

जून - जुलै २०१०

शैक्षणिक

संदर्भ

अंक ६४

शिक्षण आणि विज्ञान
यात रुची असणाऱ्यांसाठी



संपादक :

नीलिमा सहस्रबुद्धे, प्रियदर्शिनी कर्वे
नागेश मोने, संजीवनी कुलकर्णी

विश्वस्त :

नागेश मोने, नीलिमा सहस्रबुद्धे,
प्रियदर्शिनी कर्वे, मीना कर्वे,
संजीवनी कुलकर्णी, विनय कुलकर्णी,
रामचंद्र हणबर, गिरीश गोखले.

साहाय्य :

ज्योती देशपांडे, यशश्री पुणेकर,
स्वाती केळकर, अमलेंदू सोमण.

अक्षरजुळणी :

न्यू वे टाईपसेटर्स अँड प्रोसेसर्स

मुखपृष्ठ, मांडणी, छपाई :

रमाकांत धनोकर, ग्रीन ग्राफीक्स.

एकलव्य, होशंगाबाद यांच्या सहयोगाने
हा अंक प्रकाशित केला जात आहे.

शैक्षणिक

संदर्भ

अंक ६४

जून-जुलै २०१०

पालकनीती परिवारसाठी

निर्मिती आणि वितरण : संदर्भ

पत्ता : संदर्भ, १३१/२९, वंदना अपार्टमेंट्स,
ब्लॉक नं. ९, आयडियल कॉलनी,
कोथरूड, पुणे ३८. दूरध्वनी : २५४६१२६५
ई-मेल : sandarbh.marathi@gmail.com

पोस्टेजसहित

वार्षिक वर्गणी रु. २००/-

अंकाची किंमत : रुपये ३०/-





सळ सळ सळ पाऊस कोसळे
हिरवाळून हे मळे
उमलले सोनटक्क्याचे कळे ।
अंगणात साचल्या जळावर
पागोळी सळसळे
बुडबुडा इकडून तिकडे पळे

प्राचीन साहित्यातील कवि आनंद
यांच्या 'शिवामूठ' कवितेचा अंश



अनुक्रमणिका

शैक्षणिक संदर्भ अंक - ६४

- हातापायांची भुते ३
-  मिली सेंटी डेंसी १३
- गेको चिकटपट्ट्या १६
-  चवीत काय आहे? १९
-  कवडसे २७
- हवी तिथेच, हवी तेवढीच वाढ ३०
- प्रकाशाचा वेग आणि त्याचे मोजमाप ३८
- हलक्या जैवभारापासून कोळसा ४४
- भारतीय चित्रकलेचे व्याकरण ५१
- पाठांतर की अनुभूती ६१
-  गणितातील गंमत ६५
- डोके उडवले तरी जिवंत ६८
- पावसाचा पाठलाग ७०



हे लेख शालेय पाठ्यक्रमाला पूरक आहेत.

चवीत काय आहे १९

रूप, रस, गंध, स्पर्श आणि ध्वनी या सगळ्यांच्या माध्यमातून आपण ज्ञान प्राप्त करत असतो. कानांना आवाज कसा ऐकू येतो, डोळ्यांना दृश्य कसं दिसतं त्याबद्दल आपण शाळेत शिकतो. त्याचप्रमाणे चव कळण्यासाठी जिभेवर काय रचना असते, कशा पद्धतीने ही प्रक्रिया चालते, ते थोडं जाणून घेऊ या.



हलक्या जैवभारापासून कोळसा ४४

ऊर्जा टंचाईवर मात करण्यासाठी पवनऊर्जा, लाटांपासून ऊर्जा, सौर ऊर्जा, असे पुनर्निर्माणक्षम ऊर्जेचे इतर स्रोत वापरात आणण्याचे प्रयत्न केले जात आहेत, त्याचप्रमाणे इंधनटंचाईवर उपाय म्हणून शेतात निर्माण होणारा जैवकचरा वापरायला हवा. पण पाच पैशाचा पाचोळा जाळला तर पंचवीस पैशाचा धूरच फक्त उत्पन्न होतो. ते टाळून त्यापासून चांगलं जळण तयार करण्याचा उपाय आता शोधला गेला आहे.

पावसाचा पाठलाग ७०

प्रवासाला जाण्यासाठी आपल्याकडे पारंपरिक मार्ग ठरवून ठेवलेले आहेत. अष्टविनायक यात्रा, बारा ज्योतिर्लिंग, चारधाम यात्रा वगैरे. तसा एक अभिनव मार्गही उपलब्ध आहे. दरवर्षी नेमाने ठरावीक काळात, ठरावीक ठिकाणी मोसमी पाऊस पोचतो. त्याच मार्गाने पावसाच्या बरोबरीने अपणही प्रवास करायचा. किती अफलातून कल्पना आहे. या प्रवासाचा प्रत्यक्ष अनुभव वाचू या.



हवी तिथेच, हवी तेवढीच वाढ ३०

शरीराला काही इजा झाली, जखम झाली तर ती थोड्याच काळात भरून येते. त्वचा फाटली, रक्त वाहिलं, एवढंच काय हाडसुद्धा मोडलं तरी पुन्हा पहिल्यासारखं भरून येतं. पण.... जर एखाद्या बोटाचं पेर जुटून वेगळं झालं तर? ते काही पुन्हा वाढू शकत नही. मग मोठा अवयव तुटला तर आणखीच अवघट. पण खरंच जर अशी वाढ करता आली तर किती चांगलं होईल!



हातापायांची भुते

लेखक : डॉ. रामचंद्रन ● रूपांतर : पु. के. चितळे

एका तरुण खेळाडूला मोटर-सायकलच्या अपघातात आपला एक हात गमवावा लागला होता. पण तो हात त्याच्या शरीरापासून कापून वेगळा केला गेल्यानंतरही त्याला त्या हाताचे अस्तित्व सतत जाणवत होते. आपल्या त्या नसलेल्या हाताची हालचाल त्याला जाणवत होती. त्या हाताने त्याने जवळपासच्या वस्तूंचा स्पर्श केल्याचेही त्याला स्पष्ट जाणवत होते, एवढेच नव्हे तर त्याला त्या नसलेल्या हाताने चहा किंवा कॉफीचा कप पकडण्यासाठी तो हात पुढे गेल्याचेही जाणवत होते. मध्येच कुणी तरी तो कप त्याच्यापासून लांब नेला तर त्याला आपल्या त्या नसलेल्या हातावर ताण पडल्याचे जाणवत असे व तो ओरडत असे.

शाळेत अध्यापनाचे काम

करणान्या एका महिलेच्या शरीराची डावी बाजू लकव्यामुळे पूर्णपणे निकामी झाली होती. पण तरीही तिला असे वाटत असे की, आपल्या डाव्या हाताला काहीच झाले नसून तो पूर्वीसारखाच कार्यक्षम आहे. एकदा ती अंधरूणावर पडलेली असताना डॉ. रामचंद्रन यांनी तिच्या शेजारी निकामी पडलेल्या तिच्या डाव्या हाताकडे निर्देश करून विचारले की, मग तो हात कुणाचा आहे ? तेव्हा तिने तो हात आपल्या भावाचा असल्याचे बिनद्विकतपणे सांगितले.

हे काय प्रकार होते ? हे भास म्हणजे भुताटकीच होती का ? सोळाव्या शतकापासून अशा भुताटकीचे संदर्भ सापडतात. याबद्दल एक चांगलं पुस्तक उपलब्ध आहे. त्यातील काही भाग इथे पाहू या.

भुतांचा असह्य त्रास. खाजवायचे कुठे ?

‘हाता-पायांची भुते’ (Phantom Limbs) या शब्दाचा प्रयोग सर्वात अगोदर फिलाडेल्फिया येथील डॉ. सिलास वियर मिचेल यांनी केला होता. एखादी मेलेली व्यक्ती जर कोणाला जिवंतावस्थेत दिसली तर साधारणपणे त्याला त्या व्यक्तीचे भूत (Phantom) समजण्यात येते.

प्रतिजैविकांची (Anti-biotics) माहिती नसलेल्या काळात अमेरिकेतील गृहयुद्धात जखमी झालेल्या अनेक सैनिकांच्या जखमा चिघळून त्यांना गँगरीन होत असे आणि बहुधा त्यांचा तो हात किंवा पाय कापून टाकण्याची वेळ येत असे. असे हात किंवा पाय कापलेले सैनिक जेव्हा घरी परत येत तेव्हा त्यापैकी अनेकांना इतर समस्यांबरोबर आणखी एका समस्याला तोंड द्यावे लागत

असे. ती म्हणजे आपला हात किंवा पाय कापून टाकल्याचे माहीत असूनही ते आपल्या जागी व पहिल्या एवढेच कार्यक्षम असल्याचा त्यांना भास होत असे. हा भास एवढा तीव्र असायचा की, त्यांना तो अवयव आपल्या शरीरात नाही या गोष्टीवर विश्वासच बसत नसे. त्यांना वाटायचे की, त्यांचे कापून टाकलेले हे अवयव पूर्वी सारखीच कामे करू शकतात. तेव्हाच्या डॉक्टरांना काही केल्या अशा गोष्टींचे कारण कळत नव्हते. डॉ. मिचेलकडेही असे अनेक रुग्ण येत असत. नसलेल्या व्यक्तीचा भास होणे आजही भुताटकी समजण्यात येते. म्हणून डॉ. मिचेल यांनी अशा कापल्या गेलेल्या पण ते अवयव अस्तित्वात असल्याचा भास होणाऱ्या या विकृतीला त्या ‘अवयवांची भुते’ म्हणणे अगदी योग्य आहे.

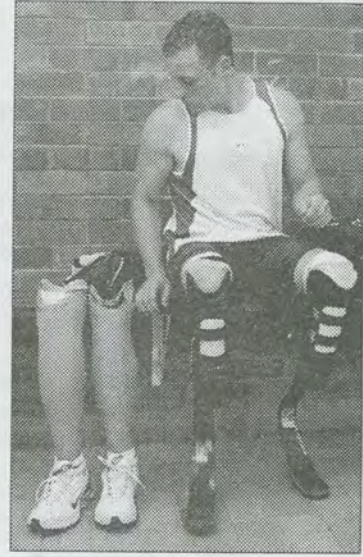
२००८ च्या शेवटी एक छान पुस्तक वाचण्याचा योग आला. पुस्तकाचे लेखक आहेत, डॉ.व्ही.सी रामचंद्रन आणि सँड्रा ब्लॅक्सली. पुस्तकाचे नाव आहे ‘मेंदूमधील भुते’. डॉ. रामचंद्रन जगातील एक नामवंत चेतासंस्थाशास्त्रज्ञ (Neurologist) आहेत. त्यांची संशोधने मूलगामी स्वरूपाची असतात. त्यांनी केलेले प्रयोग अत्यंत साधे आणि त्यांचे निष्कर्ष बहुतेक सर्वांना समजायला सोपे असतात. आपल्या या पुस्तकात डॉ. रामचंद्रन यांनी मानवी मेंदूच्या आजपर्यंत समजण्यात न आलेल्या अनेक बाबींचा नव्या दृष्टिकोनातून सविस्तर विचार केला आहे. माणसाच्या मेंदूच्या रचनेबद्दल जेवढी माहिती उपलब्ध आहे त्याच्या तुलनेत मेंदूच्या विभिन्न भागांच्या कार्यासंबंधीची माहिती फार तोकडी आहे. आपले प्रयोग करताना डॉ. रामचंद्रन यांना जे रुग्ण भेटले त्यांची नावे या पुस्तकात बदलली गेली असली तरी त्या व्यक्ती खऱ्या आहेत.

पु.के.चितळे

डॉ. मिचेल यांनी अशा अनेक व्यक्तींवर उपचार केले होते. आपल्या प्रयत्नात ते किती यशस्वी झाले हे नक्की सांगता येणार नाही. डॉ. मिचेल यांनी आपल्या अनुभवांच्या आधारावर एक लेख लिहिला. त्यांनी या लेखात आपले खरे नाव दिले नव्हते व तो प्रकाशनासाठी एखाद्या नामांकित वैद्यकीय नियतकालिकात न देता एका अगदी साधारण नियतकालिकात प्रकाशित केला. कारण तेव्हा त्यांना असे वाटले होते की आपले खरे नाव दिल्याने त्यांची बदनामी होऊ शकते. आजही बऱ्याच लोकांचा अशा गोष्टींवर विश्वास बसणे कठीण असते.

आजपासून सुमारे १५-२० वर्षांअगोदर कॅनडातील एका प्रसिद्ध मेडिकल पत्रिकेत एक लेख प्रकाशित झाला होता. त्यात अशा गोष्टींचे हे कारण देण्यात आले होते की, अशा भुतांचा भास होतो. ज्यांच्या मनात ते अवयव असण्याची तीव्र इच्छा असते. (फक्त त्यांनाच) पण या गोष्टींचे खरे कारण हे नक्कीच नाही.

हाता-पायांच्या अशा भुतांचे आजकाल आणखी एक कारण सांगण्यात येते की, असे अवयव कापले गेल्यावर त्यांना जोडलेल्या चेतातंतूची टोके त्या अवयवांच्या उरलेल्या भागालाच जोडलेली असतात. कापल्यावर त्यांना सूज येते, त्यांना खाज सुटते वगैरे. यामुळे मेंदूला ते कापलेले अवयव अजून अस्तित्वात असल्याची संवेदना होते.

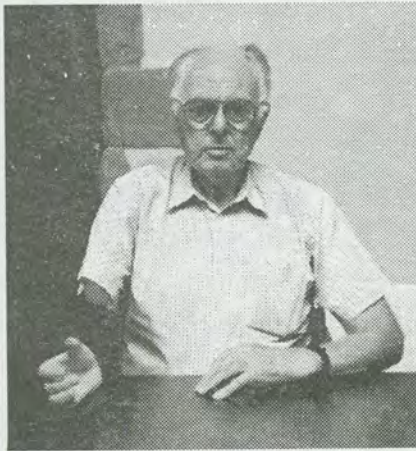


हे कारण बरेचसे पटणारे असल्याने अनेक डॉक्टरांचा यावर विश्वास बसतो. पण या भुतांकीचे हेही खरे कारण नाही.

टॉम सॉरेनसन नावाचा एक फुटबॉल खेळाडू मोटारीतून आपल्या घरी परतत असताना त्याचा समोरून येणाऱ्या एका मोटारीशी मोठा अपघात झाला व तो मोटारीच्या बाहेर फेकला गेला. बाहेर फेकला जात असताना त्याला आपला एक हात तुटून मोटारीतच राहून गेल्याचे दिसले. त्या हाताने मोटारीच्या सीटला घट्ट धरून ठेवले होते. टॉम तेव्हा फक्त १७ वर्षांचा होता आणि त्या अपघातामुळे त्याला आपला एक हात कोपराखाली कायमचा गमवावा लागला. अपघात झाल्यावर काही आठवड्यांनंतर टॉमला आपला एक हात

कापावा लागल्याचे माहीत असूनही त्या हाताचे अस्तित्व जाणवू लागले. त्याला असे वाटत असे की, तो कापलेल्या हाताचे प्रत्येक बोट हलवू शकतो त्या हाताने जवळच्या वस्तूंना स्पर्श करू शकतो, फोन वाजला तर त्याचा तो हात स्वाभाविकपणे फोनच्या रिसीव्हरकडे वळायचा. एवढेच नव्हे तर त्याला असे वाटायचे की, तो आपला हात धाकट्या भावाच्या किंवा आणखी कुणाच्या पाठीवरून फिरवून त्याचे सांत्वनही करू शकत होता.

टॉम किंचितही वेडा नव्हता. म्हणून आपल्या नसलेल्या हाताची जाणीव त्याला सतत होणे, हाताच्या भुताचे एक उत्तम उदाहरण मानले जाऊ शकते. हात-पाय कापण्यासारख्या शस्त्रक्रियेनंतर एखादी व्यक्ती जेव्हा तिला दिलेल्या भुलीमधून शुद्धीवर येते तेव्हा तिचे शरीर बहुधा चादरीने



झाकलेले असते. तेव्हा तिला असे वाटणे स्वाभाविक असते की, चादरीखाली तिचा तो अवयव सुरक्षित झाकलेला आहे. पण जेव्हा तिला हे सांगितले जाते की, तिचा अमुक अवयव कापून टाकला आहे व ती चादरीखाली बघते तेव्हा तिला एक जबरदस्त धक्का बसतो. काही वेळा तर हा धक्का एवढा जबरदस्त असतो की, त्यामुळे काही रुग्णांनी आत्महत्या केल्याच्या घटनाही घडल्यात. अनेक रुग्णांना कापलेल्या अवयवाच्या ठिकाणी झालेली जखम बरी झाल्यावरही तिथे असह्य वेदना होत असतात.

एक डॉक्टर असल्यामुळे डॉ. रामचंद्रनसाठी ही माहिती नवीन नव्हती. आपल्या शरीराच्या एखाद्या जिवंत अवयवाला अशा वेदना होणे नवीन नाही, पण एखाद्या नसलेल्या अवयवाला स्पर्श कळणे, खाज सुटणे, वेदना होणे अत्यंत आश्चर्यजनक वाटते. त्यावर काय इलाज करावा हे बहुधा डॉक्टरांनाही समजत नाही. एखादा अवयव शरीरापासून कापून निराळा केल्यानंतरही मेंदूला त्याची आठवण का यावी, हे समजत नाही. काही वेळा मेंदूला अशा अवयवांची आठवण काही दिवसच नव्हे तर वर्षानुवर्षे होत असते. असे का होते याचे खरे कारण समजले तर अनेक रुग्णांना अशा असह्य वेदनांपासून कायमची सुटका मिळण्यास मोलाची मदत होईल.

शरीरापासून कापलेल्या अवयवांना वेदना होणाऱ्या घटनांच्या नोंदी फार जुन्या म्हणजे कमीत कमी सोळाव्या शतकापासून अस्तित्वात आहेत. तेव्हा अनेक न्हावी शस्त्रक्रिया करण्यात फार कुशल होते. अँब्रोइस पारे हा असाच एक फ्रेंच न्हावी होता. त्यानेही अशा विचित्र वाटणाऱ्या घटनांची नोंद केली आहे. लॉर्ड नेल्सन हा ब्रिटिश आरमाराचा एक उत्तम अधिकारी होता. त्याचा उजवा हात एका आरमारी युद्धात कापला गेला होता. त्याला त्याच्या या कापल्या गेलेल्या हाताच्या वेदना नेहमी जाणवत असत. या आधारावर नेल्सनने पुनर्जन्मावर आपला पूर्ण विश्वास असल्याचे जाहीर केले होते. त्याच्या म्हणण्याप्रमाणे आपल्या शरीराच्या एखाद्या अवयवाचा जर असा पुनर्जन्म होऊ शकतो तर त्याचप्रमाणे पूर्ण शरीराचा पण पुनर्जन्म होऊ शकतो.

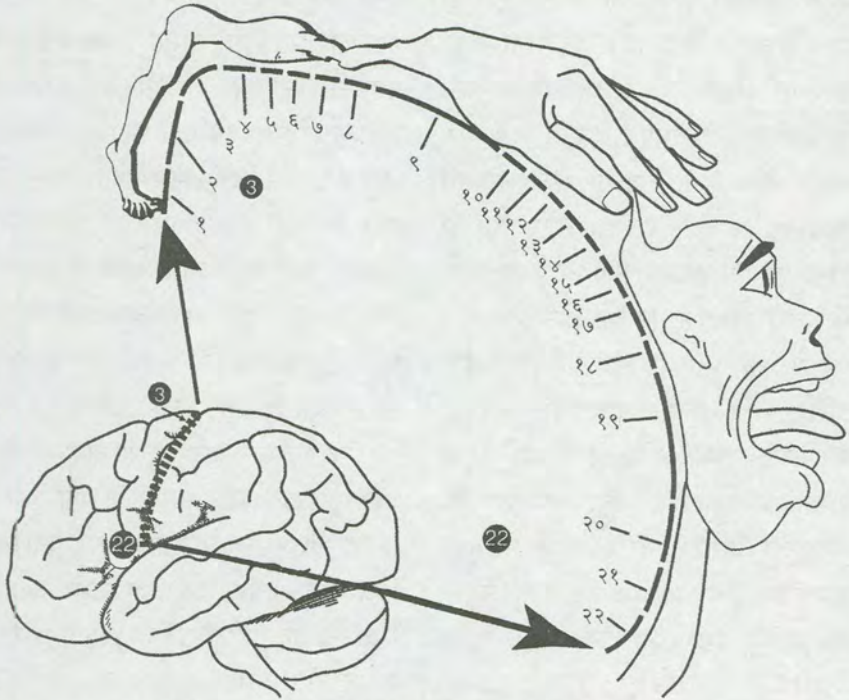
१९४०-५०च्या काळात कॅनडा येथील प्रसिद्ध चेता-शल्यविशारद डॉ. वाइल्डर पेनफिल्ड यांनी अनेक रुग्णांच्या मेंदूवर शस्त्रक्रिया केली होती. मेंदू चेतापेशींपासूनच बनलेला असला तरी प्रत्यक्ष मेंदूवरच शस्त्रक्रिया केली जात असताना मेंदूला त्याच्या काहीच वेदना होत नाहीत. म्हणून मर्यादित स्थानिक भूल (Local anaesthesia) देऊन रुग्णाच्या मेंदूवर तो जागा असताना शस्त्रक्रिया करता येते. त्यांनी याच तऱ्हेने रुग्णाला शुद्धीत ठेवून त्याच्या

मेंदूवर शस्त्रक्रिया केल्या. अशा शस्त्रक्रिया करताना बऱ्याचवेळा मेंदूचा जवळ जवळ सर्व भाग उघडा करावा लागत असे. डॉ. पेनफिल्डने या गोष्टीचा उपयोग केला. त्यांनी विद्युत अग्राच्या (Electrode) मदतीने मेंदूच्या विभिन्न भागांना उत्तेजित केले आणि रुग्णांना त्याचा परिणाम विचारला. मेंदूच्या विभिन्न भागांना अशा तऱ्हेने उत्तेजित केल्याने त्या रुग्णांना, त्यांच्या विभिन्न संवेदी इंद्रियांना संवेदनांचे अनुभव येत असत. उदा. त्यांना जुन्या आठवणी येत असत. दृष्टी परिसरात नसलेली दृश्ये दिसत असत, जवळपास होत नसलेले ध्वनी ऐकू येत असत वगैरे. म्हणजे त्यांच्या मेंदूच्या विभिन्न भागांना उत्तेजित केले की, असे भिन्न अनुभव येत असत. या मुळे मेंदूच्या कुठल्या भागाचे शरीराच्या कुठल्या भागावर नियंत्रण असते हे कळले. डॉ. पेनफिल्ड यांनी या निष्कर्षांवरून मेंदूचा एक नकाशा तयार केला. पुढे चेतातज्ज्ञांना या नकाशांचा फार उपयोग झाला.

डॉ. पेनफिल्ड यांना मेंदूच्या दोन्ही बाजूंना वरपासून खालपर्यंत पसरलेला एक असा अरुंद पट्टा असल्याचे लक्षात आले, ज्याच्या भिन्न भागात त्यांनी आपल्या विद्युत अग्राने स्पर्श केल्याने शरीरातील भिन्न भागात संवेदना उत्पन्न होत असत. म्हणजे डॉ. पेनफिल्ड यांना या पट्ट्यावर शरीराच्या अनेक भागांची संवेदना केंद्रे सापडली. या पट्ट्याच्या सर्वांत वरच्या भागात पाय, त्या खाली धड, हात,

हाताचा अंगठा, ओठ व सर्वात खालच्या भागात घसा, स्वरयंत्र, पसरलेला हात या क्रमाने ही केंद्रे रचलेली होती. म्हणजे हा क्रम शरीरात असलेल्या त्या अवयवांच्या क्रमाच्या उलट होता. दुसरी महत्त्वाची गोष्ट ही की, या संवेदना केंद्रांचा आकार सारखा नव्हता. काही केंद्रांचा आकार त्या मानाने फार मोठा होता. तसेच काही अवयवांच्या केंद्रांची जागा क्रमवार नव्हती. उदा. अंगठ्याचे तसेच ओठ, बोटे, हाताचा

तळवा, यांच्या संवेदन केंद्रांचा आकार बराच मोठा होता. त्या मानाने शरीराच्या धडासारख्या मोठ्या भागाच्या संवेदन केंद्रांचा आकार फारच लहान असल्याचे आढळून आले. हे नंतर लक्षात आले की, संवेदन केंद्रांचा आकार त्या अवयवाच्या क्रियाशीलतेवर अवलंबून असतो. चेहऱ्याचे संवेदना केंद्र मानेजवळ नसून हाताच्या संवेदक केंद्राजवळ तर जननेंद्रियांचे संवेदना केंद्र दोन्ही मांड्यांच्या मध्ये नसून पायाच्या संवेदन



- १) पायाची बोटे २) घोटा ३) गुडघा ४) नितंब ५) पोटा ६) खांदे ७) कोपर ८) मनगट ९) हात
 १०) करंगळी ११) अनामिका १२) मध्यमा १३) तर्जनी १४) अंगठा १५) मान १६) भुवई १७) डोळा
 १८) तोंड १९) ओठ २०) जबडा २१) जीभ २२) गळा

केंद्राच्या खालच्या बाजूला असते. डॉ. पेनफिल्ड यांनी मेंदूसकट या संवेदन केंद्रांच्या आकृत्यापण काढल्या आहेत. यांना 'पेनफिल्ड होमनक्युलस' (Penfield homunculus) असे म्हणतात. ही चित्रे बघायला फार विचित्र वाटतात.

विद्युत अग्रांचा वापर करून असे प्रयोग माणसाऐवजी माकडासारख्या इतर प्राण्यांवर करणे जास्त सोयीचे असते. पण इतर प्राण्यांना माणसाप्रमाणे बोलता येत नसल्याने ते आपला अनुभव प्रयोग करणाऱ्याला सांगू शकत नाहीत. त्यामुळे इतर प्राण्यांचा अशा प्रयोगांसाठी उपयोग करणे त्या मानाने फारसे लाभदायी ठरत नाही. तरीही प्राण्यांवर केलेल्या अशा प्रयोगातून मेंदूच्या विभिन्न भागांच्या कार्याची बरीच माहिती मिळाली आहे हे तथ्य नाकारता येत नाही.

जेव्हा डॉ. रामचंद्रन यांच्याकडे अशा भ्रमाने त्रस्त पहिला रुग्ण आला तेव्हा इतर डॉक्टरांप्रमाणे तेही हतबुद्ध झाले. तेव्हापासून आजपर्यंत त्यांना अशा रुग्णांकडून अनेक गोष्टी कळल्या व त्यांच्याकडे बघण्याचा त्यांचा दृष्टिकोन बदलला. त्यांना फक्त हाता-पायांची भुते नव्हे तर मानवी शरीरातील इतरही अनेक भुतांचे दर्शन झाले. एका महिलेला तिची शस्त्रक्रिया करून काढलेल्या दोन्ही स्तनांची भुते सतावीत होती. अपेंडिसाइटिस झालेल्या एका रुग्णाचे अपेंडिक्स शस्त्रक्रियेने काढून टाकल्यानंतरही

त्याच्या पोटातील दुखणे थांबले नाही. शल्यचिकित्सकांनी त्याचे अपेंडिक्स काढलेच नव्हते असेच त्याला वाटत असे.

या सर्व गोष्टींनी डॉ. रामचंद्रन यांच्या डोक्यात काहूर माजविले. वैद्यकीय शास्त्राच्या पुस्तकात दिलेल्या माहितीचा त्यांनी प्रत्यक्ष बघितलेल्या गोष्टीशी काहीही ताळ-मेळ बसत नव्हता. १९९१ सालच्या सुमारास डॉ. रामचंद्रन यांना 'नॅशनल इन्स्टिट्यूट ऑफ हेल्थ'चे डॉ. टिम पॉन्स यांचा एक पेपर वाचायला मिळाला. त्यानंतर डॉ. रामचंद्रन यांनी आपले विचार आणि प्रयोगांची दिशाच बदलली, ती एवढी की त्यांचा अहवाल वाचून डॉ. पॉन्स स्वतः डॉ. रामचंद्रन यांच्या प्रयोगशाळेत दाखल झाले. डॉ. टिम पॉन्स यांना असा प्रश्न पडला होता की, डॉ. पेनफिल्ड यांनी मोठ्या प्रयत्नाने मेंदूमधील कायिकसंवेदन केंद्रांचे नकाशे (Somatosensory maps) काढले होते, यांचे स्वरूप कायम असते की कालाबरोबर ते ही बदलत असते? या गोष्टींचा छडा लावण्यासाठी डॉ. पॉन्स व त्यांच्या सहयोगींनी काही माकडांवर अनेक वर्षे प्रयोग केले आणि शेवटी असा निष्कर्ष काढला की, हे नकाशे बदलतात किंवा त्यांना काही प्रमाणात बदलता येऊ शकते. डॉ. रामचंद्रन यांना डॉ. पॉन्स यांच्या प्रयोगाचे निष्कर्ष फार महत्त्वाचे वाटले. त्यांना असा विश्वास वाटू लागला की, त्यांच्या समोर

असलेल्या कठीण प्रश्नाचे उत्तर या निष्कर्षातच लपलेले आहे.

त्यांनी असा निर्णय घेतला की अशा प्रयोगांसाठी माकडांची काहीच आवश्यकता नाही. ते आपल्या प्रयोगासाठी योग्य रुग्णाचा शोध घेऊ लागले. त्याच वेळी त्यांच्या सहयोगी डॉक्टरांच्या मदतीने त्यांची टॉम सॉरेनसन याची भेट झाली. टॉमने डॉ. रामचंद्रन यांना त्यांच्या प्रयोगासाठी पूर्ण सहकार्य करण्याचे मान्य केले. त्याने आपला एक हात अपघातात गमावला होता. याची त्याला पूर्ण जाणीव होती. त्याला हाताच्या भुताचा त्रास होतच असे. तरीही तो या अपघातातून बचावल्यामुळे आनंदी असायचा.

