

एप्रिल-मे २०११

शैक्षणिक

# संदर्भ




अंक ६९

शिक्षण आणि विज्ञान  
यात रुची असणाऱ्यांसाठी



# अनुक्रमणिका

शैक्षणिक संदर्भ अंक - ६९

	बीजांकुरण .....	३
	पदार्थाची चौथी अवस्था .....	१३
	● आयुर्वेदाच्या चष्यातून माणूस .....	१७
	● और लाठी भी ना टूटे - भाग २ .....	२४
	सुंदरम्ची चाळणी .....	२८
	● अणू आणि ऊर्जा .....	३५
	● आकाशाला गवसणी .....	४१
	● रूप देखणे - ग्राफीन .....	४४
	● आहार कोणता आणि कशासाठी? .....	४८
	● अनुमानाचे महत्त्व आणि अनुभवाचंही .....	५३
	● वेरूळ, घारापुरीची लेणी .....	६१
	● मोठा? किती मोठा? .....	६६
	● विज्ञान रंजन स्पर्धा .....	७४
	● कुणीतरी आहे तिथं .....	७९



हे लेख शालेय पाठ्यक्रमाला पूरक आहेत.

## मुखपृष्ठाबद्दल

मी घरामधे सोप्यावर आरामात लोळत होतो. माझं आवडतं मांजर त्याच्या ताटलीतून लपालपा दूध पीत होतं. अगदी पटापट. 'या लेकाला तोंड बुडवावं कसं लागत नाही दुधात? आपल्याला येईल का असं दूध पिता? लपालप करून?' माझ्या मनात चक्र चालू झालं होतं. कुत्र्यांना सुद्धा असं चटाचटा प्यायला येत नाही. शिवाय त्यांना तोंड बुडवावंच लागतं. मी मग बाकी प्राण्यांचं ही दूध पिणं आठवून बघितलं...



मग तर मी अभ्यासच करायचा ठरवला... मांजराच्या जिभेचं टोक आतल्या बाजूला वळलेलं असलं, तरी बाकी जीभ सरळ ताटलीपर्यंत आलेली असते. जेमतेम टोक दुधात बुडलं की झटकन् तोंडात ओढली जाते. ती चमच्यासारखी दुधात बुडवली जात नाही. म्हणजे पाण्याला आपला तळहात टेकल्यावर जसा आणि जितपत ओला होतो, तितपतच जिभेला तो पदार्थ चिकटतो. जीभ तोंडात ओढून तोंड बंद करेपर्यंत त्या पदार्थाचा ताटलीपासून तोंडापर्यंत सूक्ष्मसा स्तंभच तयार होतो. मग हा स्तंभ

गुरुत्वाकर्षणाने खाली नाही का पडणार? तर तो खाली पडायच्या आतच मांजराने चाटून संपवलेला असतो. तुम्ही पाहिलं असेल की मांजराची हनुवटी बुडलेली नसते दुधात. नंतर माझ्या लक्षात आलं की १९४० मधे हॅरॉल्ड डॉक एडगरटन यांनी एक मांजराची फिल्म घेतली होती. त्यातसुद्धा हे स्पष्ट दिसत होतं.

एमआयटी मधले दोगंजण अशाच फिल्म घेऊन अभ्यास करत होते. घरातल्या मांजरी आणि मांजर कुळातले मोठे प्राणी - चित्ता, वाघ, सिंहसुद्धा - कसे लपालपा करत पाणी/दूध पितात ते यातून दिसलं. गुरुत्वाकर्षण शक्ती आणि जडत्व (inertia) या दोन्हीचा अचूक समतोल इथे साधला जातो. पाणी पिताना हे प्राणी क्षणभर जरी थांबले, तरी पाण्याचा सूक्ष्म स्तंभ परत पाण्यात पडतो. तोंडात काहीच येत नाही. प्राण्यांना हे आपसूकच कळत असते की किती वेगानं जिभेची हालचाल करायला हवी.

या प्राण्यांच्या जिभेचा वेग आणि वारंवारता (frequency) अभ्यासकांनी मोजली. त्यांच्या लक्षात आलं की पाण्याच्या स्तंभावर दोन विरुद्ध दिशांनी काम करणारे जोर - म्हणजे गुरुत्वाकर्षण आणि जडत्व यांचे संतुलन साधण्यासाठी प्राणी त्यांचा 'लपालपा' करण्याचा वेग ठरवतात. छोट्या मांजरींची जीभ छोटी असते. त्यांना सेकंदात चार वेळा 'लपालप' करावे लागते. पण मोठ्या जिभेच्या चित्ता-वाघ यांना या संतुलनासाठी सावकाश प्यायले, तरी चालते. या सर्वच प्राण्यांच्या बाबतीत, गुरुत्वाकर्षण आणि जडत्व यांचे गुणोत्तर जवळजवळ १:१ असल्याचेच आढळले.

रोमन स्टॉकर यांच्या 'सायन्स' नियतकालिकातील लेखावरून रूपांतरित

आधार : [www.technologyreview.in/article/32332](http://www.technologyreview.in/article/32332)



## बीजांकुरण

लेखक : आमोद कारखानीस

आपल्या शाळेच्या विज्ञानाच्या पुस्तकात 'बीजांकुरण' म्हणून एक धडा असतो. 'बीला अंकुर फुटण्यासाठी कोणकोणत्या गोष्टी आवश्यक असतात, सप्रयोग सिद्ध करा' हा त्यावरचा परीक्षेतला नेहमीचा प्रश्न. त्यासाठी अनेक पुस्तकांमध्ये प्रयोगही दिलेला असतो. (चौकट पहा) आमच्या शाळेतही आम्ही हा प्रयोग करून बघितला. त्यावरून बीला मोड येण्यासाठी हवा व पाणी आवश्यक आहेत असा निष्कर्षही मुलांनी काढला. काही मुलांनी भिजवलेल्या बिया फ्रिजमध्ये ठेवून पाहिल्या. फ्रिजमध्ये ठेवलेल्या एकाही बीला मोड आले नाहीत, परंतु तेवढाच वेळ बाहेर ठेवलेल्या बियांना मोड आले. यावरून अनुमान निघाले की हवा व पाणी यांच्या जोडीला योग्य तापमान हाही एक आवश्यक घटक आहे.

या प्रयोगातून बीला अंकुर येण्यासाठी हवा-पाणी-योग्य तापमान या गोष्टी आवश्यक आहेत असे लक्षात आले. परंतु या तीनच गोष्टी पुरेशा आहेत का - हे आपण यावरून सांगू शकत नाही. हा प्रयोग आम्ही

दोन प्रकारच्या बिया घेऊन केला परंतु सामान्यपणे लागू असणारे विधान - generalized statement - करण्यासाठी असाच प्रयोग अनेक वेगवेगळ्या बिया घेऊन करायला पाहिजे. प्रयोग करताना मुलांना मजा आली होती. त्यामुळे मी मुलांना 'वेगवेगळ्या बियांवर प्रयोग करून पाहिले पाहिजे' असं सुचवल्यावर मुलांना उत्साह आला. त्यांनी वेगवेगळ्या बियांना मोड आणण्याचे प्रयत्न केले - काही मुलांनी आंब्याची कोय तर काहींनी नारळाला सुद्धा मोड येतात का पाहण्याचा प्रयत्न केला. काही बियांना लगेच मोड आले तर काहींना खूप वेळ लागला. एका मुलाने सांगितले की त्याने भेंडीच्या बीला मोड आणण्याचा प्रयत्न केला पण एकाही बीला मोड आले नाहीत.

या प्रयोगांच्या निमित्ताने बी केव्हा अंकुरित होते यावर मीही जरा खोलवर विचार करू लागलो. त्यातील काही, जे जरा सुसंगत वाटले, ते इथे मांडतो आहे.

आपण हे नेहमी पाहतो की पावसाळा

सुरू झाला की सर्वत्र हिरवळ दिसू लागते, नवीन रोपटी उगवू लागतात. थोडं बारकाईने बघितलं तर हे सहज लक्षात येईल की जमिनीच्या वरच्या थरातल्या सगळ्या प्रकारच्या सर्व बिया एका वेळी उगवत नाहीत. तसं पाहिलं तर हवा, पाणी, तापमान व सूर्यप्रकाश सर्वांसाठी सारखाच आहे - मग काही बिया आधी, लगेच व काही उशीरा अंकुरित होतात. हे कसे? याचा अर्थ बीजांकुरणासाठी आपण शाळेत रटलेल्या तीन गोष्टींशिवाय इतरही काही गोष्टींचा परिणाम होत असावा. वेगवेगळ्या बियांच्या रचनेवरून मला प्रथम असे वाटले की एखाद्या बीची साल (आवरण) किती जाड आहे यावरून पावसाळ्यात बी केव्हा उगवणार हे ठरत असावं.

## बीची रचना

वनस्पतीशास्त्राच्या दृष्टीने बीच्या रचनेमध्ये बीचे आवरण, त्यात अन्न साठवायची दले (एकदल किंवा द्विदल वनस्पतींनुसार एक किंवा दोन) व अंकुर (embryo) हे भाग येतात. बीच्या आवरणामुळे बीचे रक्षण होते. वेगवेगळ्या बियांमध्ये आवरणात खूप विविधता आढळून येते. अगदी नारळासारख्या जाड तंतुमय कवचापासून गव्हाच्या शेतात उगवणाऱ्या प्याजीसारखी झाडे, ज्या बियांना आवरणच नाही.

जर बी चे आवरण कडक, कठीण किंवा तेलकट असेल तर त्यात पाणी शिरू शकणार नाही. अशा बियांना मोड येण्याआधी काहीतरी करून ते फाटले पाहिजे. हे

पुस्तकात दिलेल्या प्रयोगात मोहरी, मका, चणे अशा काही धान्यांच्या कमीत कमी ९ बिया घेतल्या. कागदाच्या तीन छोट्या पुंगळ्या करून प्लॅस्टीकच्या पट्टीला बांधल्या. एक पुंगळी पट्टीच्या बरोबर मध्ये व दुसऱ्या दोन तिच्या दोन्ही टोकांना येतील अशी



रचना केली.पट्टी तिरकी करून काचपात्रात ठेवली. काचपात्रात आता मधल्या पुंगळीच्या अर्ध्यापर्यंत येईल इतके पाणी भरले. या फोटोमध्ये मधल्या पुंगळीतील मक्याच्या बीचे अंकुरण होताना दिसते आहे. काही मुलांनी असेच काचपात्र बनवून फ्रीजमध्ये ठेवले पण तिथे बीजांकुरण झाले नाही.

वेगवेगळ्या प्रकारे होऊ शकते - पाण्याने सडून, किड्या मुंग्यांमुळे किंवा दळले भरडले जाऊन. उदाहरणार्थ - धणे (कोथिंबीर) लावण्याआधी ते थोडे भरडून घेतले जातात. कठीण आवरण असलेली अनेक उदाहरणं आपल्या परिचयाची आहेत - आपण खातो ती बरीचशी फळे - आंबा, चिकू, लिंबू, पेरू इत्यादींच्या बिया.

या सर्वांमधलं अगदी टोकाचं उदाहरण अर्थातच नारळ. एवढं कडक आवरण का उत्क्रांत झालं असेल व त्याचा झाडाला काय उपयोग असेल? थोडे विस्तृतपणे पाहूया.

### नारळाचं अंकुरण

आपल्याला बाजारात जो नारळ मिळतो तो म्हणजे नारळाचं बी. याचं आवरण टणक व त्यावर आणखी एक कडक तंतुमय काथ्याचं आवरण असतं. (असोला नारळ आठवून बघा.) समुद्रकिनारी असलेल्या झाडांचं नारळ खाली पडतात व भरती-ओहोटीबरोबर समुद्रात खोलवर ओढले जातात. मग समुद्राच्या लाटांवर तरंगत, हवा वाहील त्याप्रमाणे भरकटत, कुठे तरी दूरदेशी किनाऱ्यावर जाऊन पडतात. यासाठी महिने, वर्षसुद्धा लागू शकतात. नारळाच्या जाड आवरणामुळे वर्षानुवर्ष पाण्यात तरंगूनही नारळ खराब होत नाही. एकदा किनाऱ्यावर येऊन पडले की नारळाला कोंब फुटतो व त्यातून नवीन झाड तयार होते.

मला माहीत आहे तुमच्या मनात एव्हाना एक शंका चुकचुकत असणार - 'नारळाच्या

बीला कसं समजतं की आपण आता समुद्रात नाही, किनाऱ्यावर येऊन पडलो आहोत, तेव्हा उगवायला सुरुवात करावी?'

या प्रश्नाचं एकदम ठोस प्रयोगसिद्ध उत्तर मला माहीत नाही परंतु काही निरीक्षणांवरून एक चांगला अंदाज (intelligent guess) करू शकतो -

एखाद्या नारळाच्या बागेत काम करणाऱ्यांना विचारले तर ते अगदी लगेच सांगतील की नारळ लावण्यासाठी त्याची साल सोलण्याची गरज नाही. त्याचा अंकुर नारळाला असलेल्या 'डोळ्या' मधून कवच फोडून बाहेर यायला सक्षम आहे. ते तुम्हाला हेही सांगतील की नारळ लावण्याअगोदर बरेच दिवस तो पाण्यात भिजत ठेवावा लागतो. मग तो अशा ठिकाणी जमिनीत गाडून लावला पाहिजे जेथे पाण्याचा निचरा होत असेल.

नैसर्गिकरित्या नारळ रुजण्याच्या प्रक्रियेत बरेच दिवस पाण्यात भिजून वाहत किनाऱ्यावर येणे व तेथे रुजणे या गोष्टी होतात - म्हणूनच नारळाच्या बीचा रुजण्याचा संकेत (trigger) पाण्यात नीट भिजणे आणि मग वाळणे हा आहे. यावरून बीला कळते की ती आता जमिनीवर आली आहे. आता कोंब फुटण्याची वेळ झाली. या इथे एक गोष्ट पुन्हा लक्षात आणू देऊ इच्छितो - नारळाच्या वरचं आवरण तुटण्याची किंवा त्याला भेग पडण्याची फारशी गरज नाही, एकदा का रुजण्याचा संकेत मिळाला की अंकुर ते



गोखरू : हवाबंद बियांचं उत्तम उदाहरण. गोखरूमध्ये जागृत आणि सुप्त अशा दोन्ही प्रकारची बीजं तयार होतात. हे काटेरी फळ फुटून बिया बाहेर पडतात. जागृत बिया पाणी मिळाल्यावर लगेच अंकुरतात पण सुप्त बिया मात्र योग्य संधीची वाट पाहतात.

आवरण भेदून बाहेर येतो.

असाच पण या उलट क्रमाचा संकेत आपल्याकडील बऱ्याच वृक्षांबाबत दिसून येतो. रुजण्यासाठी बी एकदा कडकडीत वाळावी लागते व त्यानंतर ओली केली असता बी रुजते. (उदा. आंबा) हा असा संकेत का उत्क्रांत झाला असावा? माझा अंदाज पुढीलप्रमाणे - बीला रुजण्यासाठी हवा-पाणी-योग्य तपमानाची गरज आहे. आपल्यासारख्या उष्ण कटिबंधातल्या प्रदेशात पाणी उपलब्ध असणे सर्वांत महत्त्वाचे. पाणी मिळणार पावसाळ्यात. उन्हाळ्यात झाडावरून पडलेल्या बीला आपण योग्य ऋतूमध्ये आहोत याची खात्री होण्याची गरज आहे म्हणूनच बी हे सुनिश्चित करते की एकदा कडकडीत उन्हात सुकून मगच पाणी मिळण्याचा ऋतू आला आहे.

उत्तरेकडील (युरोप, उत्तर अमेरिका वगैरे) देशांमध्ये हिवाळा खूपच कडक असतो. तेथे हिवाळ्यात कोणतीही बी रुजत नाही. उन्हाळ्याच्या महिन्यांमधल्या उबदार कालखंडाचा जास्तीत जास्त वापर बीला

रुजणे व मूळ धरणे यासाठी करायचा असतो. त्यासाठी उन्हाळ्याच्या सुरुवातीला म्हणजे जून-जुलै मध्ये वातावरण उबदार होऊ लागते, तेव्हाच कोंब फुटण्याचा संकेत मिळायला हवा, परंतु यात एक अडचण आहे. उन्हाळा सुरू होता होताना असते तसे - तेवढे तापमान वर्षातून दोनदा येते - एकदा हिवाळा संपून उन्हाळा सुरू होताना व एकदा उन्हाळा संपून हिवाळ्याच्या सुरुवातीला (सप्टेंबर-ऑक्टोबर). त्या विशिष्ट तपमानाचा संकेत घेऊन बी सप्टेंबर-ऑक्टोबरमध्ये उगवून नंतरच्या थंडीत मरून जाऊ नये, म्हणून येथील अनेक झाडांच्या बिया एकदा खूप थंड करून मग उबवल्या तरच अंकुरतात.

### विविध धोरणे

तसं पाहिलं तर बीचं रुजणं हा वनस्पती जीवनातील एक सामान्य टप्पा आहे. परंतु त्याद्वारे वंशवृद्धी होत असल्याने कोणत्याही परिस्थितीत काही बिया तरी योग्य रुजून वाढल्याच पाहिजेत यासाठी वेगवेगळ्या वनस्पतींमध्ये वेगवेगळ्या पद्धती विकसित झालेल्या आहेत. एक धोरण (strategy)



असे असू शकते की मोठ्या प्रमाणात बिया विखरून पसरून द्यायच्या, त्या साऱ्या बिया एकदम रुजतील म्हणजे त्यातील काही तरी नक्की वाचतील व मोठ्या होतील. याउलट चाकवताच्या (chenopodium album) फळामध्ये दोन प्रकारच्या बिया असतात. एक बी लगेच रुजते, इतर बिया सुप्तावस्थेत असतात. त्यांना थोड्या अंतरांतराने कोंब



वणव्यानंतर रुजलेल्या बिया उगवून आलेल्या दिसताहेत

फुटतात. तसेच आणखी एक उदाहरण म्हणजे गोखरू. (cocklebur) यातही सुप्त व जागृत बिया असतात. जागृत बी पाणी मिळाल्यावर लगेच अंकुरते तर दुसरे तसेच मातीत बराच काळ पडून राहते. गोखरूचे फळ हवाबंद असते. कोणत्याही बीला कोंब येण्यासाठी आधी हे काटेदार फळ फाटावे लागते.

वर्षावनांमध्ये (rain forest) वनस्पती व वृक्षांची मोठी दाटी असते. तिथे (हवा-पाणी-तपमान) तिन्ही गोष्टी योग्य असूनही बिया रुजत नाहीत. कारण एका चौथ्या गोष्टीचीही झाडाला गरज असते, ती म्हणजे सूर्यप्रकाश. वर्षावनांमध्ये झाड झाडोऱ्याच्या दाटीमुळे जमिनीपर्यंत सूर्यप्रकाश पोहोचू शकत नाही. त्यामुळे नवीन रोपटे उगवले तरी प्रकाशसंश्लेषण करून अन्न बनविण्यासाठी पुरेसा प्रकाश कसा मिळणार? अशा परिस्थितीत बीच्या हातात

आपल्यावरील आकाश थोडेसे तरी मोकळे होण्याची वाट पाहणे एवढेच उरते.

वनांमधील दाटी कमी होऊन मोकळीक होण्याचा एक मार्ग आहे - आग. आणि नेमका याचाच ऑस्ट्रेलियातील काही वनस्पती फायदा घेतात. ऑस्ट्रेलियामधील जंगलांमध्ये वणवे लागणे नैसर्गिकच आहे. लक्षात घ्या की आपल्याकडे वणवे कधीही नैसर्गिक कारणांनी लागत नाहीत. आपल्याकडील बहुतांश वणव्यांमागे कुठेतरी माणूस कारणीभूत असतो. पण ऑस्ट्रेलियाची गोष्ट वेगळी. इथे वणवा लागला की भराभर पसरतो. थोड्या काळासाठी वणव्याची धग खूप जास्त असते, पण ही आग जितक्या भरभर लागते तितकीच चटकन विझूनही जाते. अशा वणव्यांमध्ये वाळकं गवत व छोटी मोठी रोपटी जळून जातात व जागा मोकळी होते. ऑस्ट्रेलियन बाभूळ (Acacia





या पश्चिम ऑस्ट्रेलियातील शेंगवर्गीय वनस्पतीच्या बिया जमिनीत पडून राहतात. जंगलात पसरणाऱ्या नैसर्गिक वणव्यातील आगीमुळे बियांवरचं कवच जळतं आणि बीजांकुरणाचा मार्ग खुला होतो. भारतातील शिरीष वृक्ष याच कुळातला आहे.

longifolia) या मूळ ऑस्ट्रेलियातील झाडाच्या बियांना याच संधीचा फायदा घेऊन मोड येतात. या झाडाच्या बिया एकदा खूप जास्त तापमानात भाजल्याशिवाय रुजतच नाहीत. ऑस्ट्रेलियातील अजून एक उदाहरण आहे शिरीष (Albizia) जातीच्या वृक्षांचे. या झाडांच्या शेंगांमध्ये बीच्या वर बुचासारखा हलका पदार्थ असतो. जेव्हा शेंगा नुसत्याच मातीत पडून असतात तेव्हा बुचाच्या आवरणामुळे बीला पाणी लागत नाही. वणव्यामध्ये हे बुचाचे कवच जळते - फाटते व त्यानंतर पाणी मिळाले की बीला लगेच कोंब फुटतो.

### प्रकाशाचा प्रभाव

आपण आत्तापर्यंत पाहिलेल्या उदाहरणांमध्ये प्रकाशाचा फारसा उल्लेख झाला नाही. परंतु अनेक बियांना प्रकाश-अंधार जाणवू शकतो हे ऐकून आपल्याला आश्चर्य वाटेल. बीला रात्र किंवा दिवस कळू शकते,

एवढेच नाही तर प्रकाश काय प्रकारचा आहे हे ही अनेक बियांना समजू शकते. घनदाट जंगलात जमिनीवर पडणारा प्रकाश पानांच्या जाळीमधून (canopy) झिरपून खाली आलेला असतो. सर्वात वर असणारी पाने प्रकाश संश्लेषण (photo synthesis) करण्यासाठी लाल व निळा प्रकाश शोषून घेतात. जोपर्यंत बियांपर्यंत लाल प्रकाश पोहोचत नाही तोपर्यंत काही बिया अंकुरत नाहीत. कारण त्याचा अर्थ अजून वर पानांचे आच्छादन आहे.

परंतु काही कारणाने जंगल विरळ झाले. (उदा. एखादे मोठे झाड पडून गेले) तर जमिनीवर पोहोचणाऱ्या प्रकाशात लाल रंगाचे प्रमाण वाढते व तो संकेत साधून सुसावस्थेत पडलेल्या अनेक बियांना पटापट मोड येतात. अशा रीतीने कळत नकळत पानांच्या महिरपीने जमिनीवरील बियांच्या अंकुरण्यावर अंकुश ठेवला जातो.

## फायटोक्रोम

विसाव्या शतकाच्या सुरुवातीला वनस्पती शास्त्रज्ञांच्या हे लक्षात आले होते की काही बियांना थोडा वेळ प्रकाश दाखवला तर अंकुरण्याची प्रक्रिया जास्त प्रमाणात होते. ही गोष्ट काही अत्यंत छोट्या बियांबाबत जास्त लागू पडते. हे असे का असावे?

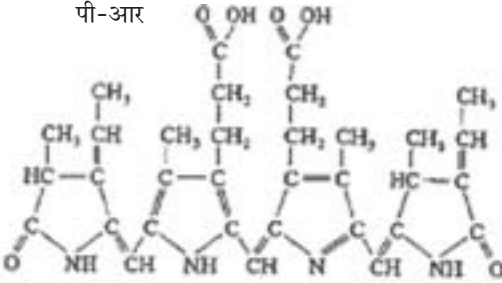
या बिया एवढ्या छोट्या आहेत की त्यांमधील अन्नसंचयही खूपच कमी असतो.

जर ही जमिनीत खोलवर गाडली गेली असेल तर मोड जमिनीच्या थरातून आतून वरपर्यंत पोहोचण्यामधेच सारे अन्न संपून जाईल. मग त्यानंतर पाने फुटायला बळ कोटून आणायचे? म्हणून अशा छोट्या बिया जोपर्यंत जमिनीच्या वरच्या थरात पोहोचत नाहीत तोपर्यंत अंकुरत नाहीत. यासाठी उपयोगात येतो लाल रंगाच्या प्रकाशाचा संकेत. सालीट (*Lactuca sativa*) किंवा

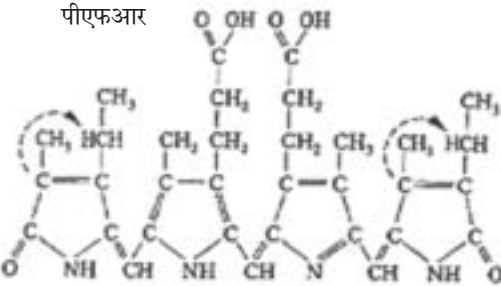


पीएफआर आपोआपच पीआर मध्ये रूपांतरित होतो.

पी-आर



पीएफआर



फायटोक्रोम : प्रकाशाचा संकेत झाडांना कळतो कसा? त्यासाठी फायटोक्रोम हे वर्णद्रव्य त्यामध्ये असते. याची दोन रूपे असतात. पी-आर आणि पीएफआर. लाल प्रकाश आणि अवरक्त प्रकाशाच्या संपर्कात यांचे एकमेकांत रूपांतर होते. त्यांची रासायनिक संरचना इथे दिली आहे.

अ - लेट्यूसचे मातीतील दबून राहिलेले बी.

ब - वातावरणातील अनुकूल परिस्थितीत बी च्या टोकापासून मुळाचा भाग जमिनीत खोल जाऊ लागतो.

क - शेवटी अंकुर माती भेदून बाहेर येतो.



लेट्यूसच्या बियांनाही प्रकाश समजतो. लेट्यूसच्या बिया थोड्या भिजवून त्यांना प्रकाश दाखवला तर लगेच मोड येतात. परंतु सुक्या बियांना प्रकाश दाखवून काहीही होत नाही. १९३४ मध्ये अमेरिकेतील शास्त्रज्ञांनी शोधून काढले की या बियांना फक्त ४ सेकंद प्रकाश दाखवला तरी पुरतो. त्यातही तो लाल रंगाचा असावा लागतो. लेट्यूसबाबत आणखी मजेदार गोष्ट म्हणजे जर त्याच बीला लाल नंतर अवरक्त (इन्फ्रारेड) प्रकाश दाखवला तर बीजांकुरणाची प्रक्रिया थांबते. म्हणजे लाल व अवरक्त प्रकाश एखाद्या on-off स्वीच सारखा काम करतो म्हणा ना !

### पावसाळा कसा ओळखणार ?

बीला अंकुर फुटण्यासाठी दुसरी महत्त्वाची गरज आहे पाण्याची. आपल्याकडचा पाऊस तसा बेभरवशाचा. कधी कधी जोरदार वळवाच्या सरी येतात आणि त्यानंतर बरेच दिवस कोरडेच. मग अशा वेळेस बीला कसं कळणार की आता पडलेला पाऊस म्हणजे एखादा लहरी ढग बसरला आहे की खरंच

पावसाळा सुरू झालाय ?

सामान्यतः बीच्या आवरणात काही विशिष्ट रसायने असतात. यांचे एक काम बीचे बॅक्टेरिया व इतर रोगजंतूंपासून रक्षण करणे. याचबरोबर हे आवरण बीला केव्हा अंकुर फुटणार याचे नियंत्रणही करत असते. जोपर्यंत पावसाचे पाणी बीच्या आवरणात घुसून ही रसायने पूर्णपणे धुऊन काढून टाकत नाही, तोपर्यंत बीला अंकुर फुटत नाही. सांगणे न लगे की हे काम होईपर्यंत पावसाळा व्यवस्थित सुरू झालेला असतो. काही ठिकाणी (उदा.) हे काम सामान्य मिठाने होते तर काहींमध्ये सायनाइड किंवा अमोनियाजन्व रसायने असतात.

### परजीवी वनस्पतीची समस्या

बांडगुळांसारख्या (parasites) दुसऱ्यावर अवलंबून असणाऱ्या (परजीवी) वनस्पतींना आणखी एका समस्येवर मात करावी लागते. आता striga hermontheca चे उदाहरण घेऊया. ही मुळांवर वाढणारी वनस्पती. म्हणजे हे झाड आपले अन्न स्वतः बनवत नाही तर दुसऱ्या

(host plant) झाडाच्या मुळात आपली मुळे रुतवून पोषक द्रव्ये शोषून घेते. striga किंवा witch weed ला यासाठी गरज असते सिल्वरलीफ (silverleaf desmodium) या रोपाची. जर striga च्या बी, जवळ silverleaf चे झाड नसेल तर अंकुर फुटून तरी काय उपयोग? त्यापेक्षा सुप्तावस्थेत पडून silverleaf चे झाड जवळपास उगवते काय याची वाट पहावी. silverleaf च्या मुळांमधून strigol नावाचे एक विशेष प्रकारचे रसायन स्रवते. हे रसायन विषारी आहे. त्यामुळे याच्या जवळपास इतर झाडे उगवत नाहीत. त्यामुळे मातीतील पाणी व इतर पोषक द्रव्यांसाठी स्पर्धा कमी होते. witch weed च्या बिया याच रसायनाची वाट पाहत असतात. हे रसायन मातीत आहे याचा अर्थ आपल्याला हवे ते रोप जवळपासच कोठेतरी आहे. मग या बियांना मोड येतात. भारतातही striga च्या जाती ज्वारी व उसाच्या शेतात बऱ्याचदा आढळून येतात. उदा. पिवळा आग्या.

### पोषक तत्वांची उपलब्धता

हवा, पाणी, तापमानाच्या जोडीला झाडाच्या सुयोग्य वाढीसाठी सुपीक जमिनीची आवश्यकता असते. दगडधोंड्यात, उजाड जमिनीवर पडलेले बी कदाचित अंकुरित होईलही पण झाड वाढणार नाही. आपल्या बिया कुठेतरीच न पडता सुपीक जमिनीत पडायला हव्यात. पण हे कसे होणार? त्यासाठी एक उपाय म्हणजे रसायनांच्या

मदतीने जमीन कितपत सुपीक आहे हे समजून घेणे किंवा दुसरा उपाय स्वतःच आपल्याला लागणारी खते घेऊन हिंडणे. अनेक फळझाडांनी हा दुसरा उपाय वापरलेला दिसतो.

