केली, किंवा त्यात हस्तक्षेप केला, तर आपण त्यांच्या प्रजनन किंवा अस्तित्वक्षमतेला बाधा आणू शकतो. त्यामुळे अखेर कदाचित आपल्याला डासांच्या सततच्या भुणभुणी सुटका मिळू शकते. विशेषतः जिथे ते मानवी आरोग्यास सर्वाधिक धोका निर्माण करतात, तिथे ही शक्यता जास्त असते.

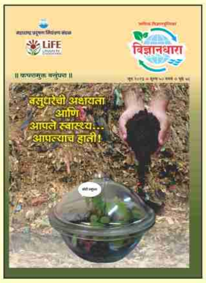
डासांशी लढा म्हणजे विज्ञानावरील विश्वासाची एक कसोटी आहे. डास हा केवळ एक त्रासदायक कीटक नाही, तर ते एक पर्यावरणीय, जैविक, आणि सामाजिक आव्हान आहे. आपण जितकी विज्ञानात प्रगती करतो, तितक्याच प्रगल्भतेने आपल्याला अशा लघुदर्शक विरोधकांना सामोरे जावे लागणार आहे. कोरोना विषाणूंच्या कोव्हिड-१९ महामारीने त्यावर शिक्कामोर्तब केले आहे. त्यामुळे प्रश्न असा नाही की डास आपल्याला हरवत आहेत का? तर प्रश्न आहे, आपण विज्ञानाच्या बळावर डासांविरुद्ध नीट आखलेली, सुसंगत आणि दीर्घकालीन लढाई लढतो आहोत का? शत्रूला कमी लेखून आपण ही लढाई लढत आहोत, हे लक्षात घेतले पाहिजे. यात आणखी एक मुद्दा लक्षात ठेवायचा आहे. डासांना निसर्गातून हद्दपार करण्याचा विचारदेखील आपण करू नये. तो अधिकार आपल्याला नाही. आपण फार तर आपल्या सोयीसाठी त्यांना आपल्या अधिवासाबाहेर ठेवू शकतो! तोच पर्याय निसर्गाशी संतुलन साधणारा आहे. आपला अधिवास गचाळ ठेवायचा आणि विज्ञान आपल्याला मदत करेल ही अपेक्षा करता येणार नाही!

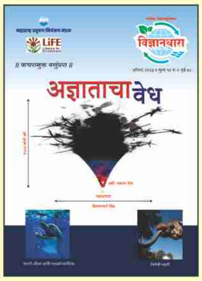
संदर्भ

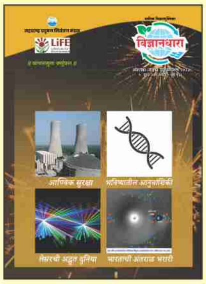
https://www.earth.com/news/scientists-learn-how-mosquitoes-use-sound-to-outsmart-and-evade-human-defenses/

– शरद काळे
sharadkale@gmail.com

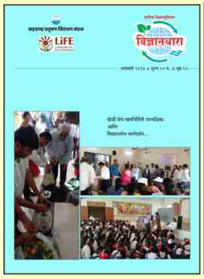
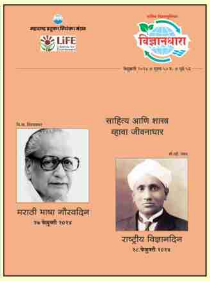
विज्ञानधारा जून ते डिसेंबर २०२३मधील अंक

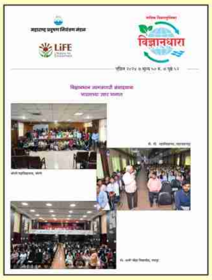
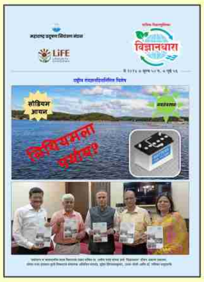
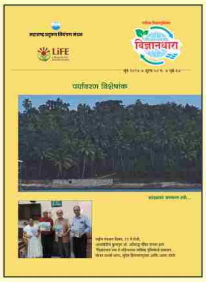
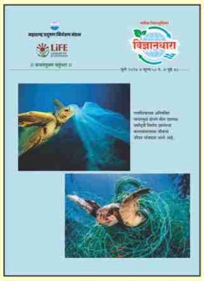


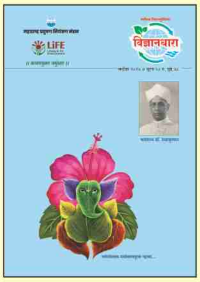
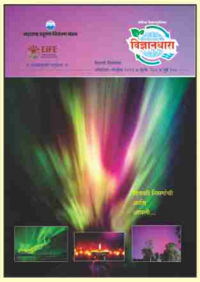
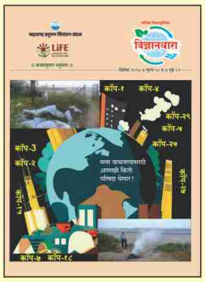




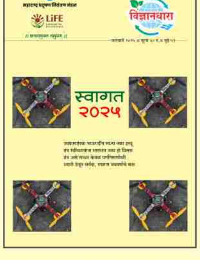
विज्ञानधारा जानेवारी ते डिसेंबर २०२४मधील अंक

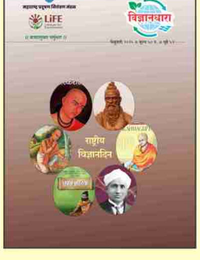



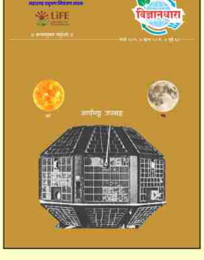





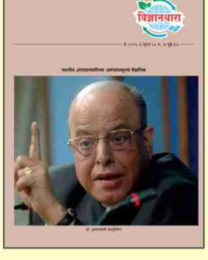




विज्ञानधारा जानेवारी ते जून २०२५ मधील अंक









अपघातांना कारणीभूत मानवी चुका टाळता येणे गरजेचे!