डॉ. रामचंद्रन यांनी टॉमला आपल्या प्रयोगशाळेत आपल्या समोरील एका खुर्चीत आरामात बसायला सांगितले. ते स्वतः काय करत आहेत हे टॉमला कळू नये यासाठी त्यांनी डोळ्यांवर एक पट्टी बांधली होती. मग त्यांनी टॉमच्या शरीरावर स्पर्श करून विचारायला सुरुवात केली की, त्यांनी शरीराच्या कोणत्या भागाला स्पर्श केला आहे ? यांनी सर्वप्रथम टॉमच्या गालाला कापसाच्या बोळ्याने स्पर्श केला व टॉमला विचारले की कुठल्या भागाला स्पर्श केला आहे ? टॉमने बरोबर उत्तर दिले की, डॉक्टरांनी त्याच्या गालाला स्पर्श केला आहे. डॉ. रामचंद्रन यांचा एक प्रशिक्षित विद्यार्थी हे बघत होता. हे बघून त्याला असे वाटले

की डॉक्टरांना वेड लागले आहे. डॉ. रामचंद्रन यांनी पुन्हा टॉमला विचारले की एवढेच की आणखी काही ? यावर तो लगेच म्हणाला की, डॉक्टर मला हे सर्व विचित्र वाटत आहे. आता तुम्ही माझ्या नसलेल्या हाताच्या म्हणजे त्याच्या भुताच्या अंगठ्यालाही स्पर्श केला आहे. कापडाचा बोळा अजून टॉमच्या गालावरच होता. मग त्यांनी बोळा टॉमच्या वरच्या ओठावर नेला. टॉमने त्यांना सांगितले की आता तुम्ही माझ्या वरच्या ओठाला आणि त्या बरोबर हाताच्या भुताच्या तर्जनीलाही स्पर्श करत आहात. डॉ.रामचंद्रनने टॉमला परत एकदा खात्री करून घेण्यास सांगितले. यावर टॉम म्हणाला की त्याला ओठ आणि तर्जनी या दोन्ही ठिकाणी स्पर्श केल्याचे स्पष्ट जाणवत आहे. मग त्यांनी टॉमचा खालचा जबडा कुरवाळला. हे काय आहे विचारल्यावर टॉमने लगेच उत्तर दिले की, ही तर त्याची हरवलेली करंगळी आहे.

अशा तऱ्हेने डॉ.रामचंद्रन यांनी टॉमच्या चेहऱ्यावर त्याच्या हाताच्या भुताची सर्व संवेदन केंद्रे शोधून त्यांचा एक नवीन नकाशा तयार केला. डॉ.रामचंद्रन यांनी एका साध्या सोप्या प्रयोगातून हा शोध लावला. डॉ.टिम पॉन्स यांना माकडांवर प्रयोग करून हे शोधण्यात अनेक वर्षे लागली होती. डॉ.रामचंद्रन यांनी या प्रयोगातून दोन गोष्टींचा शोध लावला होता. एक तर

कायिक संवेदन केंद्राच्या मूळ नकाशात बदल होतात व दुसरी गोष्ट ही की, मूळच्या नकाशात चेहरा आणि हाताची कायिकसंवेदन केंद्रे एकमेकाजवळ असल्याने हाताची कायिकसंवेदन केंद्रे, टॉमचा हात कापला गेल्यावर चेहऱ्याच्या भागात स्थलांतरित झाली होती.

डॉ. रामचंद्रन यांनी असे प्रयोग टॉमच्या संपूर्ण शरीरावर करून टॉमच्या मेंदूमधील कायिकसंवेदन केंद्रांचा एक नकाशा तयार केला. यात त्यांना टॉमच्या मेंदूमध्ये त्याच्या कापलेल्या हाताची सर्व कायिकसंवेदन केंद्रे तर सापडलीच पण या शिवाय त्यांना टॉमच्या कापलेल्या हाताच्या कायिकसंवेदन केंद्रांचा दुसराही एक संच सापडला. पण हा संच टॉमच्या चेहऱ्यावर किंवा मेंदूत नसून मुख्यतः त्याच्या दंडात, कापलेल्या भागाच्या काही इंच वर आणि खांद्याच्या भागात होता. टॉमच्या कापलेल्या हातासाठी दोन संवेदन केंद्रे असल्याने ही गोष्ट स्पष्ट होते की पेनफिल्डच्या नेहमीच्या कायिकसंवेदन केंद्राच्या नकाशात, टॉमचा हात कापला गेल्यावर काही बदल झाले आहेत.

या गोष्टीचा सबळ पुरावा मिळविण्यासाठी Magneto Encephalography (MEG) या आधुनिक शास्त्राचा आधार घ्यावा लागतो. त्यात असलेल्या काही तांत्रिक अडचणींमुळे मी त्या विस्तारत जात नाही. MEGच्या मदतीने एखाद्या

व्यक्तीच्या मेंदूवर शस्त्रक्रिया न करता सुमारे दोन तासात त्या व्यक्तीच्या मेंदूमधील कायिकसंवेदन केंद्रांचा पेनफिल्ड नकाशा काढता येऊ शकतो. सर्व व्यक्तींच्या पेनफिल्ड नकाशात बहुधा फारसे अंतर नसते. पण त्या व्यक्तीचा एखादा अवयव कापला गेल्यावर (किंवा त्या व्यक्तीची पूर्ण वाढ झाल्यावर) त्यात अनेक बदल घडून आल्याचे स्पष्ट दिसते. तसा तपास केल्यावर टॉमच्या बाबतीतही तेच झाल्याचे कळले. आतापर्यंत असे समजले जात असे की, माणूस जन्माला येताना त्याच्या मेंदूतील कायिकसंवेदन केंद्रांचा जो पेनफिल्ड नकाशा असतो त्यात पुढे काहीच बदल होत नाहीत. पण या प्रयोगांमुळे हा समज खोटा असल्याचे स्पष्ट झाले. या प्रयोगाचा दुसरा फायदा हाही झाला की, त्याच्या निष्कर्षाच्या आधारावर हाता-पायाच्या भुतांचे कारण समजण्यास बरेच सहाय्य मिळाले.



अनेक शल्यचिकित्सकांनी हाता-पायाच्या भुतांचे अस्तित्व नष्ट करण्यासाठी काही मार्ग काढले होते. एखादा अवयव कापून टाकल्यावर त्याच्या शरीराला चिकटलेल्या भागातील चेटातंतूंच्या टोक्रांजवळ एक लहानसा किंचित सुजलेला भाग तयार होतो. याला न्यूरोमा (Neuroma) म्हणतात. न्यूरोमाला उत्तेजित केल्यावर कापलेल्या भागाच्या भुताचा अनुभव येऊ लागतो. या आधारावर काही शल्यचिकित्सकांनी कापलेल्या अवयवाचा न्यूरोमाही १-२ वेळा कापून काढला त्यामुळे या अवयवाचे थोटूक बरेच लहान झाले. या उपायामुळे काही काळ त्या रुग्णांची भुतांपासून सुटका होत असे, पण काही दिवसांनी कापलेल्या अवयवाचे भूत परत येत असे आणि त्यामुळे रुग्णाला होणाऱ्या वेदना अधिक प्रमाणात होत असत. असे होण्याचे एकच कारण असावे की, कापलेल्या अवयवाची कायिकसंवेदन केंद्रे मेंदूशिवाय शरीराच्या अन्य भागातही असतात आणि त्या सर्वांच्या जागाही बदलू शकतात. टॉमच्या कापलेल्या हाताचे भूत त्याचा चेहरा, ओठ, जबडा वगैरेच्या उत्तेजनामुळेही अस्तित्वात येत असे.

हाता-पायांच्या भुतांच्या अभ्यासाने मानवी मेंदूच्या अफाट कार्यक्षमतेबद्दल तसेच कुवतीबद्दल अनेक गोष्टी कळल्या आहेत. टॉमवर केल्या गेलेल्या प्रयोगांमुळे हे लक्षात

आले आहे की, सर्व माणसांचे पेनफिल्ड नकाशे त्यांच्या जन्माच्या वेळी बहुधा सारखेच असतात. त्यांच्यात फारसा फरक असलेला जाणवत नाही. पण त्यांचा एखादा अवयव कापला गेल्यावर किंवा त्यांची पूर्ण वाढ झाल्यावर त्या नकाशात अनेक बदल होतात. आज हाता-पायाच्या भुतांच्या अस्तित्वाचे कारण व त्यामुळे होणारा त्रास, वेदना वगैरेची बरीच माहिती मिळाली आहे. तरीही जोपर्यंत त्यांचे अस्तित्व कायमचे नष्ट करण्यासाठी रामबाण असलेला एखादा हमखास उपाय सापडत नाही तोपर्यंत असे प्रयोग चालू ठेवावे लागतील. पण आज असे नक्कीच म्हणता येईल की, बहुतेक वेळा या भुतांपासून तात्पुरती सोडवणूक करणारा उपाय तरी नक्कीच सापडला आहे.

जेव्हा टॉमला विचारले की, या प्रयोगांमुळे त्याचे स्वतःचे समाधान झाले आहे का ? यावर त्याचे उत्तर होकारार्थी होते. त्याने आपल्या गालांकडे निर्देश करून बिनदिक्कतपणे असे सांगितले की आता मला हे माहित झाले आहे की ही भुते त्रास देऊ लागली की खाजवायचे कुठे!



लेखक : डॉ. रामचंद्रन

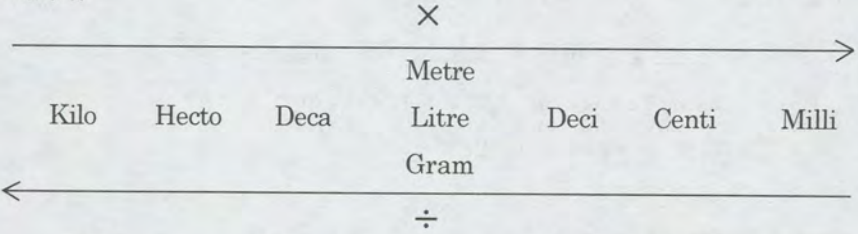
रूपांतर : पु. के. चितळे, जैवशास्त्राचे प्राध्यापक, निवृत्तीनंतरही सातत्याने लेखन, अनेक पुस्तके प्रकाशित व पुरस्कार प्राप्त. मो. : 9820039759

मिली सेंटी डेसी

लेखांक ३

लेखक : कविता जोशी

या आधीच्या लेखामध्ये मिली ते किलो यातील रूपांतराच्या काही पद्धती आपण पाहिल्या. यावेळी आणखी एक पद्धत. या पद्धतीत एकदाच मिली ते किलो लिहून घ्यायचे.



आता या टेबलच्या वरच्या बाजूला एक बाण डावीकडून उजवीकडे जाणारा काढायचा व त्यावर गुणाकाराचे चिन्ह काढायचे.

दुसरा बाण उजवीकडून डावीकडे जाणारा काढायचा व त्याखाली भागाकाराचे चिन्ह काढायचे.

म्हणजे किलोकडून मिलीकडे जाताना गुणाकार. गुणाकार केल्यावर जे उत्तर येते ते नेहमी आधीच्या संख्येपेक्षा मोठे असते. किलो हे युनिट येथे सर्वात मोठे आहे त्यामुळे किलोकडून मिलीकडे जाताना संख्या मोठी होत जाणार.

त्याउलट मिलीकडून किलोकडे रूपांतर करताना भागाकार. भागाकाराने नेहमी उत्तर भाज्यसंख्येपेक्षा लहान येते. मिली हे येथे सगळ्यात लहान युनिट आहे. त्यामुळे मिलीकडून किलोकडे जाताना संख्या लहान होत जाणार.

प्रत्येक युनिटमध्ये १०च्या पटीत फरक आहे. त्यामुळे किलोकडून मिलीकडे जाताना दहाच्या पटीने गुणायचे. म्हणजे किलोचे हेक्टोमध्ये रूपांतर करायचे असेल तर १० ने गुणायचे.

किलोचे डिकामध्ये रूपांतर करायचे असेल १०×१० म्हणजेच १०० ने गुणायचे इ.

तसेच मिलीकडून किलोकडे रूपांतर करत येताना दहाच्या पटीने भागायचे.

म्हणजे मिलीचे सेंटीमध्ये रूपांतर करताना संख्येला १० ने भागायचे.

मिलीचे डेसीमध्ये रूपांतर करताना १०×१० म्हणजेच १०० ने भागायचे इ.

● उदा. ८ कि.मी = ? मीटर

किलो $\xrightarrow{\times १०}$ हेक्टो $\xrightarrow{\times १०}$ डिका $\xrightarrow{\times १०}$ मीटर

$$१० \times १० \times १० = १०००$$

म्हणजे ८ कि.मी $\times १००० = ८०००$ मीटर

● समजा ५२ डिकामीटर = ? सेंटीमीटर

डिका $\times \xrightarrow{\times १०}$ मीटर $\xrightarrow{\times १०}$ डेसी $\xrightarrow{\times १०}$ सेंटी

$$१० \times १० \times १० = १००० \text{ म्हणजे } ५२ \times १००० = ५२०००$$

५२ डिकामीटर = ५२००० सेंटीमीटर

आता मिलीकडून किलोकडे जाऊ या.

● २५ मिलीग्रॅम = ? ग्रॅम

ग्रॅम $\xleftarrow{\div १०}$ डेसी $\xleftarrow{\div १०}$ सेंटी $\xleftarrow{\div १०}$ मिली

म्हणून संख्या $\div (१० \times १० \times १०) =$ संख्या $\div १०००$

$$= २५ \div १००० = \frac{२५}{१०००} = ०.०२५$$

∴ २५ मिलीग्रॅम = ०.०२५ ग्रॅ.

● ५.४ सेंटीलीटर = ? लीटर

लीटर $\xleftarrow{\div १०}$ डेसी $\xleftarrow{\div १०}$ सेंटी

म्हणजे संख्या $\div (१० \times १०) =$ संख्या $\div (१००)$

$$= ५.४ \div १०० = \frac{५.४}{१००} = ०.०५४$$

५.४ सेंटीलीटर = ०.०५४ लिटर.

- १०च्या पटीने गुणणे किंवा भागणे अगदी सोपे असते हे माहीत आहे न ?

जेव्हा आपण एखाद्या संख्येला १०च्या पटीने गुणतो तेव्हा १ वर जेवढी शून्ये तेवढी त्या संस्थेच्या उजवीकडे लिहायची, म्हणजे त्या संख्येची किंमत त्या पटीत वाढते.

जर दिलेल्या संख्येत दशांश चिन्ह असेल आणि १०च्या पटीने गुणायचे असेल तर १ वर जेवढी शून्ये तेवढे अंक दशांश चिन्ह उजवीकडे सरकवायचं.

- १०च्या पटीने भागणे म्हणजे १ वर जेवढी शून्ये तेवढे अंक दशांश चिन्ह डावीकडे सरकवायचे कारण भागल्यावर संख्येची किंमत १० च्या त्या पटीत कमी होत जाते)

आता ही रूपांतराची पद्धत जर जमायला लागली तर पुढची पद्धत एकदम शॉर्टकट.

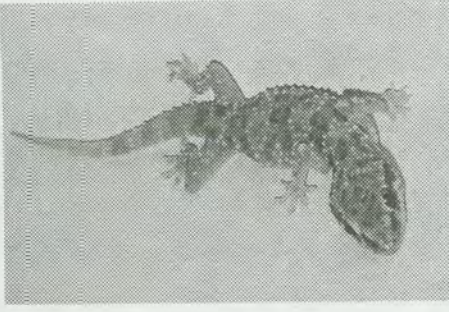


लेखक : कविता जोशी - बदलापूर. शिक्षणात मागे पडणाऱ्या मुलांना मार्गदर्शन करतात.

नुकसान किती ?

सायकलीच्या दुकानात एक माणूस गेला, त्याने एक ६०० रुपयांची सायकल घेतली, खिशातून एक १००० रु. ची नोट काढून दुकानदाराला दिली, ४०० रु. परत घेतले आणि शीळ वाजवत तो सायकलवरून निघून गेला.

दुकानदाराकडची सगळी मोड संपली म्हणून ती १००० रु. ची नोट घेऊन तो शेजारच्या वाण्याच्या दुकानात गेला आणि सुट्टे पैसे घेऊन आला. थोड्या वेळाने वाण्याच्या ध्यानात आले की ती १००० रुपयांची नोट खोटी आहे. साहजिकच तो ती नोट घेऊन गेला आणि दुकानदाराकडून १००० रु परत मागितले. तोवर दुकानदाराचे ३०० रु इतरत्र खर्च झाले होते, सायकलवाल्याचा पत्ता तर माहीतच नव्हता, म्हणून त्याने दुसऱ्या मित्राकडून ५०० रु. उसने घेतले आणि वाण्याला १००० रु परत केले. तसे पाहिले तर दुकानदाराने उत्पादकाकडून ती सायकल फक्त ४५० रुपयात घेतली होती. आता या व्यवहारात दुकानदाराचे नक्की नुकसान किती झाले ?



गेको चिकटपट्ट्या

गेको म्हणजे पाल. आपल्या घरगुती पालीही गेकोच असतात. एखादी पाल सरसर करत भिंतीवरून जात असते. आपण बघेपर्यंत ती पार छतापर्यंत जाते. उलटी छताला घसटत दुसऱ्या टोकाला जाते. ती पडत कशी नाही ? अगदी गुळगुळीत काचेवरूनही पाल सर्कन पुढे जाते. कशी काय ?

अनेक वर्षांच्या संशोधनानंतर शास्त्रज्ञांना याचं उत्तर मिळालं आहे. भिंतीला धरून ठेवण्यासाठी पालींच्या पायाला काही चिकट पदार्थ नसतो. त्यांच्या तळपायाला असंख्य सूक्ष्म केस असतात. या केसांमुळे त्यांना कोणत्याही पृष्ठभागावर घट्ट चिकटून राहता येतं.

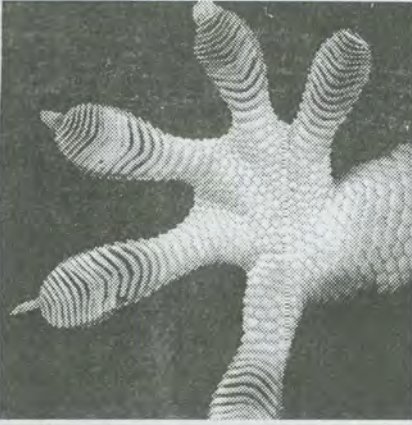
पालींच्या पायांना जी बोटं असतात त्यांच्या तळाशी लाखो सूक्ष्म केस असतात. हे केस कॅरोटिनचे असतात. या प्रत्येक केसाच्या टोकाशी अतिसूक्ष्म अशा शेकडो दंडिका असतात. या दंडिकांचा या पालींना पृष्ठभागाशी धरून ठेवण्यात सहभाग असतो.

आत्तापर्यंत चिकटण्याची कारणे

शोधताना अनेक संकल्पना मांडल्या गेल्या. उदा. चूषक/खेचक बल (Suction), घर्षण (Friction), स्थिर विद्युत आकर्षण. पण सन २००० मध्ये अमेरिकेतील बर्कले इथल्या कॅलिफोर्निया विश्वविद्यालयातील रॉबर्ट फुल यांनी एक महत्त्वाचे संशोधन केले. त्यानुसार केसांच्या दंडिका आणि पृष्ठभागामधील आसंजन (चिकटणे /adhesion) वॅन डर वॉल्स बलामुळे असते.

वॅन डर वॉल्स बल इतर कणांच्या उपस्थितीमुळे उदासीन (neutral) अणू आणि परमाणूंमध्ये निर्माण होणारे क्षीण ध्रुवीय आकर्षण बल आहे.

जरी हे आकर्षण बल क्षीण असलं तरी मायक्रो आणि नॅनो पातळीवर ते महत्त्वपूर्ण ठरतं. गेकोंच्या पायाच्या केसांचा व्यास २०० ते ५०० नॅनोमीटर इतका असतो. केसांच्या या अतिसूक्ष्म आकारामुळे वॅन डर वॉल्स बल आणि केशिकीय बल (Capillary force) अशा दोन्ही बलांचा वापर केला जातो. पृष्ठभागाच्या प्रकारानुसार



पालीच्या पंजाच्या आतील बाजूस असणाऱ्या असंख्य केसासारख्या रचना

कोणते बल, किती लावायचे हे ठरते.

गेकोच्या पायाचा प्रत्येक केस जवळजवळ 10^{-6} न्यूटन इतके बल निर्माण करतो पण त्यांची संख्याच इतकी प्रचंड असते की एकूण बल सुमारे 10 न्यूटन किंवा 1.12 किलोग्रॅम प्रति चौरस चिकट बल निर्माण होऊ शकते. यावरून दिसून येतं की कसं केवळ बोटान्च्या साह्याने गेको आपल्या संपूर्ण शरीराचा भार तोलून धरतात.

'जेव्हा गेको उभ्या भिंतीवर किंवा छतावर उलटी सरपटते तेव्हा तिच्या प्रत्येक केसाच्या टोकाशी शेकडो सूक्ष्म दंडिका स्वतंत्र होतात.



गेकोच्या पायावरील सूक्ष्म केस

त्या फक्त 200 नॅनोमीटर व्यासाच्या असतात पण त्यांच्या एकत्रित बलामुळे गुळगुळीत किंवा खडबडीत अशा दोन्ही पृष्ठभागांवरून ती सारख्याच प्रकारे फिरू शकते.

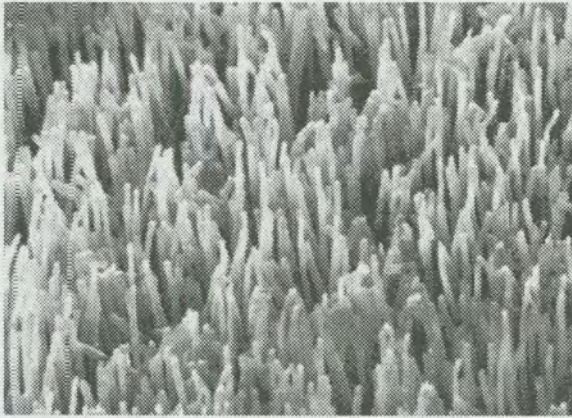
गेकोच्या पायाचं आणखी एक वैशिष्ट्य म्हणजे त्यांना अत्यल्प संलग्न बल पुरतं. त्याचा कोणताही बाह्य परिणाम मागे शिल्लक राहत नाही, त्याची दिशा ठरवता येते. ते कोणत्याही पृष्ठभागापासून सहज सुटूनही येतात. त्यात धूळ घाण अडकून राहत नाही. पाण्याखाली, निर्वात पोकळीत, जवळजवळ सर्व प्रकारच्या पृष्ठभागावर त्या चालू शकतात.

अशा बहुगुणी वैशिष्ट्याचं शास्त्रज्ञांना खूप कुतूहल वाटलं. त्यामुळेच यातली बरीचशी वैशिष्ट्ये दाखवणारी एक मायक्रो फायबर आधारित प्लास्टिक टेप त्यांनी विकसित केली आहे. भिंतीवर चढू शकणाऱ्या यंत्रमानवात (robots) त्याचा

उपयोग होऊ शकेल. त्याचप्रमाणे अंतराळ वीरांचे चिकट हातमोजे (adhesive gloves) बनवायलाही ती उपयुक्त ठरेल.

आता ही गेकोप्रेरित कृत्रिम टेप कोणतीही गोष्ट भिंतीवर चिकटवू शकेल असं मात्र नाही. कारण ही भिंतीवर घसरत असताना चिकटते. पाल जशी सरपटताना पंजा दाबून पुढे घसरते तशीच ही टेपही फक्त घसरताना चिकटते.

या गेको प्रेरित कृत्रिम टेपमध्ये प्लास्टिकचे सूक्ष्म तंतू वापरले जातात. मुळात प्लास्टिक हा चिकटणारा पदार्थ नाही पण लाखो सूक्ष्म संपर्क मिळून चिकटले जातात. जेवढा अधिक भार पेलायचा असेल तेवढा संपर्क जास्त वाढवला जातो. या



गेको टेपमधील पॉलीप्रॉपिलिन मायक्रोफायबर :
इलेक्ट्रॉन मायक्रोस्कोपमधील प्रतिमा

टेपचं आणखी एक वैशिष्ट्य म्हणजे ती मागे कोणताही अवशेष ठेवत नाही. इतर टेपचा काही भाग मागे चिकटून राहतो असे इथे होत नाही.

साधी टेप एकदा वापरली की तिचा चिकटपणा कमी होतो. पुन्हा पुन्हा (साधारण २ वेळा) वापरल्यानंतर तर चिकटपणा नाहीसा होतो. गेको टेप मात्र कितीही वेळा वापरता येते. तिचा चिकटपणा कायमस्वरूपी टिकून राहतो. कोणत्याही, अगदी काच, टेपलॉनसारख्या पदार्थांवरही गेको टेप चिकटते.

ही टेप परत वापरता येऊ शकते. ही सुकत नाही किंवा भिंतीवरून पडतही नाही, कारण इतर टेपसारखा यामध्ये सरस किंवा गोंद वापरलेला नाही. यातील सूक्ष्म तंतूंचे गठ्ठे ज्याप्रमाणे पृष्ठभाग असेल त्या प्रमाणात एकत्र येऊन त्यावर चिकटतात. याच्या निर्मात्यांचा असा दावा आहे की गेको टेपचा एक चौरस सेंटमीटर जवळ जवळ २५ किलो भार पेलू शकेल इतका शक्तिशाली आहे.

▲▲



चवीत काय आहे !

लेखक : स्निग्धा दास • अनुवाद : अ.चिं. इनामदार

लेखाची सुरुवात दोन अनुभवांनी करते. पहिला अनुभव होशंगाबाद विज्ञान शिक्षण कार्यक्रम सुरू होता तेव्हाचा आहे. शाळेतील विद्यार्थी आपले प्रश्न 'सवालीराम' यांना पत्र लिहून विचारित असत. एका विद्यार्थ्याने विचारले - तुपाची चव कशी असते ? प्रश्नाचे उत्तर काय द्यावे हे सुचत नव्हते. आपण गृहीत धरतो त्या प्रमुख चवींपैकी गोड, कडू, खारट, तुरट आणि आंबट यातली कोणतीच तुपाची चव नाही. खाद्य वस्तूत किंवा पेय - पदार्थात स्वादही (Flavour) महत्त्वाचा असतो. तो फक्त जिभेने कळत नाही तर नाकाचीही तो कळण्यात भूमिका असते. पदार्थ गरम आहे की थंड, तो कशाचा बनला आहे, त्यात कण किंवा तंतू आहेत का, असल्यास कसे आहेत अशा गोष्टींचाही पदार्थाच्या स्वादामधे वाटा असतो.

दुसरा अनुभव गेल्या वर्षीच्या शिक्षकांच्या एका प्रशिक्षण वर्गातला आहे. जिभेचे वेगवेगळे भाग विविध स्वादांना किती

संवेदनशील आहेत यांचे प्रयोग चालू होते. जिभेचे सर्व भाग सामान्यपणे सर्व प्राथमिक चवींना संवेदनशील आहेत हे शिक्षकांना आपल्याआपण लक्षात यावे असा या प्रयोगांचा हेतू होता. पाठ्यपुस्तकात मात्र जिभेच्या विविध भागांवर वेगळ्या चवी समजणाऱ्या ग्रंथी दाखवणारे जिभेचे चित्र असते. पण स्वतःच्या निरीक्षणानुसार विविध भागांना वेगवेगळ्या चवींचे ज्ञान होते या समजुतीवर शंका घेतल्या जाव्या, चर्चा व्हावी असे वाटत होते.

या प्रशिक्षण कार्यक्रमातून असे लक्षात आले की जिभेच्या वेगवेगळ्या भागांना वेगवेगळ्या चवी कळतात ही समजूत इतकी पक्की आहे की या प्रयोगादरम्यान जी विरोधी निरीक्षणे मिळाली, त्याचा त्यांनी पुरेसा विचारच केला नाही. प्रयोग करताना योग्य खबरदारी न घेतल्याने असे विरोधी वाटणारे परिणाम मिळाले अशी शिक्षकांची समजूत झाली होती. त्यामुळेच 'जिभेचा नकाशा' हा प्रत्यक्षात खरा नाही, यावर आम्ही काहीच चर्चा करू शकलो नाही.

या दोन अनुभवांनंतर आपण तथाकथित



जिभेवर कोठे कोणत्या चवी जाणवतात याची पुस्तकात सामान्यपणे असणारी फसवी आकृती : यात जिभेच्या विविध भागात विशिष्ट चवींचे ज्ञान करून देणाऱ्या ग्रंथी असल्याचे दाखवितात, प्रत्येक भाग एका विशिष्ट चवीचे ज्ञान करून देतो. या सुमारास झालेल्या संशोधनाचा चुकीचा अर्थ या चित्रात दाखवला जातो. हे चुकीचे आहे असे लक्षात आल्यावरसुद्धा सध्यादेखील हीच आकृती वापरली जाते.

(खोटेच्या) जिभेच्या नकाशाकडे वळू. याची सुरुवात डी.पी. हेनिंग या जर्मन शास्त्रज्ञाच्या निरीक्षणांतून झाली. काही स्वयंसेवकांच्या मदतीने केलेल्या प्रयोगांतून हेनिंग यांनी असा निष्कर्ष काढला की जिभेच्या वेगवेगळ्या भागात वेगवेगळ्या चवींचे ज्ञान करून देणाऱ्या स्वाद ग्रंथी विविध चवींना कमी जास्त संवेदनाक्षम असतात. १९०१ मध्ये त्यांनी त्यांचा शोध (जिभेचा नकाशा) प्रसिद्ध केला. त्यात गोड, कडू, खारट व आंबट या चवी ओळखणाऱ्या रूचि ग्रंथी जिभेच्या कोणत्या भागात असतात हे दाखविले होते.

जर्मन भाषेत प्रसिद्ध झालेल्या या शोधाकडे १९४२ साली हार्वर्ड विद्यापीठातील एडवर्ड बोरिंग यांचे लक्ष गेले. हेनिंग यांचा शोध व विविध चवी ओळखणाऱ्या रूचिग्रंथींची संख्या आलेखाच्या रूपात दाखविण्याचा बोरिंग यांनी प्रयत्न केला.

यातील (जिभेच्या नकाशाच्या) घोळाची येथूनच सुरुवात झाली असावी. जो भाग एखाद्या चवीला कमी संवेदनाक्षम आहे, तेथे ती संवेदना नाहीच असे समजून, जिभेच्या वेगवेगळ्या भागांवरच्या रूचि-ग्रंथी वेगवेगळ्या चवींचे ज्ञान देतात अशी समजूत केली गेली.

हा 'जिभेचा नकाशा' शास्त्रीय संदर्भ ग्रंथ, क्रमिक पुस्तके इत्यादीत वरचेवर वापरला गेला, त्यामुळे तो लोकांच्या मनावर ठसला. खरे सांगायचे तर एका भ्रामक कल्पनेचा प्रसार होत होता.

चार चवी (वेगवेगळ्या ठिकाणी) ओळखणारा जिभेचा नकाशा सर्वांना मान्य होता असे नाही. पिट्सबर्ग विद्यापीठ (पेनासिल्व्हानिया) येथील व्हर्जिनिया कोलिंग्ज यांनी १९७४ मध्ये यावर संशोधन केले. त्यांनी असे प्रतिपादन केले की जिभेच्या विविध भागांवर चार मुख्य चवींना असलेल्या

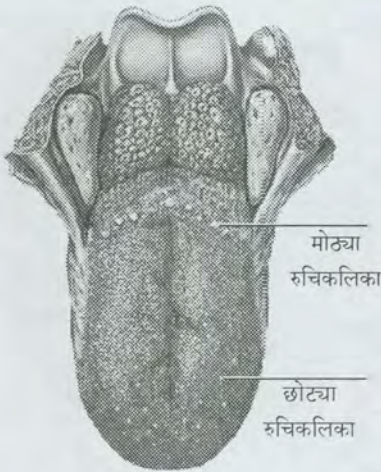
संवेदनशीलतेमध्ये फरक आहे हे हेनिंग यांचे मत बरोबर आहे पण संवेदनशीलतेतील हे अंतर मामुली, अगदी नगण्य आहे.