वडा, पंपळाची झाडे कित्येकदा भिंतीवर किंवा दुसऱ्या झाडाच्या फांदीवरून उगवलेली तुम्ही पाहिली असतीलच. या झाडांच्या बिया पसरवण्याचे काम मुख्यतः त्याची फळे खाणाऱ्या पक्ष्यांमार्फत होते. पक्ष्यांच्या पोटात फळाबरोबर बियाही जातात. त्यांच्या पचनसंस्थेतून प्रवास करताना त्यातील कठीण किंवा बुळबुळीत बिया सहीसलामत राहतात. पण त्यांचे आवरण निघून जायलाही मदत होते. पक्ष्यांच्या विष्टेबरोबर या बिया बाहेर पडतात आणि ही विष्टाच त्यांच्यासाठी पोषक तत्वांचे भांडार असते.

आसाम व नेपाळच्या भागात सापडणाऱ्या एका गवताच्या प्रकाराचा किस्सा असाच मजेदार आहे. हा भाग 'भारतीय गेंड्यांचं वसतीस्थान' आहे. खाण्यापिण्याबाबत गेंडा थोडा चोखंदळच आहे. त्याला काही विशिष्ट प्रकारचे गवत जास्त आवडते. खाताना गवताबरोबर त्याच्या बियाही खाल्ल्या जातात. या बिया कडक असतात व गेंड्यांच्या पचनसंस्थेतून तशाच बाहेर पडतात. तसा गेंडा नियमितपणे वागणारा प्राणी. सकाळी खाणे, दुपारी थंड पाण्यात डुंबणे व मग नदीकिनारी खुल्या जागेत चिखलावर जाऊन 'मलत्याग', अशी रोजची दिनचर्या. न पचलेल्या इतर गोष्टींबरोबर

गवताच्या बियाही बाहेर येतात. मोकळी नदीकाठची चिखलयुक्त नरम जमीन व बरोबर पोषक खतांचा खजिना ! एखाद्या बीला अंकुरण्यासाठी अजून काय हवं?

गेंड्याच्या मदतीने बीजप्रसार करणारे दुसरे झाड म्हणजे पेटारी. (Trevia nudiflora). पेटारीची झाडं नेहमी खुल्या जागेत आढळतात. याचं कारण गेंडे महाशयांना याची फळं खूप आवडतात व ते त्याच्या 'सवयी' प्रमाणे बिया मोकळ्या जागेत जाऊन टाकण्याचे काम करतात.

आपण बीला अंकुरित होण्यासाठी लागणाऱ्या विविध गोष्टींची माहिती घेतली. आता मी पुन्हा माझ्या मूळ प्रश्नाकडे येतो - 'बीला अंकुरण्यासाठी कोणकोणत्या गोष्टींची आवश्यकता असते?'

आमच्या शाळेतल्या एका मुलाने

भेंडीच्या बिया रुजवण्याचा असफल प्रयोग केला होता. माझे अवलोकन - भेंडीच्या बीचे आवरण जाड, कडक व बुळबुळीत असतं. माझ्या काही वनस्पतीशास्त्रज्ञ मित्रांच्या मते भेंडीला मोड येण्यासाठी ती रात्रभर पाण्यात भिजवून ठेवली पाहिजे.

आणखी एक कारण ती भेंडी जर संकरित (हायब्रीड) जातीची असेल, तर त्या बिया पुनरुत्पादनक्षम नसतीलही. शक्य आहे. आमच्या प्रयोगात काही त्रुटी होत्या. पण मामला दिसतो तेवढा सरळ नाही हे खरं. तुम्हीही प्रयोग करून पहा, वेगवेगळ्या बिया रुजण्यासाठी काय काय लागतं ते शोधण्याचा.

□□

लेखक : आमोद कारखानीस, मुंबई  
व्यावसायिक काँप्युटर इंजिनियर, लेखन आणि चित्रकलेची आवड. एकलव्य, भोपाळ यांच्या कामात सहभागी. मो. : ९८२०९०८२४१

जानेवारी २०११ पासून  
नव्या स्वरूपात



वार्षिक वर्गणी  
रु. २००/-

# पालकनीती

पालकत्वाला वाहिलेले मासिक

पालकनीती परिवार, अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा, डेक्कन जिमखाना, पुणे ४.

फोन : २५४४९२३०



# प्लास्मा

## पदार्थाची चौथी अवस्था

लेखक : हेमंत लागवणकर

सर्वसाधारणपणे पदार्थाच्या तीन प्रमुख अवस्था आहेत. त्या म्हणजे, स्थायू, द्रव आणि वायू. पण आपल्याला पहायला मिळणाऱ्या या तीन अवस्थांखेरीज पदार्थाची आणखीही एक अवस्था आहे. ती म्हणजे 'प्लास्मा अवस्था'. स्थायू पदार्थाला उष्णता देऊन त्याचं रूपांतर द्रव पदार्थात आणि द्रव पदार्थाला उष्णता देऊन त्याचं रूपांतर वायू अवस्थेमध्ये करता येतं. या वायू अवस्थेतील पदार्थाला ठरावीक प्रकारे ऊर्जा पुरवल्यास त्या वायूचं रूपांतर प्लास्मा अवस्थेमध्ये होतं.

१८७९ साली सर विल्यम क्रूक यांनी पदार्थाच्या या चौथ्या अवस्थेचा शोध लावला. पण या अवस्थेचं नामकरण 'प्लास्मा' असं करण्यासाठी १९२९ साल उजाडावं लागलं. डॉ. आयर्विंग लॅंगमूर यांनी

पदार्थाच्या या चौथ्या अवस्थेला 'प्लास्मा' असं नाव दिलं.

खरं म्हणजे, प्लास्मा अवस्थेतील पदार्थसुद्धा वायू अवस्थेमध्येच असतो, असं म्हटल्यास चुकीचं ठरणार नाही. मग असं असलं तरी ही पदार्थाची 'चौथी अवस्था' म्हणून वेगळी का गणली जाते? यामागचं कारण म्हणजे, प्लास्मा अवस्थेतील कण हे अणू स्वरूपात नसतात, तर ते आयनांच्या स्वरूपात असतात. याउलट, स्थायू, द्रव आणि वायू स्थितीमधील पदार्थ मात्र अणूंच्या स्वरूपात असतात. आयनांच्या स्वरूपात असलेल्या कणांमुळेच प्लास्मा ही इतर तीन अवस्थापेक्षा वेगळी अवस्था म्हणून गणली जाते.

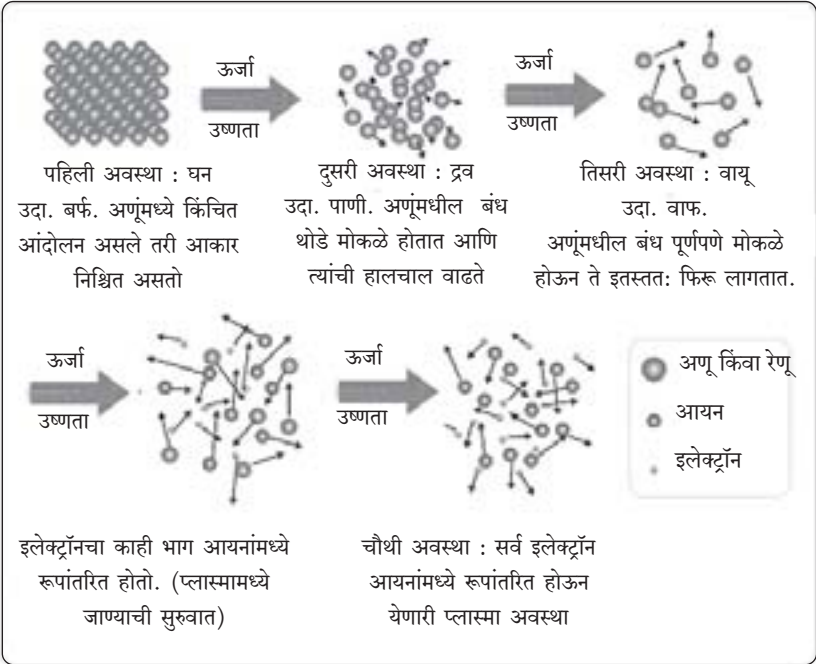
कोणत्याही अणूमध्ये केंद्रकाबाहेर असलेल्या इलेक्ट्रॉनची संख्या आणि केंद्रकात

असलेल्या प्रोटॉनची संख्या समान असल्यामुळे अणूवर कोणताही विद्युत प्रभार नसतो. पण जेव्हा एखाद्या अणूने इलेक्ट्रॉन दिले किंवा घेतले की त्यांचे आयनांमध्ये रूपांतर होते. आयनांमध्ये इलेक्ट्रॉन आणि प्रोटॉनची संख्या समान राहत नसल्यामुळे त्यांच्यावर धन किंवा ऋण विद्युत प्रभार येतो. जर एखाद्या अणूने इलेक्ट्रॉन घेतले असतील, तर त्यापासून ऋण विद्युत प्रभार असलेला आयन किंवा मूलक तयार होतो. त्याचप्रमाणे, जर अणूने इलेक्ट्रॉन दिले असतील, तर त्यामुळे धन विद्युत प्रभारित आयन किंवा मूलक तयार होतो. थोडक्यात, आयन हे विद्युत प्रभारित कण असतात.

यावरून 'प्लास्मा म्हणजे वायू अवस्थेतील समान संख्येने असलेले धन आणि ऋण विद्युत प्रभारित कण' असं आपल्याला ढोबळमानाने म्हणता येईल.

### वायूपेक्षा वेगळे काय ?

वायू अवस्थेतील पदार्थ आणि प्लास्मा अवस्थेत असलेला पदार्थ यांच्यात असणारं साधर्म्य म्हणजे, वायूंप्रमाणेच प्लास्मा अवस्थेतील पदार्थानासुद्धा विशिष्ट आकार आणि आकारमान नसते. पण विद्युत प्रभारित कण असल्यामुळे बाह्य विद्युत चुंबकीय बलाच्या प्रभावाचा प्लास्मा अवस्थेतील पदार्थावर परिणाम झाल्याचं आढळतं. बाह्य विद्युत चुंबकीय बलाच्या प्रभावाखाली





प्लास्मा अवस्थेतील पदार्थांमध्ये वेगवेगळ्या रचना आढळून येतात. त्याचप्रमाणे, प्लास्मामधून विजेचे वहन अतिशय चांगल्या प्रकारे होते. याउलट, वायूमधून मात्र विद्युत धारेचे वहन होऊ शकत नाही.

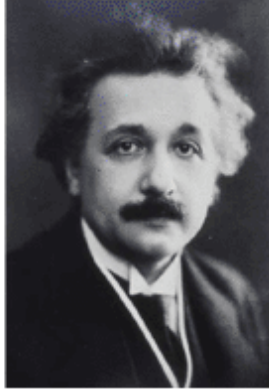
आपल्या सभोवताली ज्याप्रमाणे आपण स्थायू, द्रव किंवा वायू अवस्थांमधील पदार्थ पाहतो, त्याप्रमाणे प्लास्मा अवस्थेतील पदार्थ आपल्या दृष्टीस पडत नाही. त्यामुळेच पदार्थांची ही अवस्था दुर्मिळ असल्याचा आपला गैरसमज होऊ शकतो. पण, आपल्याला वाटतं त्याप्रमाणे प्लास्मा अवस्था ही काही पदार्थांची दुर्मिळ अवस्था नाही. तसं पाहिलं तर पदार्थांच्या इतर तीनही अवस्थांप्रमाणे प्लास्मा हीसुद्धा विश्वातली एक मोठ्या प्रमाणावर आढळणारी पदार्थांची अवस्था आहे. पण, प्लास्मा अवस्थेतील पदार्थ मिळण्यासाठी वायूचे आयनीभवन होणे आवश्यक आहे आणि वायूच्या आयनीभवनासाठी वायूला विशिष्ट प्रकारे ऊर्जा पुरवणं आवश्यक आहे. म्हणूनच पदार्थांची ही चौथी अवस्था आपल्याला केवळ नियंत्रित केलेल्या विशिष्ट परिस्थितीमध्येच दिसू शकते.

आपल्या परिचयाच्या असलेल्या फ्लुरोसंट ट्युब लाईटमध्ये आणि टी.व्ही. च्या पिक्चर ट्युबमध्ये प्लास्मा अवस्थेतील पदार्थ आढळतो. ट्युबलाईटच्या लांब काचेच्या नळीमध्ये अत्यंत कमी दाबाखाली पाऱ्याची वाफ आणि अरगॉन, झेनॉन, निऑन

किंवा क्रिप्टॉन हे वायू भरलेले असतात. जेव्हा आपण बटण दाबून विद्युतधारा सुरू करतो, तेव्हा विद्युत ऊर्जेमुळे वायूचे आयनीभवन होऊन त्यामधून प्रकाश उत्सर्जित होतो. ट्युब लाईट प्रमाणे निऑन साईन्समध्येसुद्धा निऑन वायूचे प्लास्मा अवस्थेत रूपांतर केले जाते. साध्या दिव्यात मात्र, प्लास्मा अवस्थेतील पदार्थ नसतो. या दिव्याचं तत्त्व ट्युबलाईटच्या तत्त्वापेक्षा वेगळं आहे.

अवकाशात असणाऱ्या ताऱ्यांमध्ये असलेले पदार्थ प्लास्मा अवस्थेतच असतात. आकाशात जेव्हा वीज चमकते, तेव्हादेखील वातावरणातल्या वायूंचं रूपांतर प्लास्मा अवस्थेमध्ये होतं. मोठ्या प्रमाणावर झालेल्या विजेच्या लखलखाटामुळे सुमारे शंभर दशलक्ष व्होल्ट विभवांतर निर्माण होऊन ३० हजार अँपिअरपर्यंत विद्युतधारेचं वहन होतं आणि त्यामुळे तयार झालेल्या प्लास्माचं तापमान सुमारे २८ हजार केल्व्हिन इतकं प्रचंड असतं.

सध्या प्लास्मा टी.व्ही. प्रचलित झालेले आहेत. या दूरचित्रवाणी संचामध्ये चित्र अधिक सुस्पष्ट दिसते. या संचाला 'प्लास्मा टी.व्ही.' असं का म्हटलं जातं, असा प्रश्न तुमच्या मनात येणं स्वाभाविक आहे. या प्रकारच्या दूरचित्रवाणी संचात काचेच्या दोन तावदानांच्या दरम्यान एखाद्या शेलफसारखे लाखो लहान लहान भाग केलेले असतात. या प्रत्येक भागात झेनॉन, निऑन आणि



अवस्थेचं नाव आहे - 'बोस-आइन्स्टाईन कंडेन्सेट'. पदार्थाचं तापमान निरपेक्ष शून्य केल्व्हीन तापमानाच्या जवळपास कमी केल्यास त्या पदार्थाच्या अणूंची ऊर्जा इतकी कमी होते की, हे अणू जणू एका जागी थिजल्यासारखे होतील, अशी संकल्पना १९२४-२५ साली सत्येंद्रनाथ बोस आणि अल्बर्ट

हेलिअम यासारखे निष्क्रिय वायू भरलेले असतात. वायूने भरलेल्या या लहान लहान भागांच्या मागे आणि पुढे इलेक्ट्रोड बसवलेले असतात. जेव्हा विद्युत प्रवाह चालू करून आपण दूरचित्रवाणी संच सुरू करतो, तेव्हा या इलेक्ट्रोडभोवती प्रचंड मोठं विभवांतर प्रयुक्त केलं जातं. या विभवांतरामुळे वायूचं रूपांतर प्लास्मा अवस्थेमध्ये होतं. प्लास्मा अवस्थेत असलेल्या पदार्थांमधील लक्षावधी विद्युत प्रभारित आयन जेव्हा इलेक्ट्रोडकडे वेगाने आकर्षित होऊन आपटतात, तेव्हा फोटॉन बाहेर टाकले जातात आणि आपल्याला चित्र दिसतं.

### पाचवी अवस्था

वायू अवस्थेतील पदार्थाला ऊर्जा पुरवल्यास त्याचं रूपांतर प्लास्मा अवस्थेत होतं, हे आपण पाहिलं. पण, एखाद्या पदार्थाचं तापमान जर आपण प्रचंड प्रमाणात कमी केलं तर आपल्याला पदार्थाची पाचवी अवस्था मिळते. पदार्थाच्या या पाचव्या

आइन्स्टाईन यांनी मांडली. या अवस्थेमध्ये पदार्थाचे गुणधर्म पूर्णपणे बदलतात त्यांना आपल्या नेहमीच्या भौतिकीमध्ये नियम लागू पडत नाहीत, तर वेगळा नियमांचा गट लागू पडतो. त्याला बोस - आइन्स्टाईन सांख्यिकी असे नाव आहे. ही संकल्पना मांडल्यानंतर सत्तर वर्षांनी म्हणजे, १९९५ साली कोलोरॅडो विद्यापीठातील एरिक कॉर्नेल आणि कार्ल वाईमन या दोन शास्त्रज्ञांनी रूबिडियम वायू १७० नॅनो केल्व्हीन इतक्या कमी तापमानापर्यंत थंड केला आणि पदार्थाला 'बोस-आइन्स्टाईन कंडेन्सेट' या पाचव्या अवस्थेत नेण्याचा विचार प्रत्यक्षात आणला. त्यांच्या या संशोधनाचा गौरव २००१ सालचा भौतिकशास्त्राचा नोबेल पुरस्कार देऊन करण्यात आला.

□□

लेखक : हेमंत लागवणकर, विज्ञान लेखक आणि विज्ञान प्रसारक म्हणून गेली २२ वर्षे कार्यरत.  
मो. : ९८२०१३८७५१

# आयुर्वेदाच्या चष्म्यातून माणूस

लेखक : नीलांगी सरदेशपांडे

**H**uman Genome Project २००३ साली पूर्ण झाला, या प्रकल्पात माणसाच्या शरीरातील सूक्ष्मातील सूक्ष्म एकक म्हणजेच गुणसूत्रांचा अभ्यास करण्यात आला. माणसाच्या शरीरातील डी. एन. ए. मधील एकूण ३०० कोटी जोड्यांचा क्रम शोधून काढण्यात वैज्ञानिक यशस्वी झाले आहेत. आधुनिक विज्ञानातील तंत्रज्ञानाच्या प्रगतीमुळे हा अभ्यास करणे शक्य झाले आहे. आजच्या घडीला शरीरातील बऱ्याचशा अवयवांचे काम कसे चालते, गर्भावस्थेत हे अवयव कसे तयार होतात याविषयी बरेच संशोधन झाले आहे व त्यात रोज नवनवीन माहितीची भर पडत आहे.

या संशोधनाची सुरुवात मात्र फार पूर्वीच झाली आहे. माणसाचं शरीर, त्यातले अवयव, ते बनलेत कसे, कशापासून, ते चालतं कसं, त्यावर कसला कसला परिणाम होतो, त्याचा भवतालाशी कसा संबंध असतो अशा अनेक गोष्टींबद्दल विचार करून त्याबद्दलचा एक संपूर्ण नकाशाच साधारण पाचेक हजार वर्षांआधीच मांडला गेला आहे.

तो आपल्याला 'आयुर्वेद' या प्राचीन साहित्यात पाहायला मिळतो.

त्या वेळेला संशोधनाच्या सुविधा आजच्या मानाने निश्चितच कमी होत्या, मात्र मानवी स्वभावातील कुतूहल मात्र नक्कीच कमी नव्हते. या कुतूहलामुळेच माणसाने केवळ निरीक्षणाच्या आधारे शरीराविषयी, ते कसे चालते या विषयी लिहिले आहे. त्याच प्रमाणे रोग का होतात, ते होऊ नये म्हणून काय करावे, ते बरे होण्याकरिता काय करावे या विषयीदेखील सविस्तर लिहिले आहे. या लेखात आपण मानवी शरीराविषयी व ते कसे चालते या विषयी आयुर्वेदाने केलेल्या वर्णनाबद्दल माहिती घेणार आहोत.

आज 'आरोग्य' हा शब्द उच्चारला की आपल्याला डॉक्टर, दवाखाना हेच डोळ्यासमोर येतात. मात्र आयुर्वेद हा मुळात 'आरोग्यपूर्ण जीवन जगण्याकरिता कशा प्रकारे जीवनशैली स्वीकारली पाहिजे' याविषयी अत्यंत सविस्तर मार्गदर्शन करणारा ग्रंथ आहे. त्यातूनही आजार झाला तर त्यावरील

उपचारांचेदेखील सविस्तर वर्णन आयुर्वेदात आढळते. मात्र आधुनिक वैद्यकीय-शास्त्राप्रमाणे त्याचा भर केवळ रोग व त्यावरील उपचार असा नक्कीच नाहीये. आयुर्वेदाचा विकास होत असताना त्या काळातील प्रचलित तत्त्वज्ञानाच्या विचारप्रणालींचा पण त्यावर मोठा प्रभाव दिसतो.

आयुर्वेद या शब्दाचा अर्थच मुळी आयुष्यासंबंधी ज्ञान असा आहे. आयुर्वेदाला आजही भारतीय चिकित्साप्रणालीमध्ये महत्त्वाचे स्थान आहे. हजारो वर्षांपूर्वीच्या या शास्त्रातील संकल्पना आजही मोठ्या प्रमाणात व्यवहारात प्रचलित दिसतात. 'व्यक्ति तितक्या प्रकृति' अशा सारख्या म्हणी आपण रोज वापरत असतो. कुठल्याही आजारामध्ये 'पथ्य' पाळणे हे अजूनही उपचाराचा एक भाग समजले जाते. 'लंघन', 'उपवास' या दैनंदिन जीवनातल्या संकल्पनांची मुळेदेखील आयुर्वेदात सापडतात.

आयुर्वेदाविषयी या लेखातील माहिती ही मुख्यतः 'सार्थ वाग्भट' या ग्रंथातून घेतली आहे. या व्यतिरिक्त चरक संहिता व सुश्रुत संहिता हे दोन अन्य मुख्य ग्रंथ आहेत. ऋग्वेद, यजुर्वेद, सामवेद, आणि अथर्ववेद या चार वेदांची नावे साधारणपणे आपल्याला माहिती असतात. आयुर्वेद हा त्यापैकी अथर्ववेद या वेदाचा उपवेद म्हणून ओळखला जातो.

## १. पंचमहाभूत सिद्धांत

भारतीय तत्त्वज्ञानात तसेच आयुर्वेदामध्ये सर्व जीवसृष्टी ही पाच महाभूतांपासून बनली आहे, असे मानले जाते. ही महाभूते पृथ्वी, आप/जल, अग्नि/तेज, वायू आणि आकाश ही आहेत. या जीवसृष्टीमध्ये जे जे पदार्थ घन स्वरूपात आहेत त्यांच्यात 'पृथ्वी' महाभूत जास्त प्रमाणात आढळते. जसे माती, दगड, लाकूड. सर्व द्रवपदार्थांमध्ये 'आप' महाभूत असते, तर सर्व परिवर्तनाच्या क्रियांकरिता अग्नि महाभूत कारणीभूत असते.

सर्व प्रकारच्या वहनाच्या / एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी वाहून नेण्याच्या क्रिया वायू महाभूतामुळे होतात तर जिथे जिथे पोकळी आहे तिथे तिथे आकाशतत्त्व असते.

त्या काळामध्ये माणूस हा निसर्गाचा अविभाज्य घटक आहे हा विचार समाजाच्या केंद्रस्थानी होता. त्याच्यामुळेच निसर्गाला जपणे हे माणसाच्या सुखी जीवनाकरिता आवश्यक होते. मात्र आज हा महत्त्वाचा विचार मागे पडलेला दिसतो. त्यामुळे निसर्गाला ओरबाडणे, झाडे तोडून सिमेंट काँक्रीटची जंगले उभारणे, मोठमोठे रस्ते बनवणे यालाच आपण प्रगती असं नाव देतोय. यामुळे आयुर्वेदात सांगितलेल्या जीवनशैलीपासून आपण दूर गेलोय.

## २. त्रिदोष सिद्धांत

आयुर्वेदात दोष या शब्दाची व्याख्या 'दूषयन्ति इति दोषाः' म्हणजेच जे दोष उत्पन्न

करू शकतात म्हणजेच रोग निर्माण करू शकतात ते होय. इथे दोष या शब्दाचा मराठी भाषेतील अर्थ अपेक्षित नाही. तसेच मराठीत वात, पित्त, कफ ज्या अर्थाने वापरतात तो अर्थही येथे अपेक्षित नाही. शरीरातील तीन दोष वात, पित्त आणि कफ यामध्ये महाभूतांचे कमी अधिक प्रमाण असते. जसे वातदोषामध्ये वायू आणि आकाश महाभूत जास्त प्रमाणात असतात. पित्तदोषामध्ये अग्नि तत्त्व जास्त प्रमाणात असते तर कफदोषामध्ये पृथ्वी व जल तत्त्व जास्त प्रमाणात असतात.

वात, पित्त आणि कफ हे तीन दोष माणसाच्या शरीरात सर्व क्रिया घडवून आणण्यास कारणीभूत असतात. यात वाताचे मुख्य स्थान नाभिपासून खालच्या भागात, पित्ताचे नाभिपासून छातीपर्यंत, तर कफाचे स्थान छातीच्या वरच्या भागात असते. ज्या प्रमाणे निसर्गात वायू हा मुख्यतः गतिशील

असतो, त्याचप्रमाणे शरीरात वातदोष सर्व प्रकारच्या हालचालींसाठी कारणीभूत असतो. यात हृदयाचे आकुंचन - प्रसरण, आतड्याची हालचाल, स्त्रीबीजाचा बीजवाहिनीतील प्रवास अशा सर्व प्रकारच्या हालचालींचा समावेश आहे. पित्तदोष हा शरीरातील सर्व प्रक्रिया जिथे रूपान्तरण (conversion) होतं, त्यांच्याकरिता जबाबदार असतो. अन्नाचे पचन, रक्त तयार होणे, अशा प्रकारच्या क्रियांचा यात समावेश आहे. तर कफदोष हा Binding force म्हणजेच जोडणारी शक्ती आहे. जसे सांध्याच्या ठिकाणी दोन हाडे जोडली जातात तिथे कफदोषाचे काम आढळते.

### ३) प्रकृति सिद्धांत

आयुर्वेदामध्ये असे समजले जाते की प्रत्येक माणसाच्या शरीरात वात, पित्त व कफ यांचे प्रमाण नैसर्गिकरित्यादेखील वेगवेगळे असते व या प्रमाणावरून त्या



} कफ  
पाणी व पृथ्वी

} पित्त  
अग्नी व पाणी

} वात  
वायू व आकाश

कफाचे गुणधर्म - थंड, जड, मंद, चिकट, घन व मृदू असे आहेत.

पित्ताचे गुणधर्म - स्निग्ध, उष्ण, हलका, प्रसरण पावणारा व द्रव असे आहेत तर

वाताचे गुणधर्म - रुक्ष, हलका, थंड, खरखरीत, अदृश्य व चंचल असे सांगितले गेले आहेत.

व्यक्तीची प्रकृती ठरते. या प्रकृतीवरून त्या माणसाला कशा प्रकारची जीवनशैली ठेवली पाहिजे, या विषयीचे मार्गदर्शन आयुर्वेदिक ग्रंथांमध्ये केले आहे. विशिष्ट प्रकृतीच्या लोकांना काही विशिष्ट प्रकारचे आजार होण्याची शक्यता असते. तसेच औषधे देत असताना वैद्य रुग्णांची प्रकृती बघूनच औषधयोजना करतात. म्हणजेच एकाच आजाराकरिता दोन वेगळ्या प्रकृतीच्या रुग्णांना वेगवेगळी औषधे दिली जातात. हीच संकल्पना सध्या Pharmacogenomics नावाच्या शास्त्राच्या रूपाने पुढे येत आहे.

वात, पित्त, कफ यांच्या जुळणीतून (combination) तयार होणारी प्रकृती ओळखण्यासाठी पुढील लक्षणांची मदत होते.

आयुर्वेदानुसार लहानपणी कफदोषाचे प्रमाण शरीरात जास्त असते. त्यामुळे या वयात सर्दी, खोकला यासारखे कफाचे आजार जास्त प्रमाणात दिसतात. तसेच मध्यमवयात / तरुणवयात पित्तदोषाचे प्रमाण अधिक असते. त्यामुळे अॅसिडिटीसारखे आजार या वयात जास्त दिसतात तर म्हातारपणी वातदोषांचे प्रमाण जास्त असते. त्यामुळे शरीराची झीज व त्यामुळे उत्पन्न

लक्षणे	वात प्रकृती	पित्तप्रकृती	कफप्रकृती
१. भूक लागणे	कधी चांगली कधी मंद	भूक सहन होत नाही.	भूक सहन होते.
२. तहान		जास्त पाणी पितात	कमी पाणी पितात
३. झोप	गाढ नाही, सारखी जाग येते	सावध झोप	गाढ झोप
४. कातडी	रुक्ष, खरखरीत	नाजूक	जाड, स्निग्ध, तेलकट
५. शरीराचा बांधा	लहान	मध्यम	दणकट
६. केस	कुरळे, रुक्ष, तुटक	पांढरे लवकर टक्कल	काळे भोर, दाट
७. ओठ	रुक्ष	मध्यम, soft	मोठे, smooth
८. स्वभाव	भिन्ना	रागीट	शांत
९. बोलणे	भरभर, बडबडे	वादावादी करणे	शांत, गंभीर
१०. स्मरण शक्ती	पटकन समजते पण लवकर विसरायला होते	कुशाग्र	समजायला वेळ लागतो पण स्मरण शक्ती तीव्र
११. नखे	तुटकी, रुक्ष, खडबडीत	गुलाबी	पांढरी
१२. नाडीची गती (विश्रांतीच्या वेळी)	८०-१००प्रति मिनीट	७०-८० प्रति मिनीट	६०-७० प्रति मिनीट
१३. आवाज	चिरका/फुटका	आज्ञार्थ/तीक्ष्ण	मधाळ

होणारे सांधेदुखीसारखे आजार जास्त प्रमाणात दिसतात.

प्रकृतीनुसार आपला आहार विहार कसा ठेवावा याचे सविस्तर वर्णन ग्रंथांमध्ये केले आहे, मात्र हा स्वतंत्र लेखाचा विषय आहे.