विभिन्न चवी जाणण्यासाठी जिभेवर अलग-अलग ठिकाणी रुचिग्रंथी आहेत ही कल्पनाच त्या पूर्णपणे अमान्य करतात.

शास्त्रज्ञांनी या जिभेच्या नकाशाला मान्यता दिलेली नाही पण तरी चवीचे ज्ञान आपल्याला कसे होते हे संपूर्णपणे समजून घेणे आवश्यक आहे.

रुचिकलिका / Taste-bud.

रुचिज्ञानाशी संबंधित पेशींनी बनलेल्या रुचिकलिका (Taste buds) जीभ, टाळू व घशापर्यंत आहेत. आपण या पाहू शकतो. दुधाचे काही थेंब आपल्या जिभेवर टाका. ते पसरू द्या. मग आरशात आपली जीभ पाहा. (छोटे छोटे उंचवटे दिसतील) जांभूळ किंवा रंगीत बर्फाचा गोळा खाल्ल्यावर



जिभेवर रंग येतो आणि अशा वेळी रुचिकलिका आपण सहज पाहू शकतो. यापेक्षा चांगला मार्ग म्हणजे आपल्या एखाद्या मित्राला त्याची जीभ रंगवायला लावून बहिर्वक्र भिंगाने तिचे निरीक्षण करणे.

आपल्याला त्याच्या जिभेवर दाणेदार, छोटे-मोठे उंचवटे दिसतील, याच त्या रुचिकलिका. काळजीपूर्वक पाहिल्यास जिभेच्या मागच्या बाजूस, कडेवर त्याची मांडणी विशिष्ट, काहीशी वळणदार दिसेल.

आपण सहजपणे जे उंचवटे पाहू शकतो त्यांचा व्यास सुमारे १ मि.मी असतो. रुचिकलिकेचा आकार काहीसा कांद्यासारखा असतो. स्वाद ओळखणाऱ्या ५०-१०० पेशींनी ती बनते. बोटांच्या आकाराचे सूक्ष्म रसांकुर (मायक्रोव्हिलाय) रुचिकलिकेच्या बाहेरच्या बाजूला असतात. त्यांच्या वरच्या भागात एक रुचिछिद्र असते.

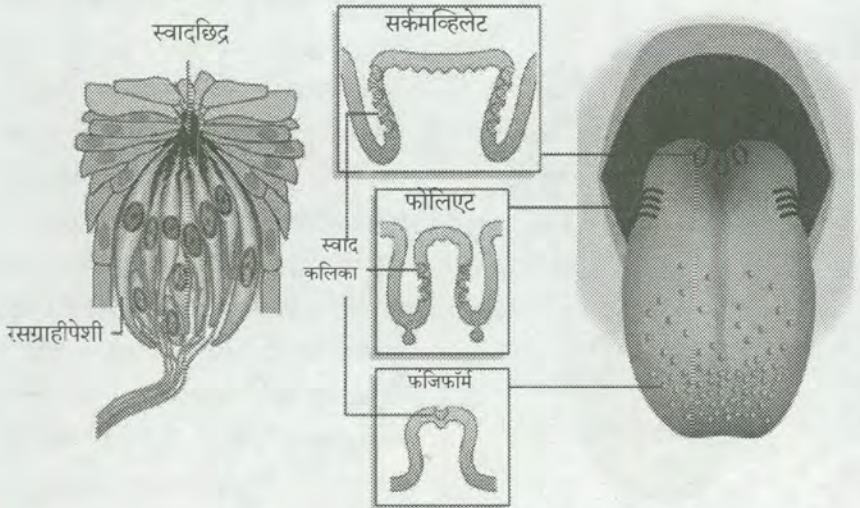
जेव्हा आपण एखादा पदार्थ खातो तेव्हा त्यातील रासायनिक पदार्थ लाळेत विरघळून रुचि छिद्रावाटे आत जाऊन रसांकुरांच्या सान्निध्यात येतात. रुचिकलिकेच्या कडेवर असलेल्या चव जाणून घेणाऱ्या (रसग्राही) प्रथिनांशी त्यांची क्रिया घडते. यामुळे रुचिकलिकेत असलेल्या विविध अयनांच्या संहतीत बदल होतो. याचा परिणाम म्हणून रुचिकलिका मेंदूकडे एक संदेश पाठविते व मेंदूला त्या पदार्थाची चव कळते. याचबरोबर तो खाण्यायोग्य आहे की नाही हेही मेंदू ठरवितो. अनेक वेळा आधीच्या

अनुभवांप्रमाणेच स्मृतींत ठेवलेल्या सूचनांप्रमाणे आपण काय खावे/खाऊ नये याचा निर्णय मेंदूच घेतो. ते ठरविण्याची दगदग जिभेला करावी लागत नाही.

आपण पाहिले की रुचिकलिका संपूर्ण जिभेवर सगळीकडे असतात. प्रत्येक रुचिकलिका अनेक रुचिपेशींची बनलेली असते. गोड, खारट, कडू, आंबट आणि

तिखट अशा चवी दाखविणाऱ्या (तशा संवेदना निर्माण करणाऱ्या) रसायनांना यापैकी प्रत्येक पेशी प्रतिसाद देते. तिखट ही वेगळी चव नसून ती जळजळ (irritation) असते असे म्हटले जाते. कोणतीही पेशी एकाच चवीला प्रतिसाद न देता पाचापैकी एका चवीला सर्वांत जास्त आणि उरलेल्या चारांना कमी प्रतिसाद देते.

चवीचे बारकावे : माणसाच्या जिभेवर सामान्यपणे चार प्रकारचे उंचवटे असतात. सर्कमव्हिलेट पॅपिला, फंजिफार्म पॅपिला, फोलिएट (पानाप्रमाणे, सपाट) पॅपिला व फिलिफॉर्म (सुईप्रमाणे) पॅपिला. पॅपिला म्हणजे उंचवटा. काही उंचवट्यात रुचिग्रंथी असतात. बाकीच्या उंचवट्यामुळे खाद्य-पदार्थाचा स्पर्श व त्यातील तंतूंची जाणीव होते. पदार्थ चावतांना त्यातील रसायने रूचि कलिकांच्या शिरावर असलेल्या छिद्रातून आत शिरतात. त्यानंतर त्यांचा रसांकुरांशी (बोटांप्रमाणे असलेल्या मायक्रोव्हिलायशी) संपर्क येतो. हे कोशिकांच्या बाहेरच्या कडेला असतात. या संपर्कांमुळे काही कलिकात विद्युत-रासायनिक बदल होतात व एक संदेश मेंदूकडे पाठविला जातो. पदार्थाच्या वासाबद्दलचे संदेश गंध जाणणाऱ्या पेशींकडून येतात. रुचिकलिकांकडून आलेला संदेश व गंध हे दोन्ही एकत्र करून मेंदूत पदार्थाच्या चवीचा निर्णय होतो.



चवीचा संदेश - प्रयोगांवरून हे सिद्ध झाले आहे की गोड व कडू चवी समजताना चवीची गुणवत्ता आणि रसायनांचा समूह यात थेट संबंध आढळत नाही. उदाहरणार्थ, काही पिठूळ पदार्थ (पोहे वगैरे) सुरुवातीपासूनच गोड लागतात तर इतर काहींच्या बाबतीत असे होत नाही. याच्याही पुढे जाऊन, काही भिन्न रासायनिक पदार्थ समान/एकच संवेदना उत्पन्न करतात. उदा. क्लोरोफॉर्म, सॅकरिन आणि साखर हे तीन भिन्न पदार्थ एकाच (गोड) चवीचे वाटतात. याउलट, खारट आणि आंबट वस्तूत असे होत नाही. याचे कारण असे सांगतात की खारटपणा आणि आंबटपणा यांच्या चवींचे ज्ञान करून आयन मार्गांशी (ion channel) जोडली जातात, तर गोड व कडू चवींचे ज्ञान करून देणारी रसायने संबंधित पेशींच्या कडेला (Plasma membrane) असलेल्या रसग्राहींशी (Receptors) जोडली जातात. याचा परिणाम म्हणून पेशीत संवेदना उत्पन्न होतात. त्यामुळे आयन मार्ग उघडणे व बंद होणे या गोष्टी होतात. या संवेदना प्रामुख्याने 'जी' प्रथिन अणूमुळे निर्माण होतात.

चवी कळण्यातला 'जी' प्रथिनाचा कार्यभाग समजण्यासाठी मारगोल्सकी आणि त्यांच्या सहकाऱ्यांनी उंदरांवर प्रयोग केले. जैव-अभियांत्रिकीचा वापर करून एका उंदरात गोड व कडू चवी समजण्यासाठी आवश्यक असलेल्या जी-प्रथिनाचे प्रमाण

कमी केले. निरीक्षणानंतर असे आढळले की असा उंदीर गोड पदार्थ प्राधान्याने खात नाही किंवा कडू पदार्थ खाणे टाळत नाही, कडू पाणी ते नेहेमीचे असल्याप्रमाणे पितो, तसेच गोड पाणी पिण्याचा आग्रह धरत नाही. (त्याला गोड-कडू चवींचे ज्ञान नाही) अशा उंदराच्या रुचिकलिकांतून मेंदूकडे जाणाऱ्या चेता-वाहिनीचा अभ्यास केल्यावर असे आढळले की गोड व कडू चवींचे ज्ञान देणाऱ्या विद्युतीय संवेदना कमी झाल्या होत्या, पण खारट आणि आंबट चवीसाठीच्या चेतावाहिनीची संवेदनक्षमता सामान्य उंदराएवढीच होती.

चवीसंबंधी नवे शोध

सुमारे तीस वर्षांपासून प्रत्येक प्रकारच्या रुचिकलिकांचे चेताकोश कसे काम करतात हे समजून घेण्याचे प्रयत्न चालू आहेत. त्यातून हे स्पष्ट झाले आहे की चेताकोश सामान्यपणे अनेक चवींच्या संवेदनांना प्रतिसाद देतात, पण आंबट, खारट, गोड व कडू यातील एका चवीला त्यांचा प्रतिसाद खूप जास्त असतो.

जेव्हा एकच चेताकोश वेगवेगळ्या प्रमाणांचे (dimension-magnitude) संदेश मेंदूकडे पाठवितो, तेव्हा मेंदू ते योग्य पद्धतीने वाचून 'खरी' चव कशी ठरवितो? एखाद्या चवीबद्दल, अनेक चेताकोशांनी पाठविलेल्या संवेदनांच्या (पॅटर्न) मांडणीच्या आधारावर चव ठरवितो, किंवा कोणत्या अन्य पद्धतीने

चव ठरवितो ?

खरोखरीच हे काम कसे चालते, हे अजून पूर्णपणे कळलेले नाही. हे कळले म्हणजे चवीचे गौडबंगाल पूर्णपणे उमगेल. यामुळे कृत्रिम गोडी देणारे पदार्थ शोधणे सोपे होईल. तसेच मीठ व स्निग्ध पदार्थ यांना पर्यायी पदार्थ शोधता येतील आणि अन्नप्रक्रिया उद्योगाला चालना मिळेल.

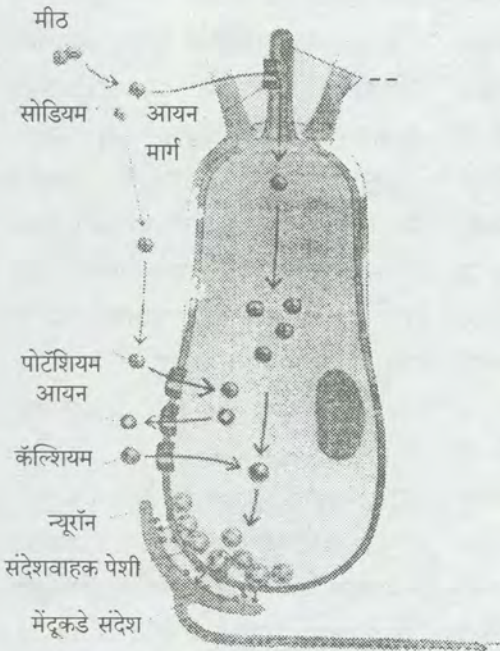
चवीचे ज्ञान / जाणीव :

पदार्थातून निघालेली रसायने आणि

रुचिकलिका यांच्यात झालेल्या प्रक्रियेमुळे मेंदूकडे विद्युत-रासायनिक संदेश पाठविले जातात. यामुळे मेंदू गोड, खारट, आंबट, कडू, तुरट आणि तिखट या चवी ओळखतो. या पाच चवींसाठी स्वतंत्र जैवरासायनिक मार्ग दाखविले आहेत. परंतु हे लक्षात घेणे आवश्यक आहे की या आकृत्या समजण्याच्या सोयीसाठी आहेत. प्रत्यक्षात प्रत्येक रुचिकलिका फक्त एकाच प्रकारच्या स्वादाने उत्तेजित होत नाही.

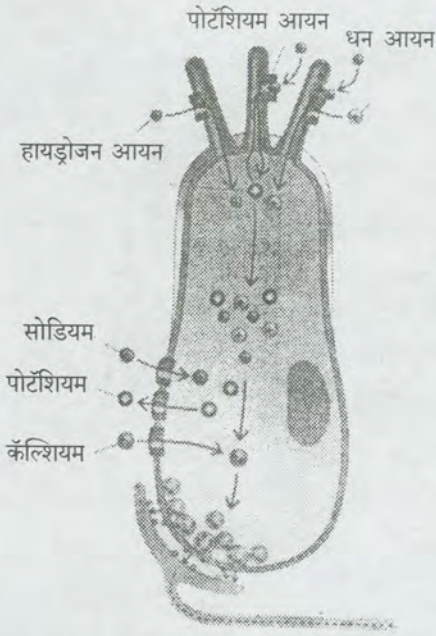
खारट चव :

मीठ (सोडियम क्लोराईड) विरघळल्यावर त्याचे सोडियम व क्लोराईड असे आयन



होतात. सोडियमचे आयन रुचिकलिके तल्या पेशीपर्यंत पोहोचल्यावर त्यांच्या आत प्रवेश मिळविण्यासाठी रसांकुरातून असलेल्या आयन मार्गाचा उपयोग करू शकतात; किंवा पेशीच्या कडेचा मार्गही घेऊ शकतात. हे आयन पेशीला एक रासायनिक संकेत द्यायला लावतात. चेतापेशी हा संदेश मेंदूकडे पाठविते.

ऋण (-) व धन (+) भार असलेले आयन वेगवेगळ्या ठिकाणी (समप्रमाणात) असणे म्हणजे पोलरायझेशन. याच्या उलट डिपोलरायझेशन. पेशीमधील या प्रक्रियांमुळे मेंदूकडे वेगवेगळे संदेश जातात.



आंबट चव

आंबट चव हैड्रोजन आयन निर्माण झाल्याने होते. हे आयन रूचि पेशीशी तीन प्रकारांनी क्रिया करू शकतात.

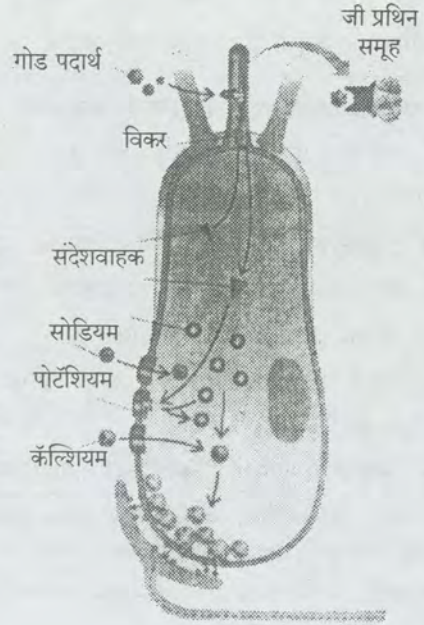
पहिला : सरळ पेशीत प्रवेश करतात.

दुसरा : रसांकुरावर पोर्टेशियम मार्गाला अडथळा आणून,

तिसरा : रसांकुरावर दुसरे मार्ग सुरू करून ज्यायोगे इतर धनभारित अयन पेशीत प्रवेश करू शकतील. धनभारित अयन एकत्र आल्याने पेशी डिपोलराईज होते व चेतापेशीकडे एक संदेश पाठविला जातो.

गोड चव :

साखर किंवा गोड चव देणारे कृत्रिम पदार्थ रूचिपेशीत प्रवेश करीत नाहीत तर ते पेशीच्या बाहेरच्या कडेला असलेल्या जी-प्रथिनांशी संलग्न होतात / बांधले जातात. जी प्रथिन अल्फा, बीटा व गॅमा अशा तीन एककांनी (units) मिळून बनलेले असते. जी प्रथिन या तीन एककांना सुटे होण्याचा संदेश देते. असे झाल्यावर पेशीत विकर सक्रिय होतात. पोर्टेशियम मार्ग बंद होतो आणि चेतापेशीकडे एक संदेश पोहोचतो.

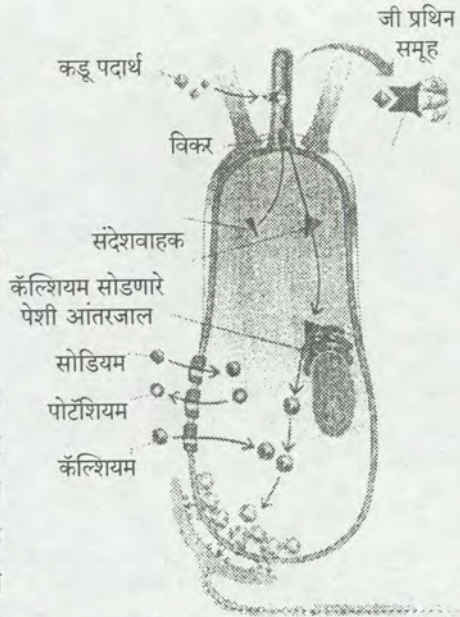


कडू चव :

कार्यासारखे कडू पदार्थ सुद्धा जी-प्रथिनाचा वापर करून चवीचे ज्ञान देतात. यात पेशीच्या आंतरजालातून (ER) कॅल्शियम आयन सोडला जातो, त्यामुळे पेशी डिपोलराइज होते व एक संकेत चेतापेशीकडे जातो.

अॅमिनो आम्ले (मांसाची चव)

ग्लुटामेट सारखे पदार्थ मांसाच्या चवीला (नैसर्गिक किंवा कृत्रिम) जबाबदार आहेत. ग्लुटामेट जी प्रथिनाशी संलग्न होतात आणि पेशीच्या आत द्वितीय संदेश पोहोचतो. या चवीबद्दल साधारणच माहिती आहे, पेशीच्या आत काय व कशा क्रिया घडतात हे अजून माहिती नाही. ग्लुटामेट (ग्लुटामिक अॅसिड या अॅमिनो आम्लाचा क्षार) मांस, मासे आणि



शेंगावर्गीय फळातील प्रथिने ज्यापासून बनतात, त्या अॅमिनो आम्लांपैकी एक आहे.

हिंदी शैक्षणिक संदर्भ अंक ६७ मधून साधार

प्रत्येक जिभेसाठी आपला स्वतंत्र स्वाद Flavour आपली स्वतंत्र चव taste!

चवीच्या संदर्भात, मेंदूकडून चव कशी ओळखली जाते हे समजणे थोडे अवघड आहे. याची मुख्य कारणे अशी :

- प्रत्येकाच्या तोंडातील रुचिकलिकांची संख्या व त्यांचा आकार वेगळा असतो.
- व्यक्तींच्या आनुवंशिकतेमुळे व इतर कारणांनी काही विशिष्ट चवी समजण्यासाठीच्या क्षमता वेगवेगळ्या असू शकतात.
- पदार्थ गरम किंवा गार आहे यावर त्याचा स्वाद ठरतो. (उदा. गरम व गार चहा, गरम व गार सूप)
- वाढत्या वयाप्रमाणे रुचिपेशींच्या कार्यात कमतरता येणे किंवा त्यांच्या संवेदना वाढणे.

लेखक : स्निग्धा दास, पाच वर्षे 'एकलव्य'च्या होशंगाबाद विज्ञान शिक्षण कार्यक्रमात काम केल्यावर सध्या सिक्किम मणिपाल विद्यापीठाच्या (गंगटोक) दूरशिक्षण कार्यक्रमांमधे सहभागी आहेत.

अनुवाद : अ.चिं. इनामदार, फर्ग्युसन कॉलेजमधील वनस्पतीशास्त्र विभाग प्रमुख (निवृत्त)

कवडसे

लेखक : प्रकाश बुरटे

स्वच्छ आकाशात सूर्य माथ्यावर आला आहे. रस्त्याकडेच्या झाडांच्या सावलीतून चालताना पानांपानांतून खाली ऊन झिरपते आहे. उन्हामुळे समोर पाहवत नाही. नजर पायांशी आहे, जमिनीवरील उन्हाचे कवडसे लक्ष वेधून घेतात. अनेक ठिकाणी कवडशांचा आकार कं पासने वर्तुळ काढल्यासारखा आहे. उंच झाडाच्या सावलीत अनेक वर्तुळाकार कवडसे जागोजाग आढळतात. ही वर्तुळं कशी काय तयार झाली ? उत्तरासाठी झाडाच्या पानांकडं नजर गेली. दाट पानांच्या गर्दीतून सूर्यकिरणं तेवढी येताना दिसली आणि डोळे दिपले. तुम्हीही भर दुपारच्या 'चांदण्यात' झाडांच्या सावलीतून चालून पाहा. तुम्हालाही वर्तुळाकार कवडसे दिसतील. उंच झाडांच्या सावलीतले कवडसे मात्र अनियमित आकाराचे.

असेच वर्तुळाकार कवडसे बांबूच्या कामट्या वापरून केलेल्या तट्ट्यांच्या गरिबांच्या चंद्रमौळी झोपडीतदेखील दिसल्याचं आठवलं. कामट्यांच्या पातळ

पट्ट्यांनी विणलेल्या छतातील छिद्रे नक्कीच चौकोनी असतात, परंतु कवडसे मात्र वर्तुळाकार. असं कसं ? काय कारण असेल या कवडशांच्या वर्तुळाकार आकारांचं ?

आरसा वापरूनही कवडसे तयार होतात. कसा असतो त्यांचा आकार ? जाड कागदावर वेगवेगळ्या आकाराची छिद्रे कापून तो कागद आरशापुढे धरला तर कवडशांचे आकार पाहता येतील. प्रयोग करून पाहणार ? ते कवडसेपण असेच वर्तुळाकार दिसले ना ? ही भानगड काय आहे ?

गेल्या १५ जानेवारीला दुपारी मी कवडशांचे फोटो काढले. ते तर चंद्रकोरीसारखे आहेत. त्या दिवशी सगळीकडे जणू चंद्रकोरी पसरल्या होत्या. रस्त्यावर, मोटारींच्या, टपावर, अंधी म्हशीच्या पाठीवरदेखील. पंधरा जानेवारीला सूर्यग्रहण होतं म्हणे. पण म्हणून काय झालं ? मी काही अंधश्रद्धा नाही.

हातात कवडसे पकडावेत तसे कवडशांच्या कुतुहलामागील उत्तर हातात



पकडायचा प्रयत्न तुम्ही जरूर करालच. कारण तुमच्याही मनात कुतुहल जागं झालंय. तसंच बरोबर उत्तर आयतं मिळविण्याऐवजी ते शोधण्यात मजा आहे, हे तुम्हाला पटलंय.

कवडश्यांच्या निरीक्षणांची स्पष्टीकरणे शोधण्यासाठी तुम्ही गटाने काम करायलाही हरकत नाही. तुमच्या मदतीसाठी एक पद्धत दिली आहे. त्याचा वापर करा. गट-सदस्यांची नावे लिहा आणि हो, तुमच्या 'उत्तर-शोध' मोहिमेतून हाती काय गवसलं आणि जे गवसलं ते कसं गवसलं, याची नोंद करायची आहे. तुमचा प्रतिसाद पाठवा 'संदर्भ'कडे.

शक्य वाटणारी स्पष्टीकरणे

शक्य स्पष्टीकरणांची किंवा उत्तरांची यादी करा.

- कवडसे वर्तुळाकार दिसतात कारण
- कवडसे लंबवर्तुळाकार दिसतात कारण

- कवडसे चित्रविचित्र किंवा अनियमित आकाराचे दिसतात कारण - काही चूक किंवा बरोबर कारणे. (वापरावीशी वाटली तर वापरा.)

१. वर्तुळ हा आकार नैसर्गिक आहे.

२. पृथ्वी गोल आहे.

३. सूर्य गोल आहे.

४. कवडसे वर्तुळाकार असतात, परंतु पाहाणाऱ्याची नजर असेल तर ते लंबवर्तुळाकार दिसतात.

५. पृथ्वी गोल आहे त्यामुळे जमीन वक्राकार असते.

६. सूर्य लंबवर्तुळाकार असतो.

७. ज्या पृष्ठभागावर कवडसा पडतो तो पृष्ठभाग सूर्य आणि छिद्र यांना जोडणाऱ्या रेषेला लंबात नसतो. या कारणामुळे कवडसा लंबवर्तुळाकार दिसतो.

८. उन्हाचा कवडसा म्हणजे पिन होल कॅमेऱ्याने टिपलेली सूर्याची प्रतिमा असते.



१. ग्रहणकाळ हा निषिद्ध असतो. त्यामुळे सूर्य चमत्कारिक आकाराचा दिसतो.

उत्तराकडे वाटचाल :

वरील यादीतील योग्य उत्तर शोधण्यासाठी आणखी कोणती निरीक्षणे तुम्ही केलीत, कोणते प्रयोग केलेत, त्यातून काय काय हाती आले याचीही यादी करा.

● योग्य उत्तर : कवडशांच्या आकाराचे कोडे तुम्हाला सुटले का? येथे दिलेल्या आणि तुम्ही केलेल्या निरीक्षणाचे स्पष्टीकरण नेमक्या शब्दांत लिहा.

उत्तर बरोबर आहे याची खात्री करण्यासाठी पुढील प्रयोग मार्गदर्शकांनी करून दाखवावेत :

१. साहित्य : साधा आरसा, जाड कागद, कटर, पांढरे कागद, आणि सूर्याचे कवडसे टिपण्यासाठी डिजिटल कॅमेरा. लांब सुतळी, मोठी मोजायची टेप.

२. एका जाड कागदावर सुमारे १ ते २ सेंटिमीटर आकाराचे छिद्र पाडा. तो कागद साध्या आरशावर पक्का बसवा. त्या आरशाच्या साहाय्याने सूर्याची वर्तुळाकार प्रतिमा १०० ते २०० मीटर अंतरावरील अंधाऱ्या (खोलीतील किंवा जिऱ्यातील भिंत) भिंतीवर उमटवा. आरसा आणि भिंत यांतील अंतर आणि वर्तुळाकार प्रतिमेचा व्यास (लांबच लांब प्लॅस्टिकचा किंवा सुती दोरा आणि फूटपट्टीने) मोजा. हा व्यास आणि आरसा-भिंत यांतील अंतराचे गुणोत्तर काढा. तसेच सूर्याचा व्यास आणि सूर्य-पृथ्वी यांतील अंतर एखाद्या विज्ञानाच्या पुस्तकातून शोधा. त्यांचेही गुणोत्तर काढा. दोन गुणोत्तरांत किती फरक आहे ?

▲▲

लेखक : प्रकाश बुरटे, अनेक वर्षे भाभा अणुसंशोधन केंद्रात कार्यरत. विज्ञान शिक्षणात रस. त्यासंबंधी लेखन आणि संशोधन.

हवी तिथेच, हवी तेवढीच वाढ

लेखक : केन म्युनोका, मानजोंग हान आणि डेव्हीड गार्डीनर, ● अनुवाद : गो. ल. लोंडे

सालामॅडर हा सरड्याच्याच जातीतला एक प्रकार. आकाराने खूप लहान असला आणि त्याचे मागचे व पुढचे पंजे बरेच बारीक असले तरी माणसाच्या आणि सालामॅडरच्या अवयवात बरंच साम्यही असतं. ते त्वचेच्या आवरणात बंदिस्त असतात, आत हाडांचा सांगाडा, स्नायू, अस्थिबंधने, स्नायूबंधने, मज्जातंतू, रक्तवाहिन्या वगैरे सरंजाम असतो. हा सरंजाम व्यवस्थित ठेवण्याचे काम काही पेशींचा समूह करतो, त्यांना तंतुजनकोशिका पेशी असे म्हणतात. त्यांच्यामुळे हातापायांना आकार येतो.

पृष्ठवंशीय प्राणीजगतातील हा पिटुकला प्राणी त्याच्या वैशिष्ट्यामुळे जगावेगळाच ठरला आहे. काय आहे त्याचे वैशिष्ट्य? सालामॅडरच्या पायाचा काही भाग तरी तुटला तरी तो भाग पुन्हा पहिल्यासारखा होईपर्यंत त्या भागाची वाढ होत राहते. त्यांच्या संपूर्ण आयुष्यात कितीही वेळा त्याचा पाय तुटला तरी तितक्या वेळा तो पाय पुन्हा वाढतो. बेडकाच्या पिलाच्या जेव्हा वाढीच्या अवस्था चालू असतात तेव्हा त्याच्यातही ही क्षमता असते. परंतु एकदा त्यांची पूर्ण वाढ झाली की त्याची अवयव पुनर्निर्मितीची क्षमता

नाहीशी होते. अगदी सस्तन प्राण्यांमध्येही असे आढळते की भ्रूणाची वाढ होत असताना त्यात अशी क्षमता असते परंतु ही क्षमता जन्माच्या कित्येक दिवस आधी नाहीशी होते. प्राण्यांची वाढ होत असताना सुरुवातीला त्यांच्यात असलेली ही क्षमता नाहीशी होण्याची वृत्ती आपल्याला प्रगत प्राण्यांच्या उत्क्रांतीत आढळते. यातून फक्त छोटा पृष्ठवंशीय सालामॅडरच वगळला गेला आहे. तो अजूनसुद्धा आपल्या शरीराचा तुटलेला भाग पुन्हापुन्हा उत्पन्न करू शकतो.

या किमयेचे आश्चर्य लोकांना पूर्वीपासून अगदी आजपर्यंत वाटत आले आहे. त्याच्या अवयवाचा (पुढचा/मागचा पाय) काही भाग तुटला तर उरलेल्या भागाला हे कसे कळते की पायाचा किती भाग तुटला आहे? तो भाग अजून किती वाढायला पाहिजे? माणसाला जर जखम झाली तर उघड्या पडलेल्या जागी तेथे नवीन त्वचा येऊन ती जखम बरी होते, तसे सालामॅडरच्या बाबतीत का घडत नाही? भ्रूण अवस्थेतील अवयवांच्या वाढीची क्षमता प्रौढ सालामॅडरच्या शरीरात कशी टिकून राहते? जीवशास्त्रज्ञांनी या प्रश्नांची उत्तरे शोधण्याचा प्रयत्न केला.

पुनर्निर्मितीची किमया निसर्ग घडवू शकतो. त्याचे तंत्र जर आपल्याला समजले तर? हातपाय तुटलेल्या लोकांसाठी ते वापरता आले तर? जखमा बऱ्या करणे, तुटलेले अवयव त्यांना पुन्हा परत मिळवून देता येणे शक्य होईल.

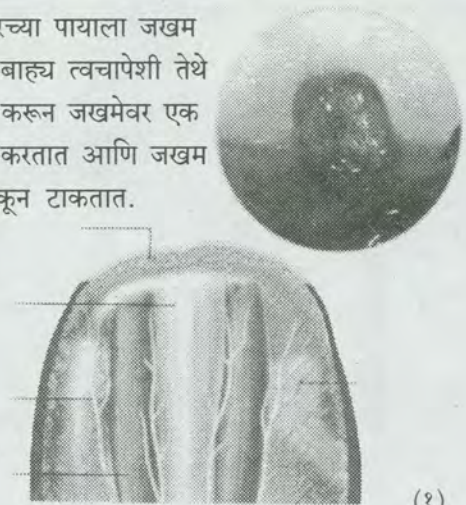
दुखापतीला सालामँडरच्या शरीराने दिलेला प्रतिसाद आणि मानवाच्या आणि उभयचर प्राण्याच्या शरीराने दिलेला प्रतिसाद सुरुवातीला सारखाच असतो. परंतु जखम बरी होण्याच्या दोघांच्या तंत्रात लवकरच फरक पडतो. आपल्या जखमा पुनर्वाढीसाठी किंवा पुनर्निर्मितिसाठी असमर्थ ठरतात व नुसतेच व्रण उत्पन्न होतात. मानवातही अवयवांचे पुनरुज्जीवन करण्याची अव्यक्त क्षमता शोधायला हवी. त्यासाठी सालामँडरच्या तुटलेल्या अवयवांची पुनर्निर्मिती कशी होते, ते समजून घेण्याच्या हेतूने आमच्या गटाचे प्रयत्न सुरू झाले.

सालामँडरमधली शक्ती

या छोट्या प्राण्याचा एखादा अवयव (बहुधा पुढच्या किंवा मागच्या पायाचा काही भाग) कापला जातो तेव्हा उरलेल्या भागातील रक्तवाहिन्या अगदी लगेच आकुंचन पावतात

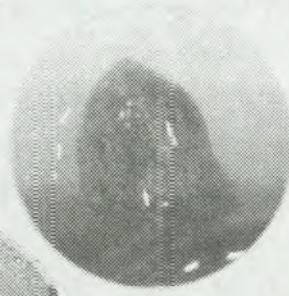
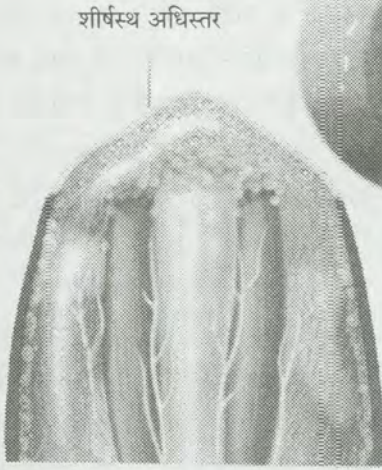
त्यामुळे रक्तसाव कमी प्रमाणात होतो. तसेच त्वचापेशींचा थर कापलेल्या जागी भरभर पसरतो व जखम झाकून टाकतो. पहिल्या काही दिवसातच जखमेवरील थराचे रूपांतर इशारा करणाऱ्या (सिग्नलिंग) पेशींच्या थरात होते. त्याला शीर्षस्थ अधिस्तर, Apical Epithelial Cap थोडक्यात AEC असे म्हणतात. अवयवाच्या यशस्वी पुनर्निर्मितीसाठी हा थर तयार होणे अत्यावश्यक असते. हा थर तयार होईपर्यंत फायब्रोब्लास्ट पेशी सुट्या होऊन जखमेच्या पृष्ठभागाकडे स्थलांतर करतात व जखमेच्या मध्यभागी जातात तेथे त्यांची भरमसाट वेगाने, बेसुमार वाढ होते व ब्लास्टेमा तयार होतो. ब्लास्टेमा म्हणजे स्टेमसेलसारख्या पूर्वज पेशींचा पुंजका असतो. त्यापासून नवीन अवयव तयार होतो.

सालामँडरच्या पायाला जखम झाल्यावर बाह्य त्वचापेशी तेथे स्थलांतर करून जखमेवर एक थर तयार करतात आणि जखम झाकून टाकतात.

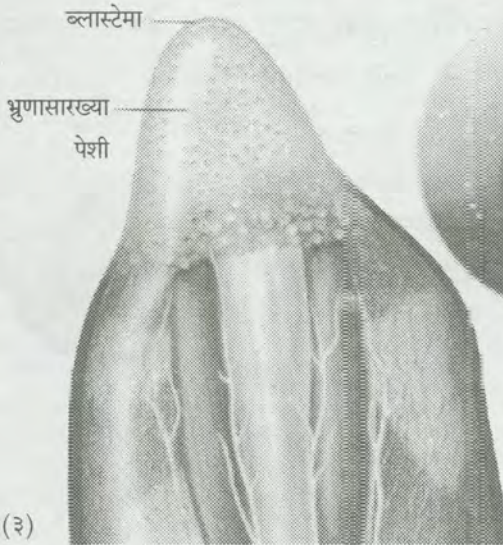


(१)

(२)



बाह्यत्वचापेशी जखमेवर टोपीसारखी रचना तयार करतात (शीर्षस्थ अधिस्तर : AEC) त्यामधून इतर पेशींना संदेश मिळतो. त्यानुसार तंतुजनपेशी आणि स्नायूपेशी जखमेकडे स्थलांतर करतात.

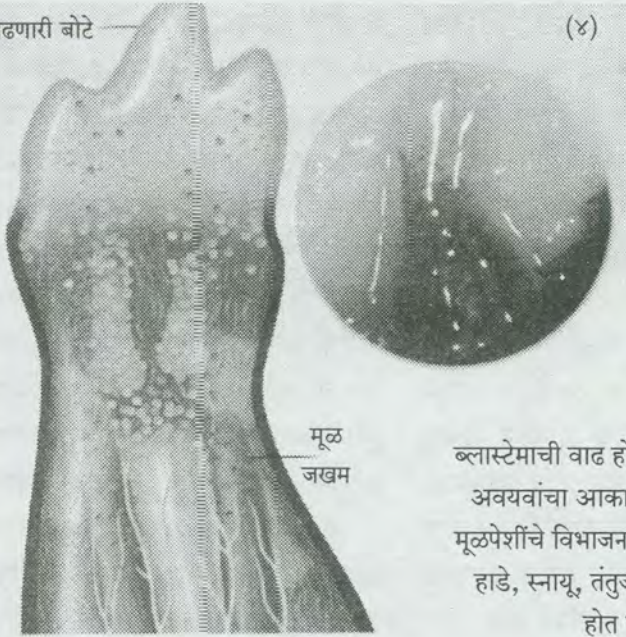


तंतुजनपेशी, स्नायूपेशी या जखमेवर आल्यावर पुन्हा मूलपेशीत रूपांतरित होतात आणि तिथे त्यांचे विभाजन सुरू होते. त्या ब्लास्टेमा तयार करतात.

(३)

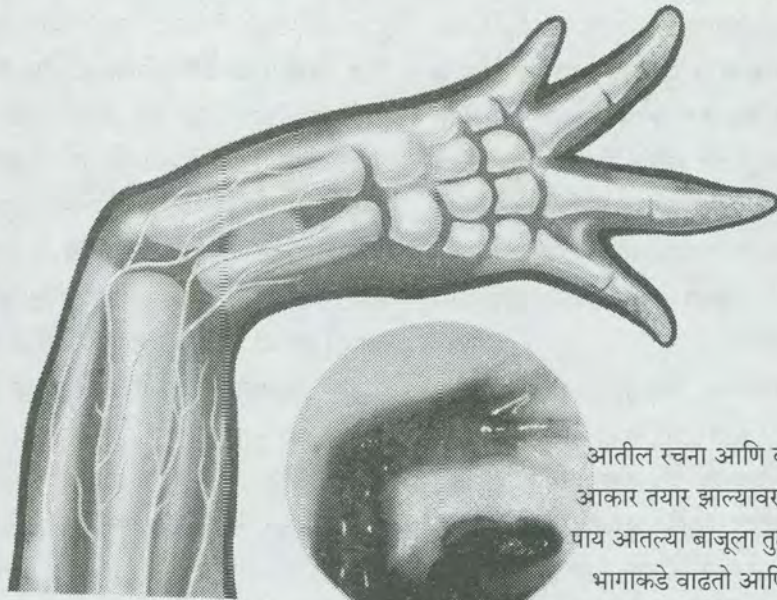
वाढणारी बोटे

(४)



मूळ
जखम

ब्लास्टेमाची वाढ होत जाते आणि तो नव्या अवयवांचा आकार घेऊ लागतो. इकडे मूळपेशींचे विभाजन सुरूच असते त्यातूनच हाडे, स्नायू, तंतुजनपेशी इत्यादी तयार होत राहतात.



(५)

आतील रचना आणि बाह्य आकार तयार झाल्यावर नवीन पाय आतल्या बाजूला तुटलेल्या भागाकडे वाढतो आणि तो शरीराशी पुन्हा जोडला जातो.

कॅलिफोर्निया विद्यापीठाच्या प्रयोगशाळेत आमच्या एक सहकारी सुसान ब्रायंट पुष्कळ वर्षांपूर्वी संशोधनात्मक अभ्यास करित होत्या. त्यावेळी त्यांनी असे दाखवून दिले होते की ब्लास्टेमातील पेशी आणि सालामॅंडरच्या भ्रूणातील अवयवांची वाढ करणाऱ्या पेशी एकाच स्वरूपाच्या आहेत. त्यांच्या या संशोधनावरून असे लक्षात आले की ब्लास्टेमाकडून होणारी अवयवाची पुनर्रचना व प्राण्याची भ्रूणात होणारी वाढ मूलतः सारख्याच स्वरूपाची असते. यावरून एक महत्त्वाचा निष्कर्ष असा निघाला की गुणसूत्रांची एकच कार्यप्रणाली दोन्ही बाबतीत सारखेच जैविक कार्य करित असावी. मानवी भ्रूणात अवयवांची वाढ ज्या कार्यप्रणालीला अनुसरून होते, तत्त्वतः त्याच कार्यप्रणालीला अनुसरून प्रौढ मानवामधेही तुटक्या अवयवाची पुनर्निर्मिती व्हायला पाहिजे. म्हणून जीवशास्त्रज्ञांनी एकत्र येऊन 'सालामॅंडरचा तुटलेला भाग ब्लास्टेमा पुन्हा कसा उत्पन्न करतो' यावर विचार करणे व समजून घेणे जरूरीचे आहे असे वाटू लागले.

पुनर्निर्मितीचा अभ्यास

ब्लास्टेमा कसा तयार करायचा या मूळ प्रश्नाला हात घालण्यासाठी आमच्या एका सहकाऱ्याने अगदी साधा विचार मांडला. सालामॅंडरला मोठी जखम झाली तर तेथे ब्लास्टेमा तयार होतो. पण लहान

जखमेवर त्वचा उत्पन्न होऊन जखम भरून येते. तेथे ब्लास्टेमा उत्पन्न होत नाही. का? आमची कल्पना अशी होती की सालामॅंडरची लहान जखम आणि सस्तन प्राण्याची मोठी जखम या दोन्ही एक प्रकारे सारख्याच आहेत कारण दोन्हीमध्ये अवयवाची पुनर्निर्मिती होत नाही. नुसतीच जखम भरून येण्याऐवजी तेथील अवयवच संपूर्ण स्वरूपात वाढावा असे जर आपल्याला वाटत असेल तर आपण पुनर्निर्मिती संबंधी एक एक मुद्दा घेऊन त्याचा अभ्यास करायला सुरुवात केली पाहिजे.

वैद्यकीय शास्त्राने सालामॅंडरच्या पायाचा छोटा छेद घेतल्यानंतर बाह्य त्वचापेशी तेथे स्थलांतर करतात. तेथील जखमेवर मोठ्या जखमेप्रमाणे पेशींचा थर पसरतो. आंतरत्वचेपासून येणाऱ्या तंतुजनपेशी तेथे येऊन त्वचेचा कापला गेलेला भाग झाकून टाकतात. अशावेळी जर काळजीपूर्वक एखादा मज्जातंतू तेथे आणला तर तंतुजन पेशी ब्लास्टेमा तयार करण्यासाठी प्रवृत्त होऊ शकतात. पन्नास वर्षांपूर्वीच मार्कस् सिंगर नावाच्या शास्त्रज्ञाने असे दाखवून दिले होते की जखमी अवयवाच्या पुनर्निर्मितीसाठी एखाद्या मज्जातंतूची उपस्थिती गरजेची असते. आमच्या प्रयोगांनी असे स्पष्ट झाले की मज्जातंतूने पुरवलेल्या अज्ञात घटकामुळे या ठिकाणच्या तंतुजन कोशिकांच्या जैविक कामात बदल घडून येतो व त्याच्या प्रभावाने पुनर्निर्मिती होते.

तरीसुद्धा उत्पन्न झालेले नवीन ब्लास्टेमा पुनरुज्जीवनाच्या कामी कार्यक्षम ठरले नाहीत. त्यांना त्यासाठी अजून एका घटकाची गरज भासली. नवीन ब्लास्टेमाकडून अवयवाचे पुनरुज्जीवन घडवून आणायचे असेल तर अवयवाच्या विरुद्ध बाजूचा त्वचेचा तुकडा जखमेवर कलम करणे हाच एक रामबाण उपाय ठरला. त्यामुळे विरुद्ध बाजूच्या तंतुजन पेशी पुनरुज्जीवनाच्या कामात भाग घेतात अर्थातच त्यामुळे उत्पन्न होणारा (वाढणारा) अवयवाचा भाग भलत्याच ठिकाणी वाढू लागतो, तरीपण तो शरीर रचनेच्या दृष्टीने बिनचूक असतो (विकृत नसतो). म्हणजे ब्लास्टेमा बनवण्यासाठी जखमेच्या ठिकाणी बाह्यत्वचा (wound epidermis), मज्जातंतू आणि अवयवाच्या विरुद्ध बाजूच्या तंतुजन कोशिका पेशी या तीनच घटकांची मूलभूत गरज असते. अवयवाच्या पुनरुज्जीवनासाठी कमीत कमी हे तीन घटक लागतात असे लक्षात घेऊन त्या प्रत्येक घटकाची भूमिका समजून घेण्यासाठी आम्ही आपले लक्ष केंद्रित केले.

भ्रूणाच्या वाढीच्या प्राथमिक अवस्थेत तेथे ज्या मूळपेशी असतात त्या मूळपेशींच्या तीन थरांपैकी एका थरापासून बाह्यत्वचा उत्पन्न होते. गर्भातील अवयवांच्या प्रमाणशीर वाढीसाठी इशारे देण्याचे काम हीच बाह्यत्वचा करित असते. बाह्यत्वचेतील पेशी एकत्र येऊन, त्यांचा साधारणतः शंकूच्या

आकाराचा उंचवटा तयार होतो. त्याला Apical Ectodermal Ridge थोडक्यात AER म्हणतात. AER हे त्यांच्याद्वारे उत्पन्न होणाऱ्या पेशींना तात्कालिक रासायनिक संदेश देऊन स्थलांतर करणे, झपाट्याने वाढ होणे व पुनरुत्पत्ति होणे याबद्दल मार्गदर्शन करतात.

बाह्यत्वचेकडून येणारे काही महत्त्वाचे संदेश अजून ओळखता आलेले नाहीत. त्यात Fibroblast Growth Factors FGF's यांचाही समावेश होतो. AER कडून बरेच वृद्धीघटक निर्माण होतात. त्यांच्याकडून सहाय्यक पेशींना पुन्हा वृद्धीघटक निर्माण करण्याची प्रेरणा मिळते. नवीन FGF आणि AER यांच्यात एक मंडल (circuit) निर्माण होते. अवयवाची वाढ चालू राहण्यासाठी हे मंडल चालू राहणे जरूरीचे असते. AEC कडून प्रेरणा मिळालेले अशाच प्रकारचे दुसरे एक मंडल अवयवांच्या पुनर्निर्मितीसाठी कार्यरत असावे असा अंदाज आहे. हिरोयुकी इदे या जपानी शास्त्रज्ञाने असा शोध लावला की पूर्णावस्थेतील बेडकाची पुनर्निर्मितीची कार्यक्षमता नष्ट होण्याचे कारण त्याच्या शरीरातील FGF मंडल थांबण्याशी असतो. जर FGF10 देण्याचा प्रयोग त्यावर केला तर त्याच्या शरीरातील बंद पडलेले मंडल चालू होते व जखमी अवयवाच्या पुनर्निर्मितीच्या कामात अंशतः चालना मिळते, असे त्याला आढळून आले. त्याच्या

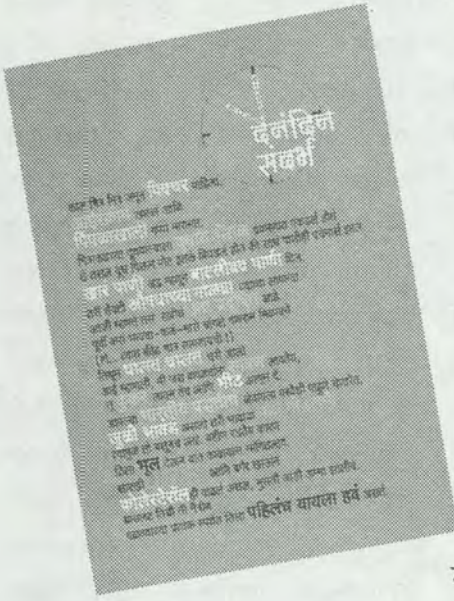
या संशोधनाने अनेक गोष्टींवर चर्चा झाली.

परंतु या खळबळजनक घटनेला मिळालेला तज्ज्ञांचा प्रतिसाद हळूहळू मावळला कारण पुर्ननिर्मित होणारा अवयवाचा भाग शरीररचनाशास्त्राच्या दृष्टीने योग्यच असला पाहिजे हे सर्वांत महत्त्वाचे होते. वेगळ्या मूळपेशी व तंतुजन कोशिकांकडूनच हे जैविक कार्य होत असावे असे दिसून आले.

कोणत्या जागी ?

अवयवाला झालेली लहानशी दुखापत

बरी होताना असे दिसून येते की नुसत्या तंतुजनकोशिकांच्या तेथील अस्तित्वामुळे अवयव पुनर्निर्मिती घडत नसावी. छोट्या जखमेजवळ तंतुजनकोशिका असूनसुद्धा तेथे पेशी नवा अवयव बनवू शकत नाहीत. जखमी अवयवाच्या विरुद्ध बाजूला असलेल्या तंतुजन पेशींची पुनर्निर्मितीसाठी गरज लागली होती. अवयवांच्या पुनर्वाढीमध्ये पेशीचे स्थान किती महत्त्वाचे असते ते संशोधनावरून स्पष्ट होते. भ्रूणाच्या अवयवाच्या वाढीचा प्रवास धडापासून



दैनंदिन संदर्भ

हे पुस्तक पाहिलेत ना ?

आपल्या सुहृदांना

भेट देण्यासाठी उत्तम पुस्तक

किंमत रु. १००/-

रोजच्या आयुष्यातल्या

ठळक गोष्टींमागचं विज्ञान

माहीत असायला हवं म्हणून !

सर रतन टाटा ट्रस्ट यांच्या अनुदानातून हे पुस्तक प्रकाशित केले आहे.

टोकाकडे होतो. हातापायांची बोटे, अंगठे निर्माण झाल्यावर वाढीची क्रिया थांबते. याउलट सालामॅंडरची जखम त्याच्या पुढच्या किंवा मागच्या पायावर कुठेही असली तरी फक्त तेथेच व आवश्यक तेवढ्याच भागाचे पुनरुज्जीवन होते.

यावरून असे स्पष्ट होते की जखम झालेल्या भागातील पेशींना संपूर्ण अवयवांच्या सापेक्ष त्यांचे स्थान नक्की कोठे आहे हे समजत असलेच पाहिजे. अशा स्थानविषयक माहितीमुळे पेशीसंबंधीच्या क्रियांवर ताबा राहतो व योग्य जागी, अवयवाचा नष्ट झालेला भाग उत्पन्न होतो. पेशींना समजलेली आकृतिबंधाची माहिती भिन्न जीन्समध्ये सांकेतिकपणे प्रेषित केली जाते. या कामात कोणते जीन्स भाग घेतात हे तपासून पाहिले तर पुनर्निर्मितीच्या स्थितीवर नियंत्रण कसे ठेवले जाते हे गुपित समजण्यास मदत होईल.

जरी बहुसंख्य जीन्स भ्रूणाच्या वाढीत कार्यरत असतात आणि निरनिराळ्या पेशींना त्यांच्या त्यांच्या अवयवातील स्थानाची माहिती देत असतात, तरी जीन्स परिवारापैकी Hox जीन्सचा गट विशेष महत्त्वाचा म्हणावा लागेल. कित्येक प्राण्यांमधील, अवयव उभारण्याच्या जागी असलेल्या पेशींना Hox जीन्सचा गट त्या पेशींचे अवयव सापेक्ष स्थान व अवयव उभारणीचे ज्ञान देत असतात. पण नंतर मात्र त्या पेशी आपण कोठून आलो हेच विसरतात. त्या विखुरल्या

जातात. दुसऱ्या खास पेशींच्या निरनिराळ्या गटांमध्ये जातात. याउलट प्रौढ सालामॅंडरच्या अवयवातील पेशी असा विसराळूपणा करीत नाहीत तर अवयवाच्या उभारणीकरिता हॉक्स प्रणालीचा पुन्हा पुन्हा उपयोग करतात.

पुनर्निर्मितीची क्रिया होत असताना तंतुजन कोशिका पेशी जखमेच्या जवळ वाढत असताना त्यांना मिळालेल्या माहितीचा उपयोग करून ब्लास्टेमा उभारण्याचे जैविक कार्य सुरू करतात. ब्लास्टेमातील पेशी व तेथे स्थलांतर करून आलेल्या पेशी यांच्यात संवाद सुरू होतो. तो संवाद जखमेच्या प्रमाणाविषयी व आकृतिबंधाविषयी असते. त्या संवादाचा गोषवारा समजणे हेही एक मोठे गूढच आहे. पूर्ण अवयवाचा आकृतिबंध ठरवणे हा त्यांच्या संवादाचा एक विषय असतो हे मात्र नक्कीच. म्हणूनच पेशींना मिळालेल्या माहितीच्या आधारे जखमा, कापले गेलेले शरीराचे अवयव, बोटे, अंगठे यांची योग्य जागी, योग्य प्रमाणात भर पडत असते.

क्रमशः

▲▲

सायंटिफिक अमेरिकन एप्रिल २००८ मधून साभार

लेखक : केन म्युनोका, मानजॉंग हान, तुलान युनिव्हर्सिटी आणि डेव्हीड गार्डीनर, कॅलिफोर्निया युनिव्हर्सिटी येथे सेल आणि मोलेक्यूलर बायॉलॉजी डिपार्टमेंटमध्ये संशोधनात्मक कार्यात सहभागी.

अनुवाद : गो. ल. लोंडे, निवृत्त प्राचार्य.

प्रकाशाचा वेग आणि त्याचे मोजमाप

लेखक : छाया दुबे • अनुवाद : स्वाती फडके

खोलीमध्ये अगदी गडद अंधार पसरलेला आहे. दिव्याच्या बटनाला आपला हात पोचतो न पोचतो की सारी खोली प्रकाशाने उजळून निघते. रात्रीच्या वेळी गावात विजेने दडी मारली की चोहोबाजूना किती अंधार होऊन जातो. पण दूर कुठेतरी जरा कोणी एखादी काडी शिलगावली तरी आपले डोळे तत्क्षणी तिकडे धाव घेतात. इतकंच नाही अगदी प्रकाशाचा एखादा किरण किंवा छोटासा झोत दिसल्याक्षणी आपले डोळे तेवढ्याशा उजेडातसुद्धा समोरचे दृश्य अनुभवतात.

सूर्योदयाबरोबर सारी पृथ्वी उजळून निघते. मग सूर्यापासून, म्हणजे इतक्या दूर अंतरावरून येणारा प्रकाश आपल्यापर्यंत पोचायला जरासुद्धा वेळ लागत नसेल ? यामागच्या जिज्ञासेमुळेच लोकांनी सतत हे प्रकाशाचे गूढ उकलण्याचा प्रयत्न केला. प्राचीन काळी अनेक वर्षे 'प्रकाशाचा वेग अगणित, अपरिमित आहे' असेच मानले जायचे.

अकराव्या शतकाच्या सुरुवातीला एका अरबी शास्त्रज्ञाने 'अल हाजेन'ने म्हटले "जरी

प्रकाश खूप वेगाने चालत असला तरी त्याच्या त्या वेगालाही काही नियम (मर्यादा) आहे." पण त्याकाळी जी काही माहिती किंवा मर्यादित साधने उपलब्ध होती त्यामुळे प्रकाशाचा वेग मोजणे अशक्यच नाही तर अतिशय कठीण होते.

खरं तर कोणत्याही गोष्टीचा वेग जाणून घेण्यासाठी दोन गोष्टी माहित असणे आवश्यक आहे. एकतर ती वस्तू किती अंतर गेली व किती वेळांत गेली. अंतर ÷ वेळ म्हणजे वेग.

इथे पृथ्वीवर बसून एका मर्यादित अंतरामध्ये प्रकाशाचा वेग मोजणे अजिबात सोपे नाही. असं समजू या की आपल्याला प्रकाशाची गति मोजायची आहे. थोड्या अंतरावरच प्रकाशाचा स्रोत आहे आणि आपण व तो प्रकाशस्रोत यांमधील अंतर आपल्याला माहित आहे. म्हणजे एका गोष्टीची माहिती आपल्याकडे आहे. आणि दुसरी गोष्ट शोधायची आहे. ती म्हणजे स्रोतापासून प्रकाश किती वेळात आपल्यापर्यंत पोचतो.

एक सोपा उपाय आहे की प्रकाशझोत सक्रिय झाला की लगेच ती वेळ नोंदून घेणे व प्रत्यक्ष तो प्रकाश आपण आपल्या डोळ्यांनी पहातो ती वेळ नोंदणे आणि या दोन्ही वेळांमधील फरक मोजणे. पण हे होऊ शकत नाही. कारण प्रकाशझोत सक्रिय झाला रे झाला की लगेच आपल्याला दिसतो. दिव्याचे बटन दाबणे व त्यामुळे उजेड होणे या दोन्ही गोष्टी इतक्या लगेच घडतात, खरं तर ज्या वेळात आपल्या डोळ्यांना दृश्याचा भास होतो, तेवढ्या वेळात प्रकाश किती तरी किलोमीटर दूर गेलेला असतो.

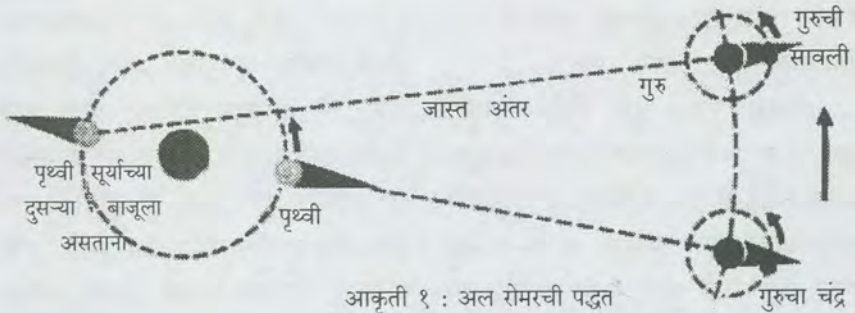
प्रकाशाचा वेग मोजण्याच्या ज्या वेगवेगळ्या पद्धती आहेत त्यात सगळ्यात जुनी पद्धती गॅलिलिओची आहे. यासाठी गॅलिलिओने आणखी एका मित्राची मदत घेतली होती. गॅलिलिओ स्वतः फ्लोरेंसच्या एका डोंगरावर उभे राहिले आणि थोड्याच अंतरावर आणखी एका डोंगरावर मित्राला जिथून प्रकाशझोत येणार होता तिथे उभे केले.

मित्राला ज्या प्रकाशझोताजवळ उभे केले त्या प्रकाशझोताला एक झडप केली होती आणि गॅलिलिओने खूण केली की लगेच ती झडप उघडायची होती.

गॅलिलिओचे म्हणणे असे होते की प्रकाशझोतापासून प्रकाश त्यांच्यापर्यंत पोचायला काहीतरी वेळ लागणारच आणि या वेळेचे मोजमाप केले की प्रकाशाची गति कशी असते किंवा किती असते हे नक्की कळेल. पण प्रकाशाचा वेग इतका प्रचंड असतो की आपले डोळे एवढा कमी वेळ स्वतंत्रपणे अनुभवू शकत नाहीत. त्यामुळे गॅलिलिओचा हा प्रयोग अयशस्वी झाला.

पहिला प्रयोग

प्रकाशाचा वेग मोजण्याच्या यशस्वी प्रयोगाचे पहिले श्रेय डॅनिश खगोल शास्त्रज्ञ 'अल रोमर'ला दिले जाते. १६७५ मध्ये रोमर गुरू ग्रहाचे निरीक्षण करत असताना एक गोष्ट त्याच्या नजरेस आली. ती अशी की पृथ्वीप्रमाणेच गुरूभोवती पण चंद्र आहेत. हे चंद्रसुद्धा आपल्याला गुरूभोवती परिक्रमा



करताना (भ्रमण करताना) दिसतात तर कधी गुरूच्या मागे दडून बसतात. जेव्हा हे चंद्र गुरूच्या सावलीत असतात तेव्हा ते ग्रहणग्रस्त झाले आहेत असे म्हटले जाते.