#### ४) 'पिण्डी ते ब्रह्मांडी'

माणसाचे शरीर कशाचे बनले आहे, त्याचे काम कशाप्रकारे चालते या विषयी माणसाला नेहमीच कुतूहल वाटत आले आहे. 'निरीक्षण' ही विज्ञानातील शोधांची पहिली पायरी आहे. पिण्डी ते ब्रह्मांडी या न्यायाने बाहेरच्या जगात जे जे घडते तेच माणसाच्या शरीरातही घडत असणार असा कयास त्या काळातील वैज्ञानिकांनी लावला. जसे निसर्गात वारा, सूर्याची उष्णता व पाणी / आर्द्रता हे प्राणिमात्रांना तसेच वनस्पतींना जिवंत राहण्यासाठी अत्यंत आवश्यक आहेत, तसेच या तीनही गोष्टी माणसाच्या शरीरात देखील अनुक्रमे वात, पित्त आणि कफ यांच्या स्वरूपात राहतात.

ज्या प्रमाणे वारा हा सृष्टीमध्ये 'वाहून नेण्याचं' काम करतो, त्याचप्रमाणे शरीरात वातदोष हा 'पदार्थ वाहून नेण्याचं' काम करत असला पाहिजे - अशी मांडणी त्यांनी केली. याच तत्त्वानुसार इतरही महाभूते, त्रिदोष याबद्दल मांडणी केलेली आहे.

#### ५) समानाने समानाची वृद्धि

हा आयुर्वेदातील अजून एक महत्त्वाचा सिद्धांत आहे. उदा. मांसाच्या सेवनाने मांस वाढते. आधुनिक शास्त्राप्रमाणेदेखील

खेळाडूंना स्नायूंच्या बळकटीसाठी प्राणिजन्य प्रथिने, जसे अंडी व मांस यांचा समावेश आहारात करायला सांगतात. तसेच धावणे, उड्या मारणे, यासारख्या क्रियांनी शरीरात वात वाहून नेण्याची क्रिया वाढते.

आयुर्वेदामध्ये गोड, आंबट, खारट, कडू, तिखट व तुरट, असे रस वर्णन केले आहेत. यातल्या गोड, आंबट, खारट, रसामुळे वात कमी होतो तर कफ वाढतो. कडू, तिखट, तुरट रसाच्या पदार्थांमुळे वात वाढतो मात्र कफ कमी होतो. तुरट, कडू आणि गोड रसाचे पदार्थ पित्त कमी करतात तर आंबट, खारट आणि तिखट पदार्थांनी पित्त वाढतं. त्यामुळे प्रत्येकाने आपल्या प्रकृतीचा विचार करून कुठला पदार्थ किती प्रमाणात खायचा हे ठरवले तर कमी प्रमाणात आजार होतील. मात्र भारतासारख्या देशात जिथे ५० टक्क्याहून अधिक लोकांना दोन वेळेला पोटभर खायला मिळत नाही, तिथे प्रकृती बघून आहार ठरवणे हे केवळ पुस्तकात लिहिण्यापुरतेच आहे. मात्र ज्यांना शक्य आहे त्या लोकांनी यानुसार आहार ठरवणे योग्य होईल.

#### ६) सप्तधातू

आयुर्वेदात सात प्रकारचे 'धातू' सांगितले आहेत. इथे पुन्हा धातू शब्दाचा प्रचलित अर्थ म्हणजे सोने, चांदी असा नसून जे शरीराचे 'धारण करतात' ते धातू असा आहे. सात धातूंमध्ये रस, रक्त, मांस, मेद, अस्थि, मज्जा, शुक्र असे आहेत. आधुनिक



## धातूचे नाव आधुनिक शास्त्राप्रमाणे

### साधर्म्य असणारा घटक

रस धातू	लसिका lymphatic tissue
रक्तधातू	रक्त blood
मांस धातू	स्नायू muscles
मेदधातू	चरबी adipose tissue
अस्थिधातू	हाडे bones
मज्जाधातू	nervous tissue
शुक्रधातू	पुनरुत्पादनाशी संबंधित घटक जसे स्त्रीबीज, पुरुषबीज व त्या संबंधी स्राव

विज्ञानाप्रमाणे या धातूंची साधर्म्य असणारे विविध पेशीघटक पुढे दिले आहेत.

### ७) स्रोतस् संकल्पना

आधुनिक शरीरशास्त्राप्रमाणे माणसाच्या शरीरात वेगवेगळ्या संस्था (मज्जासंस्था पचनसंस्था इ.- Systems) आहेत. त्याच धर्तीवर आयुर्वेदाने माणसाच्या शरीरातील एकूण १३ स्रोतसांचे वर्णन केले आहे. १३ स्रोतसांपैकी ३ स्रोतसे ही शरीराला बाहेरच्या वातावरणाशी देवाणघेवाण करण्याकरिता आहेत. जसे अन्न, पाणी, व हवा घेण्याकरिता अनुक्रमे अन्नवहस्रोतस्, उदकवहस्रोतस् व प्राणवहस्रोतसांचे वर्णन केले आहे. त्याच बरोबर शरीरातील मलांना बाहेर काढण्याकरिता पुरीषवह स्रोतस् (विष्ठा बाहेर टाकणे) मूत्रवह स्रोतस् (लघवी बाहेर टाकणे) व स्वेदवह स्रोतस् (घाम बाहेर टाकणे) असे स्रोतसांचे वर्णन केले आहे. तसेच ७ धातूंची संबंधित ७ स्रोतसे सांगितली आहेत.

१) रसवह स्रोतस् - याचे मुख्य काम lymph / लसिका वाहून नेणे हे आहे. आधुनिक शास्त्रामध्ये देखील lymphatic system चे वर्णन केले आहे.

२) रक्तवह स्रोतस् - मुख्य कार्य रक्ताचे वहन

३) मांसवह स्रोतस्

४) मज्जावह स्रोतस्

५) मेदोवह स्रोतस्

६) अस्थिवह स्रोतस्

७) शुक्रवह स्रोतस्

या सर्व स्रोतसांचे वर्णन, त्यांचे मुख्य अवयव, काम व त्यांचे आजार याबद्दल ग्रंथांमध्ये सविस्तर माहिती आहे.

### आयुर्वेदाने केलेला मनाचा विचार

सत्त्व, रज, तम हे मनाचे तीन गुण आयुर्वेदाने सांगितले आहेत. यात रजगुणामुळे चंचलता उत्पन्न होते, तर तम गुण हा राग, संताप, क्रोध अशा भावनांना कारणीभूत असतो. सत्त्वगुणामुळे धैर्य, उत्साह, निर्णयक्षमता असे मनाचे सकारात्मक भाव उत्पन्न होतात. आयुर्वेदाने आहारातील विविध पदार्थानादेखील, सात्त्विक, राजसी व तामसी असे विभागले आहे. आणि अर्थातच सात्त्विक आहार निरोगी शरीराकरिता चांगला असेही म्हटले आहे.

### रोग कशामुळे होतात ?

आयुर्वेदानुसार वात, पित्त, कफ यांची विषम स्थिती म्हणजे रोग. आयुर्वेद शास्त्रात

माणसाचा व निसर्गाचा एकत्रितरित्या विचार केला गेला आहे. त्यामुळेच निसर्गातील बदल उदा. पावसाळ्यात प्रमाणापेक्षा जास्त पाऊस पडणे, किंवा खूप कमी पाऊस पडणे किंवा पावसाळा नसताना पाऊस पडणे असे घडल्यास रोग उत्पन्न होतात असे म्हटले आहे. यालाच अनुक्रमे अतियोग, अयोग व मिथ्यायोग असे म्हटले आहे. आपल्याला अशा अवकाळी पावसाचा अनुभव येतो तेव्हाच आजारांचे प्रमाणपण वाढलेले दिसते.

त्याचप्रमाणे कुठल्याही अन्नपदार्थांचे अतिसेवन, कमी सेवन किंवा चुकीच्या वेळी सेवन रोगांना कारणीभूत ठरते.

### दिनचर्या

दिवसाच्या कुठल्या वेळेला कुठली कृती करावी जसे सकाळी उठणे, शारीरिक स्वच्छता, व्यायाम, जेवण्याच्या वेळा इ. याविषयीचे सविस्तर नियम ग्रंथात आहेत. मात्र बदलत्या काळानुसार हे नियम जसेच्या तसे पाळणे सर्वाना नेहमीच शक्य होईल असे नाही. मात्र या नियमांप्रमाणे वागल्यास निरोगी राहणे शक्य होईल हे खरे आहे. हे नियम काय आहेत हे पुढे सविस्तर पाहूच.

दिनचर्येप्रमाणे ऋतुचर्या म्हणजेच प्रत्येक ऋतूत कशाप्रकारे आहार असावा, तसेच त्या त्या ऋतूत कुठले आजार होण्याची शक्यता असते, ते आजार होऊ नयेत म्हणून काय खबरदारी घ्यावी याविषयी सविस्तर



नियम दिले आहेत.

वसंत, ग्रीष्म, वर्षा, शरद, हेमंत, शिशिर अशा सहा ऋतूमधील ऋतुचर्येचे वर्णन ग्रंथात आहे. कुठल्या ऋतूत कुठला दोष वाढतो व तो वाढू नये म्हणून काय करावे, वाढल्यास त्याच्यावरील उपचार सांगितले आहेत. उदाहरणार्थ, वसंत ऋतूमध्ये वमन (औषधे देऊन उलटी करवणे) हा उपचार सांगितला आहे.

लेखात सुरुवातीला म्हटल्याप्रमाणे आयुर्वेद हे शास्त्र 'निरोगी कसे राहावे' यावर जास्त भर देते. रोग होऊच नये म्हणून जीवनशैली कशी असावी याविषयी अत्यंत सखोल माहिती आयुर्वेदात दिली आहे.

त्याबद्दल आपण पुढील लेखांमधे सविस्तर माहिती करून घेऊ.



लेखक : डॉ. नीलांगी सरदेशपांडे,  
साथी संस्थेमध्ये कार्यरत. फोन : ०९८८११४४५६४  
E-mail : nilangi@sathicehat.org

# और लाठी भी ना टूटे

## (भाग - २)

लेखक : प्रियदर्शिनी कर्वे

मागच्या लेखात आपण एक विधान पाहिलं - 'पृथ्वीवरच्या सर्व लोकांनी जर युरोप अमेरिकेतील संपन्न लोकांसारखी जीवनशैली अंगीकारली तर दरवर्षी सर्वांना पुरेसे अन्न-वस्त्र-निवारा व ऊर्जा पुरवण्यासाठी तीन पृथ्वी ग्रह लागतील.' या विधानाचा आधार आहे 'इकॉलॉजिकल फूटप्रिंट' किंवा ही संकल्पना.

एका उदाहरणावरून ही संकल्पना अधिक स्पष्ट होईल. समजा, आपण रोज १०० ग्रॅ. तांदुळाचा भात खातो. आता १०० ग्रॅ. तांदूळ काही आज पेरलं, उद्या उगवलं असा मिळू शकत नाही. यासाठी बरंच काही आवश्यक असतं - ते बरंच काही काय काय असतं याचा विचार करावा लागतो.

एका माणसाला रोज १०० ग्रॅ. तांदूळ वर्षभर द्यायचा असेल, आणि वर्षातून एकदाच भाताचं पीक येत असेल तर दरवर्षी एका माणसासाठी ३६.५ कि.ग्रॅ. तांदूळ पिकवला पाहिजे. ३६.५ कि.ग्रॅ. तांदूळ पिकवण्यासाठी किती शेतजमीन लागेल, हे तांदुळाच्या जातीवर अवलंबून आहे. समजा 'क्ष' चौ.मी. इतकी जमीन यासाठी लागणार

आहे. पण शेतीमध्ये इतरही आदाने असतात. सूर्यप्रकाशाचा विचार करायचे कारण नाही, पण पाणी आणि खत ही दोन महत्त्वाची आदाने विचारात घ्यायला हवीत. समजा 'क्ष' चौ.मी. वर नैसर्गिकरित्या पडणारा पाऊस भाताच्या पिकासाठी पुरेसा नाही. म्हणजे कितीतरी अधिक क्षेत्रफळावर पडलेले पाणी या शेतीसाठी वापरले जाणार. म्हणजे पाणी गोळा करण्यासाठी तेवढी जमीन मोकळी ठेवायला लागणार. याचाच अर्थ हे जमिनीचे क्षेत्रफळही आपल्या ३६.५ कि.ग्रॅ. तांदूळ उत्पादनासाठी वापरले असे म्हणायला हवे. समजा हे क्षेत्रफळ आहे 'य' चौ.मी.

याच पद्धतीने आपल्या 'क्ष' क्षेत्रफळाच्या शेतजमिनीत आपण जी खते घालणार त्या खतांमध्ये वापरले गेलेले नैसर्गिक पदार्थ मिळवण्यासाठी किती जमीन लागणार हेही विचारात घ्यावे लागेल. समजा हे क्षेत्रफळ आहे, 'झ' चौ.मी. या शिवाय दररोज १०० ग्रॅ. तांदूळ शिजवून भात तयार करण्यासाठी काही इंधन लागणार आहे. ते इंधन मिळवण्यासाठी किती क्षेत्रफळ लागेल,

तेही विचारात घ्यावे लागेल. त्याखेरीज तांदूळ पिकवून त्याचा भात करणे या सर्व प्रक्रियेत काही प्रदूषणही होणार आहे. अगदी शेतातला तांदूळ बाजारात, आणि मग बाजारातून घरी आणतानाही डिझेल, पेट्रोल जाळले जाणार. त्यातून हवेत कार्बन डायॉक्साइड व इतर काही प्रदूषक वायू सोडले जाणार. फक्त कार्बन डायॉक्साइडचा जरी विचार केला तरी, हवेत मिसळलेला हा अतिरिक्त कार्बन डायॉक्साइड काढून घेण्यासाठी आपल्याला काही क्षेत्रफळावर वनस्पतींची लागवड करावी लागेल. वनस्पती आपल्या वाढीसाठी हवेतला कार्बन डायॉक्साइड वापरत असतात, हे आपल्याला माहित आहेच. समजा, 'अ' एवढे क्षेत्रफळ आपल्याला या भात खाण्याच्या प्रक्रियेत होणारे प्रदूषण दूर करण्यासाठी लागणार आहे. अशा या सगळ्या क्षेत्रफळांची बेरीज केली तर एका व्यक्तीला वर्षभर रोज १०० ग्रॅ. भात खायला मिळावा यासाठी किती क्षेत्रफळ लागेल ते कळेल. हे क्षेत्रफळ म्हणजेच या भात खायला मिळण्याची 'इकॉलॉजिकल फूटप्रिंट'.

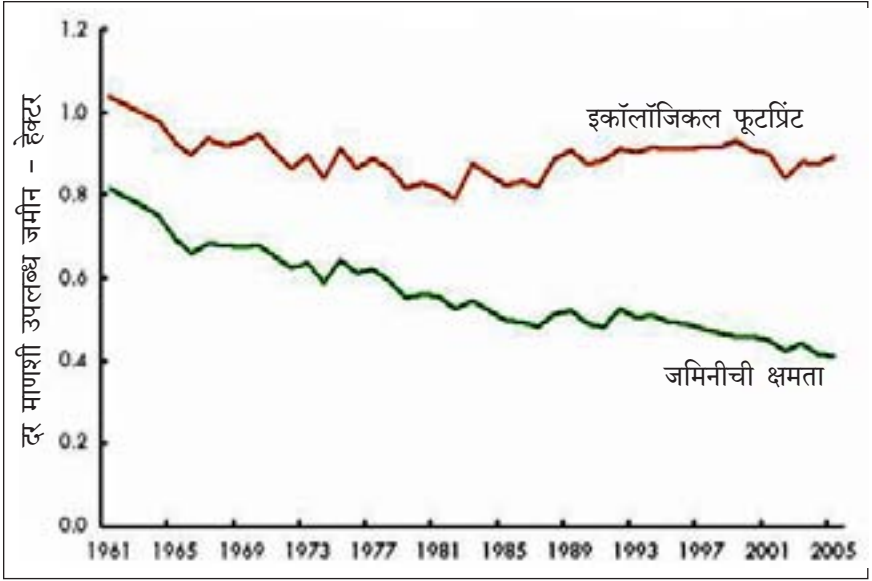
आता विचार करा, आपल्या दैनंदिन जीवनात वेगवेगळ्या प्रकारचे नैसर्गिक पदार्थ व ऊर्जा खर्च होतील अशा किती आणि कोणत्या कृती आपण करत असतो. या प्रत्येक कृतीची 'इकॉलॉजिकल फूटप्रिंट' वरीलप्रमाणे विचार करून काढता येऊ शकते.

यावरून प्रत्येक व्यक्तीचे दैनंदिन जीवन - व्यवहार वर्षभर सुरळित चालू ठेवण्यासाठीची इकॉलॉजिकल फूटप्रिंट आपण काढू शकतो. यामध्ये अर्थातच त्या व्यक्तीची एकंदर जीवनशैली कशी आहे, हा एक महत्त्वाचा मुद्दा असणार, हे उघडच आहे.

अर्थात जगभरातील सर्व लोकांची एकत्रित 'इकॉलॉजिकल फूटप्रिंट' या पद्धतीने निश्चितच काढता येणार नाही. त्यासाठी काही अनुमाने गृहीत धरून सांख्यिकीय पद्धती वापरायला लागतात. वरील उदाहरण हे केवळ संकल्पना स्पष्ट करण्याच्या उद्देशाने दिलेले आहे. यावरून सुरुवातीच्या विधानातील 'तीन पृथ्वी' हा आकडा कुठून आला याचीही थोडीफार कल्पना येऊ शकेल.

जगभराचा विचार बाजूला ठेवून आपण काही काळ फक्त भारताचा विचार करू. सोबतचा आलेख पहा. भारताची 'इकॉलॉजिकल फूटप्रिंट' ही वापरल्या गेलेल्या





पदार्थांच्या पुनर्निर्मितीसाठी उपलब्ध असलेल्या क्षेत्रफळापेक्षा नेहमीच जास्त होती. हे या आलेखावरून दिसून येते. १९६०च्या दशकात जेव्हा भारत अजूनही विकसनशील देश होता, तेव्हाही हीच परिस्थिती होती आणि आता संपन्नता वाढलेली असताना ही दरी अधिकच रुंदावलेली आहे आणि यापुढेही आपण विकासाचा मार्ग बदलला नाही, तर ती रुंदावतच जाणार आहे.

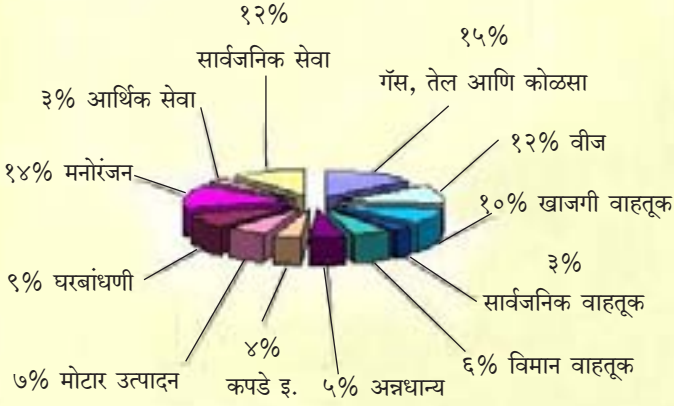
पण मग विकास करूच नये का? जगातील सर्व लोकांना सुखी, समाधानी, संपन्न जीवन जगता आले पाहिजे, ही अपेक्षा चुकीची आहे का? अर्थातच नाही. पण इकॉलॉजिकल फूटप्रिंट कमीत कमी ठेवून विकास साधणे शक्य आहे का, हा खरा प्रश्न आहे.

पुन्हा एकदा आपल्या भाताच्या

उदाहरणाचा विचार करा. जगातल्या प्रत्येक व्यक्तीला १०० ग्रॅ. या उद्दिष्टपूर्तीची इकॉलॉजिकल फूटप्रिंट कमीत कमी कशी करता येईल? कमीत कमी जागा, पाणी व खते वापरून जास्तीत जास्त उत्पन्न देणाऱ्या तांदळाच्या जाती विकसित करणे, हा यातला एक वैज्ञानिक पर्याय असू शकतो.

तांदूळ शिजवून भात तयार करण्याच्या प्रक्रियेत कमीत कमी इंधन वापरले जाईल असे तंत्रज्ञानही विकसित करावे लागेल. तांदळाच्या वाहतुकीसाठी वापरल्या जाणाऱ्या वाहनांची कार्यक्षमता वाढवण्याबाबतही तांत्रिक संशोधन करता येईल. वैज्ञानिक किंवा तांत्रिक संशोधन ही दीर्घकालीन प्रक्रिया असते, पण आपल्या सवयींमध्ये बदल करूनही काही प्रमाणात आपण इकॉलॉजिकल फूटप्रिंट कमी करू शकतो.

## माणसाला लागणाऱ्या इकॉलॉजिकल फूटप्रिंटचे वर्गीकरण



eoearth.org वरून साभार

उदा. पंजाबात पिकणारा बासमती तांदूळ महाराष्ट्रात आणून वापरण्यापेक्षा महाराष्ट्रातच पिकणारा आंबेमोहोर तांदूळ महाराष्ट्रात वापरला, तर तांदळाच्या वाहतुकीचा इकॉलॉजिकल फूटप्रिंटमधला वाटा आपोआपच कमी होईल.

या सगळ्याच्या पलीकडे जाणारा आणखी एक महत्त्वाचा मुद्दा आहे. आपण वर दिल्याप्रमाणे शक्य ते सारे उपाय केले तरीसुद्धा जगातल्या प्रत्येक व्यक्तीला रोज १०० ग्रॅ. भात मिळण्याच्या प्रक्रियेची इकॉलॉजिकल फूटप्रिंट दरवर्षी वाढत जाणार आहे, कारण दरवर्षी खाणाऱ्या तोंडांची संख्या वाढत जाणार आहे. म्हणजेच आपण करत असलेल्या सर्व उपायांची परिणामकारकता टिकवून ठेवायची असेल, तर लोकसंख्या वाढ आटोक्यात आणण्यासाठीही

युद्धपातळीवर प्रयत्न करावे लागतील.

इथे आपण उदाहरणादाखल जे काही उपाय पाहिले, त्यात कोणतीच गोष्ट अशक्यप्राय नाही. म्हणजेच संशोधनाला योग्य दिशा दिली, सर्वांगीण विचार करून धोरणे ठरवली, आणि प्रत्येकाने आपल्या व्यक्तिगत सवयींमध्ये बदल करण्याची तयारी दाखवली, तर इकॉलॉजिकल फूटप्रिंट कमीत कमी ठेवूनही विकास साधता येऊ शकतो. अर्थात अपेक्षित परिणाम साधण्यासाठी जगभरातून आणि वेगवेगळ्या पातळ्यांवरून एका विचाराने आणि एकजुटीने प्रयत्न व्हायला हवेत. जगात या दृष्टीने काय काम चालू आहे, ते पाहूया पुढील लेखात.

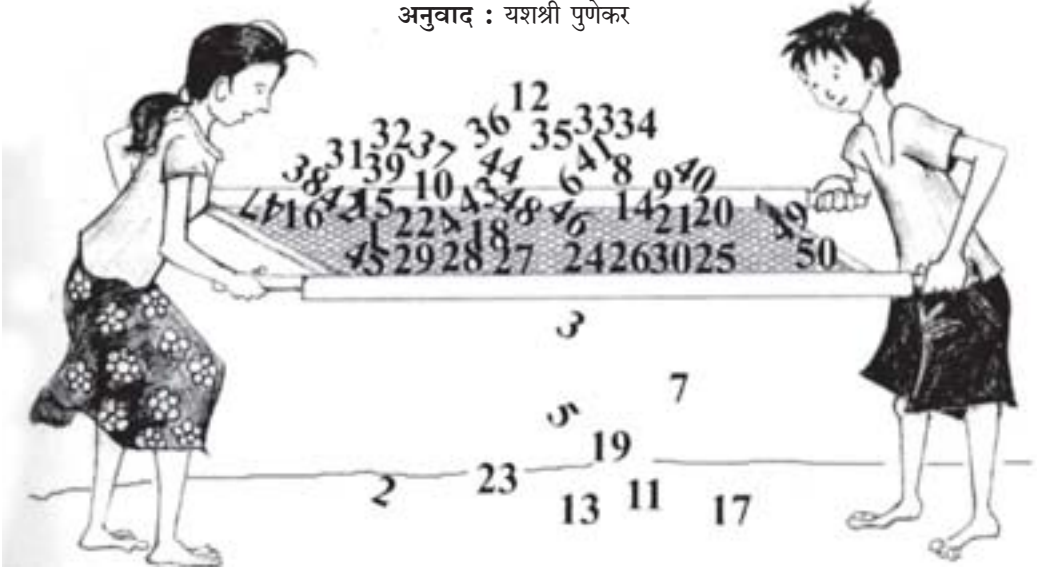
लेखक : प्रियदर्शिनी कर्वे, संचालक,    
समुचित एन्व्हायरोटेक प्रायव्हेट लि.

E-mail : priyadarshini.karve@gmail.com

# सुंदरम्ची चाळणी

लेखक : जुलियन हॅविल

अनुवाद : यशश्री पुणेकर



अविभाज्य संख्या (म्हणजे प्राईम नंबरर्स) जितक्या साध्या तितक्या गुंतागुंतीच्या. २, ३, ५, ७... या अविभाज्य म्हणजेच मूळ संख्या आहेत असं आपण शिकतो. काय आहेत या मूळ संख्या? मूळ संख्या म्हणजे ज्या संख्येला फक्त त्याच संख्येने आणि एकने पूर्ण भाग जातो ती संख्या. इतर कोणतीही पूर्णांक संख्या कोणत्या तरी दोन संख्यांच्या गुणाकाराच्या स्वरूपात लिहिता येते.

युक्लिडच्या काळापासूनच मूळ संख्यांबद्दल कल्पना होती. मूळ संख्या अनंत आहेत त्यामुळे सर्वांत मोठी मूळ संख्या कोणती हे सांगणे शक्य नाही. पण या मूळ संख्या कोणत्या हे ओळखण्याची काही पद्धत नाही का? इतर संख्यांमध्ये असूनही त्या वेगळ्या असल्याने त्यांच्यामुळे कितीतरी महत्त्वपूर्ण प्रश्नांवर काम करण्याची प्रेरणा मिळत राहते. अठराव्या शतकातील विख्यात गणितज्ञ लिओनार्ड ऑयलर यांच्या म्हणण्यानुसार 'गणितज्ञांच्या अथक प्रयत्नांनंतरही मूळ संख्यांचा क्रम शोधणे शक्य झालेले नाही. बहुधा ही गोष्ट मानवी मेंदूच्या आवाक्याबाहेरची असावी.'

अगदी काही शक्य नाही असं मात्र नाही. आपल्याला दिलेल्या संख्येपर्यंत येणाऱ्या मूळ



संख्या किति व कोणत्या हे शोधण्याच्या काही पद्धती (algorithm) आहेत. दिलेल्या संख्येपर्यंतच्या सर्व मूळ संख्या शोधून काढता येतात. या लेखात अनेक संख्यांमधून मूळ संख्या वेचून काढण्याच्या काही पद्धती जाणून घेऊ या. या अतिशय सरळ आणि नियमबद्ध असलेल्या पद्धतींमधून मूळ संख्या शोधणे सोपे जाते.

### सुंदरमची चाळणी

भारतातील एक गणितज्ञ एस.पी. सुंदरम् यांनी १९३० मध्ये मूळ संख्या शोधण्याची पद्धत शोधून काढली तिलाच 'सुंदरमची चाळणी' असं म्हणतात. एखाद्या चाळणीप्रमाणे या पद्धतीत एकूण संख्यांमधून भाज्य संख्या वेगळ्या केल्या जातात आणि चाळून राहिलेल्या अविभाज्य संख्या मिळतात. ही चाळणी समान अंतरावर असलेल्या संख्यामालेवर आधारित आहे. संख्यामालेत प्रत्येक दोन अंकातील अंतर समान असते. सुंदरमच्या चाळणीची सुरुवातीची संख्यामाला ४ ने सुरू होते आणि त्यातील अंतर आहे ३ म्हणजे -

४, ७, १०, १३, १६, १९, २२, २५...

पुढची संख्यामाला ७ ने सुरू होते. त्यात दोन संख्यांमधे ५ चे अंतर आहे.

७, १२, १७, २२, २७, ३२, ३७, ४२...

यानंतरची संख्यामाला ७ अंतर असलेली आणि १० ने सुरू होणारी आहे.

१०, १७, २४, ३१, ३८, ४५, ५२, ५९

आता एक गोष्ट तुमच्या लक्षात आली असेल की क्रमवार संख्यामालेत पहिल्या मालेपेक्षा दुसरी तीनने अधिक आहे. प्रत्येक संख्यामालेत ३ चे अंतर आहे. दुसरी गोष्ट म्हणजे पहिल्या मालेत दोन संख्यातील अंतर ३, दुसरीमधे ५ आणि तिसरीत ७, याचा अर्थ असा की क्रमवार संख्यामालेत दोन संख्यांमधील अंतर दोनने वाढत जाते. आता या संख्यामाला एकाखाली एक लिहूया.

४	७	१०	१३	१६	१९	२२	२५	.....
७	१२	१७	२२	२७	३२	३७	४२	.....
१०	१७	२३	३१	३८	४५	५२	९	.....
१३	२२	३१	४०	४९	५८	६७	७६	.....
१६	२७	३८	४९	६०	७१	८२	९३	.....

काय दिसतंय? पहिली ओळ आडवी आणि उभी समान आहेत. प्रत्येक आडवी ओळ व उभी ओळ ही एक संख्यामाला आहे आणि दोन ओळीत समान अंतर असल्याने ही संख्यामाला आहेत. दोन ओळीतील प्रत्येक आकड्यातील अंतर वाढत जाते त्यामुळे ती

पण एक संख्यामाला तयार होते पहा.

४  
७

७  
१२

१०  
१७

१३  
२२

१६  
२७

१९  
३२

२२  
३७

२५  
४२

अंतर ३

५

७

९

११

१३

१५

१७

आत्तापर्यंत सुंदरम्ने सांगितलेला तक्ता आपण समजावून घेतला. आता यातून मूळ संख्या शोधायला हा तक्ता कसा उपयोगी ठरतो ते पाहू.