रोमरने असं पाहिलं की ह्या चंद्राचा दिसण्याचा व न दिसण्याचा क्रम वर्षभरात बदलत राहातो. रोमरने ह्या चंद्राना गुरूभोवती एक चक्कर मारायला जो अवधी लागला तो नोंद करून ठेवला. त्याच्या असं लक्षात आलं की पृथ्वी तसेच गुरू हे दोघेही सूर्याच्या एकाच बाजूला जेव्हा येतात त्यावेळी ग्रहणे लागण्याची जी वेळ आहे, त्या वेळेआधीच ग्रहणे लागल्याचे दिसू शकते आणि जेव्हा गुरू सूर्याच्या एका बाजूला व पृथ्वी दुसऱ्या बाजूला असते तेव्हा या दोन्ही ग्रहणांची जी निश्चित ठरलेली वेळ असेल त्यापेक्षा थोड्या विलंबाने दिसतात. ग्रहणांच्या ह्या वेळांमधील फरक २२ मिनिटे असतो. रोमरने असा निष्कर्ष काढला की हा २२ मिनिटांचा फरक, प्रकाशाने जे काही अंतर कापले असेल त्यातील बदलामुळेच पडतो. गुरू आणि पृथ्वी जेव्हा सूर्याच्या एकाच बाजूला असतात त्यावेळी त्या दोघांमधील अंतर कमी असते.

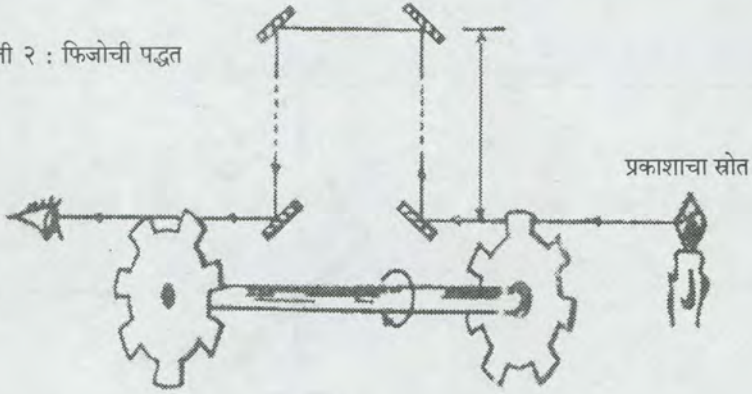
याउलट जेव्हा गुरू सूर्याच्या एका बाजूला व पृथ्वी सूर्याच्या दुसऱ्या बाजूला असते त्यावेळी गुरू व पृथ्वी या दोहोतील अंतर जास्त होते. आकृती १ वरून असे स्पष्ट होते की हे अंतर पृथ्वीच्या कक्षेच्या

व्यासाइतके असते. म्हणजेच गुरूपासून पृथ्वीपर्यंत प्रकाश येण्यास हे जास्तीचे अंतर कापावे लागते. त्यामुळे हे अंतर कापण्यास २२ मिनिटे जास्त लागतात.

या आधारावरूनच प्रकाशाचा वेग दर सेकंदाला २,४०,००० कि.मी. इतका काढण्यात आला होता. अर्थात् प्रकाशाने जे अंतर कापले होते त्याचे मोजमाप अगदी पूर्णतः बरोबर सांगता आले नव्हते. तरीही रोमरने काढलेले निष्कर्ष नक्कीच महत्त्वाचे व वाखाणण्याजोगे होते. त्यांच्या निष्कर्षामुळेच प्रकाशाचा एक निश्चित वेग असतो ह्या गोष्टीला एक आधार मिळाला होता. शिवाय हा निष्कर्ष अशासाठी वाखाणण्यासारखा आहे कारण त्यावेळी प्रकाशाचा वेग मोजण्यासाठी अतिशय कमी साधने उपलब्ध होती.

दुसरा प्रयोग

या काळात फ्रान्सच्या एच.एल फीजो या भौतिक शास्त्रज्ञाने प्रायोगिकरित्या प्रकाशाचा वेग मोजला. फीजोने जे उपकरण तयार केले त्याला दाते असलेली दोन चाके होती आणि दोन्ही चाके एका लांब रूळाच्या दोन्ही टोकाना एक एक प्रमाणे बसविली होती. त्यांची रचना विशिष्ट प्रकारे केली होती. एका चाकाच्या दोन दातऱ्यांमधील जी मोकळी जागा होती ती जागा दुसऱ्या चाकाच्या दातऱ्यांसमोर येत होती. (जर पहिल्या चाकाच्या बाजूने प्रकाश टाकला



आणि तो त्या दातऱ्यांवर पडला तर तो तिथेच थांबेल पण प्रकाश पहिल्या चाकाच्या दात्यावर न पडता त्यातल्या मोकळ्या जागेवर पडला तर दुसऱ्या चाकाचा दातेरा प्रकाशाला अडवेल.)

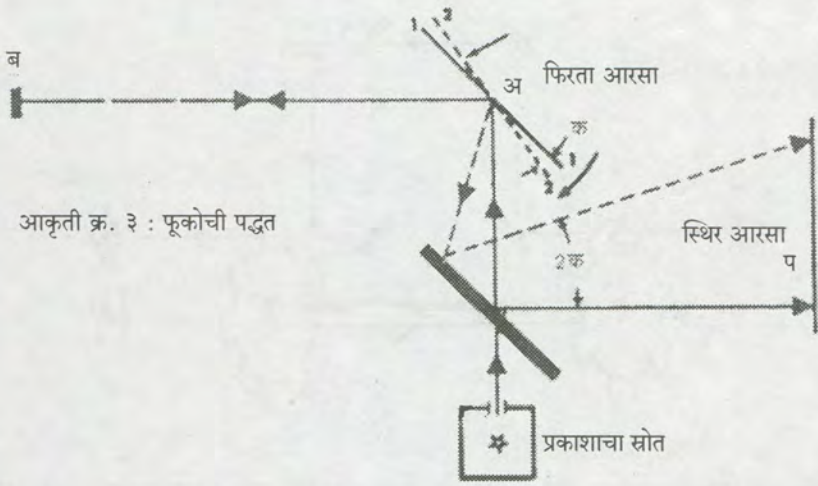
यामुळे कोणत्याही परिस्थितीत प्रकाश स्रोतापासून निघणारा प्रकाश प्रेक्षकांना किंवा पाहणारांना दिसत नव्हता.

पण प्रयोगातील खरी खुबी यानंतरच येते. जर दोन्ही चाके आपण जोरत फिरवली तर काय होईल ? समजा की प्रकाश पहिल्या चाकाच्या मोकळ्या जागेवर पडला तर तो दुसऱ्या चाकापर्यंत जाईल. प्रकाशाला तिथे पोचण्यास काहीतरी वेळ लागणारच. पण समजा एवढ्या वेळात दुसरे चाक एवढे फिरले की मोकळी जागा समोरच येईल तर प्रकाश त्यामधून निघून जाईल. दोन्ही चाकांमधील अंतर किती आहे हे आपल्याला ठाऊक आहे आणि चाकांच्या गतीची पण

आपल्याला पूर्ण कल्पना आहे. तर मग आपण प्रकाशाचा वेग नक्कीच मोजू शकू.

फिजोने स्वतःच्या प्रयोगात चाकाला काही हजार चकरा प्रत्येक मिनिटाला असे गतिमान ठेवले आणि अधिक गतिवर किंवा वेगावर योग्य मापन घेण्यासाठी त्यांनी एका चाकापासून दुसऱ्या चाकापर्यंतच्या प्रकाशाच्या मार्गाची लांबी वाढवली. यासाठी त्यांनी चार आरशांचा उपयोग केला आणि चाकांचा वेग किती हे माहित असल्यामुळे प्रकाशाचा वेग किती हे समजले. फिजोच्या या प्रयोगामुळे मोजलेला प्रकाशाचा वेग रोमरने काढलेल्या वेगाएवढाच होता.

फिजोबरोबर काम करणारे आणखी एक वैज्ञानिक लियो फूको याने प्रकाशाचा वेग मोजण्याचे आणखी एक नवीन साधन शोधून काढले. फूकोने स्वतःच्या प्रयोगात चाकाऐवजी फिरत्या आरशांचा उपयोग केला. (आकृती क्र.३) प्रयोग खालील प्रमाणे होता.



तिसरे उपकरण

तीन सपाट आरशांचा यात वापर केला आहे. प्रकाशकिरण आपल्या मूलबिन्दूपासून निघून एका काचेमधून आधी 'अ' या आरशावर पडून परावर्तित होतात व 'ब' या आरशाकडे जातात. तेथून परावर्तित होऊन ते 'अ' आरशाकडे परत येऊन आल्या मार्गे काचेवर परत येतील व येथे परावर्तित होऊन प या स्थिर ठेवलेल्या आरसा किंवा पडद्यावर पडतील. जर 'अ' हा आरसा काही अंशात फिरवला तर प या पडद्यावरील प्रतिबिंब

याच्या दुप्पट अंशात फिरेल. हा कोन मोजला व अ आरशाचे अंशात: फिरणे हे किती वेळांत होते हे मोजले तर अ पासून ब पर्यंत अंतर जाऊन परत येण्यासाठी प्रकाशाला किती वेळ लागला ते समजेल. या पद्धतीने प्रकाशाचा वेग मोजला गेला २,९८,००० कि.मी प्रति सेकंद.

अर्थात प्रतिबिंबाच्या जागेचं कोन मापन अगदी अचूक होत नसल्यामुळे या पद्धतीमध्ये उत्तराची अचूकता अगदी खात्रीशीर नव्हती.

संदर्भची वेबसाईट पाहिलीत का?

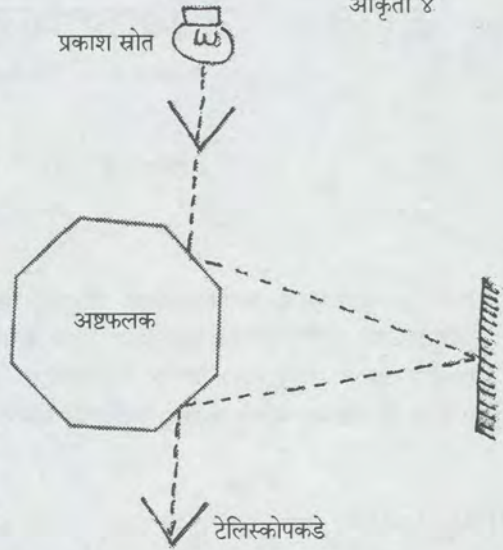
sandarbhociety.org

यामध्ये संदर्भची मुखपृष्ठे आणि आधीच्या काही अंकातले वाचनीय लेख.

मायकेल्सन या अमेरिकन शास्त्रज्ञाने, फूकोच्या उपकरणात थोडा बदल केला. त्यांनी एका अष्टकोनी फिरत्या उपकरणांत ८ आरसे बसवले. या उपकरणापासून ३५ कि.मी दूर एक स्थिर आरसा बसवला. जेव्हा अष्टकोनी उपकरण फिरत नसते तेव्हा प्रकाशकिरण परावर्तित होऊन एका दुर्बिणीमधून दिसतात. जर हा अष्टकोनी आरसा फिरत ठेवला तर एका आरशावरून ३५ कि.मी जाऊन परत येणाऱ्या किरणाला दुसऱ्या आरशाचा मध्यभाग न मिळता कोपरा वगैरे मिळेल व परिणामी प्रतिमा दुर्बिणीतून दिसणार नाही.

जर प्रकाश अष्टकोनी आरशापासून स्थिर आरशापर्यंत जाऊन परत येण्याइतक्या वेळात दुसऱ्या आरशाने पहिल्या आरशाची जागा घेतली, तरी ती प्रतिमा पुन्हा दुर्बिणीच्या मध्यभागी पडेल व त्यातून दिसू शकेल. हा फिरण्याचा वेग मोजला व इतरही अंतरे माहित असल्याने त्यावरून प्रकाशाचा वेग निघाला २,९९,७९६ किमी/सेकन्द.

आधुनिक शास्त्रीय पद्धतीमध्ये अँटेनाच्या मदतीने मायक्रोवेव्हज् चंद्रावर पाठवतात. परावर्तित लहरी पृथ्वीवर पकडल्या जातात. लागलेला वेळ व चंद्राचे पृथ्वीपासून असलेले अंतर (त्रिकोणमितीने



हे मिळू शकते) यावरून प्रकाशाचा वेग खूप अचूकतेने मोजता येतो.

प्रकाशाचा वेग जास्तीत अचूक मोजणे गरजेचे आहे. खगोल शास्त्रामध्ये पदोपदी याचा वापर होत असल्यामुळे थोडीशी ही चूक म्हणजे खूप मोठ्या गोंधळाची शक्यता ! तसेच हा वेग एक स्थिर गुणांक म्हणून वापरला जातो. त्याला C हे अक्षर वापरतात. व त्याला सेकन्दाला ३ लाख कि.मी. असे मानले जाते.

▲▲

स्रोत फिचर्स जुलै १९ मधून साभार

लेखक : छाया दुबे

अनुवाद : स्वाती फडके

हलक्या जैवभारापासून कोळसा

लेखक : डॉ. आ. दि. कर्वे

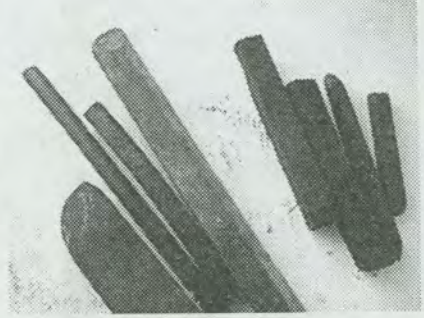
खनिज इंधनांचा साठा मर्यादित आहे, ती तयार व्हायला फार मोठा काळ लागतो. त्यामुळे ज्या पुनर्निर्माणक्षम गोष्टींचा वापर इंधन म्हणून करता येईल, त्यांचा जास्तीत जास्त आणि संपूर्ण वापर 'कार्यक्षमपणे' करायला हवा. त्यासाठी साधी-सोपी आणि फारसा खर्च न येणारी तंत्रे विकसित होत आहेत.

शेतीतून मानवाला उपयोगी असा माल तर मिळतोच पण त्याबरोबरच मानवाला ज्यांचा उपयोग नाही असे इतर त्याज्य पदार्थही शेतीतून निर्माण होतात. केवळ भारताचा विचार केला तर आपल्या देशात दर वर्षी सुमारे ८० कोटी टन इतका त्याज्य माल शेतीतून निर्माण होतो. शेतकऱ्याला काहीच उपयोग नसल्याने हा माल शेतात किंवा खळ्यावर पडून राहतो आणि तिथेच कुजतो, किंवा त्याची विल्हेवाट लावण्यासाठी शेतकरी स्वतःच त्याला आग लावून देतो. सध्याच्या इंधनटंचाईच्या काळात त्याज्य शेतमालाची अशा तऱ्हेने विल्हेवाट न लावता त्याचा इंधन म्हणून उपयोग करणे हे अधिक योग्य ठरेल. कपाशीची आणि तुरीची खोडे यांचा घरगुती चुलीत जळण म्हणून खेड्यात आजही वापर होतोच, पण इतर पिकांमधून निर्माण होणारे त्याज्य पदार्थ फारच हलके

असल्याने ते भुरुभुरु जळतात, आणि म्हणूनच ते चुलीत जाळण्यासाठी अयोग्य ठरतात. हलक्या जैवभारावर मोठा दाब देऊन त्यापासून इंधनविटा बनविण्याचा धंदा आजमितीस काही प्रमाणात भारतात चालू आहे, पण या प्रक्रियेसाठी अत्यंत जड व मोठ्या अश्वशक्तीच्या यंत्रांची आवश्यकता असते. अशा प्रकारच्या यंत्रांना सिमेंट-काँक्रीटच्या चौथऱ्यांवर कायमचे बसवावे लागत असल्याने ती इकडून तिकडे हलवणे शक्य नसते आणि त्यामुळे ज्या जैवभारापासून इंधनविटा बनवावयाच्या तो जैवभार इंधनविटांच्या कारखान्यापर्यंत आणावा लागतो. सर्वत्र विखुरलेल्या लहान लहान शेतांमधून हा हलका जैवभार कारखान्यात आणणे हे फार खर्चाचे असते. त्यामुळे सध्या तरी जिथे एकाच ठिकाणी मोठ्या प्रमाणात त्याज्य जैवभार उपलब्ध आहे,

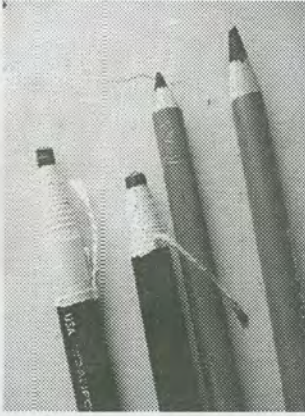
अशाच ठिकाणी हा धंदा चालविला जातो. अशी ठिकाणे म्हणजे साखर, वनस्पतिजन्य तेल, स्टार्च इत्यादि पदार्थ निर्माण करणारे कारखाने, परंतु शेतकऱ्याला वैयक्तिक पातळीवर इंधननिर्मितीचा व्यवसाय करता यावा यासाठी आमच्या संस्थेने हलक्या जैवभारापासून कांडीकोळसा निर्माण करण्याच्या काही कृती विकसित केल्या आहेत. आपल्या शेतातून निघणाऱ्या काडीकचऱ्यापासून कांडीकोळसा निर्माण केला, तर तेवढ्या प्रमाणात जंगल तर वाचेलच पण त्यातून ग्रामीण अर्थकारणालाही मोठा हातभार लागेल.

कोणताही सेंद्रिय पदार्थ सुमारे ३०० अंश सेल्सियसच्या पुढे तापविल्यास त्याचे विघटन होऊन त्याच्या मूळ वजनाच्या सुमारे ७० टक्के भागाचे बाष्पीभवन होते. ही वाफ उडून गेल्यावर मागे राहणारा घन स्वरूपातला भाग म्हणजे कोळसा. सेंद्रिय पदार्थ जळताना ज्या ज्वाला उठतात, त्या हवेत वर जाताना थंड होऊन त्यातला न जळलेला भाग, म्हणजेच डांबर, पुन्हा घन कणांच्या रूपाने ज्वालांमधून बाहेर पडते. यालाच आपण धूर म्हणतो, आणि हा धूर जर एखाद्या वस्तूच्या संपर्कात आला तर हे डांबराचे कण त्या वस्तूला चिकटतात. आपण त्याला काजळी असे म्हणतो. कोळशात अशा प्रकारचा उडून जाणारा ज्वलनशील भाग नसल्याने कोळसा जळताना त्याच्यापासून



ज्वालाही निघत नाहीत आणि धूरही होत नाही. धूर आणि काजळी या प्रदूषकांपासून मुक्त असल्याने घरात स्वयंपाकासाठी वापरायला कोळसा हे इंधन फार चांगले समजले जाते आणि ते जगभर स्वयंपाकासाठी वापरलेही जाते. याशिवाय दगडी कोळशाला पर्याय म्हणून औद्योगिक क्षेत्रातही लाकडी कोळसा वापरला जातो.

वरील विवेचनावरून असे दिसून येईल की सेंद्रिय पदार्थांचे कोळशात रूपांतर करावयाचे असेल तर त्याला एका विशिष्ट तापमानाचे पुढे तापवावे लागते. यासाठी विविध प्रकारच्या भट्ट्यांचा वापर केला जातो. या सर्व भट्ट्यांमध्ये अशी योजना केलेली असते, की त्यांमध्ये जैवभारापासून निघालेली डांबराची वाफ एकतर उडून तरी जावी किंवा ती जळावी, पण त्यातून तयार होणारा कोळसा मात्र न जळता तसाच रहावा. आम्ही कोळसा बनविण्यासाठी अशा प्रकारच्या ज्या दोन प्रक्रियांचा उपयोग केला, त्यांची माहिती खाली देत आहोत.



१. हवाबंद डब्यात जैवभार तापविणे : कॅन्व्हासवर रेखाचित्रे काढण्यासाठी चित्रकार शिसपेन्सिलीचा वापर करित नाहीत तर कोळशाच्या कांड्या वापरतात. या कांड्या तयार करण्यासाठी मध्ययुगीन युरोपातल्या चित्रकारांनी एक सोपी पद्धती विकसित केली होती. या पद्धतीत द्राक्षवेलीच्या सुमारे २५ सें.मी. लांबीच्या वाळलेल्या काड्यांची जुडी धातूच्या पत्र्याच्या एका डब्यात बंद करून तो डबा घरातल्या शेकोटीत ठेवला जाई. काड्या तापल्या की त्यातून बाहेर पडणारी डांबराची वाफ डब्याच्या झाकणातील एका छिद्रातून बाहेर येऊन ती तेथेच पेट घेत असे. जोवर त्या काड्यांमधील डांबर पूर्णपणे निघून गेलेले नसते तोवर ही ज्योत पेटलेली दिसते. ज्योत दिसेनाशी झाली की डब्यातल्या काड्यांचा कोळसा झाला हे लक्षात येई. मग डबा शेकोटीतून काढून, गार करून, आतल्या कोळशाच्या कांड्या

बाहेर काढल्या जात. प्रत्येक चित्रकार आपल्या स्वतःच्या वापरासाठी कोळशाच्या कांड्या स्वतःच तयार करी. या पद्धतीचा एक मोठा फायदा असा होता की कोळसा करण्यासाठी शेकोटीत ठेवलेल्या काड्या जरी जास्ती काळ शेकोटीत राहिल्या तरी हवाबंद अशा डब्यात असल्याने त्या जळून न जाता त्यांपासून तयार झालेला कोळसा आहे तसा शाबूत रहात असे.

आम्हीही हीच पद्धती वापरून त्याज्य शेतमालापासून कोळसा बनविण्याची एक भट्टी विकसित केली होती. या भट्टीत जैवभाराने भरलेले धातूचे सात डबे एकाच वेळी ठेवून त्यांना खालून आणि बाजूने उष्णता देण्याची व्यवस्था करण्यात आली होती. ही बाहेरून दिली जाणारी उष्णतासुद्धा त्याज्य शेतमाल जाळूनच निर्माण केली जाई. डब्यांबाहेर जळणाऱ्या इंधनाची आंच डब्यात बंद करून ठेवलेल्या जैवभाराला लागण्यात बराच वेळ जाई. त्यामुळे डब्याबाहेर जाळण्यात बराच शेतमाल खर्च होत असे. बाहेर जाळला जाणारा शेतमाल, डब्यांमध्ये भरलेला शेतमाल, आणि हाती लागणारा कोळसा, यांचा एकत्रित हिशेब केल्यास असे आढळून आले की या भट्टीतून एकूण जैवभाराच्या केवळ वीस टक्केच कोळसा मिळतो. तसेच कोळसा निर्मितीच्या प्रक्रियेला लागणारा वेळ, हे डबे गार झाल्यावर ते उघडून त्यातला कोळसा बाहेर

काढणे आणि रिकाम्या डब्यांमध्ये आणि भट्टीतही पुन्हा नवा जैवभार भरणे, या क्रियांमध्ये जाणारा वेळ, यामुळे या पद्धतीत दर ताशी एकच घाणा निघत असे, व आठ तास काम केल्यावर केवळ ५०-६० किलोग्रॅमच कोळसा हाती पडे. ही भट्टी व त्यातले डबे अशा संपूर्ण संचाची किंमत होती रु. १५,०००, पण वर्षभर वापरल्यावर हे सर्व साहित्य पूर्णपणे जळून जात असे. त्यामुळे हा व्यवसाय करणाऱ्याला दरवर्षी नवी भट्टी आणि नवे डबे घेण्याचा एक मोठा वार्षिक खर्च होता. या सर्व बाबींचा विचार करून आम्ही ही पद्धती वापरणे बंद केले.

मात्र सध्या हीच पद्धती मोठ्या प्रमाणात रशियात वापरली जाते. तेथील तैगा नामक प्रदेशात सूचिपर्णी वृक्षांची घनदाट जंगले आहेत आणि तेथे झाडांच्या खोडांपासून फळ्या तयार करण्याचे लाकूडकटाई कारखाने आहेत. कारखान्यात लाकडाचा जो निरुपयोगी भाग शिल्लक राहतो त्यापासून तेथे कोळसा केला जातो. तिथल्या भट्टीत एकावेळी तीन हवाबंद डब्यांमध्ये लाकूड भरून ते सर्व डबे एकाचवेळी भट्टीत तापवले जातात. या डब्यांमधून बाहेर पडणारी डांबराची वाफ भट्टीतच जळते, आणि त्यामुळे जी उष्णता निर्माण होते, तिचाही याच प्रक्रियेत वापर केला जात असल्याने



जैवभारापासून कोळसा - जुनी पद्धत

बाहेरून जाळाल्या लागणाऱ्या ज्यादा इंधनात काही प्रमाणात बचत होते. साधारणतः रोज ५० टन कोळसा निर्माण करण्याची क्षमता या एका भट्टीत असते.

२. वरून पेटवा आणि खालून हवा द्या : जगात सर्वत्र ज्या पारंपरिक पद्धतीने कोळसा निर्मिती करतात, तिचे असेच वर्णन करता येईल. या पद्धतीत ज्या लाकडांचा कोळसा करायचा, त्यांचा एक ढीग जमिनीवर रचून तो ढीग सर्व बाजूंनी मातीने लिंपला जातो. या मातीच्या भट्टीला खालील बाजूने हवा आत जाण्यासाठी काही भोके असतात व जळणाऱ्या लाकडातून निघणारी डांबराची वाफ आणि कार्बन डायॉक्साइड हे वायुरूप पदार्थ बाहेर जावेत यासाठी भट्टीच्या वरच्या टोकालाही एक भोक ठेवलेले असते. भट्टी पेटविताना वरील टोकाशी ठेवलेल्या भोकातून पेटलेली चूड घालून आतले लाकूड पेटवले

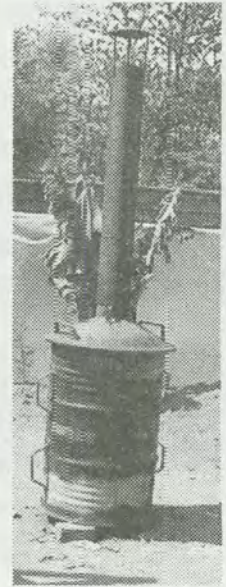


‘वरून पेटवा, खालून हवा द्या’ प्रकारची भट्टी

जाते. त्यामुळे या भट्टीतली लाकडे वरून खाली पेटत येतात पण हवा मात्र खालून वर येत असते. या योजनेमुळे जळत असलेल्या लाकडांपासून निर्माण झालेला कोळसा हा जळणाऱ्या लाकडांच्या वरच्या बाजूला राहतो, त्याच्या खाली जळणाऱ्या लाकडांचा थर असतो आणि त्याच्याखाली न जळलेली लाकडे असतात. ताजी हवा खालून वर जात असताना ती जेव्हा जळणाऱ्या लाकडांच्या थरातून जाते, तेव्हा तिच्यातला ऑक्सिजन याच थरात वापरला जातो आणि त्यामुळे त्याच्यावर असणाऱ्या कोळशाच्या थरातून जेव्हा ही हवा जाते, तेव्हा तिच्यात ऑक्सिजन नसल्याने तयार झालेला कोळसा पेटत नाही. अशा पद्धतीने खाली खाली जाणारा जाळ भट्टीच्या तळापर्यंत पोचला, की तळाशी राखलेल्या भोकांमधून त्याचा उजेड दिसू लागतो. भट्टी या अवस्थेला पोचली की खालची आणि वरची सर्व भोके चिखलाने लिंपून ही प्रक्रिया

थांबविली जाते, आणि भट्टी गार झाली की ती फोडून कोळसा बाहेर काढला जातो. या पारंपारिक भट्टीत जी डांबराची वाफ निर्माण होते, ती काही प्रमाणात भट्टीत जळते, पण उरलेले डांबर धुराच्या रूपाने भट्टीतून बाहेर पडते आणि त्यामुळे वातावरणाचे प्रदूषण होते.

धुराने वातावरणाचे प्रदूषण होऊ नये म्हणून जपान आणि थायलंड मध्ये एका युक्तीचा अवलंब केला जातो. तिथल्या भट्ट्यांना भट्टीच्या वरच्या टोकाशी, जेथून धूर बाहेर पडतो तिथे, जमिनीशी ४५ अंशांचा कोन करून एक सुमारे ६ मीटर लांबीचे पोकळ बांबूचे धुराडे लावले जाते. या धुराड्यातून वर जाताना धूर थंड होऊन त्याचे द्रवरूप डांबरात रूपांतर होते. हे डांबर चिमणीतूनच ओघळून पुन्हा खाली येते आणि ते तिथे एका पाण्याने भरलेल्या पिंपात पडत राहते. या पिंपातले पाणी बुडव्हेनेगार या नावाने विकले जाते. त्याचा उपयोग मुख्यतः





कोळशाच्या कांड्या बनवण्याची एक्स्ट्रूडर यंत्रे

शेतीत कीटकनाशक म्हणून केला जातो. याशिवाय या प्रक्रियेतून डांबर हा उपपदार्थही मिळतो.

त्याज्य शेतमालापासून कोळसा बनविण्यासाठी आम्ही हल्ली 'वरून पेटवा, खालून हवा द्या' याच पद्धतीचा वापर करतो, पण आमच्या भट्ट्या मातीच्या नसून दोनशे लिटर क्षमतेच्या लोखंडी पिंपांपासून बनविलेल्या असतात. या पिंपाच्या तळात हवा आत जाण्यासाठी भोके ठेवलेली असतात, आणि या भोकांमधून हवा वर खेचून घेण्यासाठी पिंपावर ठेवण्यासाठी एका चिमणीचीही व्यवस्था केलेली असते. तसेच या चिमणीत प्रवेश करणाऱ्या डांबराच्या वाफेचे चिमणीतच पूर्णपणे ज्वलन व्हावे यासाठी चिमणीत बाहेरून शुद्ध हवा आत जाईल अशीही सोय केलेली असते. यामुळे अशा भट्टीचा वापर करून कोळसानिर्मिती केल्यास डांबराच्या वाफेने हवेचे प्रदूषण होत

नाही. या भट्टीची किंमत सुमारे रु. ४००० इतकी असते. भट्टी हलकी असल्याने जेथे कोठे त्याज्य जैवभार उपलब्ध असेल, तिथे ती घेऊन जाता येते. ही भट्टी त्रापरण्यासाठी २ माणसांची गरज लागते, पण दोन माणसे मिळून दोन भट्ट्याही चालवू शकतात. या भट्टीत उसाचे पाचट, पालापाचोळा किंवा भाताचा पेंढा यांसारखा हलका माल एका वेळी सुमारे ६ किलो मावतो. भट्टी जैवभाराने भरली की त्या जैवभाराला वरून आग लावून त्यावर लगेच चिमणी ठेवली जाते. ही आग भट्टीच्या तळापर्यंत पोहोचण्यास सुमारे १५ मिनिटे लागतात. विस्तवाचा उजेड भट्टीच्या तळाशी असलेल्या भोकांमधून दिसू लागला, की ही प्रक्रिया पूर्ण झाली असे समजून तयार झालेला कोळसा भट्टीतून काढून तो एका घट्ट झाकणवाल्या पिंपात भरून ठेवला जातो. प्रत्येक घाण्यातून २ किलोग्राम इतका कोळसा निघतो. एका

भट्टीचे ज्वलन चालू असताना दुसऱ्या भट्टीत जैवभार भरून ती तयार ठेवली जाते. याप्रमाणे आलटून पालटून दोन्ही भट्ट्या वापरल्यास आठ तासांमध्ये सुमारे ६४ किलोग्राम इतका कोळसा तयार होतो. या कोळशाच्या कांड्या बनविण्यासाठी त्यात थोडी खळ मिसळून एक्स्ट्रूडर नामक यंत्राच्या सहाय्याने त्याच्या कांड्या करून त्या उन्हात वाळवल्या जातात. हा घरगुती एक्स्ट्रूडर एक अश्वशक्तीच्या इलेक्ट्रिक मोटरीने चालविला जातो, पण हाताने चालविण्याचा एक्स्ट्रूडरही बाजारात उपलब्ध आहे. कांड्या करण्याचे काम दुसऱ्या दोन व्यक्तींनी घरी बसून करावयाचे असते. ६४ किलोग्राम कोळशापासून सर्वसाधारणतः सुमारे ७५ किलोग्राम कांडीकोळसा निर्माण होतो. सध्याचा कोळशाचा भाव प्रतिकिलो सुमारे

रु. १२ इतका आहे. म्हणजे हा व्यवसाय केल्यास एका कुटुंबाला दररोज रु. ९०० एवढे उत्पन्न मिळू शकते. वाळलेला जैवभार, उदा. उसाचे पाचट, किंवा शहरातील झाडांचा पाचोळा, वाळलेले गवत इत्यादि प्रकारचा माल पावसाळ्यानंतरच मोठ्या प्रमाणात उपलब्ध होत असल्याने हा व्यवसाय हिवाळा आणि उन्हाळा मिळून वर्षातून सुमारे २०० दिवस करता येतो. एका कुटुंबाला वर्षातले केवळ २०० दिवस काम करून सुमारे पावणेदोन लाख रुपयांचे उत्पन्न मिळवून देणारा हा व्यवसाय खेड्यात किंवा शहरातही कोणीही करू शकतो.

▲▲

लेखक : डॉ. आ. दि. कर्वे, ज्येष्ठ शास्त्रज्ञ, अंप्रोप्रिएट रूरल टेक्नॉलजी इन्स्टिट्यूटचे संस्थापक, संचालक.

पान १५ वरील कोड्याचे उत्तर

नुकसान किती ?

उत्तर : सायकलवाल्याने खोटी नोट देऊन जे काही नेले त्यापेक्षा जास्त नुकसान तर होऊ शकतच नाही. त्याने ४५० रुपयांची सायकल आणि ४०० रु सुट्टे नेले, म्हणजे ८५० रु. नुकसान झाले. इतर सगळ्या माहितीचा आणि रकमांचा उत्तर काढण्यासाठी काही उपयोग नाही. दुसऱ्या प्रकारे विचार केला तर १००० रु ची खोटी नोट मिळाल्यामुळे नुकसान १००० रुपयांचे! व्यवहारात ६००-४५० = १५० रु. चा फायदा झाला असल्यामुळे त्या प्रमाणात नुकसान कमी झालं, म्हणजे खिशातून गेले ८५० रु.



भारतीय चित्रकलेचे व्याकरण

लेखक : राम थत्ते

भारतीय कलेच्या इतिहासामध्ये गुप्तकाल हा जसा सुवर्णकाळ समजला जातो तसेच गुप्तकाळात निर्माण झालेली अजिंठ्यासारखी चित्रकला ही भारतीय कला इतिहासामधील खरोखरीचे सोन्याचे पान आहे.

शिल्पशास्त्र, वास्तुशास्त्र व चित्रकला ह्या तीनही कलांसाठी त्यावेळी निरनिराळ्या संहिता निघाल्या त्यामधून आपल्याला आज शास्त्रशुद्ध असे कलेचे व्याकरण समजते. त्यावेळी जे काही नीतीनियम निश्चित केले गेले त्यावर निरनिराळ्या संहिता नंतरच्या काळात संकलित केल्या गेल्या. मंदिरशास्त्रासाठी अपराजितप्रच्छ हा ग्रंथ तसेच प्रासादमंजिरी हे ग्रंथ प्रभाशंकर ओडवजी सोमपुरा ह्यांनी लिहीलेले आहेत. विष्णूधर्मोत्तर पुराण व राजा सोमेश्वराचे मानसोल्लास हे ग्रंथ आज आपल्याला ह्या तीनही कलाशाखांचे नीतीनियम विवरण

करतात.

मानसोल्लातील एक श्लोक आपणाला 'चित्रकारस्वरूप' दाखवतो.

‘प्रगल्भैः भावकैः तज्जैः

सूक्ष्मरेखा विशारदैः।

विधीनिर्माण कुशलैः

पत्रलेखन कोविदैः॥

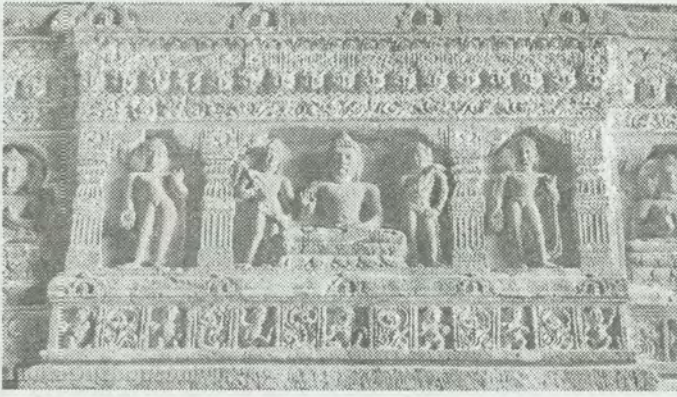
वर्णपूरेण रक्षैश्च

वीरणेच कृतश्रमैः।

चित्रकैः लेखयश्चित्रम

नानारस समुद्भवम्॥’

चित्रकार हा प्रगल्भ असे भाव जाणण्यात सुज्ञ, सूक्ष्मरेखाटण करण्यात विशारद निर्मितीमध्ये कुशल, पत्रलेखन म्हणजे मनामधील भाव संकल्पना विवरण करण्याच्या शक्तीमध्ये कोविद, रंगसंगतीमध्ये दक्ष व केलेल्या गोष्टी रसिकाच्या मनावर ठसवणारा असावा. अशा चित्रकाराने नवरस



उत्पन्न करणारी चित्र योजना करावी.

अर्जिठ्याची भिक्तीचित्रे पाहताना श्लोकाची नेहमी आठवण येते. कारण ते सर्व चित्रकार असेच होते.

भारतीय चित्रकला ज्या सहा अंगांवर आधारित आहे ते षड्ग आपल्याला कामसूत्रावर केलेल्या जयमंगलाच्या टीकेमध्ये मिळते.

‘रूपभेदं प्रमाणानि,
भाव, लावण्य योजनम्।
सादृश्यं, वर्णिकाभंगम्
अेतद् चित्रम् षडांगकम्॥

ही सहा अंगे म्हणजे भारतीय चित्रकलेचा प्राण!

रूपभेद - रूपभेद म्हणजे रूपारूपातील भेद. एका रूपाहून दुसरे रूप निराळे. त्यात कितीतरी गोष्टींचा समावेश आहे. सुरूप-कुरूप, उंच, बुटका, काळा, गोरा, हसरा-रागीट, हडकुळा, गलेलड्ड, स्वकीय-परकीय, क्षत्रिय, ब्राह्मण, वैश्य, शुद्र असे चार वर्ण,

राजा आणि रंक हे सर्व रूपारूपातील भेद चित्रकाराला दाखवता आले पाहिजेत.

प्रमाण - प्रमाणाच्यासाठी हात किंवा वितस्तीचे प्रमाण मानले आहे. येथे सुरूवात होते तीच मुळी

८ परमाणू = १ त्रसरेणू (सूर्यप्रकाशाच्या तिरीपेमध्ये दिसणारा धूलिकण)

८ त्रसरेणू = १ लिक्षा (लिख)

८ लिक्षा = १ युका (अू)

८ युका = १ यव (जव)

८ यव = १ अंगुल (बोटाचे पेर)

१२ अंगुले = १ हस्त (= वितस्ति = वीत) = ताल

१ हस्त = १ शीर

८ शीरे = १ पुरुष

अशी मानवी शरीराची प्रमाणे निश्चित केलेली आहेत. मनुष्याचा चेहरा १२ अंगुलांचा शिराच्या केसांपासून ते भुवयांपर्यंत चार अंगुले, भुवयांपासून नाकाच्या शेवटपर्यंत ४ अंगुले व तेथून हनुवटीपर्यंत चार अंगुले

तसेच समोरून दिसणारा चेहरा नाकावर ओळंबा ठेवला तर दोन्ही कानांच्या पक्षसूत्रांमधे अंतर १२ अंगुले. अशा समोरून दिसणाऱ्या चेहऱ्याला ऋजू असे म्हणतात. (पासपोर्टसाठी लागणारा दोन्ही कान दिसणारा फोटो). चेहरा थोडा वळवला तर ८ व ४ अंगुले तर तो अर्धजू. १० अंगुले व २ अंगुले म्हणजे साची. ११ व १ अंगुल म्हणजे अर्धाक्षी व फक्त ओळंबा दिसतो ती भित्तिका (Profile). पुरुषाचे शरीर अष्टतालाचे, देवांचे दशतालांचे व वामनअवतारामध्ये ते सप्ततालाचे असे ठरते.

भाव - भरतमुनींच्या नाट्यशास्त्रामध्ये भाव प्रकटीकरणासाठी चेहेऱ्यावरील भाव-मुद्रांद्वारे दाखवले जाणारे भाव वर्णन केले आहेत. त्याची व्याप्ती फार मोठी आहे. रती, हास्य, शोक, क्रोध, उत्साह, भय, जुगुत्सा, विस्मय, निर्वेद, ग्लानी, शंका, असूया, मद, मत्सर, आळस, दैव्य, चिंता, मोह, स्मृती, धृती, क्रीडा, चापल्य, हर्ष, आवेग, जडता, गर्व, विवाद, उत्सुकता, निद्रा, अपस्मार, सृष्ट, विबोध, उग्रता, मति, व्याधि, उन्माद, मरण, त्रास, वितर्क व सात्विक.

ह्या शिवाय एक हाताने होणाऱ्या असंयुत २४ मुद्रा व दोन हातांच्या १३ मुद्रा ह्या शिवाय आसनांद्वारे पण भाव व्यक्त होतात.

लावण्ययोजनम् - लावण्याची व्याख्या आजमितीपर्यंत कुणीही करू



शकलेला नाही. कारण 'लावण्य कशात आहे?' हा प्रश्न फार अवघड आहे. भारतीय कलेमध्ये गोलाकारामध्ये लावण्य आहे हे नक्की. गोलाकारी चेहरा, स्त्रियांचे गोलाकारी अघ्रयव ही सौंदर्य स्थळे आहेत. उगवता गोल सूर्य अन् पौर्णिमेचा गोल चंद्र आपल्याला नेहमीच सुखावत आला आहे. ह्या गोलाकारांबरोबरच कवी व साहित्यिकांच्या उपमा आणि उत्प्रेक्षा ह्यांनी पण सृष्टीतील साम्यस्थळे शोधून निरनिराळी आरोपणे सौंदर्य दाखविण्यासाठी केलेली आहेत. मीनाक्ष-हरिणाक्ष, डाळींबासारखे ओठ, चाफेकळीसारखे नाक, धनुष्याकृती



कमलवनात आलेला आहे. हंसाच्या कळपातील बोधिसत्व महाहंस व त्याचा सुमेध नावाचा भाऊ हे पारध्याच्या दोन्ही हातांवर स्वतःच येऊन बसतात व बाकीचे हंस भीतीपोटी उडून जातात हा विषय त्या चित्रकाराने इतका उत्तम तऱ्हेने चित्रित केला आहे की रघुनाथ पंडिताच्या “तदितर खग भेणे वेगळाले पळाले” ह्या नलाख्यानांतील प्रसंगाचीच आठवण होते. प्रत्येक हंस हा कसेबसे करून उडून जाण्याच्या प्रयत्नात दिसतो. त्या प्रत्येक हंसाच्या डोळ्यांमध्ये भीतीचा भाव स्पष्टपणे दिसतो. अन् मग लक्षात

भुवया, हस्तकमल, पदकमल ह्या सर्वच गोष्टींचा उपयोग कलाकार नेहमीच करित आला आहे.

सादृश्य - सादृश्य म्हणजे काय?
वज्रराजाने विचारलेल्या प्रश्नाला मार्तंडऋषि उत्तर देतात की ‘दर्पण प्रतिबिंबवत्.’ विष्णूधर्मोत्तर-पुराणात ह्याचा उल्लेख आहे. चित्राला लांबी आणि रुंदी असते पण खोली नसते. खोलीचा आभास असतो. आरश्यामधील प्रतिबिंबाचेही तसेच असते. अजिंठ्याच्या १७ क्रमांकाच्या गुंफेतील महाहंस जातकामधील एका प्रसंगाचे चित्रण ३' x १२' च्या भिंतीवर केलेले आहे. महाराणी क्षेमाने स्वप्नात बघितलेल्या महाहंसाला घेवून येण्यासाठी एक पारधी

येते की ही भिंत नसून आरसाच आहे व त्यात समोरच्या दरीमधील दृश्य आपण बघतो आहोत असे ‘दर्पण प्रतिबिंबवत्’.

वर्णिकाभंगम् - वर्णिका म्हणजे वर्णांची छटा. त्याचे आयोजन रंगांचे आयोजन करण्यासाठी रंगांचे विरोधाभास, रंगाची उधळण, रंगांमुळे चित्राचा राखलेला तोल हे महत्त्वाचे. अजिंठ्याच्या पद्मपाणीच्या चित्रात रंगांचा तोल सांभाळण्यासाठी चित्रकाराने फारच मोठे ‘वर्णिकाभंग’ साधलेले आहे. पद्मपाणीची आकृती ज्या हिरव्या तुकड्यांच्या पार्श्वभूमीवर दाखवली आहे तो सर्व हिरवा रंग एकाच छटेचा आहे परंतु रसिकाची दृष्टी वरती फिरत त्याच्या डोक्याच्या वर जाते तेथील हिरवा रंग अस्पष्ट

आकाश मार्गाने उडत जाणारी अप्सरा हिचा श्यामवर्ण, काळ्या केसांचा डोक्यावर बांधलेला अंबाडा, त्यावर बांधून ठेवलेला पांढरा साफा. त्या पारदर्शक कापडावरील पांढरी फुले, डोक्यावरून लोंबणारा मोत्यांचा सर व गळ्यातील मौक्तिक माला व मोत्यांचे गोफ, मानेवर गोफ बांधून ठेवणाऱ्या दोन रिबिनी. अप्सरेची गती दाखवण्यासाठी मौक्तिक माला व रिबिनी विरूद्ध दिशेला उडताना दाखवल्या आहेत. हातांमध्ये झांजा दाखवल्या आहेत. अप्सरेच्या कोरीव भुवया मत्स्याकृती नेत्र, सरल नासिका व कानातील कुंडले खूपच छान आहेत.



होवू नये म्हणून त्या महानचित्रकाराने पद्मपाणीच्या मुगुटामागील हिरव्या तुकड्यावर काळ्या रंगांचे ठिपके (बिंदूजाती = स्टीपलींग) रंगवून त्या हिरव्या रंगाची प्रत बाकीच्या हिरव्या रंगाच्या बरोबरीने आणली आहे. तसेच पद्मपाणीच्या सेवकाचा काळ्या रंगाचा चेहरा रंगवून त्याचा तोल डाव्या बाजूस असणाऱ्या त्याच्या स्त्रीचे शरीर सावळ्या रंगाने रंगवून साधलेला आहे.

अशी ही षडांगांवर आधारलेली भारतीय चित्रकला. त्या चित्रकलेचा इतिहास. आपणांस अजिंठ्याच्या गुंफांमध्ये इसवी सनापूर्वी २०० वर्षांपासून ते ६-७ व्या शतकापर्यंत मिळतो. गुप्तकाळातील ही चित्रकला तिचे सर्वोत्कृष्ट स्वरूप प्रकट

करते.

अजिंठा लेण्यांच्या समुहात एकंदर ३० गुंफा आहेत. इ.स. पूर्व २०० वर्षांच्या गुंफा क्रमांक ९ व १० अशा आहेत आणि ती दोन्ही स्तूप भवने आहेत गुप्तकाळातील १-२-१६-१७-१९ व २६ ह्या महत्त्वाच्या गुंफा आहेत. १-२-१६-१७ गुंफांमध्ये भारतीय चित्रकला मोठ्या प्रमाणावर बघावयास मिळते. १९ व २६ मधून शिल्पकला दृग्गोचर होते. इ.स.पूर्व २०० मधील गुंफा क्रमांक १० मध्ये त्यावेळची चित्रकला आजही आपणास आनंद देते. षडदंत जातकातील एक प्रसंग इथे आहे. चित्रकाराच्या निरीक्षण शक्तीचे व रेखाटनाचे आजही आश्चर्य वाटते. चित्रातील हत्तीचा



कळप वडाच्या झाडाखाली क्रिडा करताना दाखवला आहे. हत्तीच्या रेखाटनांमध्ये अचूकपणा आहे. हत्ती समोरून सोडावर घेतलेला रेखाटला आहे. हत्ती उभे राहण्याच्या सर्व बाजूंच्या रेखाटनांमध्ये 'रूपभेद' दिसतो.

अजिंठ्याच्या गुंफा ह्या भ्रमणेरी दीक्षा घेतलेल्या बौद्धभिक्षुंसाठी केलेल्या वर्षामास निवास म्हणून आहेत. काश्मिर ते कन्याकुमारी अथवा अटक ते कटक पर्यंत बौद्धधर्माचा प्रसार करण्यासाठी भ्रमणेरी दीक्षा घेतलेले भिक्षू सतत भटकत असत. पावसाळ्यामध्ये त्यांच्या भ्रमण करण्याच्या कार्यात अडथळा येत असे म्हणून पावसाळ्याचे चार महिने भटकंती करणाऱ्या भिक्षूंनी ते जेथे असतील तेथे थांबून आपापसातच धर्मचर्चा करावी असे ठरवले गेले. अन त्यामुळे राजे, महाराजे, व्यापारी

व सामान्य माणसांनी भिक्षूंच्या सोयीसाठी ही आश्रयस्थाने बांधली. बांधकामापेक्षा दगडात कोरून काढलेली लेणी ही कुठेही तयार करता येतात असे अशोक कालीन बिहार मधील 'लोमेश ऋषींच्या' आश्रमामुळे लक्षात आल्याने महाराष्ट्राच्या सह्याद्री-विंध्याद्री पर्वतामध्ये ही लेणी कोरली गेली. भारतातील एकूण २००० गुंफांपैकी महाराष्ट्रातच १२०० गुंफा कोरल्या गेल्या आहेत.

बौद्धधर्माच्या न्हासानंतर ह्या गुंफांचा उपयोग कुणी करेनासे झाल्यामुळे अजिंठ्यासारख्या गुंफापण विस्मृतीत गडप झाल्या. १८१९ मध्ये मद्रास रेजिमेंटमधील एका युरोपियन अधिकाऱ्याला तो वाघाच्या शिकारीसाठी भरकत असताना दहा क्रमांकाची गुंफा सर्व प्रथम दिसली. जवळ

जवळ ११०० वर्षांच्या कालावधीनंतर अजिंठ्याच्या लेणी पुन्हा उजेडात आल्या.

अजिंठ्याच्या लेण्यांची महती तिच्यामध्ये असलेल्या भिक्ती-चित्रांमध्ये आहे. वर्षामासवासाचे चार महिने भिक्षु येऊन राहणार त्यांना तेथे राहण्यासाठी लेणी आहेतच परंतु बुद्धाचे स्मरण करून पूजन करण्यासाठी गर्भगृहात पद्मासनातील धर्मचक्रप्रवर्तन मुद्रेतील बुद्धमूर्तीपण आहेत. धर्मचर्चा करण्यासाठी विशाल अशी सभागृहे आहेतच, शिवाय बुद्ध भिक्षू व आजूबाजूच्या गावातील येणाऱ्या माणसांसाठी गुंफांमध्ये सभोवारच्या भिंतीवर जातककथांचे चित्रण आहे. जातककथा म्हणजे बुद्धाने अर्हतपद मिळविण्याआधी घेतलेल्या ५७८ जन्मांच्या कथा. त्या प्रत्येक कथेमध्ये बुद्धाने त्या त्या जन्मात ज्या १० पारमितांचे अध्ययन केले त्यांच्या कथा.

१) दान २) शील ३) उपेक्षा ४) नैष्कर्म्य ५) प्रज्ञा ६) वीर्य ७) शांती ८) सत्य ९) अधिष्ठान व १०) मैत्री या त्या दहा पारमिता. ध्यान, प्राणायाम योग साधनेपेक्षा समाजोपयोगी कार्य करणे हेच उद्दिष्ट. त्यामुळे सर्व गुंफांमध्ये जातक कथांचीच चित्रणे काढलेली आहेत. क्रमांक दोनच्या गुंफेत डाव्या बाजूच्या विशाल भिंतीवर बुद्धजन्माची कथा आहे.



वाकाटक राज घराण्यातील रूद्रसेनाचा विवाह चंद्रगुप्त (दुसरा) याच्या मुलीशी, प्रभावती गुप्त हिच्याशी झाला. रूद्रसेनाच्या मृत्युनंतर त्याच्या मुलांच्या शिक्षणाची जबाबदारी कवीश्रेष्ठ कालीदासावर सोपवण्यात आली. त्यामुळे गुप्तांच्या कलांचा परिणाम अजिंठ्याच्या शिल्पकला व चित्रकलेवर झाला कारण कालीदासाचे वास्तव्य ह्या भागात बरीच वर्षे होते. रामटेकवर जाऊन 'मेघदूत' देखील तेथेच रचले गेले. गुंफा क्रमांक १६ मध्ये आपणास हे प्रकर्षाने जाणवते. कालिदासाला प्रिय असलेला त्याच्या आधीचा कवी अश्वघोष. त्याच्या काव्यातील काही कल्पना व श्लोक कालिदासाने आपल्या काव्यात पण उपयोगात आणल्या आहेत. त्यामुळे वाकाटकांच्या अमात्याने खोदवलेल्या १६ व्या क्रमांकाच्या

इंद्राचा ताफा - गुंफा क्रमांक १७ च्या बाहेर पूर्वी पद्मपाणी बोधिसत्वाचा चित्रपट होता आता तेथे फक्त पद्मपाणीचा मुकुटाचा थोडासा भाग व त्याला अभिवादन करण्यासाठी आकाशातून भ्रमण करणारा इंद्राचा ताफा फक्त दिसतो. अजिंठ्याच्या चित्रपटांमध्ये अभावानेच आढळणारा निळा रंग येथे मात्र भरपूर प्रमाणात वापरलेला दिसतो. निळ्या आकाशाच्या पार्श्वभूमीवर उडत जाणारा इंद्र, त्याचे तंतुवाद्य घेतलेले यक्ष, झांजा, मृदुंग बासऱ्या वाजवणाऱ्या अप्सरा. प्रत्येक आकृतीचे पाय दुमडून दाखवल्यामुळे त्या आकाशातून उडत जाताना भासतात.



विहारात आपणास कवी अश्वघोषाच्या दोन प्रसिद्ध काव्यांचे 'सौंदर्य' व 'बुद्धचरित' हे चित्रपट दिसतात. गाभाऱ्यातील बुद्धमूर्ती पण प्रलंब पादावस्थेत दिसते.

अजिंठ्याच्या चित्रकलेचे वैशिष्ट्य म्हणजे चित्रकारांनी षडांगांचे तंतोतंत पालन केलेले तर आहेच परंतु त्याचबरोबर भिंतीचित्रे रंगवताना कथेमध्ये व्यक्त अंतराची कल्पना लक्षात घेऊन रंगवलेले प्रसंग. ह्याचे उत्तम उदाहरण गुंफा क्रमांक दोनमध्ये चित्रित केलेले विदुरपंडित जातक.

भिंतीचित्रे रंगवण्यासाठी सर्व प्रथम पाहाडाच्या भिंतीला छीनी हातोड्याने मुद्दाम

खडबडीत केलेले दिसते व त्यावर मातीचा वज्रलेप फळीने ठोकून सर्व भिंत सपाट केलेली दिसते. साधी माती + बारीक रेती + गाईचे शेण व दूध + गवताची बारीक कुट्टी ह्या पासून वज्रलेप तयार करित असत. साध्या मातीला तडे जाऊन नयेत म्हणून बारीक रेती. गाईचे शेण व दूध हे मार्तला पक्के करण्यासाठी (Fixative) व गवताची बारीक कुट्टी मातीच्या थराला एकत्रितपणे बांधण्यासाठी म्हणून (Reinforcement) ह्या वज्रलेपावर शंखभस्माचा पाट्टरा थर (दूध+पाण्यात) देत असत व त्यावर नंतर गेरूच्या रंगाने बाह्यरेषा काढत असत.



शंखभस्माच्या पातळसर थरावर गेरूच्या रंगानी रंगवलेल्या चित्रपटातील आकृतीच्या बाह्यरेषा.

षडदंत जातकातील दृश्य गुंफा क्र. १७

वज्रलेपाची माहिती 'मानसोल्लास' ग्रंथात मिळते.

रंगवण्यासाठी जे रंग वापरले आहेत त्यात १) गेरूचा विटकरी २) अजिंठाच्या पहाडामध्ये Terraverte नावाचा Copper Oxide चा थर मिळतो तो म्हणजे हिरवा ३) काजळाचा काळा. ४) हळदीचा पिवळा ५) आळत्याचा लाल ६) शंखभस्माचा पांढरा. ७) निळा रंग हा लॅपीझ लाझुली नावाच्या खड्यापासून करत. हा अफगाणिस्तान वा ग्रीस देशात मिळावयाचा. क्वचित काश्मिरमधील सरोवरांमधील नीळ मिळे. त्यामुळे अजिंठ्यामध्ये निळ्या रंगाचा

वापर फारच कसोशीने केला आहे. हल्ली जसा सोन्याचा रंग वापरतात तसा. हे सर्व रंग खलांमध्ये कुटून रगडून तयार करित असत. ही सर्व भस्मे असल्यामुळे त्यावर ऊन, वारा, पाऊस पाण्याचा कधीही परिणाम होत नसे.

भित्तीचित्रांची पडझड मुख्यपणे पहाडातील सांध्यांच्या फटीमधून पावसाचे पाणी वज्रलेपामागच्या बाजूला झिरपल्यामुळे वज्रलेपच मेणाहून मऊ होऊन पडल्यामुळे झाली आहे. आता गुंफांच्या वरील भागात पहाडातच सलग नाली कोरून पावसाच्या पाण्याला बाजूला सोडून दिले आहे.

गुंफा क्रमांक एक मधील पद्मपाणी, वज्रपाणीची काळी राणी, महाजनक जातक, मार विजय गुंफा क्रमांक २ मधील बुद्धजन्म कथा व विदुरपंडित जातक गुंफा क्रमांक १६ मधील सौंदरनंद व बुद्धचरित व गुंफा क्रमांक १७ मधील १९ रंगपट ही एवढी भिक्तीचित्रे आजही माणसाला मोहित करतात.

गुप्तकाळातील भिक्तीचित्रासारखी चित्रे मध्यप्रदेशातील वाघ या ठिकाणी असलेल्या बौद्धगुंफामध्ये मिळतात. इ.स.च्या ६व्या ७व्या शतकातील ९ गुंफामधून ही भिक्तीचित्रे आढळतात. हत्तीची मिरवणूक हे त्यातील

एक प्रसिद्ध चित्र आहे. मिरवणूक पहाण्यात गर्क झालेल्या स्त्रियांची व प्रेक्षागारात पायऱ्यांवर बसलेल्या स्त्रियांची चित्रे येथे आढळतात.

इ.स. ५७८ मधील बदामी येथील गुंफामध्ये पण भिक्ती चित्रांचे अवशेष दिसतात.



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



पद्मपाणी बोधिसत्व : अंकाच्या कव्हर ४ वर पहा. गुंफा क्रमांक एक मध्ये मागील प्रदक्षिणापथाच्या उजव्या बाजूस हे चित्र साडे ९ फूट X ६ फूट उंचीचे आहे. पद्मपाणी बोधिसत्व म्हणजे पुढे होणारा बुद्ध, त्रिभंग अवस्थेतील हा पद्मपाणी चित्रपटाच्या मध्य भागात उभा आहे त्याच्या सभोवती हिऱ्याच्या कांदणाप्रमाणे डाव्या बाजूस त्याचा सेवक वर्ग, डाव्या भागाच्या वरील भागात त्याला अभिवादन करण्यासाठी आलेले

यक्षगंधर्व किन्नर व इंद्राचा ताफा (तो संपूर्णपणे उध्वस्तावस्थेत आहे.) पहाडातील मोर, वानरे ही उजव्या बाजूच्या वरील भागात व उजव्या बाजूच्या खालील बाजूला पद्मपाणीची पत्नी व तिच्या सख्या अश्या रंगविल्या आहेत की त्यामुळे पद्मपाणी हा जास्त उठून दिसतो. पद्मपाणीच्या भोवताली पहाडातील पाषाणाचे चौरस खंड व त्यात पसरलेली वनश्री ही लाल व हिरव्या रंगाच्या वापरामुळे खूपच छान दिसते. पद्मपाणीचा मुगुट, त्याचे खांद्यावर रूळणारे केस, गळ्यातील रत्नहार व मोत्यांनी खच्चून भरलेले यज्ञोपवित पद्मपाणीच्या धनुष्याकृती भुवया, टपोरे डोळे, सरल नासिका, नासाग्रचित्त दृष्टी हे सर्व चित्रकाराने असे रंगवले आहे की तो चित्रपट बघत असताना तेथून पाय निघतच नाही.

पाठांतर की अनुभूती

लेखक : हेमंत लागवणकर

आठवीच्या विज्ञानाच्या पाठ्यपुस्तका- मध्ये विद्युतधारा हा धडा आहे. या धड्यात वेगवेगळ्या विद्युत घटांचं वर्णन दिलेलं आहे. विद्यार्थ्यांना विद्युत घटांची ओळख व्हावी, हा यामागचा उद्देश आहे. पाठ्यपुस्तकांच्या समकेंद्री पद्धतीप्रमाणे पुढच्या इयत्तांमध्ये ह्याच घटांचं कार्य, त्यांच्यामध्ये होणाऱ्या रासायनिक अभिक्रिया, या घटांचा प्रत्यक्ष उपयोग असे विविध घटक समाविष्ट करण्यात आले आहेत.