आता या तक्त्यातील कोणतीही संख्या निवडा. तिला दोनने गुणा. त्यात एक मिळवा. ही संख्या मूळ संख्या आहे का? दोन-तीन वेगवेगळ्या संख्या घेऊन हे सगळं करून पहा. या तक्त्यातील कोणतीही संख्या घेऊन पहा. त्याचं उत्तर मूळ संख्या येते का?

उत्तर आहे 'नाही.'

पण या तक्त्यात नसलेल्या संख्यांचं काय? उदा. ५, ६, ८ इत्यादि यावरून तुमच्या लक्षात येईल की जर संख्या 'न' या तक्त्यात असेल तर  $२न + १$  ही अविभाज्य संख्या नाही आणि 'न' तक्त्यात नसेल तर  $२न + १$  ही मूळ संख्या आहे. यावरून एक सिद्धांत मांडता येईल.

' $२न + १$ ' ही या तक्त्यात नसेल तेव्हा आणि फक्त तेव्हाच ती मूळ संख्या असेल.'

हे जर सर्व 'न' संख्यांसाठी खरं असेल तर मूळ संख्यामाला शोधून काढायची एक पद्धतच निश्चित करता येईल.

मूळ संख्या शोधून काढणे अवघड असते पण एक क्रमबद्ध गणिती पद्धतीने सरळ संख्यामाला बनवून मूळ संख्या शोधण्याची ही पद्धत आश्चर्यजनक आहे.

पण ही सर्व धन 'न' संख्यांसाठी योग्य पद्धत आहे का? याचं उत्तर आहे 'हो' कारण याची सिद्धता देता येते. कशी देता येईल याचा जरा विचार करा. यासाठी फार मोठी आकडेमोड करण्याची गरज नाही. बेरीज, गुणाकार, भागाकार अशा मूलभूत बीजगणिती क्रिया आल्या पाहिजेत. तुमच्या मदतीकरता काही पायऱ्या देत आहोत.

## पायरी १

पहिली ओळ ४ ने सुरू होते. कोणत्याही ओळीची पहिली संख्या आधीच्या ओळीपेक्षा ३ ने जास्त आहे. यावरून 'म' या ओळीची पहिली संख्या असेल -

$$४ + ३(म - १) = ४ + ३म - ३$$

$$\text{पहिली संख्या} = ३म + १$$

पहिल्या ओळीतील क्रमवार संख्येत तीनचे अंतर आहे.

नंतर येणाऱ्या ओळीत पहिल्यापेक्षा हे अंतर दोनने वाढत जाते.

याचाच अर्थ 'म' या ओळीच्या दोन क्रमवार संख्यांमधलं अंतर

$$= ३ + २ (म-१) = ३ + २म - २$$

$$\text{अंतर} = २ म + १.$$

म्हणजेच 'म' या ओळीतील 'क' ही संख्या त्या ओळीतील दोन क्रमवार संख्यांच्या अंतराच्या (क - १) पट असेल. 'म' ओळीतली क ही संख्या

$$= ३ म + १ + (क - १) (२ म + १) = (२क + १) म + क$$

### पायरी २

'न' ही तक्त्यातील कोणतीही संख्या असेल तर

'म' आणि 'क' साठी आपण हे सूत्र मांडू शकतो -

$$न = (२क + १) म + क$$

याचा उपयोग आपण  $२न + १$  यामध्ये करू.

$$२ (२क + १) म + क ) + १$$

$$२ (२क + १) म + २क + १$$

$$= (२क + १) (२म + १)$$

$२क + १$  आणि  $२म + १$  या दोन्ही एकहून मोठ्या पूर्णांक संख्या आहेत.  $२न + १$  चे हे दोन्ही अवयव एकपेक्षा मोठे आहेत. म्हणजेच ही संख्या मूळ नाही.  $२न + १$  तक्त्यात आहे व मूळ नाही.

### पायरी ३

दुसऱ्या पायरीत सिद्ध केलेल्या म्हणण्याला जरा कलाटणी देऊ. जर 'न' तक्त्यात नसेल तर  $२न + १$  ही मूळ संख्या आहे. याच्या उलट जर  $२न + १$  ही मूळ संख्या नाही तर 'न' तक्त्यात अवश्य आहे. आता याची सिद्धता -

$२न + १$  ही मूळ संख्या नाही असे मानल्यास त्याचे अवयव 'अ' आणि 'ब' पूर्णांक असणार. दोन्ही एकापेक्षा मोठे आणि  $२न + १$  पेक्षा कमी असणार.  $२न + १$  ही विषम संख्या आहे म्हणजेच 'अ' आणि 'ब' याही विषम आहेत.

आता,

$$अ = २य + १, ब = २ र + १ असे मानू.$$

$$\text{म्हणून, } २न + १ = अ \times ब = (२य + १) (२र + १)$$

$$= २५ (२२ + १) + २२ + १$$

$$= ४ यर + २५ + २२ + १$$

$$२२ = ४ यर + २५ + २२$$

$$न = २ यर + य + २$$

$$न = य (२२ + १) + २$$

याचाच अर्थ असा की ही संख्या 'य' ओळीतील '२' वी संख्या आहे म्हणजेच 'न' ही तक्त्यात आहे आणि म्हणूनच मूळ संख्या नाही.

### सारांश

तुम्ही या तीन पायऱ्या समजावून घेतल्या का? की तुमच्याकडे दुसरी कुठली सिद्धता आहे? याचाच अर्थ सुंदरम्ची चाळणी उपयुक्त आहे. यातली 'क' वी संख्या मूळ संख्या आहे का? हे शोधण्यासाठी क + १ ही संख्या माहिती व्हायला हवी. त्याला दोनने गुणून त्यात १ मिळवा म्हणजे नक्की समजेल. या शृंखलेत २ ही एकमेव सम असलेली मूळ संख्या नाही. पण इतर मूळ संख्या यावरून नक्की शोधता येतील.

$$\text{समजा क} = १ \text{ तर क} + १ = २$$

$$(क + १) \times २ + १ = २ \times २ + १ = ५ \text{ मूळ संख्या}$$

### मूळ संख्यांचा उपयोग

- मूळ संख्यांचा उपयोग मोठ्या संयुक्त संख्यांचे अवयव पाडताना होतो.
- सायबर युगात एखाद्या गोपनीय माहितीपर्यंत पोचण्यासाठीचा प्रयत्न नाकाम करण्यासाठी होतो.
- वाहने, यंत्रे यांच्या गियरमध्ये मूळ संख्या उपयुक्त ठरतात. असं आढळून आलं आहे की ज्या गियरचे दाते एखादी मूळ संख्या असतील (३, ५, ७, ११ इ.) त्याचा आवाज कमी होतो आणि तोडमोडही कमी होते. त्यामुळे देखभालीचा खर्च वाचतो.

---

लेखक : जुलियन हॅविल इंग्लंडमधील विन्चेस्टर कॉलेजचे निवृत्त गणित प्राध्यापक.

'द इर्रॅशनल' पुस्तकाचे लेखक

मूळ लेख : [plus.maths.org/issue50/features/havil/index.html](http://plus.maths.org/issue50/features/havil/index.html) येथून साभार

हिंदी अनुवाद : प्रमोद मैथिल, एकलव्य भोपाळ येथे कार्यरत, गणित, विज्ञानात रस.

---

## ईरेटोस्थेनीस यांची चाळणी

सायरीनचे ईरेटोस्थेनीस (इ.स. पूर्व २७६ ते १९४) हे पृथ्वीच्या परिघाचा अंदाज बरोबर काढणारे महान गणितज्ञ होते. अलेक्झांड्रियाच्या प्रसिद्ध ग्रंथालयाचे ते अनेक दशके संचालक होते. त्याकाळी त्यांना मोठा सन्मान प्राप्त झाला होता. त्यांनी 'जिओग्राफिया' नावाचा ग्रंथ लिहिला. दुर्दैवाने त्यांची कुठलीच मूळ रचना आज उपलब्ध नाही पण नंतरच्या लेखकांनी त्यांचा उल्लेख आवर्जून केला आहे.

ईरेटोस्थेनीसची चाळणी भाज्य संख्या बाहेर काढते आणि उरलेल्या संख्या या मूळ संख्या असतात. त्यांची पद्धत अशी होती - समजा तुम्हाला 'न' पर्यंतच्या संख्यांमधल्या मूळ संख्या शोधायच्या आहेत तर या क्रमाने जा -

- एकपेक्षा मोठ्या आणि 'न' पर्यंतच्या (न सहीत) सगळ्या पूर्णांक संख्या लिहा.

- आता यातल्या मूळ संख्यांच्या पटीत येणाऱ्या संख्यांवर काट मारा. उदा. पहिली मूळ संख्या आहे २ तर तिच्या पटीत येणाऱ्या ४, ६, ८, १० इ. संख्यांवर काट मारा.

याप्रमाणे क्रमवार मूळ संख्यांच्या पटीतील संख्यांवर काट मारा.

- काट मारलेल्या संख्या 'न' च्या वर्गमुळाएवढ्या किंवा त्यापेक्षा कमी असाव्यात.

- ज्या संख्या राहतील त्या मूळ संख्या.

लक्षात घ्या की कोणत्याही संख्येचा एक अवयव (पूर्ण वर्ग संख्या वगळता) जर तिच्या वर्गमुळापेक्षा मोठा असेल तर दुसरा वर्गमुळापेक्षा लहान असतो. त्यामुळे ज्या न च्या वर्गमुळापेक्षा मोठ्या आहेत अशा अभाज्य संख्यांचे अवयव पाडण्याची गरज नाही.

उदाहरणार्थ ५० पर्यंतच्या मूळ संख्या शोधून काढू.

	२	३	४	५	६	७	८	९	१०
११	१२	१३	१४	१५	१६	१७	१८	१९	२०
२१	२२	२३	२४	२५	२६	२७	२८	२९	३०
३१	३२	३३	३४	३५	३६	३७	३८	३९	४०
४१	४२	४३	४४	४५	४६	४७	४८	४९	५०

- पहिली मूळ संख्या २ आहे. तिच्या गुणक संख्यांवर काट मारायची आहे.

	२	३	४	५	६	७	८	९	१०
११	१२	१३	१४	१५	१६	१७	१८	१९	२०
२१	२२	२३	२४	२५	२६	२७	२८	२९	३०
३१	३२	३३	३४	३५	३६	३७	३८	३९	४०
४१	४२	४३	४४	४५	४६	४७	४८	४९	५०

- उरलेल्या संख्यांपैकी पुढची आहे ३. ही पहिली विषम मूळ संख्या हिच्या गुणांनाही काट मारा.

	२	३	४	५	६	७	८	९	१०
११	१२	१३	१४	१५	१६	१७	१८	१९	२०
२१	२२	२३	२४	२५	२६	२७	२८	२९	३०
३१	३२	३३	३४	३५	३६	३७	३८	३९	४०
४१	४२	४३	४४	४५	४६	४७	४८	४९	५०

- पुढची उरलेली ५ ही दुसरी विषम मूळ संख्या. याचे गुणक कापताना लक्षात येईल की फक्त २५ आणि ३५ यावरच काट मारायची राहिली आहे.

	२	३	४	५	६	७	८	९	१०
११	१२	१३	१४	१५	१६	१७	१८	१९	२०
२१	२२	२३	२४	२५	२६	२७	२८	२९	३०
३१	३२	३३	३४	३५	३६	३७	३८	३९	४०
४१	४२	४३	४४	४५	४६	४७	४८	४९	५०

- नंतर येणाऱ्या ७ या मूळ संख्येच्या फक्त ४९ या गुणकावर काट मारायची शिल्लक राहते.

	२	३	४	५	६	७	८	९	१०
११	१२	१३	१४	१५	१६	१७	१८	१९	२०
२१	२२	२३	२४	२५	२६	२७	२८	२९	३०
३१	३२	३३	३४	३५	३६	३७	३८	३९	४०
४१	४२	४३	४४	४५	४६	४७	४८	४९	५०

- आता उरलेल्या सर्व संख्या मूळ संख्या आहेत. कारण ११ ही ५० च्या वर्गामुळापेक्षा मोठी आहे त्यामुळे तिचे गुणक काढायचे नाहीत.

- भागाकार न करता ५० पर्यंतच्या अंकातील मूळ संख्या कशा शोधून काढल्या ते तुमच्या लक्षात आले का?

शैक्षणिक संदर्भ अंक ६४ मधून साभार. □□

लेखक : जिल ब्रिटॉन, कॅमोसन कॉलेज व्हिक्टोरिया, ब्रिटीश कोलंबिया कॅनडामध्ये गणित शिकवतात. शिक्षक, लेखक, सल्लागार असून प्राथमिक शिक्षक व विद्यार्थ्यांसाठी कार्यशाळा आयोजित करतात.

हिंदी अनुवाद : मनोज जैन, जिल्हा संशोधन केंद्र, हरदा येथे व्याखाता, गणित, इंग्रजीत उच्च पदवीधर, संपादन, अनुवाद आणि फोटोग्राफी यामध्ये रस.

मूळ स्रोत [http://britton.disted.camosun.bc.ca/j\\_beratosthenes.htm](http://britton.disted.camosun.bc.ca/j_beratosthenes.htm).

# अणू आणि ऊर्जा

लेखक : विनय र.र.

ज्येष्ठ शास्त्रज्ञांनी दिलेल्या भरवशावर विश्वास ठेवून अणुऊर्जेचे समर्थन करावे, तर जपानमधल्या भीषण आपत्तीचा ताजा अनुभव उरात धडकी भरवतो. आणि अणुऊर्जा प्रकल्पाला विरोध करावा, तर भविष्यातले विजेचे संकट कसे निवारणार, याचे उत्तर सापडणे कठीण होते. - सर्वसामान्य माणसाची मती गुंग करणाऱ्या या कोड्याची गाठ निदान सैल करायची, तर अन्य सर्व अभिनिवेश बाजूला ठेवून शुद्ध विज्ञानाला शरण गेले पाहिजे... तोच हा प्रयत्न !

१९४५ साली दुसऱ्या महायुद्धात जपानमधील हिरोशिमा आणि नागासाकी या दोन शहरांवर अणुबॉम्ब टाकले गेले आणि अणुऊर्जेच्या विक्राळ स्वरूपाचे दर्शन जगाला घडले. त्याच जपानमध्ये मार्च २०११ला झालेल्या ८-९ रिश्टर क्षमतेच्या भूकंपामुळे आणि त्यामुळे उद्भवलेल्या त्सुनामीमुळे जपानमधील अनेक अणुभट्ट्यांना अपघात होऊन केवळ जपानलाच नव्हे तर चीन, रशिया, कोरिया, अमेरिका इत्यादि देशांनाही किरणोत्सर्गाच्या धोक्याला सामोरे जावे लागले. अशा वेळी एकंदरीतच अणुऊर्जा आणि तिचे धोके यांच्याबद्दल काही प्रश्न निर्माण होतात.

## अणुऊर्जा हानिकारक नाही का ?

तसे पाहायला गेले तर कोणत्याही प्रकारची ऊर्जा घातक ठरू शकते. एखादी बाब घातक ठरते ती प्रचंड मोठ्या प्रमाणावर तत्क्षणी निर्माण झाल्यामुळे. याला आपण विस्फोट म्हणतो. ऊर्जेच्या थोड्या थोड्या निर्मितीला आणि वापराला सामावून घेण्याचे तंत्र आपण विकसित केलेले असेल तर तेवढी ऊर्जा हानिकारक न होता लाभदायक म्हणता येईल.

अणुऊर्जा ही माणसाने शोधून काढलेली ऊर्जा आहे. जानेवारी १९३९ मध्ये बर्लिनमधील केसर विल्हेम इन्स्टिट्यूटमध्ये ऑटो हान फ्रिट्झ स्ट्रासमन आणि सहकार्यांनी प्रथम अणुविखंडन करून पाहिले. अणुऊर्जेसारखी आणखी एक ऊर्जा म्हणजे 'आग'. ती माणसाला कधी सापडली याचा तारीखवार माहिती नाही. पण ती हजारो वर्षांपूर्वी माणसाला सापडली असावी असा अंदाज करता येतो. 'आग' सुरक्षितपणे हाताळता येण्यासाठी जितका कालावधी मनुष्यप्राण्याला लागला, त्यामानाने अणुऊर्जा सुरक्षितपणे हाताळता येण्याइतकी परिस्थिती यायला अजून एक शतकही झालेले नाही. वाफ आणि वीज या शक्ती हाताळता



येण्यासाठी दोन-तीन शतके जास्ती मिळाली, म्हणून आपल्याला या शक्ती तितक्या हानिकारक वाटत नाहीत; मात्र या ऊर्जा नियंत्रणाबाहेर गेल्याने अपघात होतच नाहीत असे म्हणता येत नाही. अपघात होतात; पण त्याचा 'बाऊ' न करता, न घाबरता आपण त्या ऊर्जा वापरतो. अणुऊर्जा त्या मानाने बाल्यावस्थेत आहे. ती नियंत्रणात ठेवण्याचे तंत्रज्ञान आणि ते वापरण्याचे कौशल्य आणखी विकसित झाले तर घात-अपघाताने होणारी हानी रोखता येऊ शकेल.

### अणुभट्ट्यांत अपघात झाले तर ?

तो धोका आहेच. आपण किती कडेकोट बंदोबस्त करणे आवश्यक आहे, ते त्या-त्या अणुभट्टीच्या भौगोलिक प्रदेशावर आणि आसमंतावर ठरेल. त्याबाबत विनाकारण गुप्तता बाळगणे योग्य नाही. गुप्ततेमुळे दोन धोके संभवतात. एक, लोकांमध्ये भयगंड

वाढत राहू शकतो आणि दुसरा, संयंत्र उभारणीत फाजील (अति) आत्मविश्वास निर्माण होतो. पहिल्या अणुबॉम्ब निर्मितीत असणाऱ्या गाभा गटातील शास्त्रज्ञही अणुविखंडन तंत्रज्ञान गुप्त राहावे या बाजूने नव्हते. अमेरिकी लष्करी अधिकाऱ्यांचा डाव ते अमेरिकेपुरतेच राहावे असा होता. तो चक्रे एका शास्त्रज्ञ जोडप्याने चोरी करून, ते तंत्रज्ञान रशियाला पुरवून हाणून पाडला. अणुऊर्जा निर्मितीबाबत गुप्तता पाळली गेल्याने त्यात भ्रष्टाचार तर होऊच शकतो शिवाय अपघात झाले तर त्यांची चौकशीही होऊ शकत नाही आणि त्यामुळे चुका सुधारण्यास शास्त्रज्ञांना-तंत्रज्ञांना संधी मिळत नाही. संभाव्य अपघात क्षेत्रात राहणाऱ्यांना आणीबाणीच्या क्षणी काय करावे याचे धडे मिळत नाहीत. अणुऊर्जेच्या बाबतीत गुप्ततेचे आवरण काढले पाहिजे. दुसरे म्हणजे



अपघाताचा धोका आहे म्हणून ते टाळले पाहिजे, असे काही मानवी संस्कृती सांगत नाही. असे धोके पत्करूनही आपल्या पूर्वजांनी आजची नागरी संस्कृती इथपर्यंत आणली याबद्दल सतत ऋणी राहण्याची मानसिकता जोपासली जावी.

**अणुभट्टीतील राख लाखो वर्षे किरणोत्सार करित राहिल त्याचा धोका नाही का ?**

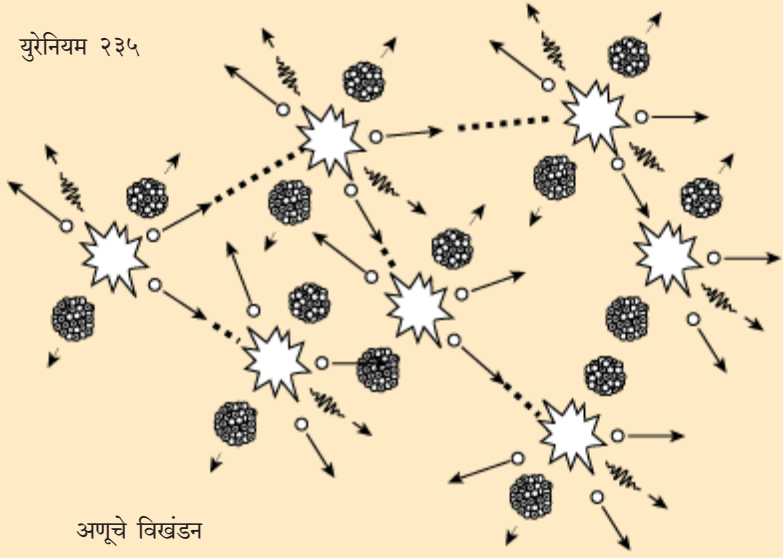
अणुभट्टीतून राख येते म्हणण्याऐवजी त्याला 'उर्वरक' म्हणणे अधिक सयुक्तिक ठरेल. औष्णिक भट्टीतून पसरणाऱ्या राखेचे लोटच्या लोट चंद्रपूर भागात आपल्याला दिसतात तसे अणुभट्टीतील नसते. दुसरे म्हणजे अणुभट्टीत निर्माण झालेल्या उर्वरकांमध्ये किरणोत्सार करणारे अनेक घटक तयार होतात. काळाबरोबर किरणोत्सार कमी कमी होत जातो. किरणोत्साराचे प्रमाण ठरावीक काळाने निम्म्यावर येते त्या काळाला अर्धआयुकाल म्हणतात. उदा. आयोडिन १३१ या किरणोत्सारी अणुप्रकाराचा अर्धआयुकाल आठ वर्षे आहे. याचा अर्थ किरणोत्सार १६ वर्षांनंतर संपतो असे नाही तर तो निम्मा होतो. साधारणपणे अर्धआयुकालाच्या सात पट कालापर्यंत किरणोत्सार प्रभावी असतो. म्हणजे वरील उदाहरणात तो ५६ वर्षे मानता येईल. लाखो वर्षे नाही; मात्र सैद्धान्तिकदृष्ट्या किरणोत्सार आधीच्या निम्मा, त्याच्या निम्मा करत करत लाखच नव्हे कोटी वर्षेही तो राहू शकतो.

त्याची काळजी घेतलीच पाहिजे. चेर्नोबिलच्या अपघातानंतर त्या भागातून भारतात आलेल्या, किरणोत्साराने बाधित लोण्याबाबत एक खटला दाखल झाला होता. तो इतका रेंगाळला की लोण्यातील किरणोत्सार धोकादायक पातळीच्या खाली आला. न्यायालयीन दिरंगाईचा फायदाच म्हणावा !

**अणुऊर्जा सुरक्षित असेल तर गेल्या वीस-पंचवीस वर्षांत अणुभट्ट्यांची उभारणी कमी का झाली ?**

एक तर ऊर्जानिर्मितीचे अन्य उपाय जे अधिक सुरक्षित किंवा 'आखूडशिंगी बहुदुधी' वाटले त्याकडे त्या त्या देशांनी लक्ष दिले. ते स्वाभाविकच आहे. आणखी एक महत्त्वाचे कारण म्हणजे अणुभट्टीतून वीजनिर्मितीनंतर शिल्लक राहिलेल्या उर्वरकांमध्ये असणाऱ्या प्लुटोनियमची मागणी कमी झाली. प्लुटोनियमचा मुख्य वापर अणुबॉम्ब बनविण्यासाठी होतो. अणुबॉम्ब आहेत किंवा इतरांपेक्षा जास्ती आहेत तो देश परकीय आक्रमणांपासून सुरक्षित अशी जरबेची समजूत बदलत्या जागतिक रचनेत फोल ठरली. उलट आपल्या भूमीवर असणाऱ्या अणुबॉम्बच्या ज्वालामुखीच्या तोंडावर आपण बसलो आहोत याची जाणीव त्या देशातील नागरिकांना आणि सरकारला व्हायला लागली. शिवाय शिल्लक उर्वरकाची विल्हेवाट लावण्याचे अन्य सुरक्षित मार्ग फारसे शोधले गेल्याचे दिसत नाही.

युरेनियम २३५



अणूचे विखंडन

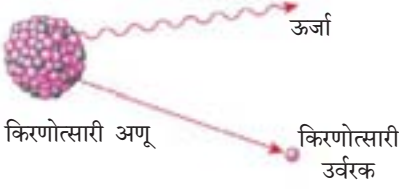
खनिजातून कण कण गोळा करून शुद्ध करून तुळ्यांच्या रूपात वापरलेले अणुइंधन काम झाल्यावर पुन्हा कण कण करून विखरून निसर्गाला परत करणे - हा मार्ग खर्चिक असला तरी कमी धोक्याचा असावा, असे मला वाटते.

**अणुऊर्जा निर्माण करण्यासाठी किरणोत्सार लागतो आणि ती निर्माण झाल्यावरही किरणोत्सार होतो शिवाय ती खर्चिकही आहे - त्याचे काय ?**

घरात स्वयंपाक करण्यासाठी चूल पेटवायची तर त्याही आधी काही तरी पेटवायला लागतेच. आता सुरक्षित आगकाड्या, लायटर अशी साधने आहेत. त्यातही अग्नी आहे आणि चूल पेटविल्यावरही अग्नी निर्माण होतो. तसेच अणुऊर्जेबाबतही आहे. अणू हा पदार्थाचा अतिसूक्ष्म कण.

तो इतका छोटा आहे की एका मिलीमीटरमध्ये एक कोटी अणू मावतात. त्या अणूत असणारे केंद्रक अणूच्या आकारापेक्षाही खूपच लहान. इतके लहान की एका अणूच्या आकारात एक लाख अणुकेंद्रके मावतील. त्या अणुकेंद्रकामध्ये धनभारित प्रोटॉन असतात. त्यांच्यावरील विद्युतभार सारखाच असल्याने ते एकमेकांना तीव्र बलाने ढकलतात. त्या ढकलण्याच्या बलाच्या विरोधात जे बल प्रभाव टाकते ते म्हणजे अणुऊर्जा. ती प्रत्येक अणूत असतेच; पण प्रत्येक प्रकारचा अणू फोडून ही ऊर्जा मुक्त करता येत नाही. युरेनियम, थोरियम, प्रोटेक्टिनियम, प्लुटोनियम अशा प्रकारच्या अणूंचेच विखंडन करणे आजपर्यंत माणसाला शक्य झाले आहे.

आगकाडीने इंधनाचा काही भाग पेटवावा लागतो आणि त्यातून निर्माण झालेली ऊर्जा



इंधनाचा लगतचा भाग पेटण्यासाठी वापरली जात मिळणारी धग वाढत जाते. त्याचप्रमाणे युरेनियमच्या अणुकेंद्रावर एका संथ न्यूट्रॉनचा मारा केला की त्या अणूचे विखंडन होते. त्यातून तीन न्यूट्रॉन निघतात आणि ते लगतच्या तीन युरेनियम अणूचे विखंडन करतात. त्यातून पुन्हा प्रत्येकी तीन न्यूट्रॉन निघतात. अशी साखळी प्रक्रिया चालू राहाते असे ऑटो हान या शास्त्रज्ञाने मांडले.

प्रत्येक विखंडनानंतर बाहेर पडणारे तीनही न्यूट्रॉन साखळी क्रि येतील युरेनियमवरच धडकतील असे नाही, ते साखळी बाहेरही पडू शकतील किंवा विखंडनातून निर्माण होणाऱ्या बेरियम, क्रिप्टॉन यावरही धडकू शकतील. त्यामुळे अणुऊर्जेतून केवळ एकाच प्रकारचा किरणोत्सार बाहेर पडेल असे नक्की सांगता येत नाही. ही अणुऊर्जेबद्दलची आजची मर्यादा आहे असे मानता येईल. त्यामुळे कुठलाच किरणोत्सार बाहेर जाऊ नये याचा कडेकोट बंदोबस्त करावा लागणारच. घरातल्या चुलीच्या इंधनातून ठिणग्या इतस्ततः बाहेर पडत असतील तर त्यांना एक तर शिस्तीत बाहेर पडण्याची तजवीज केली

पाहिजे किंवा घरातले सगळे पदार्थ पाण्याने ओले करून आग लागणार नाही असे बघितले पाहिजे. त्यासाठी खर्च आणि कटकट, कष्ट जास्ती पडणार. म्हणून ऊर्जा संयंत्र उभारणीचा खर्च अधिक होणार. त्यामुळे आज अणुऊर्जा उभारणी खर्चिक आहे.

किरणोत्साराबद्दल थोडा वेगळा विचार करावा लागेल. आज तुम्ही, मी, आपणच काय तर प्रत्येक सजीव - किडामुंगी, प्राणी, वनस्पती अगदी सूक्ष्मजीवसुद्धा आपल्या देहात किरणोत्सारी मूलद्रव्य घेऊन वावरतो. त्याला कार्बन-१४ असे नाव आहे. जोपर्यंत आपण जिवंत आहोत तोपर्यंत या कार्बन-१४ चे कार्बन-१२ शी असलेले प्रमाण स्थिर राहते. सजीवाचा मृत्यू झाला की कार्बन-१४ किरणोत्सारी असल्याने त्याचे प्रमाण कमी कमी होत जाते. याशिवाय ज्या मूलद्रव्यांचे अणुविखंडन करून अणुऊर्जा मिळविता येते असे अणू आपल्या आसमंतात असतातच. त्यांच्यापासूनही सातत्याने किरणोत्सार होत असतोच. सूर्यावर होणारी वादळे आणि इतर दूरवरच्या ताऱ्यांवरून फेकला जाणारा किरणोत्सारही असतोच. तो टाळता येत नाही. त्यातला काही किरणोत्सार सजीवसृष्टीच्या अस्तित्वासाठी आवश्यकही आहे.

दुसऱ्या बाजूने आधुनिक औषधोपचार पद्धतींमध्ये वापरले जाणारे क्ष-किरण, सीटी स्कॅन, एमआरआय यासारख्या यंत्रणांमध्ये

किरणोत्साराचा वापर होतो. शरीर न फाडता आतल्या हाडाला झालेली इजा क्ष-किरण प्रतिमेने तपासता येते. क्ष-किरणाचा शोध लागून शंभराहून अधिक वर्षे झाली. त्याच्या किरणोत्साराची हानी कमी करण्याचे तंत्र विकसित झाले. पण तरीही त्याचा धोका गर्भवतीला किंवा वाढत्या वयाच्या बालकांना अजूनही आहेच.