आठवीच्या धड्यात वेगवेगळ्या विद्युतघटांबरोबरच लेकलॅंशे विद्युतघटांचं सुद्धा वर्णन दिलेलं आहे. पण पुस्तकात या घटांचं फक्त वर्णनच दिलेलं आहे. पण, हा विद्युतघट कसा दिसतो, त्याची रचना नेमकी कशी असते, हे स्पष्ट होण्यासाठी या विद्युतघटांचं एखादं छायाचित्र किंवा आकृती मात्र पुस्तकामध्ये दिलेली नाही.

हा धडा शिकवताना लेकलॅंशे विद्युतघटाची ओळख व्हावी म्हणून मी जेव्हा विद्यार्थ्यांना काचेच्या बरणीतला हा विद्युतघट प्रत्यक्ष दाखवला, तेव्हा हा घट किंवा सेल बघितल्यावर

मुलांची पहिली प्रतिक्रिया अशी होती, “असा एवढा मोठा सेल असतो?”

मुलांनी आत्तापर्यंत केवळ पेन्सिल सेल किंवा त्याच्यापेक्षा थोडा जाड असलेला सेलच बघितलेला असतो. त्यामुळे अशा प्रकारचा सेल किंवा विद्युतघट असतो; आणि त्याचा आकार इतका मोठा असू शकतो, हे त्यांच्या कल्पनेपलिकडचं असतं. लेकलॅंशे विद्युतघट किंवा त्याचं छायाचित्र पाहिलेलं नसताना ह्या विद्युतघटाची ओळख मुलांना व्हावी आणि हा घटक त्यांना समजावा, अशी चुकीची अपेक्षा आपण बाळगतो. आपल्या शिक्षण-पद्धतीमध्ये विषय समजण्याची मोजपट्टी ‘परीक्षेतले विद्यार्थ्यांचे मार्क’ ही असल्यामुळे मार्क मिळवण्यासाठी विद्यार्थी पुस्तकात छापलेल्या वाक्यांची मग केवळ घोकंपट्टी करतात.

एखादा विषय न समजणं आणि न समजल्यामुळे त्या विषयात रुची निर्माण न होणं, या गोष्टींची सुरुवात ही अशी होते. शब्दात व्यक्त केलेल्या मजकुराचा अर्थ प्रत्येक जण ज्याच्या त्याच्या कल्पनेप्रमाणे आणि



आकलनशक्तीप्रमाणे लावत जातो. हा अर्थ लावत असताना अमूर्त गोष्टींना आपल्या मनामध्ये मूर्त स्वरूप देताना अनेकदा गडबड होते. अशा गडबडीमुळे एक तर चुकीच्या संकल्पना मनात घट्ट रुजून बसतात, नाहीतर ह्या संकल्पना अमूर्त अवस्थेतच राहतात.

ही समस्या दूर करण्यासाठी शिक्षकांनी थोडा पुढाकार घेऊन आपली अध्यापन पद्धती सुधारणं आवश्यक आहे. शिक्षकांना यासंदर्भात प्रशिक्षण देणं आणि जे शिक्षक ही अभिनव अध्यापन पद्धती वापरत आहेत, अशा शिक्षकांना येणाऱ्या वेगवेगळ्या अडचणी दूर करण्यासाठी भारत सरकारच्या विज्ञान आणि तंत्रज्ञान विभागाच्या 'विज्ञान प्रसार' या संस्थेतर्फे यासंदर्भात खास शिक्षकांसाठी कार्यशाळांचं आयोजन करण्यात येतं. महाराष्ट्रात अशा कार्यशाळा आयोजित करण्याची जबाबदारी डोंबिवलीच्या 'न्यास' या स्वयंसेवी संस्थेकडे सोपविण्यात आली आहे. वेगवेगळ्या कृतींमधून आणि प्रयोगांमधून विज्ञान शिक्षण कसं दिलं जाऊ शकतं, हे या कार्यशाळेमधून शिक्षकांना दाखवलं जातं. या कार्यशाळेत कशाप्रकारे प्रयोग केले जातात, याचं एक उदाहरण आपण पाहू या. 'प्रकाश' हा धडा शिकवताना शिक्षक फळ्यावर एक रेघ काढतात, त्या रेघेच्या एका टोकाला बाण काढतात आणि म्हणतात, "समजा, हा एक प्रकाशकिरण आहे."

किती गंमतीशीर विधान आहे ! काळ्या रंगाच्या फळ्यावर पांढऱ्या रंगाने काढलेल्या बाणामुळे मुलांना प्रकाशकिरण म्हणजे नेमकं काय, हे स्पष्ट होतं का ? जेव्हा मी मुलांना विचारतो की, तुम्ही पाहिला आहे का प्रकाशकिरण ? तेव्हा त्यांचं उत्तर असतं, "हे काय, या खोलीत जे पसरलेत त्यांनाच म्हणायचं प्रकाशकिरण !" मुलांच्या मनात 'प्रकाश' आणि 'प्रकाशकिरण' या संज्ञांमध्ये झालेली गल्लत यातून लक्षात येते. पूर्वी कौलारू चाळी किंवा घरं असायची. कौलांच्या बारीक फटीमधून उन्हाची तिरीप यायची. पण, हा अनुभव शहरातल्या मुलांना नसतो. म्हणूनच प्रकाशकिरण म्हणजे काय, याचा प्रत्यक्ष अनुभव देण्याची जबाबदारी शिक्षकावर येते. त्यासाठी पारदर्शक काचेच्या चपट्या बाटलीमध्ये थोडासा साबण मिसळलेलं पाणी घेऊन लेझर टॉर्चचा प्रकाश टाकल्यावर प्रकाशकिरण म्हणजे काय, हे प्रत्यक्ष बघायला मिळतं. विशेष म्हणजे, अशा प्रकारे प्रकाशकिरण दाखवण्यासाठी वर्गात अंधार करण्याची मुळीच गरज पडत नाही. हा प्रयोग प्रत्यक्ष करून दाखवल्यामुळे "समजा, हा एक प्रकाशकिरण आहे", असं म्हणून फळ्यावर खडूने बाण काढून दाखवावा लागत नाही. हीच साधनसामग्री वापरून प्रकाशाचे अपवर्तन आणि प्रकाशाचे पूर्ण आंतरिक परावर्तन ह्या संकल्पना मुलांना प्रत्यक्षात

दाखवता येतात.

सहावी-सातवीपासून मुलं चुंबकांबद्दल शिकत असतात. पण वेगवेगळ्या प्रकारचे चुंबक हाताळण्याची आणि त्यांचे गुणधर्म प्रत्यक्ष तपासून पहाण्याची संधी जोपर्यंत त्यांना मिळत नाही, तोपर्यंत 'एक चुंबकपट्टी घ्या, ती लाकडी स्टँडच्या मदतीने दोऱ्याने टांगा, स्थिर झाल्यावर ती उत्तर दक्षिण दिशा दाखवते.....' हे सगळं वर्णन केवळ छापील अक्षरांमध्येच विद्यार्थ्यांसमोर येत राहतं. पुस्तकातलं हे वर्णन वर्गात वाचून दाखवल्यावर शिक्षक मुलांना विचारतात, "काय रे, समजलं का सगळ्यांना?" आता असा प्रश्न विचारणं म्हणजे, एखाद्या सिनेमाचं स्क्रिप्ट वाचायला देऊन 'कसा काय वाटला सिनेमा, आवडला की नाही?' असं विचारण्यासारखं आहे.

अल्बर्ट आईनस्टाईन यांनी एके ठिकाणी म्हटलं आहे, "मी लहान असताना माझ्या वडिलांनी मला होकायंत्र दाखवले होते. त्या होकायंत्रातली चुंबकसूची नेहमीच उत्तर - दक्षिण दिशेत स्थिर रहायची. चुंबकसूचीच्या ह्या गुणधर्मांमुळे मी आश्चर्यचकीत झालो आणि हा अनुभव माझ्या मनावर कायमचा कोरला गेला." मुलांना असे प्रत्यक्ष अनुभव देऊन पुस्तकातली अक्षरं मनावर कोरण्याचा प्रयत्न करण्याची गरज आहे.

शिक्षकांनीसुद्धा असे शैक्षणिक अनुभव



देण्याची संधी सोडता कामा नये. अर्थात, त्यासाठी फार कष्ट घेण्याची, त्रास सहन करण्याची आवश्यकता नसते. गरज असते ती इच्छाशक्तीची! उदाहरणार्थ, ग्रहणं आणि त्यांचे प्रकार विद्यार्थी पुस्तकामध्ये शिकतात. पण, त्यांनी प्रत्यक्षात सूर्यग्रहण पाहिलेलं नसतं. जर सूर्यग्रहण दिसणार असेल तर आजकाल अनेकजण ते टी.व्ही.वर बघतात. १५ जानेवारीला झालेल्या सूर्यग्रहणाच्या वेळी असाच एक वेगळा अनुभव आला. सूर्यग्रहणाला सुरुवात झाल्यावर आजूबाजूच्या काही मुलांना मी सोलर फिल्टरमधून सूर्यग्रहण बघायला बोलावलं. हे विद्यार्थी सूर्यग्रहण बघताहेत, हे पाहून उत्सुकतेने समोरच असलेल्या शाळेतले २०-२५ विद्यार्थी ग्रहण बघायला आले. त्यांना हा अनुभव इतका अविस्मरणीय वाटला की, त्यातले अनेक जण तांबडतोब

घरी गेले आणि आपले बहिण - भाऊ, शेजारी, इतर मित्र यांना सूर्य ग्रहण बघायला घेऊन आले. दुर्दैवाने माझ्याकडे दोनच सोलर फिल्टर होते; पण, सूर्यग्रहणाच्या त्या साडेतीन चार तासांच्या काळात २०० पेक्षा जास्त लोकांनी सूर्यग्रहण प्रत्यक्ष पाहिलं. त्यांच्यामध्ये विद्यार्थ्यांपासून ते वयोवृद्धांपर्यंत सगळ्या व्यक्तींचा समावेश होता. विशेष म्हणजे, हे सगळेजण आपणहून सूर्यग्रहण बघायला आले होते. समाजातल्या प्रत्येकाला, मग ते विद्यार्थी असोत, युवक असोत किंवा वयोवृद्ध असोत; सूर्यग्रहण प्रत्यक्षात कसं दिसतंय हे पहाण्याची उत्सुकता असते, हा अनुभव सूर्यग्रहणाच्या दिवशी आला. पण आयुष्याच्या विविध टप्प्यांवर वेगवेगळ्या कारणांखाली ही उत्सुकता दाबून टाकली जाते. त्यामुळे सूर्यग्रहण, उल्कावर्षाव, एखादा धूमकेतू दिसणार असेल, तर अशा गोष्टी पहाण्याची आणि इतरांना दाखवण्याची संधी चुकवता कामा नये. कारण, अशा संधी आयुष्यात वारंवार येत नाहीत.

सध्याच्या पाठ्यपुस्तकांचा जर बारकाईने अभ्यास केला तर असं आढळतं की, कृती अध्यापनावर जास्त भर देण्यात आला आहे. वेगवेगळे प्रयोग, उपक्रम, प्रकल्प पुस्तकात समाविष्ट करण्यात आले आहेत. आता संपूर्ण देशभर समान राष्ट्रीय अभ्यासक्रम राबविण्याच्या दृष्टीने सुरुवात होणार आहे. त्यामुळे मुलांना सक्षम अनुभव देणं गरजेचं

ठरणार आहे. यासाठी वेगवेगळे लहान लहान आणि सोपे प्रयोग करणं, पाठ्यपुस्तकात वर्णन केलेली उपकरणं मुलांना प्रत्यक्षात दाखवणं, निरनिराळ्या शैक्षणिक साधनांचा उपयोग करणं अपरिहार्य आहे. वरवर विचार करता वर्गामध्ये प्रत्यक्ष अशा पद्धतीने शिकवणं कदाचित अवघड वाटेल; दिलेल्या वेळेत पाठ्यक्रम शिकवून पूर्ण होणार नाही, अशी शंकाही काही जणांच्या मनात येईल. पण, वेगवेगळ्या प्रकारचे चुंबक मुलांना प्रत्यक्ष हाताळायला देऊन चुंबकत्व हा धडा चांगल्या प्रकारे आणि कमी वेळेत शिकवता येतो, हा माझा अनुभव आहे.

महत्त्वाचं म्हणजे, मुलांना प्रत्यक्ष कृतीमधून शिकवल्याने पुस्तकात दिलेल्या संकल्पना समजतात; आणि त्याहूनही महत्त्वाची गोष्ट म्हणजे, मुलांसाठी 'शिक्षण प्रक्रिया' नीरस न होता तो एक आनंददायक अनुभव ठरतो. अर्थात, शिक्षणाचा असा आनंददायी आणि सक्षम अनुभव मुलांना देण्याचं काम हे केवळ शाळेतल्या शिक्षकांचंच नसून त्यामध्ये पालकांचंही योगदान असणं तितकंच आवश्यक आहे, हेसुद्धा विसरता कामा नये.

▲▲

लेखक : हेमंत लागवणकर, विज्ञान शिक्षण शिक्षक प्रशिक्षण क्षेत्रात अनेक वर्षे काम. अनेक पुस्तके प्रसिद्ध. मो. : ९८२०९३८७५९

गणितातील गंमत

लेखक : नागेश मोने

प्रत्येक विषयात काहीना काही गमतीचा भाग असतो. अंकगणित, बीजगणित, भूमिती, त्रिकोणमिती या शालेय स्तरावरील गणित भागांमध्ये गंमत आढळतेच. अर्थात गणित तज्ज्ञांच्या दृष्टीने यातील काही बाबी या फुटकळ अथवा क्षुल्लक स्वरूपाच्या असू शकतात.

१, ३, ६, १०, १५.... या प्रकारच्या संख्यांना त्रिकोणी संख्या म्हणतात. १ आणि २ ची बेरीज ३ आहे. १, २ आणि ३ ची बेरीज ६ आहे. १, २, ३ व ४ ची बेरीज १० आहे. या संख्या टिंबांच्या साह्याने त्रिकोणाची आकृती तयार करतात म्हणून त्रिकोणी संख्या.

जसे $३ = \begin{matrix} \bullet \\ \bullet \bullet \\ \bullet \bullet \bullet \end{matrix}$, $६ = \begin{matrix} \bullet \\ \bullet \bullet \\ \bullet \bullet \bullet \\ \bullet \bullet \bullet \bullet \end{matrix}$, याप्रमाणे.

आता गंमत पहा. या मालिकेतील कोणत्याही क्रमागत दोन संख्यांची बेरीज वर्ग संख्या असते. जसे $१+३=४$, $३+६=९$ याप्रमाणे. म्हणजे त्रिकोणी संख्यांच्या साह्याने वर्ग संख्यांची निर्मिती. आणखी दोन तीन गुणधर्म पाहूया.

- या मालिकेतील ३ वगळता सर्व संख्या

संयुक्त (म्हणजे विभाज्य) संख्या आहेत. म्हणजे एकमेव ३ हीच संख्या मूळ संख्या आहे.

- कोणत्याही पूर्ण वर्ग संख्येनंतर येणारी त्रिकोणी संख्या असे एकमेव युगुल म्हणजे ९, १० आहे!
- भिन्न त्रिकोणी संख्यांच्या बेरजेने दाखविता येणार नाही अशी मोठ्यात मोठी संख्या म्हणजे ३३ आहे.

१ आणि ३ या क्रमागत त्रिकोणी संख्या आहेत. १ चा वर्ग १ व ३ चा वर्ग ९ आहे. यांची बेरीज १० येते आणि १० ही त्रिकोणी संख्या आहे. तेव्हा दोन क्रमागत विषम त्रिकोणी संख्यांच्या वर्गांची बेरीज ही त्रिकोणी संख्या मिळते. अशी १ व ३ ही एकमेव जोडी आहे.

अंकगणितातील गमतीचे आणखी एक उदाहरण पाहूया. २, ४, ८, १६, ३२, ६४.... या अनुक्रमे २ च्या १, २, ३, ४, ५, ६.... घात केल्यानंतर मिळणाऱ्या संख्या आहेत. २च्या घातात मांडता न येणारी संख्याच क्रमागत संख्यांच्या बेरजेने मांडता येते.

उदा. ३ ही रचा घात नसणारी संख्या आहे.
 $३ = १ + २$ लिहिता येतात. ७ ही संख्या रचा पूर्णांकी घात नसणारी संख्या आहे.
 $७ = ३ + ४$ होतात.

$$७२ = २३ + २४ + २५,$$

$$९८ = २३ + २४ + २५ + २६$$

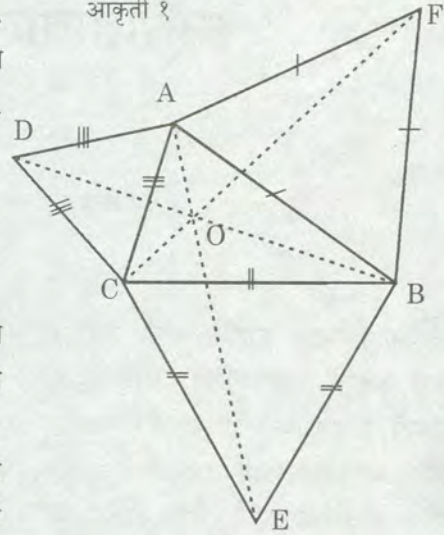
ही आणखी काही उदाहरणे.

अर्थात या गंमतींच्या मागे गणितीय सिद्धता असावी लागते अन्यथा अशा गुणधर्मांना अंदाज (क्यास) असे म्हणतात.

भूमितीतील एक आनंद देणारे प्रमेय आता आपण पाहू. या प्रमेयाची सिद्धता आपण अभ्यासणार नाही. शालेय स्तरावर आपण त्रिकोण म्हणजे काय, त्रिकोणांचे गुणधर्म, त्यांचे प्रकार याचा अभ्यास करतो. ΔABC मध्ये बाजू BC, CA आणि AB वर बाहेरच्या बाजूने आपण ΔEBC , ΔDCA आणि ΔFAB असे समभुज त्रिकोण काढले आणि बिंदू E, D आणि F अनुक्रमे बिंदू A, B आणि C यांना जोडले तर EA, DB आणि FC हे तीनही रेषाखंड एकरूप असतात. या गुणधर्माला नेपोलियनचा गुणधर्म म्हणतात. विशेष म्हणजे हे तीनही रेषाखंड एकसंपाती असतात! प्रत्यक्ष आकृती काढून, कर्कटकाच्या साह्याने ही बाब तुम्ही पडताळून पाहू शकता. आकृती (१) पहा. ACE व DCB हे एकरूप दाखवून तुम्ही सिद्धतेचा विचार करू शकता.

विशेष म्हणजे OA, OB आणि OC या

आकृती १

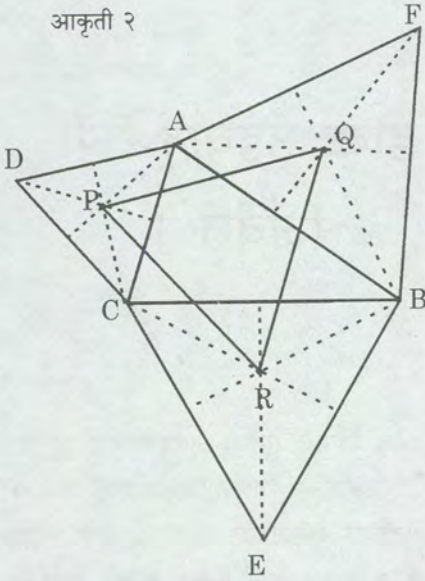


अंतरांची बेरीज ही सर्वांत कमी असते. म्हणजे O खेरीज Δ च्या अंतर्भागातील कोणत्याही बिंदूचे शिरोबिंदूपर्यंतचे अंतर एकत्र केले तर अधिक भरते.

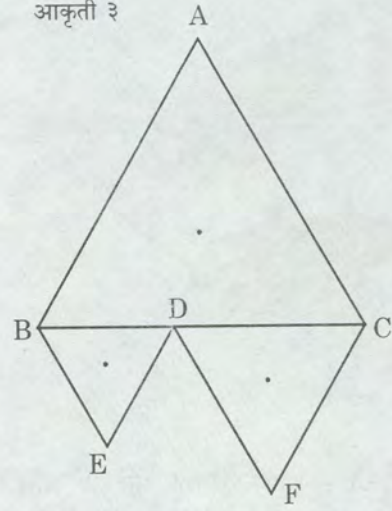
आणखी एक विशेष म्हणजे AOC, BOC, BOA हे कोन प्रत्येकी १२० अंशांचे असतात. त्यात भर म्हणजे एकरूप कोन करणारा O हा एकमेव बिंदू असतो. आकृती काढून पडताळून पहा. गमतीचा भाग संपलेला नाही.

ΔFAB , ΔEBC व ΔDCA या तीनही त्रिकोणांचे मध्यगा संपात बिंदू जोडले तर तयार होणारा Δ हा समभुज Δ असतो! मध्यगा संपात बिंदू म्हणजे Δ च्या तीनही मध्यगा जिथे एकत्र येतात तो बिंदू. आकृती (२) पहा. ΔPQR हा समभुज त्रिकोण आहे.

आकृती २



आकृती ३



समभुज ΔABC च्या (आकृती ३) बाजू BC वरील बिंदू D घेऊन BD वर व DC वर समभुज Δ काढले आहेत. ΔBDE व ΔDCF हे दोन समभुज त्रिकोण आहेत. या Δ चे मध्यगासंपात ΔABC चा मध्यगासंपात यांनी तयार होणारी आकृती समभुज Δ ची असते!

जर एखाद्या Δ च्या बाजूंवर आपण समरूप Δ काढले तर त्या प्रत्येक Δ चा मध्य (मध्य म्हणजे मध्यगा संपात अथवा कोनदुभाजक संपात अथवा शिरोलंब संपात)

जोडला तर मिळणारा त्रिकोण समरूप त्रिकोणांशी समरूप असतो!

असे का घडते, याची गणिती सिद्धता अभ्यासणाऱ्यांनाही गणितात गंमत असते याची खात्री मिळते. पहा प्रयत्न करून.



लेखक : नागेश शंकर मोने, कांतीलाल शहा प्रशाला सांगली येथे मुख्याध्यापक, गणित अध्यापक मंडळाचे काम करतात.

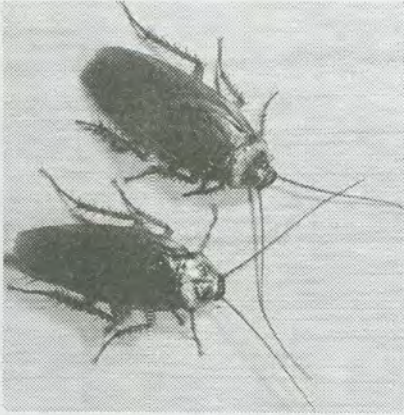
फोन : ९२२६२८३२०३.

हिंदी - संदर्भ

हिंदी संदर्भची वार्षिक वर्गणी रुपये १०० आहे.

पत्ता : एकलव्य, संपादन चक्रर रोड, मालाखेडी, होशंगाबाद-४६१००९

वितरण : एकलव्य, इ-७, एचआयजी, ४५३, अरेरा कॉलनी, भोपाळ-४६२०१६



डोके उडवले तरी जिवंत !

झुरळे - शाश्वततेसाठी अतिशय प्रसिद्ध असणारी, अगदी अण्वस्त्रांच्या लढाईतसुद्धा ज्यांची जास्तीत जास्त जगण्याची शक्यता आहे असे हे जीव!

काही जाणकार मंडळींचे म्हणणे आहे की झुरळे डोके उडवले तरी जगू शकतात. आता खरंच असे सिद्ध झाले आहे की ही खरीच वस्तुस्थिती आहे. ताज्या पाण्यातील छोटे मासे सुद्धा डोक्याशिवाय काही आठवडे जगू शकतात.

झुरळे आणि तत्सम कीटक हे डोक्याशिवाय कसे जगू शकतात हे समजून घेताना मनुष्य प्राणी मात्र डोक्याशिवाय का जगू शकत नाही हे समजून घेणे जरूरीचे आहे.

पहिली गोष्ट म्हणजे मानववंशाच्या शिरच्छेदाने किंवा डोके नसण्याने प्रथम रक्ताची कमतरता निर्माण होते. रक्तपुरवठ्याचा दाब कमी कमी होत जातो.

तसेच मरेपर्यंत तुमचा रक्तपात होत रहातो.

ह्यात भर म्हणजे, मनुष्यप्राणी नाक व तोंडावाटे श्वसनक्रिया करीत असतो आणि ही अति महत्त्वपूर्ण क्रिया मेंदूद्वारे नियंत्रित होत असते. त्यामुळे मनुष्यप्राण्याचा शिरच्छेद केला तर मनुष्याच्या श्वासाचीच क्रिया थांबून जाईल. शिवाय डोके असल्याशिवाय माणूस खाऊच शकत नाही.

मनुष्यप्राण्यांत शरीरभर रक्तपुरवठा लहान लहान केशवाहिन्यातून केला जातो. सर्वत्र या रक्तातूनच प्राणवायू पुरवला जातो. इतके पसरलेले केशवाहिन्यांचे जाळे - त्याला रक्तपुरवठा करण्यासाठी रक्ताचा दाब बराच जास्त हवा. झुरळामध्ये लहान केशवाहिन्यांचे जाळे खूप कमी - त्यामुळे रक्ताचा दाबही खूप कमी असतो. त्यामुळे मान कापली तरी झुरळाचा रक्तस्राव रक्त गोठून आपोआप बंद होईल. माणसासारखा अमर्याद रक्तस्राव होणार नाही.

तसेच, झुरळाचे सर्व अवयव

त्यांच्यावरील गोल छिद्राद्वारे श्वासोच्छ्वास करतात. मेंदू ही क्रिया चालवीत नाही. अवयवांना या श्वसनातून थेटपणे प्राणवायू मिळतो - माणसासारखा रक्तातून नव्हे.

तसंच, झुरळ हा थंड रक्ताचा प्राणी आहे. त्यामुळं गरम रहाण्यासाठी शक्ति खर्च करण्याची त्याला गरज नाही आणि त्यामुळे त्याला फार कमी अन्नाची गरज असते. फक्त एका जेवणावर ती कित्येक आठवडे जिवंत राहू शकतात. जोपर्यंत झुरळांना खाणारा प्राणी त्यांना खात नाही तोपर्यंत ते आरामात शांतपणे जगतील आणि इकडे तिकडे दिसत राहतील.

कीटकशास्त्रज्ञ ख्रिस्तोफर टीपींग यांनी अमेरिकेत अनेक प्रयोग केले. झुरळांची अक्षरशः डोकी उडविली. मायक्रोस्कोपखाली या झुरळांचे निरीक्षण व अभ्यास केला. ही झुरळे सुकू नयेत म्हणून या झुरळांच्या जखमा मेणाने बंद केल्या. काही झुरळे एका जारमध्ये

कित्येक आठवडे जशीच्या तशी टिकून राहिली!

झुरळे आणि इतर कीटक यांच्याकडे अनेक पेशींचे समूहच्या समूह असतात. शरीराच्या प्रत्येक भागामध्ये मज्जा पेशींचे समूह विभागलेले असतात. शरीराच्या ज्या निरनिराळ्या प्रतिक्रिया असतात त्या मज्जापेशींच्या या कार्यावर अवलंबून असतात आणि ही सर्व कार्ये पेशींच्या समूहावर अवलंबून असतात. त्यामुळे डोक्याशिवाय अतिशय साध्या साध्या प्रतिक्रियांचे कार्य सुरळीत चालू शकते. ही झुरळे स्पर्श व हालचालीला प्रतिक्रिया देऊ शकतात.

डोक्याशिवाय फक्त शरीर जगू शकते असे नाही. तर नुसते डोकेसुद्धा कार्यरत राहू शकते. स्वतःच्या डोक्यावरील 'अँटीना' निर्जीव होईपर्यंत कित्येक तास पुढे मागे हलू शकतो. इतकंच काय जर काही जीवनसत्त्वे पुरवली व फ्रीजमध्ये ठेवले तर झुरळाचे डोके खूप काळ जिवंत राहू शकते!

▲▲



सारांशिक अमेरिकन नोव्हें २००७ मधून साभार

लेखक : जोसेफ कुंकल, चार्ल्स क्यू चोई

अनुवाद : स्वाती फडके

चेजिंग द मान्सून

पुस्तक परिचय : प्रियदर्शिनी कर्वे

अलेक्झांडर फ्रेटर यांनी जन्मल्या जन्मल्या जो पहिला आवाज ऐकला तो पावसाचा- विषुववृत्तीय प्रदेशामध्ये बदाबदा कोसळणाऱ्या पावसाचा. नैऋत्य प्रशांत महासागरातल्या एका छोट्याश्या बेटावरच्या मिशनरी हॉस्पिटलमध्ये अलेक्झांडरचा जन्म झाला. त्यांच्या आईचे बाळंतपण त्यांच्या वडिलांनीच केले, कारण तेच त्या हॉस्पिटलमधले एकमेव डॉक्टर होते. मूळच्या स्कॉटिश असलेल्या डॉ. फ्रेटर यांना एकच शौक होता - हवामानाच्या नोंदी घेणे. अलेक्झांडरचा जन्म झाला त्या दिवशी ७ तास १२ मिनिटांच्या कालावधीत २.१ इंच पाऊस पडला होता, हे त्यांच्या नोंदीवरून अलेक्झांडरला जाणत्या वयाचा झाल्यानंतर कळले.

अतिशय बेभरवशाचे हवामान असलेल्या ठिकाणी आणि हवामानाच्या नोंदी ठेवणाऱ्या, एकंदरीतच हवामानाबाबतच्या माहितीत रस घेणाऱ्या वडिलांच्या सान्निध्यात लहानाचे मोठे झाल्यामुळे हवामानाच्या वैशिष्ट्यांमध्येच अलेक्झांडरलाही रस निर्माण झाला नसता तरच नवल.

पुढे जाऊन अलेक्झांडरने लेखणी हातात धरली, आणि विशेषतः अनवट ठिकाणी

प्रवास करून त्या प्रवासांमधल्या अनुभवांवरती लेखन करून बऱ्यापैकी नावलौकिकही मिळवला. वयाच्या चाळिशीत लंडनमधल्या एका डॉक्टरच्या वेटिंग रूममध्ये भेटलेल्या एका भारतीय जोडप्याकडून मान्सूनचे वर्णन ऐकल्यानंतर अलेक्झांडर फ्रेटरना एक भन्नाट कल्पना सुचली - भारतात येऊन मान्सूनचा पाठलाग करायचा.