तारापूर अणुवीज निर्मिती केंद्रातून गळती होते का, याची पाहणी करण्यासाठी तेथील सुरक्षितता तपासण्यासाठी काही खासदारांचे एक पथक गेले होते. त्या सर्वांना विशेष प्रकारची चिलखते घालून अणुभट्टीतून अनेक गोष्टी सुरक्षित अंतरावरून दाखविण्यात आल्या. ते पथक अतिसंरक्षित भागातून बाहेर पडण्यापूर्वी त्यांच्या शरीरावर पडलेल्या किरणोत्साराची मात्रा तपासण्यात आली. तपासणी नाका स्वयंचलित होता. किरणोत्सार मर्यादित असेल तरच दार उघडून बाहेर जाऊ देणार. तसे एक सोडून सर्व खासदार बाहेर जाऊ शकले. या खासदार महाशयांना तपासणी नाका बाहेर जाऊ देईना. कारण त्यांच्या शरीरातून बाहेर पडणारा किरणोत्सार धोक्याच्या पातळीपेक्षा अधिक होता. सगळे बुचकळ्यात पडले. शेवटी चौकशी करता असे समजले की, या खासदाराची काही दिवसांपूर्वीच अँजिओप्लास्टी झाली होती. त्यावेळी वापरलेल्या औषधीमधून बाहेर पडणारा किरणोत्सर्ग अजूनही त्यांच्या शरीरात होता. ही धोकादायक मात्रा घेऊन या

खासदारांनी किती जणांना किरणोत्साराचा प्रसाद दिला असेल? मला वाटते किमान तारापूर येथे तरी किरणोत्सार धोकादायक पातळीच्या वर जाणार नाही याची काळजी घेतली जाते.

### जैतापूर अणुऊर्जा प्रकल्पाबद्दल काय ?

माझा कल एकंदरीतच महाकाय प्रकल्पांच्या बाजूने नाही. त्यात खर्च, गुंतवणूक, धोके, लाभांसाठी करावा लागणारी तजवीज, सुरक्षा यंत्रणा, उर्वरकांची विल्हेवाट, पर्यावरणीय हानी यांचा बोजा मोठा येतो. महाकाय प्रकल्पांचे तंत्र आणि त्यामागील विज्ञानाकडे चिकित्सक आणि संवेदनशील शास्त्रज्ञही साशंकतेने पाहतात. आपल्याकडे मनुष्यबळ प्रचंड आहे. त्याचा बौद्धिक, शारीरिक, मानसिक वापर करणारे तंत्र आणि विज्ञान विकसित व्हायला पाहिजे. परावलंबनाच्या जोखडातून आपण, आपले शिक्षण, आपले विज्ञान, आपले तंत्रविज्ञान, आपले संशोधक, आपले शासन, प्रशासन मुक्त व्हायला हवे. सुटा सुटा विचार करून पश्च सुटत नाहीत. एकात्मिक विचार व्हायला हवा. फक्त जैतापूर प्रकल्पाबद्दलच नाही तर अशा सर्व मोठ्या प्रकल्पांबद्दल नव्या संवेदनशीलतेने पाहायला हवे.

□□

लेखक : विनय र.र., सर परशुराम भाऊ महाविद्यालयात रसायनशास्त्राचे प्राध्यापक, मराठी विज्ञान परिषदेचे कार्यकर्ते. मो.: ९४२२०४८९६७

# आकाशाला गवसणी

लेखक : प्रज्ञा पिसोळकर



लंडनची अॅमी 'शेफिल्ड' विद्यापीठातून भाषाशास्त्रामध्ये पदवीधर झाली होती. तिने एकदा 'विंग्ज' नावाचा सिनेमा पाहिला. झालं! त्यानंतर

तिनं वैमानिक होण्याचा ध्यासच घेतला.

अॅमीचे वडील मासेमारीचा व्यवसाय करत. ते तिला या महागड्या वेडापायी किती पैसे पुरवू शकणार? अॅमीने नोकरी करून पै न पै साठवायला सुरवात केली. लोकांकडूनही पैसे जमविले. आणि ती 'एरोप्लेन क्लब' ची सभासद झाली.

१९२८ साली तिनं वैमानिक अभ्यासाचा पहिला धडा गिरवला. तिच्याही नकळत तिच्या मनात तेव्हा एका भावी साहसानं मूळ धरलं. अदम्य उत्साह, दृढ निश्चय, तीव्र आकलनशक्ती यांच्या मदतीनं ती गगनाला गवसणी घालणार होती.

वैमानिक पात्रता परीक्षा पास होतांना तिला अनेक पुरुषी वर्चस्वाच्या कल्पनांना/

अडवणुकीला तोंड द्यावं लागलं. ७ वर्षं प्रियकर म्हणून वावरणाऱ्या इसमानं तिला दगा दिला. विव्हल झालेल्या अॅमीनं तेव्हाच विमानोड्डाणा-

तील पुरुषी मक्तेदारी मोडून काढण्याचा निश्चय केला.

१९२९ साली 'ग्राऊंड इंजिनिअर'चा परवाना मिळविणारी ती जगातली पहिली महिला ठरली. इतकंच नव्हे तर ती 'हवामानशास्त्र', दिशा शोधन, मोर्स कोड आंतरराष्ट्रीय हवाई वाहतुकीचे नियम या विषयांमध्येही पारंगत झाली.

लंडन ते डार्विन (ऑस्ट्रेलिया) हे ११,००० मैलांचं उड्डाण तिनं एकटीनं करायचं ठरविलं. (आश्चर्य म्हणजे तेव्हा तिनं १०० मैलांपेक्षा अधिक अंतर एका सलग उड्डाणात कापलं नव्हतं!)

तिचे बाबा लेकीच्या मागे भक्कमपणे उभे राहिले. कॅस्ट्रॉल या तेल कंपनीनं व वडिलांनी



कौशल्यानं विमान उतरवलं.

कराची गाठेपर्यंत तिला दोन छोटे अपघात झाले. विमानानं पूर्ण असहकार पुकारला. झाशीच्या परेड ग्राऊंडवर विमान उतरावं लागलं. कशी बशी दुरुस्ती करून ती आभाळात झेपावली. तर ब्रह्मदेशाजवळ ती मुसळधार पावसात अडकली. रंगूनजवळ ते बिचारां विमान एका खड्ड्यात कोसळलं. त्याचा पंख नादुरुस्त झाला. मग काय! पुन्हा एकदा दुरुस्ती.

केलेल्या अर्थसहाय्यातून तिनं 'जिप्सी मॉथ' जातीचं छोटे विमान खरेदी केलं. त्याचं नाव तिनं 'जेसन' ठेवलं. ५ मे १९३० ला जेसननं लंडनहून आभाळात झेप घेतली. या प्रवासात तिला आलेले अनुभव तिच्या 'Sky roads of the world' या पुस्तकात मुळातूनच वाचण्यासारखे आहेत.

तिनं अनेकविध व अनपेक्षित संकटांशी केलेला सामना बघून आपण अवाक होतो.

इस्तंबूलमध्ये उंच डोंगररांगा आहेत. त्या तिनं ऐन धुक्यात पार केल्या. एकदा ती धुळीच्या वादळात सापडली. तिचं ते पिटुकलं विमान भयाण हेलकावे खाऊ लागलं. तिला समोरचं काही दिसेना. त्या अवस्थेत तिनं रखरखीत वाळवंटात

जावा समुद्र शार्क माशांनी भरलेला. 'जेसन' नेमकं तिथंच हेलपांडू लागलं. जीव मुठीत धरून तिनं विमान जवळच्या 'तिमोर' बेटावर उतरवलं. तिथले आदिवासी तिच्याभोवती जमले. जिभल्या चाटत फेर धरून नाचू लागले. ती भयचकित झाली. जवळच्या छोट्या रिव्हॉल्व्हरच्या जोरावर तिनं त्यांना थोपवून धरलं. आणि तिनं तिथल्या पोर्तुगीज शासनाशी संपर्क साधला. त्यांनी तिची सुटका केली.

२४ मे ला तिनं डार्विन गाठलं. प्रचंड जनसमुदायानं तिचं स्वागत केलं. तिचे अनेक सत्कार, अनुभव कथनाचे कार्यक्रम झाले.

१९३२ मध्ये तिनं तिच्यापेक्षा २ वर्षांनी लहान जिम मॉलिसन या जिगरी वैमानिकाशी



लग्न केलं. उड्डाणाचे अनेक विक्रम त्याच्या नावे जमा होते. लग्नानंतर दोघांनी मिळूनही बरेच विक्रम केले.

नंतर अॅमीने जिमचे विक्रम मोडीत काढण्याचा धडाका लावला. जिममधील 'पुरुषाला' हे सहन झालं नाही. (आजही आपल्यापेक्षा कर्तबगार बायको फार थोड्या पुरुषांना सोसवते.) परिणामी, हे लग्न १९३४ मध्ये मोडलं सुद्धा !

१९३९ साली दुसरं महायुद्ध सुरू झालं. अॅमी ब्रिटनच्या हवाई खात्याच्या मदत पथकात सामिल झाली. कारखान्यात बनलेली विमानं ठरावीक हवाई तळांवर नेण्याचं काम करू लागली. अशाच एका मिशनच्या वेळी बर्फ पडत होतं. अचानक

रडारवर तिचं विमान थेम्स नदीत पडताना दिसलं. जिगरबाज अॅमीनं पॅरॅशूटच्या मदतीनं विमानाबाहेर उडी मारलेलीही दिसली. पण बचावगटाला ना अॅमी सापडली ना तिचं शव. ती आभाळाची राणी जणू थंडगार जळात विरघळून गेली!

आपल्या असामान्य साहसांनी आकाशावर नाव कोरणान्या अॅमीचं 'जेसन' हे लाडकं विमान लंडन येथे एका विज्ञान संग्रहालयात आजही दिमाखात उभं आहे.

□□

लेखक : प्रज्ञा पिसोळकर, एम.एस्सी.  
फिटनेस एक्सपर्ट. चिंचवड व निगडी येथे फिटनेस सेंटर चालवतात. ट्रेकिंग, वाचन लेखनाची आवड.  
E-mail : pradnya17@gmail.com

संदर्भची वेबसाईट पाहिलीत का ?  
**sandarbhsociety.org**

यामध्ये संदर्भची मुखपृष्ठे आणि आधीच्या काही अंकातले वाचनीय लेख.

# रूप देखणे

## ग्राफीन

लेखक : एम.व्ही.एन.मूर्ती • अनुवाद : नीलिमा सहस्रबुद्धे

“एकेका, एकट्या अणूइतक्या जाडीच्या एका कापडाची कल्पना करा. हे कापड इतक्या कमी जाडीचं असून चांगलं पक्कं आहे. जवळजवळ पारदर्शक, उच्च विद्युत वाहकता असलेलं देखील. भौतिकीमधली मूलभूत रहस्यं याच्यामुळे उघड होणार आहेत. २०१० सालचे भौतिकीचे नोबेल पारितोषिक मिळवणारे आन्ड्रे गाइम आणि कॉन्स्टन्टिन नोवोसेलोव यांनी जे ‘ग्राफीन’ बनवलं ते हे असं आहे.”

नोबेल पारितोषिकाची घोषणा करताना ग्राफीनचं हे वर्णन नोबेल कमिटीनं केलं होतं.

कार्बन हे मूलद्रव्य माणसाला इतिहासपूर्व काळापासून माहिती आहे. मग ग्राफीन या कार्बनच्याच एका रूपामधे एवढं विशेष काय आहे ? आपण कार्बनपासूनच माहिती घ्यायला लागूया.

### कार्बन

काजळी आणि कोळसा स्वरूपातला कार्बन जरी फार पूर्वीपासून माहित असला, तरी हिरा या स्वरूपात तो ख्रिस्तपूर्व २५०० पासून माहित आहे. पृथ्वीवर सर्वांत जास्त प्रमाणात सापडणाऱ्या हायड्रोजन, हेलियम आणि ऑक्सिजन यानंतर कार्बनचाच नंबर लागतो. जे जे काही ‘जिवंत’ आपल्याला

पृथ्वीवर सापडते, त्या त्या सगळ्याच पदार्थांत कार्बन वेगवेगळ्या रासायनिक संयुगांच्या रूपात आपल्याला सापडतो. मानवी शरीरात कार्बनचे वस्तुमान १८.५% असते. याहून जास्त फक्त प्राणवायू असतो तिथे. कार्बो हा लॅटिन शब्द आहे. त्याचा अर्थ – कोळसा. याच शब्दापासून कार्बन हे नाव तयार झाले.

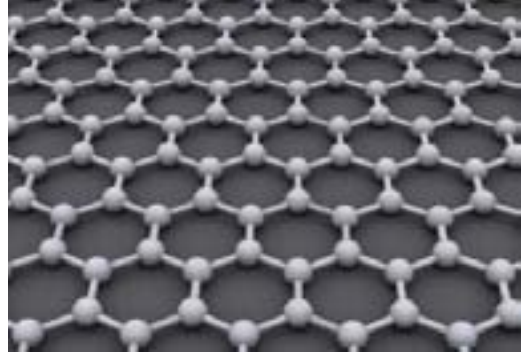
जैविक पदार्थांमधले (जिवंत प्राण्यांमधे, वनस्पतींमधे आढळणारे) अनेक अणू हे हायड्रोजन व कार्बन मिळून तयार झालेले असतात. शिवाय कार्बन आणि ऑक्सिजन मिळून बरीचशी जैविक संयुगे तयार होतात – उदा. साखर, मद्यार्क, चरबी (Sugars, alcohols, fats). त्यामुळे जैव रसायन शास्त्राचा पायाच मुळी कार्बन आहे.

### आश्चर्यकारक ग्राफीन

कार्बन अनेक वेगवेगळ्या रूपात सापडतो. त्यातले सगळ्यात नवे रूप म्हणजे ग्राफीन. कार्बनचे अगदी बारीक, कमी जाडीचे थर केले – इतके कमी की एका थराची जाडी एकाच अणूइतकी असेल – की ग्राफीन मिळते. प्रत्येक थरात अणूंची षट्कोनी रचना केलेली जाळी असते. (मधाच्या पोळ्यात दिसते तशी).



ही जरी सर्वात बारीक रचना असली, तरी सर्वात ताकदवान असते. यातून तांब्यापेक्षा जास्त चांगले विद्युतवहन होते. इतर कुठल्याही पदार्थापेक्षा जास्त चांगले उष्णतावहनसुद्धा होते. यातून प्रकाश नीट आरपार जातो, पण हेलियमसारख्या (छोटा अणू असलेला) वायू मात्र पलीकडे जाऊ शकत नाही!



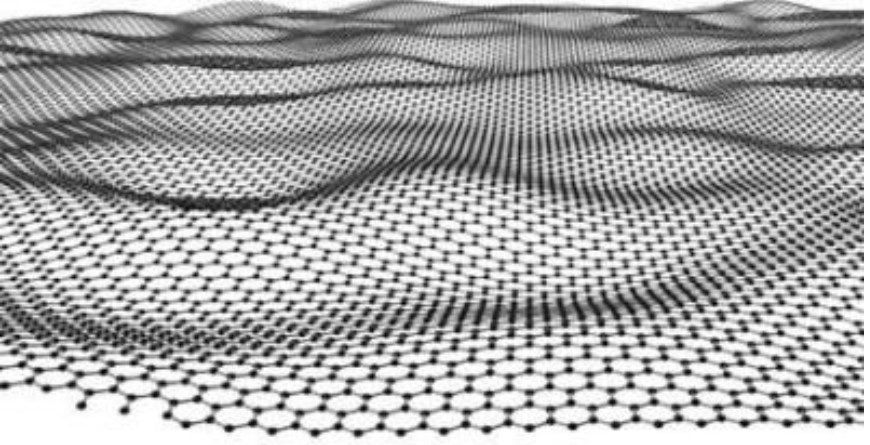
ग्राफाईटपासून ग्राफीन तयार करता येते (हे नावावरूनही सूचित होते.) एक मिलिमीटर जाडीचा ग्राफाईटचा थर घेतला, तर त्यात ग्राफीनचे तीस लाख थर एकावर एक रचलेले असतात. या थरांत एकमेकांत विशेष घट्ट बंध नसतात, त्यामुळे ते वेगळे करता येतात.

### नोबेल मिळवणारं संशोधन

आपण जेव्हा साध्या पेन्सिलीन लिहितो, तेव्हा असेच ग्राफाईटचे थर वेगळे करत असतो. हे थर कागदावर चिकटलेले दिसतात. हां! पण त्यांची जाडी वेगळी असते. गाईम आणि नोवोसेलोव यांनी अचूकपणे एकाच अणूइतका जाड थर वेगळा केला, त्यालाच नोबेल पारितोषिक मिळालं. खरं तर ग्राफीनचे थर ग्राफाईटमध्ये नेहमीच अस्तित्वात होते. तशी तर कार्बनची सगळीच रूपं निसर्गात अस्तित्वात होतीच. पण ते एक एक थर वेगळे करणं आणि वेगळे झालेले ओळखणं हेच आव्हान होतं. तेच गाईम आणि

नोवोसेलोवनी पेललं.

विशेष म्हणजे त्यांनी त्यासाठी अगदी सोपी पद्धत वापरली - चिकटपट्टी वापरून ग्राफाईटचा एक पातळसा थर काढायचा. असे अनेक थर काढले जातात. या नमुन्यांमध्ये ग्राफीनचे अनेक थर एकत्रित असतात. यातून एक थर ओळखणं कठीण असतं. २००४ पर्यंत अनेकांचे हे प्रयत्न असफल झाले होते. गाइम, नोवोसेलोवने ते करेपर्यंत हे अशक्यच गणलं गेलं होतं. या दोघांनी ते पापुद्रे ऑक्सिडाईज्ड सिलिकॉनच्या पट्टीवर लावले आणि मायक्रोस्कोप खाली पाहिले. जर पापुद्र्यांची जाडी ३०० Angstrom (म्हणजेच साधारण १/३०mm) असेल तर एकटा पापुद्रा अनेक पदरींपासून वेगळा दिसतो, वेगळा ओळखता येतो. हे कौशल्य या दोघांनी आत्मसात केलं, तेच त्यांना नोबेल मिळवून देऊन गेलं. यात पापुद्र्याची जाडी महत्त्वाची ठरते. ती ३०० ऐवजी ३१५ Angstrom असली तरी ग्राफीन वेगळं ओळखता येत नाही. योग्य त्या परिस्थितीत, मायक्रोस्कोपखाली एक इंद्रधनुष्यच दिसतं.



### कार्बनची रूपे

ग्राफाईट माणसाला फार पूर्वीपासून माहीत आहे. सुरुवातीला ते शिशाचं रूप आहे असंच समजलं जात असे. म्हणून 'शिसपेन्सिल' हा शब्द आला, तो तर आपण अजून वापरतो. अठराव्या शतकात शेवटी शेवटी कार्ल विल्हेल्म शील यांनी दाखवून दिलं की ग्राफाईट हे कार्बनचं रूप आहे. हिरा हे खरं तर कार्बनचं रूप आहे हे प्रथम १७७२ मधे लॅव्हॉजिये यांनी दाखवलं. सर्वांत मऊ आणि सर्वांत कठीण पदार्थ - दोन्ही कार्बनचीच रूपे ! कार्बनची स्थिर रूपे बरीच आहेत. मुख्यतः तीन रूपात निसर्गात ते सापडते.

१. अस्फटिकी कार्बन : कार्बनचे अणू अस्फटिकी रूपात, अनियमित अवस्थेत, पूड या स्वरूपात. उदा. काजळी किंवा कोळसा. घनता - १.८ - २ ग्रॅम/सी.सी.
२. ग्राफाईट : नैसर्गिक वातावरणाच्या दबावाखाली कार्बनचे थर - अणूंचे थर तयार होतात. अणूंच्या षट्कोनी रचनेने हे बनलेले असतात. दोन थरांमधे बंध अगदी कमी ताकदीचे असतात. इतके कमी की हे थर एकमेकांवरून सरकूही शकतात. त्यामुळेच हे रूप 'मऊ' असते. घनता - २.२७ ग्रॅम/सी.सी. यात इलेक्ट्रॉनची रचना अशी असते की यातून विद्युत वहन चांगले होते.
३. हिरा : अत्युच्च दाबामुळे कार्बनचे अणू हिऱ्याचे रूप धारण करतात. इथे अणूंची पिरॅमिडसारखी रचना होते. C-C बंध फार पक्का असतो, म्हणून हिरा सर्वांत कठीण पदार्थ आहे. हिऱ्याची घनता ३.६ ग्रॅम/सी.सी. असते. पण नेहमीच्या वातावरणातसुद्धा हे रूप अस्थिर असते आणि अत्यंत सावकाशपणे त्याचे ग्राफाईटमध्ये रूपांतर होत राहते. याशिवाय वेगळ्या रूपात कार्बन तयार करता येतो. त्यातला एक प्रकार म्हणजे 'बकी-बॉल' रचना. कार्बन अणूंच्या षट्कोनी आणि पंचकोनी रचनांमधूनच हा बॉल तयार होतो. ६० अणूंसमूह एक बॉल होतो. बॉलऐवजी नळ्या तयार केल्या तर बकी-ट्यूब किंवा नॅनो ट्यूबही तयार करता येतात.

त्याखाली ठेवलेलं ग्राफीन हे सामान्य तपमानालाच खरोखर २D crystalline पदार्थाचं काम करतं हे स्पष्ट होतं.

दोघांनाही ग्राफीनचे अगदी थोडे नमुने मिळाले. पण त्यांनी ग्राफीनची अचूक रचना शोधली - अणूंच्या षट्कोनी रचनांचे व्यवस्थित जाळे. इलेक्ट्रॉनचा प्रवास या जाळ्यामधून लांब अंतरापर्यंत विनासायास होत राहतो. म्हणजेच विद्युतवहन यातून चांगले होते. जाळीमुळे इलेक्ट्रॉन जलद प्रवास करतात, प्रकाशातल्या फोटॉन सारखा.

या ग्राफीनचे गुणधर्म विचित्रच असतात, परस्परविरोधीही. प्लास्टिक सारखं फ्लेक्सिबल, हिऱ्यापेक्षा ताकदवान. धातूपेक्षा विद्युतवाहक, काचेपेक्षा पारदर्शक.

### उपयोग

ग्राफीनबद्दल पहिलं आकर्षण होतं त्याच्या विचित्र गुणधर्मांमुळे. पण त्याचे उपयोग प्रचंड प्रकारे होऊ शकतील. विद्युतवहनाच्या गुणधर्मांमुळे त्याचे अतिशय वेगवान ट्रान्झिस्टर बनवता येतील असं शास्त्रज्ञांना वाटतं. शिवाय नव्या ट्रान्झिस्टरला कमी जागा लागेल त्यामुळे नवीन चिप कमी जागेत मावतील. सिलिकॉन आधारित ट्रान्झिस्टरचा शोध लागल्यावर जशी छोट्या सुलभ आकारात अनेक उपकरणं मिळू लागली तशीच क्रांती आता ग्राफीन ट्रान्झिस्टरमुळे पुन्हा एकदा येऊ घातली आहे.

कागदासारखे पातळ कॉम्प्युटर मॉनिटर, टच स्क्रीन, लाइट पॅनेल किंवा सोलर सेल...

त्यांची गुंडाळी करून ते कुठेही घेऊन जाता येतील... अशी स्वप्नं आता शास्त्रज्ञ पाहू लागलेत. ग्राफीनच्या थरांची ताकद पाहता, ही उपकरणं जरा जास्त ताकदवान असतील. ग्राफीनचा उपयोग प्रदूषणाची चाचणी करण्यासाठी सुद्धा होईल. कारण ग्राफीनच्या पृष्ठभागावर एखादा जरी परका अणू चिकटला, तर त्याची लक्षणं लगेच दिसतात. खरोखरीच ग्राफीनचे गुणधर्म आपल्याला असंख्य ठिकाणी वापरता येण्यासारखे आहेत. सिलिकॉनसारखे ग्राफीनही पृथ्वीवर भरपूर सापडते. स्वस्त असते त्यामुळे त्याचे उपयोग शोधू तितके अफाट असतील.

### ग्राफीनच्या संशोधकांबद्दल

आन्द्रे गाइम आणि कॉन्स्टन्टिन नोवोसेलोव हे इंग्लंडमधील मॅचेस्टर विद्यापीठात प्राध्यापक आहेत. नोवोसेलोव हे गाइम यांच्या मार्गदर्शनाखाली पी.एच.डी. करत होते. हातात आलेल्या पदार्थांचे गुणधर्म तपासणं, उलटसुलट खेळून बघणं, काही नवंच तयार करणं ही त्यांची आवडती पद्धत होती. गाइम यांना तर २००० साली इग्नोबेल नावाचं एक विडंबनात्मक पारितोषिक मिळालेलं होतं. ज्यामुळे लोकांना आधी हसू येतं आणि नंतर विचार सुचतात - त्या कामासाठी हे पारितोषिक दिलं जातं. त्यांनी जिवंत बेडूक चुंबकीय क्षेत्रात तरंगत ठेवला होता - त्याबद्दल हे पारितोषिक मिळालं होतं. इग्नेबेल आणि नोबेल दोन्ही पारितोषिकं मिळवणारे

गाइम हे पहिलेच शास्त्रज्ञ...  
साभार : जतरमतर नोव्ह. -डिस. २०१० मधून

# आहार

## कोणता आणि कशासाठी?

ख्रिस्तोफर कोलंबसाने १४९२ साली अमेरिकेचा शोध लावल्यापासून युरोपमधील इतर देशांनीही आपली जहाजे समुद्रापार लांबच्या प्रवासाला पाठवायला सुरुवात केली. त्या काळातील शिडाची छोटी जहाजे एकदा प्रवासाला निघाली की अनेक आठवड्यांपर्यंत किनाऱ्याला लागत नसत.

प्रवासात असताना जहाजावर साठवलेले अन्नच खलाशांना खावे लागत असे. शीतपेटी किंवा रेफ्रिजरेटरच्या शोधापूर्वीचा तो काळ होता. त्यामुळे नेहमीच्या तापमानात खराब होणार नाहीत अशा प्रकारचे खाद्यपदार्थच जहाजातून नेता येत असत. सुका पाव आणि वाळवलेले किंवा धुरी दिलेले मांसच त्यांना मिळत असे. त्यांचा आहार जरी एकसुरी आणि कंटाळवाणा असला तरी तो भरपूर असे आणि खलाशी काही उपाशी रहात नसत.

अशा मोठ्या प्रवासात बरेच वेळा खलाशी आजारी पडत असत. त्यांना अशक्तपणा येत असे, त्यांच्या हिरड्यातून रक्त येत असे आणि त्यांचे स्नायूदेखील दुखत असत. काही काळाने त्यांचा अशक्तपणा इतका वाढत असे की काम करणेही अशक्य होई आणि अखेर त्यातच त्यांचा अंत होत

असे. या रोगाला 'स्कर्वी' असे म्हणत असत. मात्र हे नाव कुठून आले हे कुणालाच माहीत नाही.

अशाच प्रकारचे अन्न जेथे नेहमीच दिले जात असे ती ठिकाणे म्हणजे तुरूंग आणि इस्पितळे. तेथेही हा आजार झालेला दिसून येत असे. सैन्यात आणि सैन्याने वेढलेल्या शहरात - जेथे अशाच प्रकारचे अन्न मिळत असे तेथे लोकांना हा आजार होत असे. कधी कधी आहार आणि स्कर्वी यातील संबंध कुणाच्या तरी लक्षात येत असे.

उदाहरणार्थ इ.स. १७३४ मध्ये जे. जी. एच. क्रेमर हे डॉक्टर लष्करात नोकरी करत असताना स्कर्वीची साथ आली. हा आजार नेहमी फक्त साध्या शिपायांनाच होतो आणि अधिकाऱ्यांना होत नाही असे त्यांच्या लक्षात आले. शिपायांना पाव आणि कडधान्ये मिळत असत आणि अधिकारी मात्र फळे आणि हिरव्या भाज्याही खात असत.

१७३७ मध्ये क्रेमरने अहवाल पाठवला की फळे आणि भाज्या खाण्याने स्कर्वी होणार नाही. या अहवालाकडे कोणीच लक्ष दिले नाही आणि स्कर्वीची साथ येतच राहिली. इंग्रज सरकारला स्कर्वीची विशेष काळजी वाटत होती. अठराव्या शतकात इंग्रजांच्या



वसाहती जगभर पसरत होत्या. समुद्रापार व्यवसाय करणाऱ्या देशांच्या ते अग्रणी होते. उत्पादनांची ने-आण करण्यासाठी त्यांना अनेक मालवाहू जहाजांची आवश्यकता होती आणि या व्यापारी जहाजांच्या तसंच वसाहतींच्या सुरक्षेसाठी मोठे आरमारही जरूरीचेच होते. या सर्व जहाजांवरच्या खलाशांना वरचेवर स्कर्वीला तोंड द्यावे लागत असे.

जेम्स लिंग या स्कॉटिश डॉक्टरांचे या प्रश्नाकडे लक्ष वेधले गेले. क्रेमरचा अहवाल त्यांच्या नजरेस पडला. स्कर्वी या आजारासंबंधी अधिक माहिती मिळवण्यासाठी त्यांनी अनेक जुने ग्रंथ धुंडाळले. उदाहरणार्थ, १५३७ साली इयाक कार्तिथे हा फ्रेंच दर्यावर्दी स्कर्वी मुळे मरायला टेकलेल्या खलाशांसह कॅनडाला पोचला होता. तिथल्या स्थानिक लोकांनी लांब, बारीक हिरव्या काड्यांसारखी पाने भिजवलेले पाणी त्यांना पिण्यास दिले आणि आश्चर्य म्हणजे ते सर्वजण त्यामुळे बरे झाले.

योग्य आहाराने स्कर्वी होणे थांबू शकेल

असे लिंगने ठरवले. १७४७ साली कोणत्या प्रकारच्या आहाराने स्कर्वी बरा होईल हे पाहण्यासाठी त्याने खलाशांवर प्रयोग करायला सुरुवात केली. काहींच्या आहारात त्याने सफरचंदांचा रस देणे सुरू केले तर इतर काही जणांना व्हिनेगर दिला, तर आणखी काहींच्या आहारात निरनिराळ्या फळांचा रस समाविष्ट केला. ज्यांना लिंबाच्या जातीच्या फळांचा - म्हणजे संत्रे, लिंबू आणि मोसंबीचा - रस दिला होता ते सर्वांत लवकर बरे झाले.

हा निष्कर्ष त्याने जाहीर केला व इंग्रज नौसेनेने खलाशांच्या आहारात या फळांचा रसाचा समावेश करावा म्हणून एक मोहीमच सुरू केली. नौसेनेकडून हे मान्य करवून घेण्यात मात्र त्याला अपयश आले. ही कल्पना फार नवीन आणि जरा विचित्रच होती.

कॅप्टन जेम्स कुक हा विख्यात इंग्रज दर्यावर्दी मात्र या कल्पनेने भारावून गेला. आपल्या जहाजावर अन्नसामुग्री भरून घेताना त्याने मोसंबीही घेतली आणि जहाजावर कोणी आजारी पडले की त्यांना तो मोसंबीचा रस प्यायला लावत असे. १७७०च्या सुमारास त्याने प्रशांत महासागरात अनेक मोठ्या मोहिमा पार पाडल्या आणि त्यात फक्त एकच खलाशी स्कर्वीने मृत्युमुखी पडला. तरीही इंग्रजी नौसेनेने याची दखल घेऊन आहारात काहीच बदल केला नाही.

डॉक्टर लिंग १७९४ साली मरण पावले,

त्यानंतर एक वर्षाने इंग्रजी नौसेनेने आपला हेका सोडला. इंग्लंडचे त्यावेळी फ्रान्सशी युद्ध चालू होते आणि आपले सैनिक स्कर्वीने जगणं अशक्य होऊन मरण पावतील याची त्यांना फारच काळजी वाटत होती. आरमाराच्या युद्धनौकांवर आता मोसंबी नेण्यास सुरुवात झाली.

१७९५ पासून इंग्रजी नौसेनेतून स्कर्वीचे पूर्णपणे उच्चाटन झाले. इंग्रज युद्धनौकांवर मोसंबी म्हणजे 'लाइम' नेणे ही अगदी नेहमीचीच गोष्ट झाली, त्यामुळे इंग्रज खलाशांना 'लाइमी' असे गमतीने संबोध्यात येऊ लागले. लंडन बंदराच्या ज्या भागात मोसंबी साठवून ठेवली जात असत त्याला 'लाइम हाउस' असेच नाव पडले.



१०० वर्षानंतर जपानी नौसेनेला अशाच प्रकारची एक अडचण आली.

१८५३ मध्ये जपानची पाश्चिमात्य जगाशी प्रथम तोंडओळख झाली. अमेरिकेची जहाजे जेव्हा टोकियो बंदरात आली तेव्हा जपानने उर्वरित जगाशी व्यापार करावा अशी त्यांची मागणी होती. जपानने हे मान्य केले आणि लागोलाग पाश्चिमात्य पद्धती स्वीकारली. पाश्चिमात्य तऱ्हेच्या युद्धनौका बांधून जपानने आपले स्वतःचे आरमार सिद्ध केले.

जपानी खलाशी बऱ्याचवेळा 'बेरी बेरी'

या आजाराने त्रस्त होऊ लागले. श्रीलंकेत वापरल्या जाणाऱ्या भाषेत याचा अर्थ होतो 'अतिशय अशक्तपणा'. बेरी बेरी झाल्यावर इतका अशक्तपणा येतो की त्यामुळे हात पाय जणू काही लुळे पडतात आणि अखेर त्यातच मृत्यु होतो.

स्कर्वी आणि बेरी बेरी हे दोन वेगवेगळे आजार आहेत. यांच्यातील अशक्तपणा, विशेषतः पायातील, निराळ्या तऱ्हेचा असतो. खलाशांच्या आहारात भाज्या आणि फळांचा समावेश असला तरीही बेरी बेरी होऊ शकतो.

१८७८ साली जपानच्या युद्धनौकांवर बेरी बेरी चा इतका प्रादुर्भाव झाला की त्यांचे जवळ जवळ एक तृतियांश सैनिक अकार्यक्षम ठरले. अशा

परिस्थितीत जपानला लढणे अशक्यच झाले असते. त्यावेळी के. तकाके हे जपानच्या आरमाराचे प्रमुख होते. खलाशांच्या आहारात बदल आणि सुधारणा करून इंग्रज आरमाराने स्कर्वीचा नायनाट केला होता हे त्यांना माहित होते. इंग्रज खलाशांना कधीच बेरी बेरी होत नसे हे ही त्यांना माहित होते. म्हणून इंग्रज आणि जपानी आरमारातील आहाराची त्यांनी तुलना केली.

जपानी नौकांवर काही भाज्या, मासे आणि पांढरा भात असा आहार असे. इंग्रज

नौकांवर भात दिला जात नसे, त्याऐवजी ते बालींसारखी अन्य धान्ये खात असत. अँडमिरल तकाके यांनी आपल्या सैनिकांना भाताबरोबरच बालीं देण्यास सुरुवात केली. तेव्हापासून जपानी जहाजांवरून बेरी बेरी गायबच झाला.

डॉक्टर लॅंड आणि अँडमिरल तकाके यांना आहारातील बदलामुळे एखादा आजार का होत नाही किंवा झालाच तर कसा बरा होतो हे मात्र माहित नव्हते. इतरही कोणाला यामागची कारण मिमांसा त्याकाळी माहित नव्हती.

साधारणपणे १८०० सालापासून अन्न कशापासून बनलेले असते याचा रसायनशास्त्रज्ञांनी अभ्यास सुरू केला. त्यांना अन्नात पाच प्रमुख घटक आढळले. १) कर्बोदके - साखर व इतर पिष्टमय पदार्थ २) स्निग्ध पदार्थ - तेल, तूप वगैरे; ३) प्रथिने; ४) खनिज पदार्थ; ५) पाणी. यात सर्व प्रकारच्या अन्नाचा अंतर्भाव होता आणि यातील प्रत्येक घटक शरीराला उपयोगी होता.

समजा, पिष्टमय पदार्थ घेऊन त्यात जर योग्य प्रमाणात स्निग्ध पदार्थ, प्रथिने, खनिजे आणि पाणी मिसळले तर एक प्रकारचे कृत्रिम खाद्य तयार करता येईल. असे कृत्रिम अन्न खाऊन मनुष्य जिवंत राहू शकेल का ?

इ.स. १८७० मध्ये याचे उत्तर शोधण्याची एक संधी मिळाली. जर्मन सैन्याने पॅरीस शहराला वेढा घातला होता आणि त्यामुळे

तिथल्या जनतेची उपासमार होत होती. जाँ ड्युमा हा रसायनशास्त्रज्ञ त्यावेळी शहरातच होता. लहान बालकांना आवश्यक असलेले दूध उपलब्ध नव्हते. त्याच्या बदली बालकांसाठी त्याने असे कृत्रिम अन्न तयार करण्याचा प्रयत्न केला परंतू तो प्रयोग यशस्वी ठरला नाही.

१८७१ साली ड्युमाने त्याच्या प्रयोगाची माहिती जाहीर केली आणि असे सुचविले की अन्नामध्ये कर्बोदके, स्निग्ध पदार्थ, प्रथिने, खनिजे आणि पाणी याशिवाय देखील आणखी काही घटक असले पाहिजेत आणि ते जगण्यासाठी व स्वास्थ्यासाठी आवश्यक असावेत. अर्थात, हे अगदी कमी प्रमाणात असणार, नाहीतर रसायनशास्त्रज्ञांना ते सापडलेच असते.

१८८० साली ए. ल्युनिन या जर्मन रसायनशास्त्रज्ञानेही कृत्रिम अन्न तयार केले. प्रथिने, साखर, खनिजे आणि पाणी याचे मिश्रण त्याने उंदरांना खाऊ घातले. पण ते फार काळ जगले नाहीत.

त्याने आणखी एक कृत्रिम खाद्य बनवले. दुधातून प्रथिने, साखर, स्निग्ध पदार्थ आणि पाणी त्याने वेगळे केले. ते सर्व परत एकत्र केले आणि त्यात योग्य प्रमाणात पाणी मिसळले. आपल्याला कृत्रिम दूध बनवता आले असे त्याला वाटले, आणि ते उंदरांना दिले तरीही ते उंदीर फार काळ जगू शकले नाहीत. मात्र गायीचे दूध जसेच्या तसे उंदरांना दिल्यावर ते त्यावर कितीही काळ जिवंत



रहात होते. यावरून ल्युनिने असा निष्कर्ष काढला की कर्बोदके, स्निग्ध पदार्थ, प्रथिने, खनिजे आणि पाणी या पाच घटकांशिवायही दुधात आणखी काही घटक असणार आणि ते जीवन आणि स्वास्थ्य या दोन्हींसाठी आवश्यक असणार.

शास्त्रज्ञांनी जर ड्युमा आणि ल्युनिन यांच्या सांगण्याकडे लक्ष दिलं असतं तर कदाचित त्यांना स्कर्वी आणि बेरी बेरी होण्यामागील कारणे समजली असती. लिंबू किंवा मोसंबीच्या रसात लहान प्रमाणात जीवन आणि स्वास्थ्यासाठी आवश्यक असलेला, असा एखादा घटक असेल की ज्याच्या कमतरतेमुळे स्कर्वी होत असेल. कदाचित बालींमधे जीवनावश्यक असा दुसरा एखादा घटक असेल आणि त्याच्या अभावी बेरी बेरी होत असेल.

ड्युमा आणि ल्युनिन यांच्या सांगण्याकडे डॉक्टरांनी लक्ष न देण्याचं आणखी एक कारण म्हणजे त्यावेळी त्यांचे संशोधन एका वेगळ्याच दिशेने चालू होते. १८८० सालानंतर बरेचसे आजार हे रोगजंतूमुळे होतात असा शोध लागला होता. त्यामुळे सर्वच रोग जंतूमुळेच होत असले पाहिजेत असे वाटणे स्वाभाविकच होते.

स्कर्वी आणि बेरी बेरी हे देखील जंतूमुळेच



जर्मन शास्त्रज्ञ ए. ल्युनिन

होत असावेत असाच समज होता. आहारात बदल केल्याने हे रोग होत नाहीत किंवा झाले तरी बरे होतात हे माहित असले तरी ते त्यांना महत्त्वाचे वाटत नव्हते. कदाचित बदललेल्या आहाराने शरीराला जंतूशी सामना करण्यास मदत होत असेल, अशीच त्यांची समजूत झाली असावी.

काही काळ डॉक्टरांनी स्कर्वी आणि बेरी बेरीचे जंतू शोधण्याचा प्रयत्न केला. अन्नातील घटकांसंबंधी अधिक माहिती मिळवण्याकडे त्यांनी फारसे लक्ष दिले नाही. काही घटकांच्या कमतरतेमुळे आजार होऊ शकतात हे तेव्हा माहित नव्हते. ते समजायला अजून काही वर्षे लागणार होती.

□□

पुस्तक अंश : **जीवनसत्वांचा शोध** लेखक : आयझॅक अॅसिमाँव अनुवाद : सुजाता गोडबोले

**arvindguptatoys.com** या साईटवरून साभार.

अनेक वैज्ञानिक पुस्तके, प्रयोग, खेळ यांच्यासाठी ही साईट जरूर बघा



# अनुमानाचं महत्त्व आणि अनुभवाचंही

लेखक : कॅरन हेडॉक • अनुवाद : गो. ल. लोंडे

मानवी शरीर हा एक अद्भूत प्रकार आहे. त्याबद्दल जाणून घेण्याची जिज्ञासा फार पूर्वीपासूनच माणसाला वेगवेगळे प्रयोग करण्यास भाग पाडते. कसं जाणून घेतलं हे शरीर माणसानं? मध्ययुगाच्या संपूर्ण काळात युरोपीयन, अरब आणि आफ्रिकी लोक मानवी शरीर रचनेचे ज्ञान संपादन करण्यासाठी प्राचीन रोमवासी गॅलनच्या ग्रंथांचाच उपयोग करित असत.

त्या काळात काही हुशार, अभ्यासू व चिकित्सक लोक नैसर्गिक घटनांचा अभ्यास करित असत व त्यासंबंधी लेखन करित असत. आजचे वैज्ञानिक त्यांच्याही लेखनाचा अभ्यास करतात. प्राचीन लोकांच्या कितीतरी ग्रंथरचना आजही उपलब्ध आहेत. दुसऱ्या शतकात होऊन गेलेला 'गॅलन' हा त्या लोकांपैकीच एक.

गॅलन हा औषधोपचार करणारा एक वैद्य होता. राजदरबारी त्याचे वजन होते. तो रोमन सम्राटांचा वैद्य होता. त्याने शरीररचना, रोगचिकित्सादर्शन व तत्त्वज्ञान विषयांवर पुष्कळ ग्रंथ लिहिले आहेत. रोमन साम्राज्याचा विनाश झाल्यानंतरही त्याचे ग्रंथ (अनुवादित स्वरूपात) अरबी शरीररचनातज्ज्ञांनी जतन केले. एक हजार

वर्षापेक्षाही अधिक काळापर्यंत इस्लामी साम्राज्यात या ग्रंथांचा उपयोग, रोगचिकित्सा शिकणे, शरीर रचना शिकणे यासाठी केला जात असे. गॅलनच्या अरबी भाषेत अनुवादित झालेल्या ग्रंथांचे, लॅटिन व इतर युरोपीय भाषांमध्ये भाषांतर करण्याचे काम इसवी सन ११०० च्या सुमारास सुरू झाले.

गॅलनच्या ज्ञानार्जनाचा पाया तार्किक युक्तिवादांवर उभारलेला होता. मानवी शरीर रचनेचे सविस्तर वर्णन त्याने ग्रीक भाषेत लिहिले आहे. मानवी शरीर रचना प्रत्यक्ष पाहूनच त्याने ते वर्णन लिहिले असावे असे त्या वेळी लोकांना वाटत होते. पण गॅलनने मानवी शरीराचे विच्छेदन कधीच केले नव्हते असे आता लोकांच्या लक्षात आले आहे. त्याने चिंपांझी, गोरिला इतर प्राण्यांचे निरीक्षण करून तार्किक तर्कांच्या आधाराने मानवी शरीररचनेचे वर्णन लिहिले होते.

मनुष्य हा माकड आणि इतर प्राण्यांसारखाच आहे अशा गृहीतावर गॅलनने आपल्या संशोधन कार्याची सुरुवात केली. त्याने माकडे व इतर पशूंच्या शवांचे विच्छेदन केले. नंतर त्याने असा निष्कर्ष काढला की मानवाची शरीर रचना इतर पशूंच्या सारखीच असते. अनुमान शास्त्रानुसार केलेल्या

तर्काचेच हे उदाहरण आहे. तरीपण या तर्काचा उपयोग करण्यापूर्वी गॅलनने याबाबतीत काही निरीक्षणे केली असतीलच असे वाटते.

एखाद्या विषयाची माहिती किंवा ज्ञान मिळवण्याच्या अनेक पद्धती आहेत. एक तर आपण आपल्या ज्ञानेंद्रियांचा उपयोग करून व सुक्ष्म अवलोकन करून ज्ञान मिळवू शकतो. दुसरी पद्धत म्हणजे त्या क्षेत्रातील जाणकार व्यक्तीकडून ज्ञान मिळवता येते किंवा त्या विषयावरील पुस्तके वाचूनही आपण ज्ञान मिळवू शकतो.

युरोप, नैऋत्य आशिया आणि उत्तर आफ्रिका या प्रदेशांमध्ये शेकडो वर्षे गॅलनला मानवी शरीर रचनेचा विशेष तज्ञ मानले जात होते. त्या काळात गॅलनच्या संशोधनाला विरोध करणे हे फार धाडसाचे काम होते.

असे असले तरी काही इस्लामी शरीर रचना अभ्यासकांनी मानवी शरीराच्या, त्यांनी केलेल्या प्रत्यक्ष निरीक्षणांच्या आधारे, गॅलनने केलेल्या शरीर रचनेच्या वर्णनात काही सुधारणा केल्या. इसवी सन १२००-१२०१ यावर्षी भयानक दुष्काळ पडला होता. तेव्हा अलबगदादी हा संशोधक इजिप्तला गेला होता. तेथे त्याने हजारो मानवी प्रेतांचे निरीक्षण केले.

‘ती प्रेते पाहत असताना आम्ही शरीरातील हाडे व त्यांचे सांधे यांच्या पुस्तकातील आकृत्या तपासल्या. निरीक्षण केले. हाडे प्रत्यक्ष जुळवून, जागेवर ठेवून पाहिली. त्यातून आम्हाला जी माहिती मिळाली ती त्यावेळेच्या कोणत्याही



गॅलन

शरीररचनाशास्त्राच्या पुस्तकातून मिळत नव्हती. एकतर त्या पुस्तकांमधून तसा उल्लेखच केला गेला नव्हता. किंवा अनेकदा पुस्तकातील संबंधित शब्द फारसे सुस्पष्ट नव्हते. त्यामुळे खरा अंदाज लागत नव्हता. खटकण्यासारखा आणखी एक मुद्दा होता. गॅलनच्या पुस्तकातली माहिती, आमच्या निरीक्षणांच्या उलट होती. सर्वोत्तम पुरावा हा ऐकीव माहितीवर मिळत नसतो तो फक्त निरीक्षणाने व अनुभवानेच मिळतो. मानवी शरीर रचनेचा अभ्यास करणारा गॅलन हा जरी आद्यपुरुष होता, आणि जरी त्याची या संबंधीची विधाने व वर्णने पुष्कळशी सत्य होती तरीपण आम्ही प्रत्यक्ष निरीक्षणांनी मिळवलेले ज्ञान गॅलनच्या ग्रंथातील वर्णनापेक्षा जास्त बरोबर असणार. उदाहरणार्थ मानवी तोंडाच्या खालच्या जबड्याचे हाड दोन हाडांनी मिळून बनलेले आहे व ते हनुवटीजवळ पक्के जोडलेले आहे. या



गॅलनच्या विधानाशी माझ्यासह सर्व शरीर रचनातज्ञांचे पूर्वी एकमत होते. शरीर रचनेसंबंधी अनेक शस्त्रक्रिया गॅलननेच केल्या होत्या आणि शरीररचना हाच विषय त्याने अभ्यासासाठी आणि संशोधनासाठी निवडला होता. आमच्याकडे जे काही ग्रंथ आहेत (अनुवादित) त्यातले बरेचसे गॅलननेच लिहिलेले आहेत. इतर काही ग्रंथांचा अजून अरबी भाषेत अनुवाद झालेला नाही.

जबड्याच्या हाडांच्या बाबतीत प्रेतांचे मी जे निरीक्षण केले त्यावरून मला असे कबूल करणे भाग आहे की खालचा जबडा सलग एकाच हाडाचा बनलेला असतो. त्या हाडावर कोठेही सांधा किंवा शिवण दिसत नाही. अशा प्रकारचे निरीक्षण मी कित्येक वेळा म्हणजे जवळजवळ दोन हजार वेळा कवट्या धुंडाळून केले आहे. या कामात मला माझ्या पुष्कळ सहकाऱ्यांनी मदत केली आहे. माझ्या समक्ष आणि माझ्या गैरहजेरीतसुद्धा त्यांनी खालच्या जबड्याचे संशोधन वारंवार पडताळून पाहिले आहे, पण मी जसे म्हणतो त्याप्रमाणे त्यांना खालच्या जबड्याचे फक्त एकच हाड द्रवेळी आढळून आले.'

संशोधनासाठी 'प्रत्यक्ष अवलोकन' या सर्वात महत्त्वाच्या तत्त्वाचा अल बगदादी यांनी उपयोग केला होता. तरीपण वैद्य हकीमांवर बगदादींच्या संशोधनाचा फारसा परिणाम झाला नसावा. ते यावर विश्वास ठेवायला तयार नव्हते. खरं तर या घटनेच्या १०-२० वर्षांपूर्वीच सलादीनचे हकीम इब्न जुमे अलइस्मायली यांनी असे सुचवले होते की मानवी शरीराच्या प्रत्येक भागातील हाडांची संख्या त्या भागाचे विच्छेदन करूनच ठरवायला पाहिजे. त्यांनी असे लिहून ठेवले आहे की 'मानवी शरीराच्या प्रत्येक भागातील हाडांचे स्वरूप म्हणजे रंग, अवस्था, रचना, मऊपणा, कडकपणा, हाडात पोकळी आहे का? असेल तर त्या पोकळीत काय आहे? हाडांचा आकार - हाडाला काही फाटे फुटलेले आहेत का? असतील तर त्यांचा मूळ हाडाशी काय संबंध आहे? त्यांचे काय काम आहे? याबद्दलची माहिती निरीक्षणाने मिळवायला पाहिजे'

पंधराव्या व सोळाव्या शतकात प्रबोधनकाळाची सुरुवात होत होती. सरंजामशाहीची जागा भांडवलशाहीने घेतली होती. समाजाच्या नव्या आर्थिक रचनेसाठी नवीन तंत्रज्ञानाची गरज होती. हे तंत्रज्ञान भौतिक ज्ञानावर आधारित होते. विज्ञानाचा विकास होत होता. युरोपातील संशोधकांनी त्यांना संशोधनात आलेल्या अडचणींवर उपाय शोधण्यासाठी ग्रीक आणि रोमनांच्या मूळ ग्रंथरचना वाचायला सुरुवात केली.

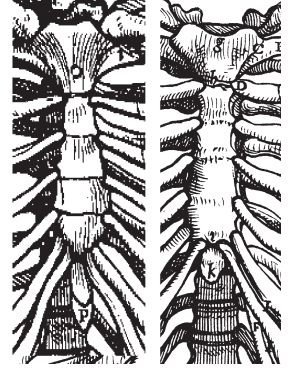
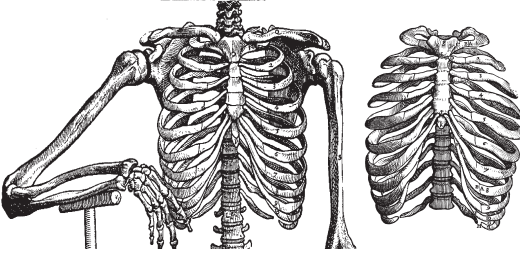


त्यांना अशी खात्री होती की ग्रीक आणि रोमन पंडितांच्या विचारातून आपल्याला नवीन ज्ञान मिळेल.

फ्लेमिश शरीर रचना शास्त्रज्ञ आंद्रियास वेसेलियस (१५१४-१५६४) यांना गॅलन कृत शरीररचनाशास्त्राची पुन्हा मांडणी करण्याची इच्छा होती. त्यांनी गॅलनच्या ग्रंथांचा अभ्यास केला. पण त्यांनी एक पाऊल पुढे टाकले. त्यांनी स्वतः निरीक्षणे केली. त्यामुळे गॅलनने वर्णन केलेल्या शरीर रचनेबद्दल त्यांच्या मनात काही प्रश्न उत्पन्न झाले. मेलेल्या माणसाच्या शरीराचे विच्छेदन करून पाहिल्यावर त्यांना असे आढळले की गॅलनने केलेल्या मानवी शरीर रचनेच्या वर्णनात किती तरी चुका आहेत. उदाहरणार्थ गॅलनने आपल्या वर्णनात असे ठासून सांगितले होते की मानवी उरोस्थि (छातीच्या

पिंजऱ्याचे हाड) सात भागांनी मिळून बनलेले आहे. वेसेलियसला मात्र त्याचे तीन भागच आढळले. तेव्हा त्याने गॅलनच्या ग्रंथाचे नवीन अनुवाद पुन्हा वाचून पाहिले व शेवटी असा निष्कर्ष काढला की गॅलनने कधी मानवी देहाची प्रत्यक्ष चिरफाडच केली नाही, म्हणून त्याने केलेल्या वर्णनात चुका झाल्या. बार्बरी मेकाक व इतर प्राण्यांच्या शरीर रचनेच्या आधारे त्याने निष्कर्ष काढले होते.

रोमन काळापासूनच मानवी शरीराचे प्रत्यक्ष विच्छेदन करणे माणसांना नकोच वाटले आहे. वैद्यकीय विद्यार्थी मानवी शरीररचना पुस्तकातून शिकत असत. मानवी देहाचे स्वतः विच्छेदन करण्याची किंवा दुसऱ्याने केलेले विच्छेदन पाहण्याची तेव्हा पद्धत नव्हती. प्रबोधन काळात शिक्षणाच्या या पद्धतीत बदल झाले. मृत्यूबद्दल ज्या कल्पना प्रचलित होत्या त्यामुळेच विच्छेदन करण्यावर बंधन आले असेल. कोणत्याही जीवाला थोडीही सजा करणे अनैतिक मानले जाते. पण मृत्यूनंतर त्या जीवाचे पुढे काय होते? मृत मानवाच्या प्रेताची चिरफाड करण्यामुळे काय होईल? याबद्दल स्पष्टता नव्हती. कित्येक संस्कृतीमध्ये तर मानवी शरीराला मृत्यूनंतरही काही बाबतीत विशेष मान देण्याची पद्धत आहे. समाजावर अशी बंधने घालण्यामागे कदाचित काही योग्य कारणे असतीलही. मानवी प्रेताच्या संपर्काने होऊ शकणाऱ्या संभाव्य रोगांची आपल्याला बाधा होऊ नये असेही एक कारण असू शकेल.



उजवीकडे वेसेलियसेने काढलेले मानवी उरोस्थिचे रेखाचित्र आहे. तर डावीकडे दुसऱ्या एका चित्रकाराने काढलेले चित्र आहे. लक्षपूर्वक पाहिल्यास दोघातील फरक लक्षात येईल. वेसेलियसने शवविच्छेदन करून उरोस्थि जशी पाहिली तशीच रेखाटली आहे. त्यातील उरोस्थि तीन भागांची मिळून बनली आहे. दुसऱ्या चित्रकाराने गॅलनच्या वर्णनाप्रमाणे सात भागांची उरोस्थि दाखवली आहे.

सुरुवातीला वेसेलियसला सुद्धा मृत शरीरे मिळवण्यासाठी अडचणी येत होत्या. पॅरीस शहराच्या स्मशानभूमीवर नवीन भिंत बांधण्यासाठी पाया खणला तेव्हा जमिनीत हाडे सापडली. प्लेगच्या साथीत दगावलेल्या अश्राप जीवांची ती हाडे होती. ती हाडे अस्थिगृहात आणून ठेवली होती. वेसेलियस जेव्हा पॅरीसमध्ये विद्यार्थी म्हणून शिकत होता. तेव्हा तो त्या अस्थिगृहातून हाडे आणत असे. गुन्हेगारांना मृत्युदंडाची शिक्षा झाली तर त्यांची प्रेते मुद्दाम लोकांना पाहण्यासाठी गावाबाहेर ठेवण्याची पद्धत होती. वेसेलियस रात्रीच्या अंधारात गावाबाहेर जाऊन ती प्रेते चोरून आणत असे. एकदा त्याला एक भिकारीण मेल्याचे समजले तेव्हा लगेच त्याने तिचे प्रेत मिळवले व त्या प्रेताची सर्व त्वचाच काढून टाकली (नाहीतर भिकार्याने ते प्रेत ओळखले असते). पण हळूहळू विच्छेदन क्रियेचे महत्त्व लोकांना उमजू लागले व काही

अधिकाऱ्यांनी युरोपातील विश्वविद्यालयांना शैक्षणिक कामासाठी प्रेते मिळवण्यास संमती दिली.

फक्त पुस्तक वाचून ज्ञान मिळवणे, (ग्रंथप्रामाण्य) किंवा एखाद्या जाणकार व्यक्तीचे मत ग्राह्य धरणे (शब्दप्रामाण्य) या तत्कालिन ज्ञानार्जनाच्या पद्धतींना वेसेलियसने छेद दिला. त्याऐवजी 'प्रत्यक्ष प्रयोग करा व त्यावरून शिका' या तत्त्वाचा आग्रह धरला. अर्थात त्याचे म्हणणे असे होते की मानवी शरीराचे प्रत्यक्ष निरीक्षण करूनच मानवी शरीर रचनेचे ज्ञान मिळवावे. इब्न जुमे अल इस्त्रायलीने शेकडो वर्षांपूर्वी अशीच पद्धती सुचवली होती.

आता वेसेलियसचा सर्वांत महत्त्वाचा नवीन उद्योग सुरू झाला. मानवी शरीररचना लोकांना समजण्यासाठी आणि समजावून देण्यासाठी त्याने मानवी शरीररचनेच्या आकृत्या काढणे, चित्रे काढणे सुरू केले.

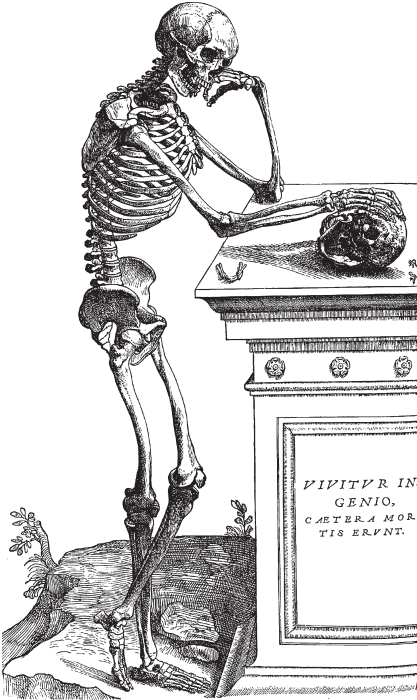




वेसेलियस हातात सुरा घेऊन शवविच्छेदन करताना. पाठीमागे त्याने तयार केलेला मानवी सांगाडा.

तसेच त्याने दुसऱ्या लोकांकडून आकृत्या व चित्रे काढून घेतली. मानवी शरीराचे विच्छेदन केल्यानंतर त्या शरीरातील हाडे, तो लोखंडी तारा, आकडे किंवा साखळीने जोडून ठेवी. नंतर तो सांगाडा योग्य प्रकारे उभा करून चित्र काढित असे. अशी चित्रे बनवण्यासाठी (बहुतेक टायटन स्टुडिओतील) कलाकारांनाही तो बोलावीत असे. अतिशय कष्टाने त्याने अशा चित्रांची पुस्तके बनवली. आपले निष्कर्ष त्या पुस्तकांमधून संबंध युरोपात पोहोचवल्या.

वेसेलियस व इतरांनी मानव शरीर रचनेचा जो अभ्यास केला त्याचा परिणाम फक्त वैद्यकशास्त्रावरच झाला असे नाही तर

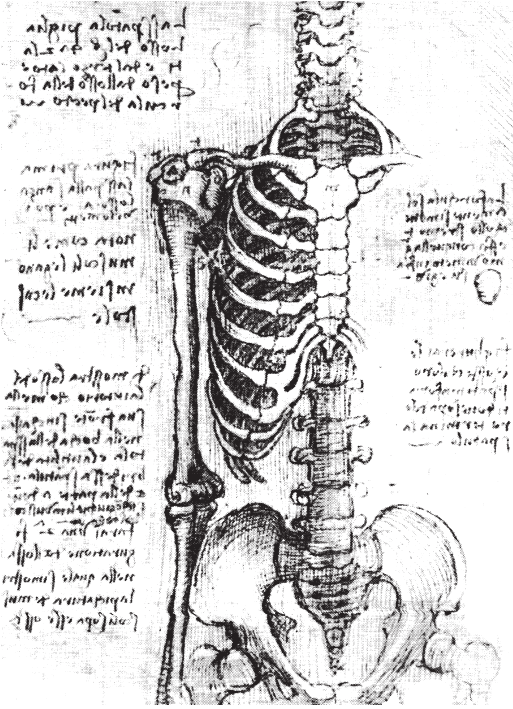


कलाकृतींमधल्या चित्रणावरसुद्धा झाला. इटलीमध्ये कलांचे पुनरुज्जीवन (प्रबोधन) होण्याच्या सुरुवातीच्या काळात कित्येक कलाकार - विशेषतः लिओनार्डो द विंची आणि मायकेल अँजेलो हे जुन्या रोमन कलाकृतीत बदल करून, स्वतः मानवी शरीराचे विच्छेदन पाहून, त्यानुसार आपला कलाकृतीत सुधारणा करून त्या जास्त परिणामकारक करित होते. त्या काळात विज्ञानक्षेत्र आणि कलाक्षेत्र यांच्यातील नैसर्गिक परस्पर संबंध आपोआप दृढ होत होते.

लिओनार्डो दा विंचीने लिहिले होते 'माझ्या कामाच्या क्षेत्रात पुढचे पाऊल टाकण्यापूर्वी मी काही प्रयोग करीन कारण माझं काम 'प्रत्यक्ष' अनुभवावर आधारलेलं असेल आणि नंतरच अनुमान/तर्क वापरला जाईल. 'कशावरून' या प्रश्नाचं उत्तर असंच मिळवावं. भौतिकशास्त्रातील विश्लेषणसुद्धा याच नियमानुसार व्हायला पाहिजे.'

वेसेलियसप्रमाणेच लिओनार्डो दा विंची आणि इतर कलाकार प्राचीन ग्रीक कलाकारांची प्रशंसा करित असत पण त्यांचे स्वतःचे काम प्राचीन अनुमानशास्त्रावर आधारलेले नव्हते. तरी आपण प्रत्यक्ष माहिती घेतल्याशिवाय अनुमान करू शकत नाही. सामान्य विधान करण्यापूर्वी वेगवेगळ्या मानवी शरीरांचे निरीक्षण करणे आवश्यक होते. शरीरातील हाडांची संख्या किती ?

मानवाच्या हाडांची निश्चित संख्या ठरवण्याबद्दल प्राचीन शरीर रचना



लिओनार्डो द विंची याच्या दैनंदिनीतील पान

जाणकारांची परस्परविरोधी मते होती. आणि प्रत्येक जण स्वतःच्याच मतावर ठाम होता व त्या सर्व जाणकारांमधील वाद मिटत नव्हता. त्यामुळे वैतागून त्यांना वेसेलियस म्हणत असे 'जर लहान मुलाच्या शरीरात असणारी सर्व हाडे तुम्ही मोजली तर हे भगवान ! हाडांचा किती मोठा ढीग होईल' त्यांच्या असे म्हणण्याचा मथितार्थ असा होता की मानवी शरीरातील हाडांची संख्या निश्चित सांगता येत नाही. ती संख्या वयाबरोबर बदलते. अगदी लहान मुलांच्या उपास्थिंचा सांगाडा मोठेपणी कडक होऊन हाडांमध्ये रूपांतरित होतो. काही मर्यादेनंतर तर हा

शब्दांचा खेळ होऊन जातो आणि असा प्रश्न पडतो की हाडे कशाला म्हणायचे ? माणसा-माणसांमध्येही फरक असतो. हाडे मोजण्यापूर्वी आपण हे निश्चित केले पाहिजे की कोणत्या (वयाच्या) व्यक्तीची हाडे मोजायची आहेत. आजसुद्धा जर आपण निरनिराळ्या पुस्तकातून किंवा ज्ञानार्जनाच्या इतर कोणत्याही माध्यमातून याविषयी माहिती मिळवायला गेलात तर आपल्याला असे आढळेल की मानवी हाडांच्या संख्येबद्दल सामान्य विधान करणे सोपे नाही. निरनिराळ्या माध्यमातून हाडांची संख्या २०६, २१२ (किंवा दुसरी

एखादी संख्या) असा उल्लेख केलेला सापडेल. वेसेलियसच्या जमान्यात तर पुष्कळसे लोक मानवी हाडांची संख्या यापेक्षाही जास्त आहे या मतावर ठाम होते. अगदी लहान मुलांच्या हाडांच्या संख्येबाबत तर फारच मतभिन्नता आढळते. काही जण ही संख्या ३०० पर्यंत सांगतात.

विज्ञानाच्या वाढत्या प्रगतीबरोबर आपल्या प्रश्नांची उत्तरेही अनुभवाने बदलू शकतात हे आपण पाहतोच.



लेखक : कॅन हेडॉक

हिंदी अनुवाद : सुशील जोशी

मराठी रूपांतर : गो.ल. लोंढे, निवृत्त प्राचार्य.



# वेरूळ, घारापुरीची लेणी

लेखक : राम थत्ते

ई.स.पू. ३२२ ते १८४ मधील मौर्य कलेचा इतिहास आपण अंक ६० मध्ये पाहिला. बौद्ध धर्म उदय इ.स.पू. ६०० मध्ये झाला.

इ.स.पू. ३२२ मध्ये मगधात 'मौर्य' राज्याची मुहूर्तमेढ झाली. त्यांनी शिल्पकलेला उत्तेजन दिले. पुढे कलिंग युद्धानंतर बौद्ध धर्म स्वीकारलेल्या सम्राट अशोकाने भ्रमणेर दीक्षितासाठी चैत्यविहार सुरू केले.

सारनाथ अशोकस्तंभ व दीदारगंज येथील चामरधारिणीच्या शिल्पांपासून आपण सुरुवात केली. तेव्हापासून ते दहाव्या शतकातील (वेरूळ) लेण्यांपर्यंतचा इतिहास आपण पाहिला.

वेरूळमध्ये एके का लेण्यांमध्ये कोरलेल्या पुराणकथा, त्यातील व्यक्तित्वे, शिल्पसौंदर्य याबद्दल आपण जाणून घेतले. त्यातील प्रत्येक लेण्याबद्दल जाणून घेणे इथे जागेअभावी अशक्य आहे. म्हणून त्यातील महत्त्वाच्या

अशा २१, २९ तसेच जैन लेण्यांबद्दल इथे थोडक्यात माहिती घेऊ आणि आठव्या-नवव्या शतकात कोरलेल्या घारापुरीच्या शैव लेण्यांकडे जाऊ.

**लेणे क्र. २१ : रामेश्वर लेणे**

यातील शिल्पे फारच उत्कृष्ट असून विस्तीर्ण प्रांगणात नंदी, सभामंडपाच्या दोन्ही बाजूस दोन छोटी दालने आहेत. सर्वत्र सुंदर शिल्पपट आहेत. उजवीकडील दालनात शिवपार्वती विवाहाची कथा. या पटाखाली शिवगणांची मिरवणूक, बाजूच्या दालनात





आठव्या शतकातील प्रगती इथे दिसते. विशाल सिंहमूर्ती, रावणानुग्रह शिवपट, अंधःकारसुराचा वध येथे दिसतात. गर्भगृहात चारी बाजूस दरवाजे, त्यावर द्वारपाल / द्वारपालिका आहेत. येथेही शिवविवाह, अक्षक्रीडेतील उमा-महेश आहेत. पार्श्वमंडपातून एक जिना धबधबा बघण्याच्या

रावणाचे गर्वहरणाचा पट आहे. दक्षिणेकडील दालनात सप्तमातृका, त्यांची बाळे, वीणाधारी शिव आणि शेवटी गणेश आहे. याच दालनात नटराज शिव, काल आणि काली ह्यांचेही शिल्पपट आहेत. कटिसम मुद्रेत नृत्यमग्न शिव, अंतराळात ब्रह्मा, विष्णु, इंद्रादि देवतागण असे हे अद्वितीय शिल्प मानले जाते. सप्तमातृका दालनाला जोडून अक्षक्रीडा करणाऱ्या शिवपार्वतीचा मूर्तिपट आहे. मुख्य मंडपाच्या मधोमध दोन स्तंभांचे अंतराळ व प्रदक्षिणापथ असलेले गर्भगृह व त्यात शिवलिंग आहे. गर्भगृहाच्या दारात दोन द्वारपाल आहेत.

### लेणे क्र. २९

सीतेची न्हाणी म्हणून ओळखले जाणारे हे लेणे, १४८ फूट रुंद, १४९ फूट खोल, १८ फूट उंच आहे. वेरुळच्या स्थापत्यातील सातव्या

जागेकडे नेतो. दक्षिणेकडे प्रांगणात सरस्वतीची मूर्ती आहे. या प्रचंड लेण्यात प्रकाश येण्यासाठी छत खोदून सोय केली आहे.

### जैनधर्मीय लेणी

नवव्या शतकात खोदलेली जैन लेणी पश्चिम भारतात आहेत. मनमाडपाशी अणकाई टणकाई, नाशिकचे चमार लेणे,





पाटण (चाळीसगाव) येथे जैन लेणी आहेत. राष्ट्रकूटांच्या शेवटच्या राजांच्या कारकीर्दीत ही कोरली असावीत. अमोघवर्ष राजा (इ.स. ८१४ ते ८७८) हा जैनधर्म प्रेमी होता. तेव्हाच यांची सुरुवात झाली असावी. वेरूळ येथील जैन लेणी ही दिगंबर पंथीयांची असून इथे गोमतेश्वराच्या अनेक मूर्ती आहेत. मात्र जैन लेण्यांमधील सर्व तीर्थकरांच्या मूर्तींमधे एकाच तऱ्हेची ठेवण आणि निर्जीव ताठरपणा दिसतो. ह्या उलट सिद्धांतिका व मातंग या यक्षिणी व यक्षाची शिल्पे फारच उत्कृष्ट आहेत. या लेण्यांतील वैचित्र्यपूर्ण स्तंभ, गर्भगृहाचे दरवाजे व त्यावरील बारीक कलाकुसर लक्षवेधक आहे.

येथील भित्तिचित्रांत अजिंठ्याची परंपरा दिसते. पश्चिम भारतातील अखेरच्या कालखंडातील ही चित्रे फार महत्त्वाची आहेत.

लेणे क्र. ३०, ३०अ, ३१, ३२, ३३ व ३४ या सर्व लेण्यांमधे गोमतेश्वर, पार्श्वनाथ

यांच्या कथा कोरलेल्या आहेत.

बाहुबली गोमतेश्वराची ५६॥ फूट उंचीची पाषाणातील एकसंध प्रतिमा म्हैसूरजवळ श्रवणबेळगोळ येथे डोंगराच्या माथ्यावर आहे. या प्रतिमेखाली 'चामुंडराये करवियले' असा लेख आहे. इ.स. ९८३ मधे ही प्रतिमा कोरली आहे.

दहाव्या शतकात शिल्पांमधे पूर्वीची गतिमानता उरली नाही. उदा. लेणे क्र. ३२. पुष्ट, मांसल अवयव, अलंकारांची गर्दी आणि कलाकुसरीची परिसीमा येथे दिसून येते. मुख्य हिंदुधर्मीय शिल्पकलेचा न्हास झाल्यावर गणेश लेणे व योगेश्वरीलेणी इ.स. ११ व्या व १२व्या शतकात कोरली गेली. शैलगृहे कोरण्याऐवजी प्रचंड मंदिरे बांधण्यात हिंदु स्थपती व्यग्र झाले. त्यामुळे ही सामान्य प्रतीची लेणी कोरली गेली.



वेरुळला एकाच ठिकाणी ६ कि.मी. परिसरात बुद्ध, शैव आणि जैन धर्मीयांच्या लेण्या कोरल्या गेल्या. (अनुक्रमे १ ते १२, १३ ते २९ व ३० ते ३४) त्यांनी इतर धर्माची लेणी उद्ध्वस्त केली नाहीत की विद्रूप केली नाहीत. ही सहिष्णुता फार महत्त्वाची आहे. अल्लाउद्दीनच्या देवगिरीच्या स्वारीनंतर मूर्तीभंजक मुसलमानांनी अनेक मूर्तींची नाके तोडून ठेवली. (ती नंतर पुराणवस्तुसंशोधन खात्याला दुरुस्त करावी लागली.)

### घारापुरीची लेणी (एलिफंटा केव्हज)

मुंबईपासून ६-७ मैलांवर घारापुरी हे एक बेट आहे. त्याचे प्राचीन नाव श्रीपुरी होते. समुद्रमार्गे लाँच मधून येथे जाता येते. गेटवे ऑफ इंडियापासून लाँचेसची सोय आहे. मौर्य शिलाहार वंशाची येथे राजधानी होती. त्यानंतर चालुक्य, यादव, मुसलमान व पोर्तुगीजांनी येथे हल्ले चढवले. १६व्या शतकाच्या अखेरीस हे पोर्तुगीजांच्या ताब्यात गेले. शिवाजी महाराजांनी १६५० मध्ये हे बेट घेतले. नंतर १७७४ सनात हे इंग्रजांच्या ताब्यात गेले. या बेटावर दक्षिण दिशेला गुंफांच्या बाहेर दगडात कोरलेला एक मोठा हत्ती होता. त्यावरून इंग्रजांनी या बेटाला व गुंफाना 'एलिफंटा' असे नाव दिले.



सध्या तो हत्ती जिजामाता उद्यानात आहे.

या बेटावर शैवधर्माची पाच लेणी आहेत. ही लेणी राष्ट्रकुटांच्या अमदानीत, ८-९व्या शतकात कोरली गेली. पोर्तुगीजांनी आपल्या बंदुकांच्या सरावाकरिता या लेणीतील मूर्ती सर्रास वापरल्या. (पुढील काळात लिओनार्डो द विन्सीचे लास्ट सपर हे चित्र व त्यातील आकृती, नेपोलियनच्या शिपायांनी नेमबाजीकरिता वापरल्या होत्या तशा.)

त्यातूनही आज लेणी बघत असताना आपल्याला शिल्पसौंदर्यामुळे या गोष्टी लक्षात ही येत नाहीत.

हे लेणे ९० फूट × ९० फूट असे चौरस असून त्यात स्तंभांच्या सहा रांगा आहेत. त्यांच्यामधील भिंतीवर दहा उत्थित शिल्पे कोरलेली आहेत. शिवमहात्म्य दाखवणारी पौराणिक शिल्पे वेरुळच्या लेण्यातील १५ क्रमांकाच्या लेण्याप्रमाणे व घुमार लेण्यातील शिल्पाप्रमाणेच आहेत. अंधःकारसुर वध, शिवविवाह, अर्धांगीपार्वती, गंगावतरण,



बघताक्षणीच आपल्या मनाला भीती शिवून जाते. विष्णूचाही जटामुकुटच आहे. परंतु तो दागदागिन्यांनी मढवलेला आहे. चेहरा अतिशय लोभसवाणा असून त्यावर शांत भाव आहेत. खालचा ओठ थोडासा जाड आहे. भुवया अत्यंत रेखीव असून डोळे अर्धोन्मिलीत आहेत. सृजक

रावणानुग्रह, तांडवनृत्य वगैरे भव्य उत्थित शिल्पे आहेत. १८' × १२' च्या आकाराची शिल्पे बघत असताना आपण वेरूळच्या लेण्यांमध्ये असल्याचा भास होतो. लेण्यांच्या डाव्या प्रदक्षिणापथात ४ उत्थित शिल्प पटांमध्ये एक आगळेपण दर्शविणारी महेश मूर्ती आहे.

### त्रिमूर्ती

१८' × १८' एवढ्या प्रचंड आकारात कोरलेले हे महेशाचे तीन मुख असलेले शिल्प खूपच प्रेक्षणीय आहे. छातीपासून जटामुकुटांची उंचीच मुळी १८ फूट आहे. या त्रिमूर्तीत डाव्या बाजूला शिव संहारक रूपात आहे. मधली मूर्ती, सृजक अशा विष्णूची आहे व उजव्या हाताला सर्जक अशी ब्रह्माची मूर्ती आहे. संहारक शिवाच्या गळ्यात नाग, जटामुकुटामध्ये एक कवटी नाग व निरगुडीच्या पानांची डहाळी, गरुडाकृती नाक, वक्र भुवया, दात दिसणारे विलग झालेले ओठ आहेत. अशी मूर्ती

ब्रह्माच्या जटामुकुटावर चंद्रकोर व मोत्यांची लोंबती माळ आहे. डाव्या बाजू कडून येणाऱ्या प्रकाशामध्ये ही मूर्ती खूपच चांगली दिसते. ही मूर्ती कोरणारा शिल्पकार अत्यंत निष्णात असावा. ही त्रिमूर्ती ज्या अधिष्ठानावर कोरलेली आहे त्या अधिष्ठानाच्या डाव्या हाताचा भाग थोडासा ८-९ इंच आत ढकललेला आहे. त्यामुळे संहारक शिवाची मूर्ती पण थोडी आत जाते व त्यामुळे त्या मूर्तीवर अंधार पडतो व मूर्ती आणखीनच भेसूर दिसते. अजिंठा लेण्यामधील २६ क्रमांच्या गुंफेत याच प्रकाराने शिल्पकाराने 'मारविजय' कोरलेला आहे.

धन्य तो शिल्पकार अन् धन्य त्याचे कौशल्य !

□□

लेखक : राम अनंत थत्ते, शिल्पकार, अजिंठा येथील गुंफांचा विशेष अभ्यास, 'अजिंठा' हे पुस्तक अक्षरमुद्रा प्रकाशनद्वारे प्रकाशित.  
मो. : ९४२२२५३७४५.

# मोठा? किती मोठा?

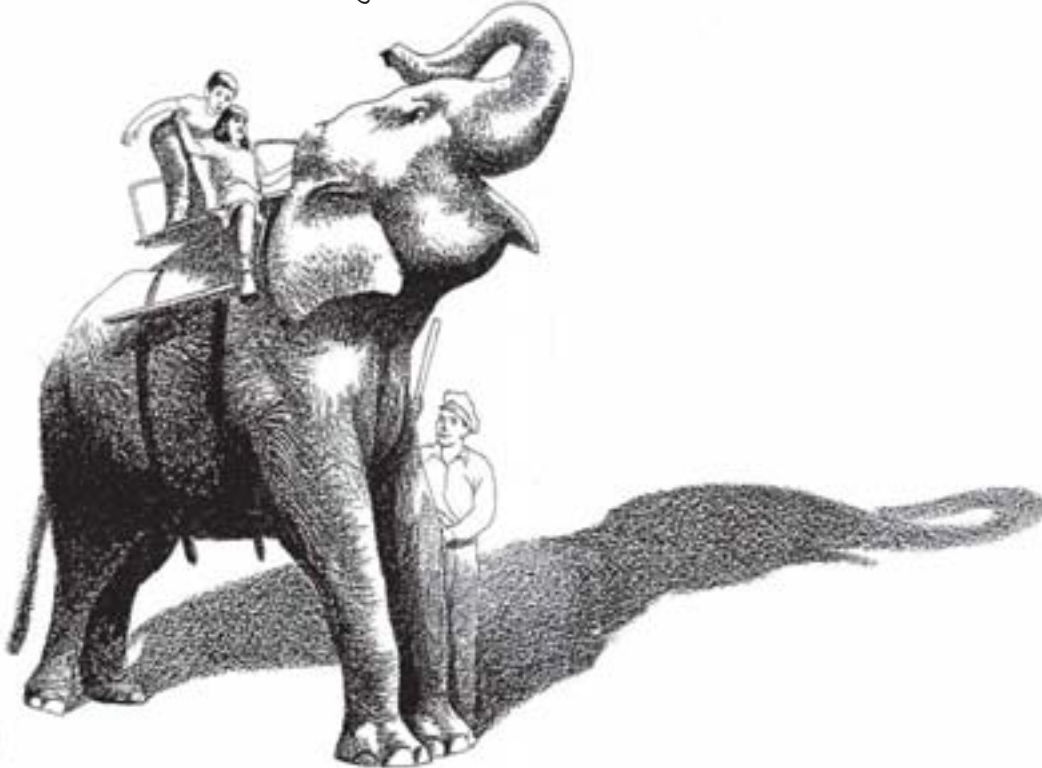
लेखक : हरमान व निना शिन्ड • अनुवाद : नागेश मोने

आता तू मोठा झालाय किंवा आता तू मोठी झाली आहेस असं तुम्हाला प्रत्येक जण सांगत असतो. तुमची आई म्हणत असते, “बघ, तुझे कपडे किती लांडे झाले आहेत. बाहीच्या ठिकाणी तुला अगदी काचत असेल.” मग बाबा म्हणतात, “तू खरंच आता मोठा झालास. माझी चप्पल तुला यायला

लागली असणार.”

मग तुम्ही स्वतःला आरशात पाहता आणि आश्चर्याने म्हणता, “का बरं सगळे जण म्हणतात असे? खरंच मी मोठा झालोय का? मोठा म्हणजे किती मोठा?”

हत्ती कितीतरी मोठा असतो. प्राणीसंग्रहालयात सर्वात मोठा प्राणी







म्हणजे हत्तीच असतो. आपण हत्तीच्या पाठीवरून फेरफटका मारला तर कितीतरी दूरवरचे आपल्याला दिसते. आपण कितीतरी उंच असतो. त्याच्या पाठीवर बसल्यावर तो जगातल्या सर्व प्राण्यांपेक्षा खूप म्हणजे खूप मोठा वाटतो.

हत्तीपेक्षा काही 'मोठे' आहे?

हत्तीपेक्षा कितीतरी झाडे मोठी दिसतात. हत्तीने आपली सोंड अगदी पूर्ण उचलली तरीदेखील ती झाडाच्या शेंड्याला नाही स्पर्श करू शकत. झाडाच्या वरच्या शेंड्याला स्पर्श करण्यासाठी किती हत्तींना एकमेकांच्या पाठीवर उभे रहावे लागेल. खूपच उंचच्या उंच झाडाची तर बातच न्यारी.



झाड कितीतरी मोठे असते. झाडापेक्षा काही मोठे आहे? हो तर!

गगनचुंबी इमारत झाडापेक्षा कितीतरी मोठी असते. अगदी उंचच उंच झाड गगनचुंबी इमारतीपुढे किती लहान वाटते. उंच इमारतीच्या गॅलरीमधून तुम्ही रस्त्यावरच्या उंचच उंच झाडाकडे पाहिले की ती अगदी 'खेळण्यातील झाडे' वाटतात.

गगनचुंबी इमारतीपेक्षा काही मोठे आहे?

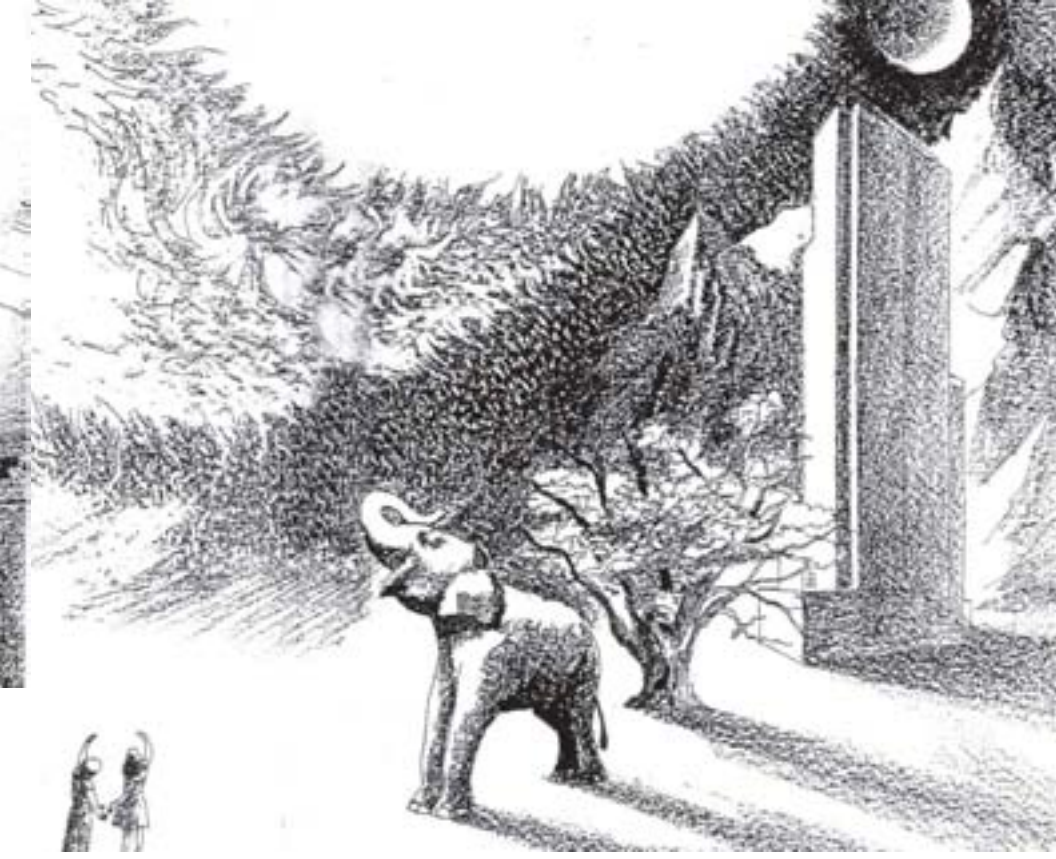
पर्वत हा त्या इमारतीपेक्षा कितीतरी मोठा असतो. एखादी खूप उंच इमारत किती लहान, बुटकी दिसते आपल्याला

पर्वतासमोर ! पाचपंचवीस किंवा त्यापेक्षा अधिक इमारती एकमेकांवर उभ्या केल्या की पर्वताची उंची गाठली जाईल ही शक्यतासुद्धा अनेकदा खोटी ठरते.

पर्वतापेक्षा काय मोठे असेल बरे? जरा विचार करा.

उंचच्या उंच पर्वतापेक्षा चंद्र मोठा आहे. हत्तीपेक्षा उंच असणाऱ्या झाडापेक्षा, त्यापेक्षा उंच असणाऱ्या इमारतीपेक्षा व त्यापेक्षा उंच असणाऱ्या पर्वतापेक्षा चंद्र मोठा आहे. आपल्या हाताने आपण त्याला झाकू शकतो कारण तो खूपच खूप लांब आहे. पण





तो खूप मोठा आहे हे निश्चित.

आपण ज्या पृथ्वीवर राहतो ती पृथ्वी चंद्रापेक्षा खूप मोठी आहे. एखाद्या विमानाने आपण चंद्राभोवती एका दिवसात प्रदक्षिणा घालू शकतो पण पृथ्वीभोवती प्रदक्षिणा घालायला त्याच विमानाला (त्याच वेगाने) चार दिवस लागतात.

पण जगात सर्वांत मोठी पृथ्वीच आहे काय?

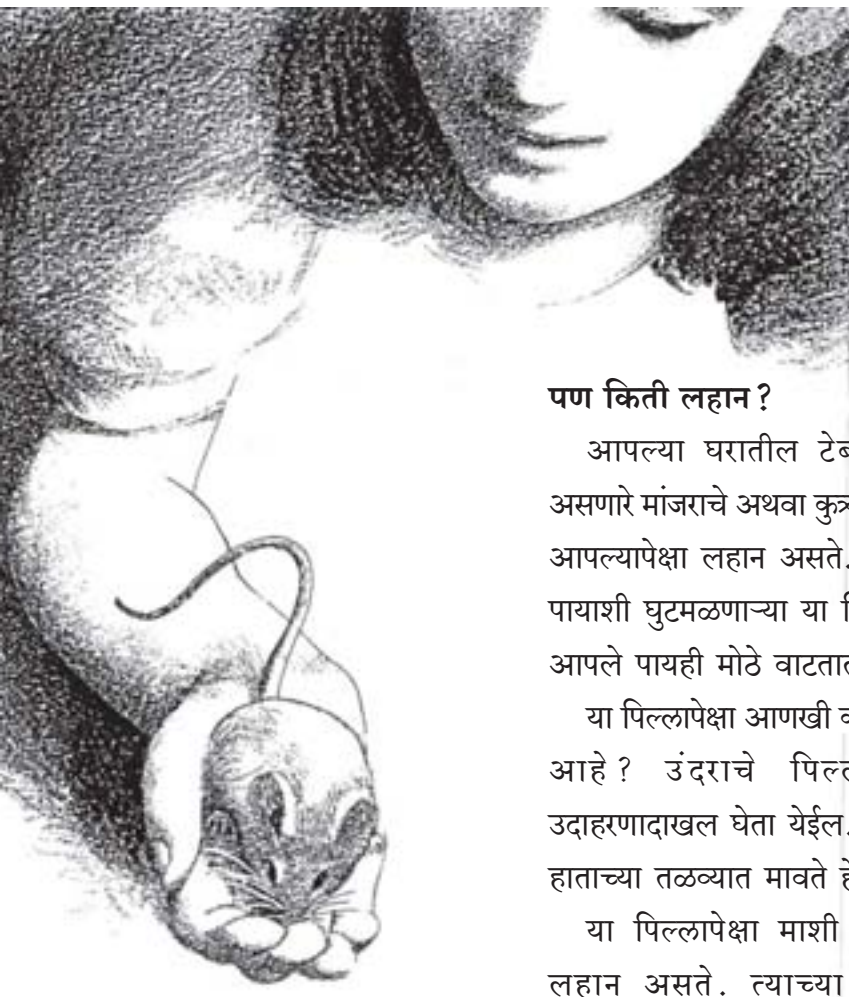
नाही. सकाळी जाग आल्यावर,

खिडकीतून दिसणारा सूर्य, आपल्या पृथ्वीपेक्षा खूपच मोठा आहे. आकाशात तेजाने तळपणारा हा सूर्य खूप खूप दूर असल्याने लहान भासतो खरा पण तो खूप मोठा आहे.

या सूर्यापेक्षा आणखी काहीतरी मोठे या विश्वात असणारच.

हो. तुमचा अंदाज बरोबर आहे.

आपल्याला नुसत्या डोळ्यांनी चमकताना, रात्री दिसणाऱ्या ताऱ्यांमधील कितीतरी तारे, आपल्या



या सूर्याच्या १०० पट मोठे आहेत. खूपच दूर असल्याने आपल्याला ते लहान वाटतात व आपल्या सूर्याच्या तेजस्वितेपेक्षा कमी तेजस्वी वाटतात इतकेच. म्हणजे एकूणतः काय,

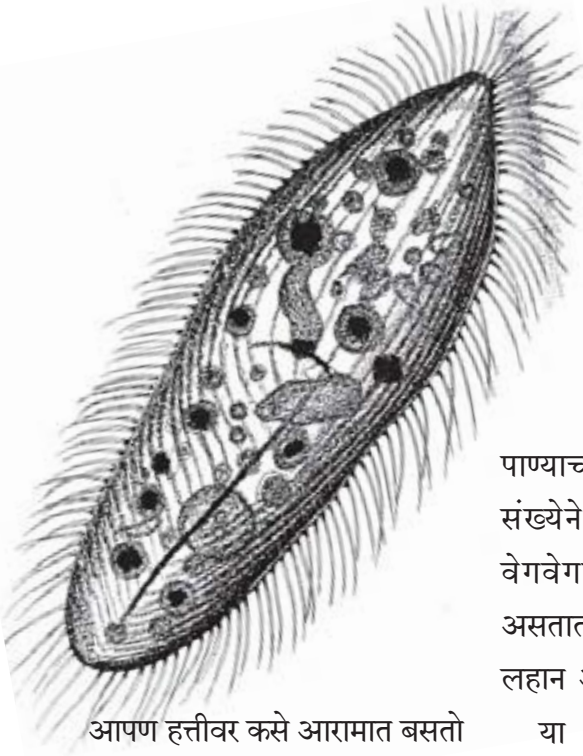
कितीतरी गोष्टी आपल्या स्वतःपेक्षा मोठ्या आहेत. म्हणजे आपण खूप लहान आहोत यात शंकाच नाही.

### पण किती लहान ?

आपल्या घरातील टेबलाखाली असणारे मांजराचे अथवा कुत्र्याचे पिल्लू आपल्यापेक्षा लहान असते. आपल्या पायाशी घुटमळणाऱ्या या पिल्लापेक्षा आपले पायही मोठे वाटतात.

या पिल्लापेक्षा आणखी काय लहान आहे ? उंदराचे पिल्लू सुद्धा उदाहरणादाखल घेता येईल. आपल्या हाताच्या तळव्यात मावते हे पिल्लू.

या पिल्लापेक्षा माशी कितीतरी लहान असते. त्याच्या अंगावर कितीतरी माशा मावतील. माशीपेक्षा लहान असतात काही सूक्ष्मजीव - एकपेशीय जीव. असे एकपेशीय जीव पहायला, भिंगांचा वापर करावा लागतो म्हणजे बघा. हो, तेच भिंग, घड्याळाच्या दुकानात घड्याळजी वापरतो ना... चित्रात ते शेकडो पट मोठे करून दाखवलेत.



आपण हत्तीवर कसे आरामात बसतो ना, त्यापेक्षाही आरामात असे एकपेशीय जीव हे या लहानात लहान कीटकांच्या शरीरावर सुखेनैव बसतात, फिरतात. गवताचे पाते म्हणजे यांच्या दृष्टीने राष्ट्रीय महामार्गच.

या अत्यंत सूक्ष्म असणाऱ्या सूक्ष्मजीवांपेक्षा लहान काही आहे का? होय.

पाण्यात राहणारे कितीतरी जीव या सूक्ष्मजीवांपेक्षा लहान आहेत. समुद्रात, तळ्यात, डबक्यात अथवा दलदलीच्या ठिकाणी हे जीव आढळतात. शास्त्रज्ञ त्यांना आदिजीव असे म्हणतात.

पाण्याच्या एका थेंबात खूप मोठ्या संख्येने हे सूक्ष्मजीव आढळतात. वेगवेगळ्या स्वरूपाचे, रंगांचे ते असतात. आता हे आदिजीव सर्वांत लहान असे तुम्ही वाटून घेऊ नका.

या आदिजीवांचे अन्न असणाऱ्या बाबी त्यांच्यापेक्षा लहान असणार हे निश्चित आहे. आदिजीव शैवालांवर जगतात. या शैवालांचे देखील कितीतरी प्रकार आहेत. अर्थात यांची चित्रे काढण्यासाठी त्यांना सूक्ष्मदर्शकात 'मोठे' करून पहावे लागते. कितीतरी शैवाले, आपल्याला सूक्ष्मदर्शकातून मोठी करूनही अगदी लहान लहान कणांइतकी दिसतात.

'या शैवालांपेक्षा कोणी लहान आहे का?' या प्रश्नाचे उत्तर 'होय' असेच आहे हे निश्चित.

प्रत्येक पदार्थ अत्यंत सूक्ष्मातिसूक्ष्म

अशा लहान लहान कणांनी बनलेला असतो. त्याला अणू म्हणतात. शैवाल ज्यांनी बनले तो हा अणू.

एखाद्या झाडावरच्या पानांच्या संख्येपेक्षा किंवा जगातल्या माणसांच्या संख्येपेक्षा किंवा अगदी समुद्रातील माशांच्या संख्येपेक्षा आपल्या हातातील अणूंची संख्या महाप्रचंड असेल.

विशेष म्हणजे अणूदेखील प्रोटॉन, न्यूट्रॉन व इलेक्ट्रॉन अशा कणांनी बनलेला असतो. कुणी त्यांना पाहिले नाहीये पण अप्रत्यक्ष पद्धतींनी त्यांचे

अस्तित्व सिद्ध केले आहे.

आकाशात कडाडणाऱ्या / चमकणाऱ्या विजेत करोडो, अब्जावधी इलेक्ट्रॉन एका ढगावरून दुसऱ्या ढगावर वा ढगावरून पृथ्वीवर सेकंदाच्या दशलक्षांश भागात झेपावत असतात.

इलेक्ट्रॉन, प्रोटॉन व न्यूट्रॉन हे लहानात लहान कण आहेत.

तेव्हा किती तरी गोष्टी लहानाहून लहान आणि किती तरी गोष्टी मोठ्याहून मोठ्या. आपण कुठं आहोत?

आपण या सगळ्याच्या मध्यभागी.



आपल्यापेक्षा तारे मोठ्यात मोठे  
आणि आपण इलेक्ट्रॉनपेक्षा मोठ्यात  
मोठे. आपण अगदी योग्य तितके  
लहान, योग्य तितके मोठे. म्हणजे  
जितके असायला हवे तितकेच. □□

मूळ पुस्तक : How Big is Big?

लेखक : हरमान व निना शिन्ड,

चित्रे : सायमन शिमिन

अनुवाद : नागेश मोने, कांतिलाल पुरुषोत्तमदास  
शहा प्रशाला, सांगली येथे मुख्याध्यापक

प्रकाशवर्ष	अंतराचे प्रमाण मीटर्स	
	$10^{20}$	विश्वाचा परिघ
$10^9$	$10^{28}$	सर्वात जवळच्या आकाशगंगेचे अंतर
$10^6$	$10^{29}$	पृथ्वीपासून आपल्या आकाशगंगेचे केंद्र
$10^3$	$10^{40}$	पृथ्वीपासून सर्वात जवळचा तारा
१	$10^{44}$	प्लुटोच्या कक्षेची त्रिज्या
	$10^{42}$	पृथ्वी ते सूर्य
	$10^8$	पृथ्वी ते चंद्र
	$10^6$	पृथ्वी ते स्पुटनिक उपग्रह
	$10^3$	टिव्ही अँटेनाच्या मनोऱ्याची उंची
	१	लहान मुलाची उंची
	$10^{-3}$	मिठाचा कण
	$10^{-6}$	विषाणूचा आकार
	$10^{-9}$	अणूची त्रिज्या
	$10^{-12}$	अणूकेंद्राची त्रिज्या
	$10^{-14}$	

लहानात लहान अणूकेंद्रकाची त्रिज्या  $10^{-14}$  मी ते मोठ्यात मोठे अंतर विश्वाचा परिघ  
 $10^9$  प्रकाशवर्षे - या पट्टीवर बसणारे अनेक आकार इथे दिलेत. त्यातली अचूक अंतरे,  
आकार तुम्हाला शोधून काढता येतील.



# विज्ञान रंजन स्पर्धा

लेखक : विनय र.र

मराठी विज्ञान परिषद, पुणे विभागाच्या वतीने दरवर्षी राष्ट्रीय विज्ञान दिनाच्या निमित्ताने - विज्ञान रंजन स्पर्धा घेतली जाते. स्पर्धेची प्रश्नावली जानेवारी महिन्याच्या अखेरीला प्रसिद्ध होते. **संदर्भ अंक ६८** मध्ये ती आपण प्रकाशित केली होती. प्रश्नांची उत्तरे मिळवून लिहून पाठवायला तीन आठवड्यांची मुदतही असते. वयाची अट नाही. शिक्षणाची अट नाही. प्रवेशमूल्य नाही. प्रश्नांची उत्तरे स्वतःला येत नसतील तर कोणालाही विचारायची, पुस्तकात-नेटवर शोधायची मुभा. जास्तीत जास्त प्रश्नांची उत्तरे लिहून पाठवायची एवढीच अट. उत्तम प्रयत्न करणाऱ्यांना बक्षिसेही दिली जातात.

२०११ च्या प्रश्नावलीतले काही मासलेवाईक प्रश्न बघा... निरीक्षण कौशल्य वापरले जाण्यासाठी प्रश्न होते - जीन प्रकारचे कापड आणि हातरूमालाचे कापड यांच्या वीणीत कोणता फरक आढळतो? ओल्या हाताला साबण लागला असता त्यावर हळद टाकली तर कोणता रंग येतो? इंग्रजीत शहात्तर असे आकड्यात लिहिले तर समोरच्या व्यक्तीला मराठीत किती लिहिलेले दिसतील? बहुरंगी छपाई करताना कोणकोणत्या रंगांच्या शाई वापरतात? असे

अनेक प्रश्न ज्यांची उत्तरे आपल्या आसपास डोळे उघडे ठेवून बघितले तर नक्की मिळतील. विज्ञान म्हणून जे काही असते ते सतत आपल्या आसमंतात असतेच फक्त त्याची 'विशेष जाण' व्हायला हवी - मग विज्ञान होते.

विज्ञानात कारणे शोधण्याला फार महत्त्व आहे. आपल्या भोवतालात घडणाऱ्या अनेक क्रियांना आपण - असे का? - असे का विचारत नाही? ब्रेड-इडली सच्छिद्र असतात - का? खोबरेल तेल गोठते. शेंगदाणा तेल गोठत नाही - का? नुसते ओतण्यापेक्षा बाटली हलवून घेतली तर बाटलीतले केचप सहजपणे ओतता येते - का? झोपडपट्टीवासियांमध्ये 'स्वाइन फ्लू'चे प्रमाण अपेक्षेपेक्षा कमी आढळले - का? असे कितीतरी प्रश्न आपल्याला पडत असतील. त्यांच्यामुळे आपले कुतुहल जागे होत असेल. ते तेवढ्याचपुरते न ठेवता उत्तर मिळेपर्यंत त्याच्यामागे लागले म्हणजे विज्ञान होईल. विज्ञान वाढेल.

समोरून आलेला म्हणजे आपण ऐकलेला किंवा बघितलेला शब्द जर आपल्या अनुभवांचे काही धागे हलवित असेल तर त्यातून विज्ञान निर्माण होईल. नव्या माहितीची

जोडणी जुन्या माहितीशी, अनुभवांशी झाली की ज्ञान होते. ते तपासून घेऊन पक्के झाले तर विज्ञान होते.

विज्ञानात प्रयोग करून बघायला फार महत्त्व आहे. प्रयोगासाठी साधने कोटून मिळणार ? आपण स्वतः आणि आपल्या परिसरातल्या वस्तू यांचा वापर करूनही प्रयोग करता येतील. एक साधा प्रयोग या प्रश्नावलीत दिला होता. एका फुलस्केप कागदावर तुमचा हात पाचही बोटे सुटी सुटी राहतील असा ठेवा. एक पेन घेऊन हाताची बाह्याकृती काढा. आता करंगळी आहे तिथेच ठेवून तळहात वीतभर ताणा. एक पेन्सिल घेऊन त्याची बाह्याकृती काढा. हात कागदावरून काढून घ्या. मूळ जागेवरून कोणते बोट किती अंश सरकले ? ते नोंदवा. वीत करताना फाकलेल्या बोटांचे चित्र वय, लिंग या नुसार बदलते. शिवाय बोटाचे अंशात्मक सरकणे कोणत्या बिंदूपासून मोजायचे ? असे डोक्याला ताण देणारे प्रश्न निर्माण होणारच.

‘द्राक्ष आणि बेदाणा’ याच्यासारख्या पाच

जोड्या लिहायला सांगितल्या होत्या. हे रूपांतर केवळ भौतिक आहे की रासायनिक ? त्यासाठी एखादी प्रक्रिया करणे गरजेचे आहे का ? नुसते वाळविल्याने द्राक्षाचा बेदाणा होतो का ? चार समभुज त्रिकोण घेऊन बनणाऱ्या भौमितिक आकृत्याही काढायला सांगितल्या होत्या. मराठी भाषेत काही अवैज्ञानिक म्हणी किंवा वाक्प्रचार आहेत का - ते स्पष्ट करून लिहायला सांगितले होते. चांगले विज्ञान होण्यासाठी, व्यक्त करता येण्यासाठी भाषाही चांगली आणि वैज्ञानिक नको का ?

तर अशा या स्पर्धेत यंदा बाराशे व्यक्तींनी भाग घेतला. मुंबई, पुणे, पिंपरी-चिंचवड, ठाणे, नाशिक, औरंगाबाद येथून उत्तरे आली. धुळे, जळगाव, ठाणे, पुणे, रायगड, जालना, सांगली, अहमदनगर, इ. जिल्ह्यांच्या ग्रामीण भागातूनही अनेक व्यक्तींनी सहभाग घेतला. पाचव्या इयत्तेतील विद्यार्थ्यांपासून एम.एस्सी, पीएच. डी. पर्यंतचे विद्यार्थी सहभागी झाले होते. शिक्षक, पालकही होते. सव्वाशेवर

भारतीय चलनाच्या नाण्यावर इसवी सनाच्या आकड्याखाली आढळणारी चिन्हे कोणती ? या प्रश्नाचे उत्तर देण्यासाठी तुमच्याकडे थोडी चिल्लर हवी. नाण्यावरचा इसवी सनाचा आकडा दिसायला हवा आणि त्या आकड्याखाली काही चिन्ह आहे का हे बारकाईने बघण्याची दृष्टी हवी. वर्तुळ, चौकट, चांदणी असे काही दिसले आणि ते आणखी काही नाण्यांवर शोधायची प्रेरणा तुम्हाला झाली की तुमचा प्रवास विज्ञानाच्या दिशेने व्हायला लागला असे म्हणता येईल. चिन्हाचा आणि नाण्याच्या किमतीचा किंवा इसवी सनाचा काही संबंध आहे का ? चिन्ह असतं तरी कशासाठी ? इतर देशांच्या चलनाच्या नाण्यावरही अशी काही चिन्हे असतात का ? असे प्रश्न डोक्याला ताण द्यायला लागले आणि तुम्ही त्यांची उत्तरे मिळवायच्या प्रयत्नात राहिलात तर तुमची वाटचाल सुरू झाली.

स्पर्धकांना पारितोषिके देण्यात आली. नव्हे, तर 'प्रश्न-उत्तर-नवे प्रश्न-नवे उत्तर-प्रश्नावलीतले प्रश्न वाचून ज्यांच्या 'डोक्याला पुढचा प्रश्न-उत्तराचा शोध...' ही साखळी ताण' आला त्यांचा ताण शमेल. अर्थात जेवढी लांबेल तेवढा आयोजकांचा हेतू सफल उत्तरांमधून काही नवीन प्रश्न निर्माण झाले होईल. द्या डोक्याला ताण - होईल तर त्याला आयोजक जबाबदार असतील विज्ञानाची जाण !

### विज्ञानरंजन स्पर्धेतील प्रश्नांची उत्तरे

प्र. १. निरीक्षण करून उत्तरे लिहा.

१. भारतीय चलनाच्या नाण्यावर इसवी सनाच्या आकड्याखाली आढळणारी चिन्हे - ठिपका, चौकट, चांदणी, पंचकोन, बटण वगैरे. (आता प्रश्न असे पडतात की - ही चिन्हे काय सांगतात ? कशासाठी असतात ? वगैरे)
२. रात्री पाने मिटून घेणाऱ्या वनस्पती - अनेक पर्णिकांनी बनलेली पाने असणाऱ्या - उदा. बाभूळ, सुबाभूळ, लाजाळू, इ.
३. तुमच्या घरात दरमहा दर माणसी किती मीठ खाल्ले जाते ? अर्थातच याचे उत्तर घराप्रमाणे वेगळे येणार. २०० ते २५० ग्रॅम ठीक आहे. (घराबाहेर बनविलेल्या खाद्यपदार्थातून आहारात येणारे मीठ अनेकदा लक्षात घेतले जात नाही.)
४. जीन प्रकारचे कापड - वीण आवळ असते. बाणा २ वा अधिक ताण्यांना गुंफतो. हातरुमालाच्या कापडातील वीण सैल, बाणा एक एक ताणा गुंफतो.
५. भारतातील सर्वात पूर्वेकडचे स्थान - किबिथू (राज्य - अरुणाचल प्रदेश) आणि सर्वात पश्चिमेकडचे स्थान - ग्वार मोटा (राज्य - गुजरात)
६. हाताला साबण लागलेला असताना त्यावर हळद टाकली तर लालसर रंग येतो.
७. २६ ते ९६ या क्रमवारीत एकस्थानच्या ६ या अंकासाठी कोणकोणते उच्चार केले जातात ? - सव् (२६), छत् (३६), सेहे (४६), छ (५६), सहा (६६), श (७६), शहा (८६), शहा (९६).
८. तुम्ही इंग्रजीत ७६ ही संख्या लिहिलीत तर तुमच्या समोर बसलेल्या व्यक्तीला मराठीतली - अठरा - ही संख्या दिसते.
९. गावठी बैलाला संकरीत बैलापेक्षा - वर्शिंड (कोलखांदा) - हा अवयव अधिक असतो.
१०. ५ फेब्रुवारी २०११ ला सूर्यास्तानंतर दिसलेल्या चंद्राचे वर्णन - चंद्रकोर - डावीकडील शृंग उजवीकडील शृंगापेक्षा वर, चंद्राचा गोलाकार स्पष्ट दिसत होता.



प्र.२ थोडक्यात उत्तरे लिहा. (गुण १०)

१. हापूस आंबा कोणी शोधून काढला? - अल्फान्सो
२. अंकांसाठीची रोमन चिन्हे वापरून ३६६ ही संख्या लिहा. CCCXVI (अशा संख्या लिहिल्या तर आकडेमोड किती अवघड होईल ?)
३. पृथ्वीवरील हवेत सर्वाधिक प्रमाणात असणारा वायू म्हणजे - नत्रवायू.
४. उन्हाळ्यात विणीचा हंगाम असणाऱ्या तीन पक्ष्यांची नावे लिहा - सुगरण, कावळा, कोकिळा...
५. शंभर सहस्र म्हणजे एक लक्ष, तसे किती कोटी म्हणजे एक शंख - एक दशलक्ष कोटी म्हणजे एक शंख
६. जिब्रालिक आम्लाचा उपयोग काय ? - वनस्पतीच्या वाढीसाठी कृत्रिम वितंचक
७. बहुरंगी छपाई करताना कोणकोणत्या रंगांच्या शाई वापरतात - निळी (सायन), गुलबक्षी (मॅजेंटा), पिवळी (यलो), काळी (ब्लॅक) - CMYK
८. कोणत्या ग्रहावर हरितगृह वायूंचा प्रभाव जास्त दिसून येतो - शुक्र.
९. खताच्या गोणीवर असणाऱ्या २:४:६ या आकड्यांचा अर्थ - त्यातील नत्र, स्फुरद पालाश यांचे प्रमाण.
१०. भर दुपारी एका देशात रविवार असताना त्याच्या सर्वात जवळच्या देशात सोमवार असतो असे दोन देश कोणते ? अपिआ (रविवारचे १२ वाजायला १२ मिनिटे कमी) आणि टोंगा (सोमवार १२ वाजून १२ मिनिटे). आंतरराष्ट्रीय वार रेषेच्या अनुक्रमे पूर्वेकडे आणि पश्चिमेकडे.

प्र.३ चूक की बरोबर ते लिहा. (चुकीचे असेल ते दुरुस्त करून लिहा)(गुण १०)

१. आई आपल्या बाळाला दुधाबरोबर जीवाणू पाजते. बरोबर (हे जीवाणू आयुष्यभर आपल्या सोबत असतात.)
२. एक लिटर डबाबंद आईस्क्रिममध्ये किमान ५१५ ग्रॅम दूध आवश्यक.
३. उंदीर झाडावरून तोडून नारळ खातो. बरोबर (कुरतडून पाडून म्हणणे अधिक योग्य)
४. आपल्या चेहेऱ्याची उजवी बाजू डाव्या बाजूच्या प्रतिबिंबासारखी असते. चूक (आपला बरोबर समोरून काढलेला फोटो मधोमध आरसा ठेवून तपासून पहा)
५. भारताला स्वातंत्र्य मिळाले तेव्हा सारे जग झोपलेले होते. चूक (फार तर अर्धे जग झोपलेले असेल)
६. धुण्याचा सोडा तापविला की खाण्याचा सोडा होतो. चूक (खाण्याचा सोडा तापविला की धुण्याचा सोडा होतो)

७. मधुमेही रुग्णांना आंधळेपण येण्याचा धोका अधिक असतो - बरोबर
८. केळीच्या झाडाची वाळलेली पाने काढून टाकणे उपयुक्त असते - चूक (नसते. ते पाण्याच्या कमतरतेचे लक्षण असते)
९. चारोळीच्या पिकल्या फळाचा रंग लाल असतो - चूक (हिरवट जांभळा असतो)
१०. उड्डाण पुलावरून जाणाऱ्या वाहनाला कमी इंधन लागते - चूक (गुरुत्वाकर्षणाच्या विरोधात चढ चढावा लागतो)

प्र. ५ मी कोण ? (गुण १०)

१. माझ्या डोक्यावर सफरचंद पडले आणि मी त्यातून एक शोध लावला - न्यूटन
२. मी, माझा नवरा, माझी मुलगी, माझा जावई सर्वच नोबेल पारितोषिक विजेते आहेत - मेरी क्युरी
३. माझा शोध एका सूर्यग्रहणाचे वेळी सिंधुदुर्ग येथे केलेल्या प्रयोगात लागला - हेलियम (येथे विजयदुर्ग म्हणायला होते. क्षमस्व.)
४. ट्यूब रेल्वेतून प्रवास करताना मला एक स्वप्न पडले की एक साप स्वतःशीच शेपूट गिळत आहे - फ्रेडरिक ऑगस्ट केकुले.
५. गुरुत्वाकर्षणामुळे प्रकाशही ओढला जातो असे मी सांगितले. एका सूर्यग्रहणात काहीनी ते फोटो काढून सिद्ध केले. मला अजिबात आश्चर्य वाटले नाही - आईनस्टाईन
६. मुळे नसली तरी फांद्यांतून पाणी वर चढते हे मी सिद्ध केले - स्ट्रासबर्गर
७. झाड, त्यावरचा मोर, जमिनीवरचा साप यांच्याकडे पाहून मी एक गणिती प्रमेय सांगितले. - भास्कराचार्य , लिलावती
८. माझ्या मृत्यूनंतर तेरा वर्षांनी माझ्या कल्पनेतील 'मोल'ची संख्या मोजली गेली - अॅवोगॅड्रो
९. मी बनारसचा रहिवासी, मी आठ प्रकारच्या तीनशे शस्त्रक्रियांविषयी ग्रंथ लिहिला. - सुश्रुत
१०. पारा माझा फार आवडता. त्यापासून बनलेल्या पदार्थांचा अभ्यास करून मी रसायनशास्त्राचा पाया रचला - सिद्धनागार्जुन.

□□

लेखक : विनय र.र., स.प. महाविद्यालयात प्राध्यापक, मराठी विज्ञान परिषदेचे काम करतात.

संपर्क : ९४२२०४८९६७

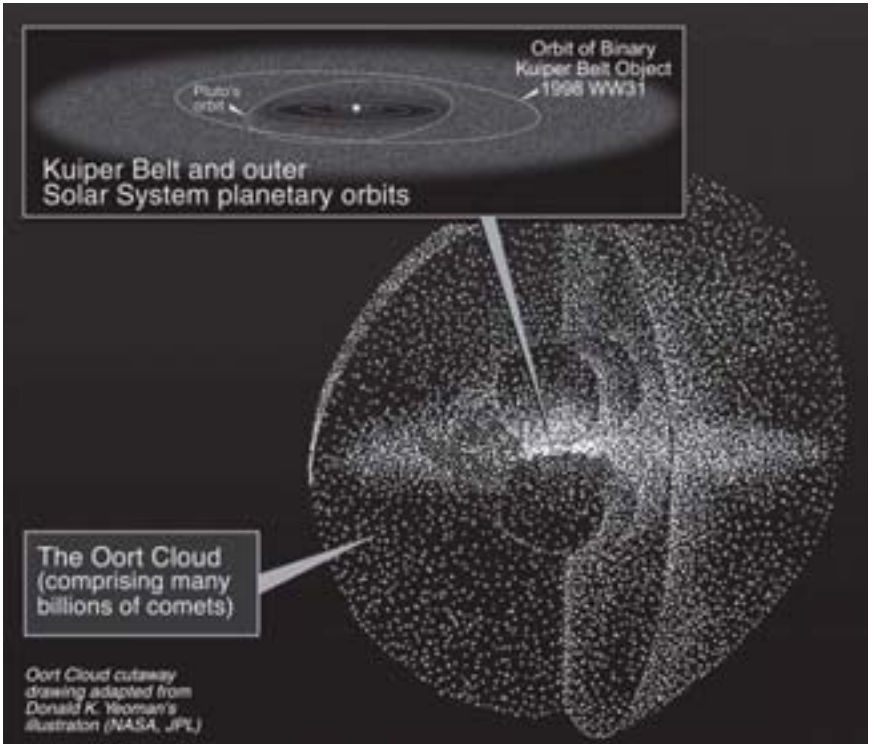
# कुणीतरी आहे तिथं

सूर्यमालेत धूमकेतू येण्याचे दोन महत्त्वाचे स्रोत आहेत. नेपच्यूनच्या कक्षेच्या जवळपास असलेला कुइपर बेल्ट आणि त्याहून फार लांब असलेला उर्ट क्लाऊड /मेघ. साहजिकच जवळच्या स्रोतामधून जास्त धूमकेतू येतील असं आपल्याला वाटतं. पण गेल्या दोनशे वर्षांतल्या अवकाश निरीक्षणांतून असं दिसतंय की अपेक्षेपेक्षा पुष्कळच जास्त

धूमकेतू उर्ट क्लाऊडमधून उगम पावलेले असतात, फार लांब अंतरावरून आलेले असतात.

असं का होत असेल ? आत्तापर्यंत माहीत नसलेलं असं कोणीतरी तिथं आहे... जे प्रचंड गुरुत्वाकर्षण शक्तीमुळे उर्ट मेघातल्या वस्तूंचा प्रभाव पाडू शकतंय !

अंदाज असा वर्तवला जातो आहे -





पण मग हा ग्रह दिसत का नाही ? सूर्यापासून फार दूर (३०,००० A.U.) असल्यामुळे त्याच्यापर्यंत सूर्याची उष्णता अगदीच कमी पोचते. त्याचं तापमान - ७३° सें. असावं. या तापमानाला उष्णतेचे किरण (इन्फ्रारेड) अगदी कमी निघतात. ते शोधणं महाकठीण. नासाच्या WISE दुर्बिणीने (ऑक्टोबर २०१० मध्ये तिचे कार्य संपण्यापूर्वी) घेतलेल्या फोटोंमध्ये हा ग्रह सापडूही शकेल. ही आत्तापर्यंत तयार केलेली सर्वात शक्तिशाली दुर्बिण आहे.

सूर्यमालेच्या अगदी बाहेरच्या टोकाला, दूर अंतरावर, गोठवणाऱ्या अवकाशात एक भला मोठा ग्रह असावा. गुरु ग्रहाएवढा किंवा त्याच्या चौपट व्यासापर्यंतच्या आकाराचा. या ग्रहाच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे उर्ट मेघातील वस्तूंची कक्षा बदलते आणि ते धूमकेतूच्या रूपाने सूर्याभोवती दीर्घ लंबवर्तुळाकृती कक्षेत फिरू लागतात.

तिने पाठवलेल्या फोटोंचा अभ्यास पूर्ण झाल्यावरच आपल्याला समजेल की या ग्रहाचे फोटो मिळालेत का ? मिळाले नसतील तर मात्र या ग्रहाच्या अस्तित्वाची खात्री करून घ्यायला अजून बराच अभ्यास आणि खूप वर्षे लागतील.

□□

उर्ट : सूर्यापासून २००० ते ५०,००० A. U. अंतरावर.

नेपच्यून : सूर्यापासून ३० AU अंतरावर.

कुइपर बेल्ट : सूर्यापासून ३० ते १०० A.U. अंतरावर

१AU = पृथ्वीपासून सूर्यापर्यंतचे अंतर.

आधार : newscientist.com आणि wikipedia.org

संकलक : अमलेंदू सोमण, मेटॅलर्जिकल इंजिनियर, फाऊंड्री व इंजिनियरिंग वर्कशॉप चालवण्याचा अनुभव.

शैक्षणिक संदर्भ : एप्रिल-मे २०११ RNI Regn. No. : MAHMAR/1999/3913  
मालक, मुद्रक, प्रकाशक पालकनीती परिवार करिता संपादक नीलिमा सहस्त्रबुद्धे यांनी  
अमृता क्लिनिक, संभाजी पूल कोपरा, कर्वे पथ, पुणे ४ येथे प्रकाशित केले.