साधारण १ जूनच्या सुमारास नैऋत्य मोसमी पाऊस केरळात पोचतो. तिथून पश्चिम किनाऱ्या किनाऱ्याने मार्गक्रमणा करत तो वर वर सरकतो, आणि साधारण जून अखेरीस किंवा जुलैच्या सुरुवातीला दिल्लीत पोचतो. दुसऱ्या बाजूने साधारणतः ५ जूनच्या सुमारास बंगालच्या उपसागरावरून ईशान्य मोसमी पाऊस कोलकत्यामध्ये प्रकट होतो, आणि वर ईशान्य भारतात जातो. मेघालयातील चेरापुंजी इथे जगातल्या इतर कोणत्याही ठिकाणापेक्षा जास्त पाऊस पडतो.

पृथ्वीच्या वातावरणाच्या वेगवेगळ्या भागांमध्ये वेगवेगळ्या वेळी होणाऱ्या अनेक घडामोडींचा एकत्रित परिणाम म्हणजे दरवर्षी चार महिने भारताच्या विविध भागात

बरसणारा मोसमी पाऊस. जगभरातल्या वातावरणातल्या अनेक घडामोडी एकत्रित रित्या मान्सून घडवत असल्याने पाऊस नेमका कधी आणि किती पडणार, याचा अंदाज बांधणे अतिशय अवघड आहे. पण या लहरी मान्सूनवर भारताचे समाजकारण, अर्थकारण आणि राजकारणही अवलंबून आहे.

१९८७ साली मे महिन्याच्या शेवटच्या आठवड्यात अलेक्झांडर फ्रेटर त्रिवेंद्रमला आले. पावसाच्या मागोमाग गोवा, मुंबई, दिल्ली असा प्रवास केल्यानंतर भारतीय लाल फितीच्या कारभारातून महत्प्रयासाने वाट काढून त्यांनी चेरापुंजीचा पाऊसही अनुभवला. या साऱ्या प्रवासावर आणि त्यातल्या अनुभवांवर त्यांनी लिहिलेले पुस्तक आहे - चेसिंग द मान्सून किंवा मोसमी पावसाचा पाठलाग.

हे पुस्तक नुसते प्रवास वर्णन नाही, पण तरीही अलेक्झांडर ज्या ज्या ठिकाणी गेले त्या ठिकाणांची वैशिष्ट्ये त्यांनी नेमकेपणाने मांडली आहेत. हे पुस्तक व्यक्तिचित्रणात्मकही नाही, पण तरीही अगदी रस्त्यावरच्या माणसापासून ते सरकारी अधिकाऱ्यांपर्यंत आणि टॅक्सीवाल्यापासून वैमानिकापर्यंत भारतीय जनमानसाचे अगदी मार्मिक चित्रण या पुस्तकात केले आहे. यात मोसमी पावसाबाबतची शास्त्रीय माहिती अतिशय रंजकतेने मांडलेली आहेच, पण त्याबरोबरच पावसाशी निगडित अंधश्रद्धा,

समज, चालरीती इत्यादींचेही तितक्याच गांभीर्याने आणि रसाळपणे वर्णन केले आहे. हवामानाच्या आणि विशेषतः मोसमी पावसाचे अंदाज बांधण्याच्या शास्त्राचा इतिहासही या पुस्तकात अधून मधून भेटतो, त्याचबरोबर भारतातील साहित्य व इतर कलांवरील मोसमी पावसाच्या प्रभावाचीही चर्चा अधून मधून होते.

अलेक्झांडर फ्रेटर यांनी पूर्ण पुस्तक अतिशय तटस्थतेने केवळ निरीक्षकाच्या भूमिकेतून लिहिले आहे. त्यांनी कोठेही स्वतःचे फारसे भाष्य केलेले नाही, तर जे त्यांनी पाहिले, अनुभवले, ते जसेच्या तसे वाचकांसमोर मांडले आहे. २०१० साली १९८७ सालच्या भारतातील विशेषतः दळणवळण व संपर्क व्यवस्थेची वर्णने वाचल्यावर केवळ सुमारे २५ वर्षांत आपली परिस्थिती किती आमूलाग्र बदलली आहे, हे मला प्रकर्षाने जाणवले. त्याचबरोबर सरकारी कार्यालयांतील अनुभवाची वर्णने वाचल्यावर इतर बऱ्याच क्षेत्रात काडीचाही बदल झालेला नाही, किंवा असलाच तर तो आणखी अधोगतीकडे जाणारा आहे, असेही वाटले.

पुस्तक नक्कीच संग्रही ठेवून पुन्हा पुन्हा वाचावे, आणि इतरांनाही वाचायला द्यावे असेच आहे. एक झलक म्हणून अलेक्झांडर फ्रेटर यांच्या पावसाच्या पाठलागातला एक दिवस पुढे पहा.



पावसाचा पाठलाग

पुस्तक अंश

लेखक : अलेक्झांडर फ्रेटर • अनुवाद : मीना कर्वे

१० जून

९ जूनच्या 'इंडियन पोस्ट' मध्ये बातमी होती की आजच्या संध्याकाळच्या हवामान खात्याच्या अंदाजानुसार नैऋत्य मान्सून मुंबईकडे कूच करतो आहे म्हणजेच आता पुढील ३ महिने इथे पावसाचा मुक्काम राहिल.' आज हवा ढगाळ असेल व जोरदार पाऊस पडेल अशी शक्यता वर्तवण्यात आली होती. त्या बाबतीत, बरेच जण साशंक होते. तरीही काल मुसळधार पाऊस झाला होता आणि जर हवामान खात्याचा अंदाज बरोबर असेल तर तो पाऊस शहरावर तसाच बरसत रहायला हवा. त्रिवेंद्रम आणि कोचीनला जितक्या जोरात पाऊस धडकलेला

मी पाहिला होता तसाच तो मुंबईलाही धडकणार की काय ह्याबाबत मला कुतूहल होतं, अन् म्हणून माझ्या मनाचं समाधान करून घेण्यासाठी मी कुलाब्याच्या हवामान खात्याच्या कचेरीकडे जाण्यासाठी टॅक्सी पकडली.

जागोजागी पाणी साठल्यामुळे पुरासारखी परिस्थिती निर्माण झाली होती म्हणून आम्हाला वळसा घेऊन जावे लागत होते. तसा तो प्रवास उल्हासित करणाराच होता. अधूनमधून समुद्र दिसत होता. मान्सून सुरू झाल्यामुळे मच्छीमारांनी आपल्या बोटी किनाऱ्यावर आणून ठेवलेल्या दिसत होत्या. आता त्याच बोटींमध्ये आपल्या रहाण्याची सोय करण्यात ते गुंतले होते. टॅक्सी थांबवून मी उत्सुकतेने ते बघण्यासाठी खाली उतरलो. खडकांवर बोटींचे नांगर विसावले होते. वाळूपासून बोटी जरा उंचावर घेतल्या होत्या. आता बोटीवर बांबू आडवे टाकून त्यावर

चेसिंग द मान्सून

प्रकाशक : पिकाडोर इंडिया

लेखक : अलेक्झांडर फ्रेटर

किंमत : २७५/- रुपये

छप्पर घालण्यात मच्छिमार गुंतले होते. छप्पर बोटीच्या बरेच बाहेर काढून घेतल्यामुळे कुणालाही त्या छपराखाली सहजपणे उभे रहाता येणार होते. शिडाखाली लोखंडी भांडीकुंडी आणि विटांच्या मांडलेल्या चुलींनी स्वयंपाकघर तयार झालं होतं.



पावसापासून बचाव करण्यासाठी चहूबाजूंनी तट्ट्याच्या भिंती उभारून सुरक्षित जागा तयार झाली होती आणि ह्या रहायच्या जागेत शिडीवरून जाण्यायेण्याची सोय केली होती.

अर्धी चड्डी घातलेल्या एका तरूण माणसाने त्याच्या डुगडुगत्या शिडीवरून मला वर बोलावलं. मी वर गेलो. एक बाई आणि ३ लहान मुलं तिथे गाद्या-उशा अंधरण्यात गुंतली होती. तिथेच काही पितळेची भांडी होती आणि चक्क ताजी फुलं ठेवलेली फुलदाणीसुद्धा होती! अर्धवट काढून ठेवलेल्या डिझेल इंजिनावर एक आरसा ठेवला होता. तिथे जरी माशांचा आणि डिझेल-ऑईलचा वास भरून राहिला होता तरी त्या भागाला छानसं घराचं स्वरूप यायला लागलं होतं.

फुलदाणीतल्या फुलांचा रंग जांभळा-पांढरा होता. पावसाळ्याच्या आधी आठवडाभर ह्या लिलींचा बहर येतो. ही फुलं पावसाच्या आगमनाची जणू सूचनाच देणारी असतात. परत टॅक्सीत बसल्यानंतर

मी टॅक्सी चालकाला ह्याबद्दल विचारलं, पण त्याच्या मते ह्या फुलांचा पावसाच्या येण्याशी तसा काही फारसा संबंध नाही. त्याचं सगळं लक्ष पाणी तुंबलेल्या रस्त्याकडे, वरचेवर होणाऱ्या वाहतूक कोंडीकडे, बंद पडणाऱ्या गाडीकडे, गाडी परत सुरू होण्याच्या अडचणीकडेच होतं. पावसाळ्यात दमट हवेमुळे गाड्यांचं गंजणं, प्रवाशांच्या ओल्या कपड्यांमुळे गाडीच्या सी टस ओल्या होणं आणि प्रवाशांच्या ओल्या छत्र्यांमुळे गाडीत पायाशी पाणी साठणं ही त्याची एक मोठी डोकेदुखीच होती. ह्या पुढच्या ३ महिन्यात त्याच्या वायपर्सची मोटर एक-दोनदा तरी जळण्याची शक्यता होतीच! त्यामुळेच तो म्हणाला, 'हे दिवस मुंबईत अजिबात चांगले नसतात. मान्सून म्हणजे हमखास कुणाचं तरी मरण येणारच! आज सकाळीच पहिला मृत्यू झाला. कालच्या पावसामुळे अफगाण चर्चजवळ एक मोठी शिळा घसरली आणि एका बाईचा बळी घेऊन गेली.

आम्ही वेधशाळेच्या ऑफिस जवळ आलो तेव्हाही हवा दमट आणि कुंद होती. हवेत एक प्रकारचा गूढ, गढूळ, निळसरपणा भरलेला होता. वेधशाळेच्या इमारतीभोवती भरपूर झाडी होती आणि पावसानंतरच वास बागेत भरून राहीला होता. आत प्रवेश केल्यावर 'इंडियन ओशन फ्लोअर' अशी पाटी मला दिसली. स्वागत कक्षातील व्यक्तीला 'आपण समुद्राच्या तळावर उभे आहोत असं समजायचं का' असं मी म्हटल्याबरोबर त्याने काही न बोलता बोटाने मला दुसरी पाटी दाखवली. त्यावर 'Meteorology in the Service of Mariners' असं लिहिलं होतं. मी त्याला तिथल्या प्रमुखांपैकी कोणी भेटू शकेल का असं विचारलं. त्याने व्हि.पी. बॅनर्जीची भेट मिळते का हे बघण्यासाठी फोन उचलला अन् मी माझ्या अवतीभवती काय आहे ते बघू लागलो. तेवढ्यात एक तरुण स्वतःच्या अॅटलासची चौकशी करत तिथे आला. ते ऐकून मला एकदम लंडनमधील रॉयल सोसायटीची आठवण झाली.

३०० वर्षांपूर्वी रॉयल सोसायटीने मान्सूनमधील समुद्रातील नाविकांच्या सुरक्षिततेसाठी काय करता येईल हे ठरवण्यासाठी पहिले पाऊल उचलले. सोसायटीने 'Direction for sea-Men, Bound for far Voyages' हे पुस्तक १६६६ मध्ये प्रसिद्ध केले. नंतर कॅ. जोसेफ ह्युडार्ट

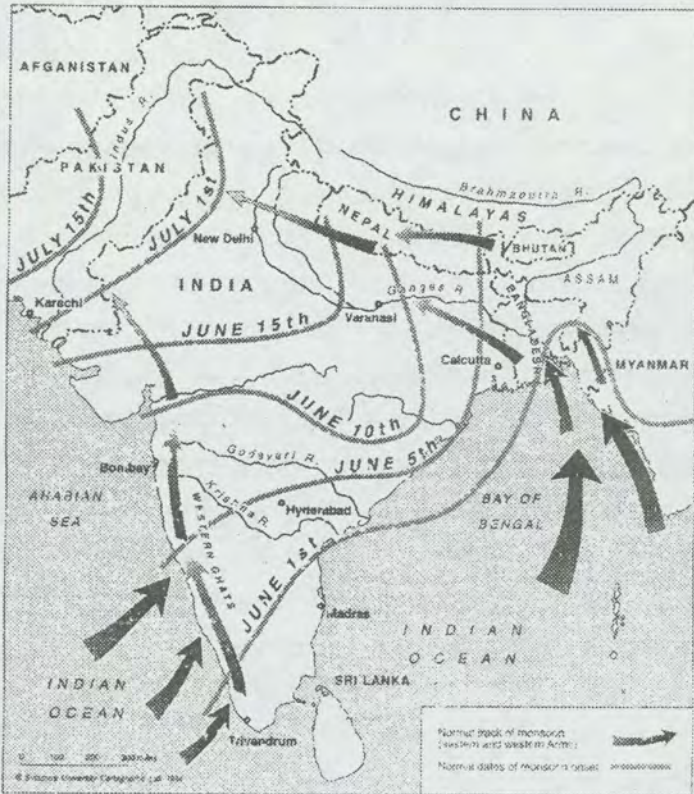
चे Oriental Navigator १७३५ मध्ये तर कॅ. जेम्स कॅपर्सचे Observation on the winds of Monsoon हे १८०१ मध्ये प्रसिद्ध झाले. तरीही रॉयल सोसायटीचे लोक तिथेच थांबले नाहीत.

भारतातील मान्सूनची घटना ही त्यांच्या दृष्टीने अतिशय गुंतागुंतीची होती. एडमंड हॅले (हॅले धूमकेतू शोधून काढणारे, न्यूटनचे मित्र आणि मान्सूनच्या वाऱ्यांच्या प्रगतीचा आलेख रेखाटणारे पहिले शास्त्रज्ञ) रॉयल सोसायटीचे सचिव होते. त्यांनी मान्सूनच्या प्रवासाचे वैज्ञानिक दृष्टीकोनातून स्पष्टीकरण देण्याचा प्रयत्न केला. सूर्याच्या किरणांचा हवा आणि पाणी ह्यावर कसा परिणाम होतो ह्याचा त्यांनी सखोल अभ्यास केला आणि त्यांनी ह्या संदर्भात केलेल्या संशोधनाने रॉयल सोसायटीच्या इतर शास्त्रज्ञांना प्रेरित केले. जॉर्ज हेडली ह्यांनी आपल्या संशोधनातून कोरिऑलिस बलामुळे (Coriolis force) पृथ्वीवर उलथा-पालथ घडून येते आणि त्याची परिणती मान्सूनमध्ये होते, असा निष्कर्ष काढला.

दुसऱ्या शास्त्रज्ञांनीही त्या कोड्यातील दुवे जोडण्याचा प्रयत्न केला. १८१७ मध्ये अलेक्झांडर फॉन हुम्बोल्ट ह्यांनी वैश्विक उष्णतेची जगभर होणारी वाटणी ह्या मुद्याकडे लक्ष वेधले. प्रशियन मिटिऑरॉजीकल इन्स्टिट्यूटचे संस्थापक हाइनरिझ डोव्हे ह्यांनी दक्षिण गोलार्धातून वहाणाऱ्या उन्हाळ्यातील

व्यापारी वाऱ्यांच्या परिणामांचे संशोधन केले. U.S. नेव्ही डेपोच्या नकाशे आणि साधने ह्या विभागाचे प्रमुख कॅ. मॅथ्यू फाउंटन मरे ह्यांनी बंगालच्या उपसागरात प्रवास करणाऱ्या ११,६९७ नाविकांनी गोळा केलेल्या माहितीवरून परिश्रमपूर्वक काही निष्कर्ष काढले होते, पण ते चुकीचेच ठरले. त्यांच्या मते नैऋत्य मान्सून हा उत्तरेला सुरू होतो आणि त्याचा प्रवास प्रतिदिवशी १५ ते २० मैल दक्षिणकडे होऊ लागतो.

स्वागतकक्षातील व्यक्तीने व्ही.पी.बॅनर्जी मला भेटतील असं सांगितलं. मी माझी वही काढून बॅनर्जीशी बोलायला लागलो. तेव्हा मला ते काही माझ्याशी बोलायला उत्सुक वाटले नाहीत. मी त्यांच्याशी फक्त हस्तांदोलन करून त्यांना शुभेच्छा द्यायला आलोय असंच त्यांना बहुतेक वाटलं असावं. मी त्यांची मुलाखत घ्यायला आलोय ह्याची त्यांना कल्पना नसावी अन् म्हणूनच माझा पहिला प्रश्न ऐकून त्यांनी मोठ्याने उसासा टाकला.



‘मुंबईवर नक्की केव्हा मान्सून धडकतो?’

‘८ जूनला’ ते म्हणाले.

‘पण काल म्हणजे ९ ता. ला तुम्ही म्हणालात की तो आज किंवा उद्या म्हणजे १० किंवा ११ तारखेला येईल?’

‘तुम्ही अहवालाचा चुकीचा अर्थ लावला,’ ते म्हणाले.

‘पाऊस अगदी शांतपणे आला पण नक्की आला. साधारणपणे तो अगदी गडगडाटासह मुसळधार असा येतो, पण यावर्षी फक्त जोरात आलाय.’

‘गेल्या वर्षी तो वेळेवर आला होता का?’

‘नाही, त्यावेळी तो खूपच उशीरा सुरू झाला. तेव्हा आलेल्या राक्षसी चक्रीवादळाने त्याला अरबी समुद्रातून ओमानकडे ओढून नेले. चक्रीवादळांच्या वेगावर पावसाचा प्रवास अवलंबून असतो. १९७१ मध्ये एका चक्री वादळाने मान्सूनला त्रिवेंद्रमपासून फक्त २ दिवसात इथपर्यंत आणले. कमी दाबाचा पट्टाही चांगलाच परिणाम करतो. ह्यामुळे पावसाचा जोर कमी असतो पण तो सर्वदूर आणि अधिक काळ पडत रहातो.’

‘ह्या वर्षी चांगला मान्सून असेल का?’

‘पुण्याच्या वेधशाळेच्या संचालकांच्या मते यंदाच्या जून ते सप्टेंबर मध्ये नेहमीसारखाच पाऊस पडेल.’

मी त्यांना नाविकांसाठी मुंबईची संस्था काय करते ते विचारले.

‘आम्ही मच्छिमारांना धोक्याच्या सूचना देतो. आता ह्यावेळी फक्त मोठ्याच नौकांना समुद्रात जाण्याची परवानगी असते. वादळाची सूचना देणारी ११ चिन्हे आम्ही प्रत्येक बंदरात लावलेली आहेत, पण ह्या वेळी कदाचित् त्यांची मोडतोड होण्याची शक्यता असते. म्हणून आम्ही मच्छिमारांच्या सहकारी संस्थांना त्या संबंधी सूचना देतो. दररोज, ठराविक चार वेळांना आम्ही आकाशवाणीवरून ह्याविषयी सूचना प्रसारित करतो, त्यामुळे मच्छिमार जरी समुद्रात दूरवर गेलेले असतील तरी त्यांनी त्या वेळी त्यांचा रेडिओ लावला तर त्या सूचना मिळत राहतात. जर धोका नसेल तर आम्ही तसेही सूचनांमधून सांगतो. आम्ही वर्षभर ही प्रथा पाळतो, जेणेकरून मच्छिमारांना त्या वेळी रेडिओ लावण्याची सवय होते. अर्थातच मान्सूनचा काळ हा सगळ्यात जास्त महत्त्वाचा असतो. कारण त्याच काळात चक्रीवादळाची किंवा कमी दाबाचा पट्टा निर्माण होण्याची शक्यता असते. ह्या दोन्हींचाही अंदाज आम्ही ३ ते ४ दिवस आधी वर्तवू शकतो. त्यापेक्षा जास्त आम्ही काही करू शकत नाही.’

त्यांच्या ऑफिसच्या खिडकीतून वेधशाळेचा लाकडी मनोरा दिसत होता. तसा तो मनोरा जरा ओबडधोबडच होता, रंग पिवळा आणि हिरव्या नक्षीदार बाल्कन्या. वाऱ्याची दिशा दाखवणाऱ्या

दर्शकावर एक कबूतर बसलं होतं.

‘जर चक्री वादळ येणार असेल तर तुम्ही शहराला धोक्याची सूचना कशी देता?’

‘चक्री वादळ येण्याच्या शक्यतेविषयी ४८ तास आधी व चक्री वादळ कधी पोचणार ह्याची सूचना २४ तास आधी देतो. २४ तासात ७१ ते १३० मिमि असा मुसळदार पाऊस पडणार असेल तर तशी धोक्याची सूचनाही आम्ही देतो. जर १३० मि.मि पेक्षा जास्त पाऊस पडण्याची शक्यता असेल तर आम्ही तशीही सूचना देतो.’

बॅनर्जीनी एक जांभई दिली आणि घड्याळाकडे नजर टाकली. पण हल्लीच्या मान्सूनमध्ये काही विशिष्ट ट्रेंड दिसतो आहे का असं मी विचारल्याबरोबर ते एकदम उत्साहाने बोलू लागले. म्हणजे पुढच्या भविष्यकाळात मान्सूनची स्थिती चांगली असेल का असंच तुम्हाला विचारायचंय ना? खरं सांगायचं तर मान्सूनचं चक्र ७६ वर्षांचं असल्याचा पुरावा आहे. जेव्हा सूर्याचा व्यास हा सरासरीपेक्षा जास्त असतो, तेव्हा मान्सूनची स्थितीही सगळ्यात चांगली असते. उष्ण कटिबंधाच्या (ट्रॉपिकल रिजन) प्रदेशावर सूर्याची किरणे जितकी प्रखरपणे पडतील तितकी तापमानात वाढ होते आणि त्यामुळे पाऊस जास्त पडण्यास त्याची मदत होते. १९६५ पासून आम्हाला हवी तितकी प्रखर उष्णता सूर्यापासून मिळत नाही, आणि ही स्थिती १९९० पर्यंत राहिल असा आमचा

अंदाज आहे. त्यानंतर पावसाचा जोर वाढण्याची शक्यता आहे. त्यादरम्यान जरी पाऊसमान कमी असलं तरी पाणी साठण्याचं प्रमाण मात्र वाढतं आहे. कारण मुंबईतले सगळे रस्ते आणि इमारती भोवतालच्या जागा आम्ही डांबरी आणि सिमेंटच्या केल्या आहेत. त्यामुळे जमिनीत पाणी मुरण्याची नैसर्गिक क्रियाच बंद पडली आहे.’

'Indian Ocean Floor' मध्ये खाली उतरतांना एका खोलीमध्ये मला काही उत्साही तरुण शास्त्रज्ञ व्याख्यान ऐकताना दिसले. त्यांचे शिक्षक त्यांना सागरी प्रवाहावर होणारा मान्सूनच्या वाऱ्यांचा प्रभाव, खोल समुद्रात मॉन्सूनची लक्षणे शोधणे, सरळ आणि वक्र जाणारे (meanders) प्रवाह, लाटा (eddies) आणि भोवरे (whorls) ह्याविषयी शिकवत होते. मी त्यांच्या दृष्टीआड उभा राहून ते सगळं ऐकत होतो. त्यातलं मला फारच थोडं समजलं, पण ते ऐकून एक प्रकारच्या थरारक उत्सुकतेने मी अगदी भारल्यासारखा झालो अन् तिथून निघालो.

मुंबईला मान्सूनच्या पावसाचं आगमन हे नेहमीच एक उत्सुकतेचा विषय असतो. १९४० मध्ये पं.नेहरूंनी लिहिलंय.

“मी खूप वेळा मुंबईत येऊन गेलोय, पण मुंबईला होणारं मान्सूनच आगमन मात्र मी अजून पाहिलं नव्हतं. मी बऱ्याच जणांकडून ऐकलंय अन् वाचलंय सुद्धा की



भाग आहे अन् तिथे दरवर्षी २ ते ३ फूट पाणी साचतं. शेजारी रहाणाऱ्या पोरानी तिकडे जाण्याच्या वाटेवर विटारचून एक उंचवटा केलाय. एक लहान मुलगा अधूनमधून ह्या उंचवट्यावर उभा राहून पाणी फक्त आपली पावलं बुडतील इतकंच आहे असा आभास निर्माण करत होता. ते बघून येणारा

मुंबईला पावसाचं आगमन हा एक अविस्मरणीय उत्सवच असतो. तो अगदी गाजावाजा करून येतो अन् सगळ्या शहराला आपल्या समृद्ध वर्षावाच्या भेटीने भारून टाकतो.

त्यामुळे मी मान्सूनची उत्सुकतेने वाट बघत आकाशाचं निरीक्षण करत होतो अन् कुठल्या ठिकाणी तो बरसतोय ह्याचा अंदाज बांधत होतो. काही तुरळक सरी आल्या. त्यात काहीच तथ्य नाही असं मला सांगण्यात आलं. मग मी तिकडे दुर्लक्ष करून मोठं काहीतरी घडण्याची वाट बघत बसलो. जेव्हा मी अशी वाट बघत होतो तेव्हा मला लोकांनी सांगितलं की मान्सून तर केव्हाच इथे स्थिरावलाय. मग कुठंय तो गाजावाजा, अन् कुठंय तो तेजस्वी हल्ला, ढग आणि धरतीचं युद्ध, समुद्राचं जोरदार खवळणं? मान्सून तर केव्हाच एखाद्या चोरासारखा रात्रीचा मुंबईत दाखल झालाय. आणखी एक भ्रमनिरास झाला.”

वॉर्डन रोडवर एक नैसर्गिक खोलगट

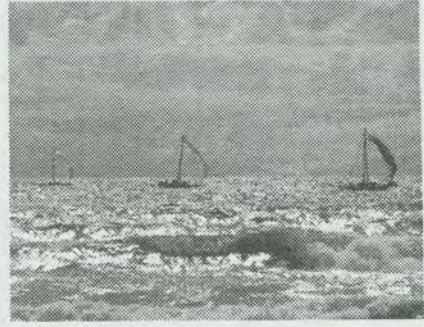
मोटरचालक बिनदिक्कत आपली मोटर त्या खड्ड्यात घालत होता. अन् त्याची गाडी हमखास बंद पडत होती. मग एकदम दबा धरून बसलेली इतर पोरं बाहेर येऊन गाडी ढकलायची तयारी दाखवत आणि त्यासाठी १० रू. चालकाकडून उकळत होते. दरवर्षी मुलं हाच डाव टाकत अन् दरवर्षी मोटरचालक हमखास शिव्या घालत त्याला बळी पडत!

दुपार अगदी कोरडी अन् आश्चर्य म्हणजे अगदी भगभगीत उजेडाची होती. पण हवा मात्र इतकी दमट होती की काड्यापेटीतली काडीसुद्धा पेदू शकत नव्हती. ब्रिटिशांनी १९२४ मध्ये बांधलेल्या भव्य अशा गेटवे ऑफ इंडियाच्या कमानीशी मी पोहोचलो. एक भिकाऱ्याचं पोर माझ्या पाठीमागे लागलंच होतं. त्याला एक नाणं देऊन मी पुढे निघालो. सागरी शेवाळ्यानी बुळबुळीत झालेल्या दगडी पायऱ्यांजवळ काही लाकडी फेरी बोटी बांधून ठेवल्या होत्या. त्यांची बांधणी जणू छोट्या सागरी बोटींसारखीच

होती. त्यांना अनेक मजले होते अन् भडक रंगात त्या रंगवल्या होत्या. त्यावर वेण्या घातलेल्या, इतरांना हुकूम सोडणाऱ्या कॅप्टनची चित्रंही होती. एका मागोमाग एक बोटी ह्या धक्क्याकडे येत होत्या. अन् मान्सूनमुळे खवळलेल्या पाण्यावर जोरात हेलकावे खात होत्या.

नंतर दोनजण खाली उडी मारून दोरखंडाने बोटी बांधत होते आणि प्रवासी खाली उड्या मारत होते. मी त्या जमावात शिरून हे थरारक दृश्य बघत होतो अन् माझे प्राण अक्षरशः कंठाशी येत होते. प्रत्येक उडी ही जणू एखाद्या वीराला शोभणारी कृतीच होती. कुठल्याही वयाच्या व्यक्ती ही कृती करत होत्या, अगदी जाडजूड मध्यमवयीन स्त्रियाही आपल्या पिशाव्या, छत्र्या सांभाळत बिनदिवकत उड्या मारत होत्या, अन् हसत हसत जिना चढून गेट वे ऑफ इंडियावर येत होत्या. अशा रीतीने माझी दुपार अगदी मजेत पार पडली होती.

समुद्रात बोटींची ये-जा चालूच होती. काही बोटींनी नांगर टाकले होते तर काही कंटेनर बोटींनी अरबी समुद्रात कूच करायला सुरुवात केली होती. माझ्या होटेलच्या रूमवर आल्यानंतर मी १७७८ साली प्रसिद्ध झालेलं East India Pilot हे पुस्तक काढलं अन् त्यातलं नैऋत्य मान्सूनच्या काळात मुंबईहून सागरीसफरी करण्याविषयीचे निर्देशन हे प्रकरण काढून वाचू लागलो. त्यात म्हटलं



होतं की 'वर्षातील ह्या काळात तुम्ही मुंबई बंदर सोडलंत की तुम्ही एकदम खवळलेल्या समुद्रात प्रवेश कराल. लाटा अगदी जोरात फुटून तुम्हाला त्याचा प्रत्यय देतील. वादळी वाऱ्याच्या वेगामुळे तुम्ही जोरात हेलकावे खात रहाणार. वारा २, ३ तर कधी कधी ४ पॉइंटने दिशा बदलण्याची शक्यता असते आणि ते सतत पडणाऱ्या पावसात नेहमीच घडते. पण तरीही तुम्ही नांगर टाकायचा विचार करू नका. ह्या वादळातून बाहेर पडण्यासाठी सर्वांत उत्तम लॉटिट्यूड ही १८ डिग्री ३० मिनिट असते.'

मघाशी जे दोन कंटेनर समुद्रात उतरले होते. त्यांनी 'Indian Ocean Floor' शी संपर्क साधला असेल का ह्याचा मी विचार करत होतो. ती दोन्ही जहाजं शहरातील १० मजली इमारती इतकी उंच होती आणि त्यांनाही नैऋत्य मान्सूनमधल्या वाऱ्यांची स्थिती व खवळलेल्या समुद्राविषयीचा तंतोतंत अंदाज प्रवास सुरू करण्यापूर्वी माहीत असण्याची गरज होती.



शैक्षणिक
संदर्भ

वार्षिक वर्गणी रु. २००/-

संदर्भ सोसायटीच्या नावे बँक ड्राफ्ट / मनिऑर्डरने पाठवावेत.

आधीच्या वर्षाचे निवडक अंक उपलब्ध.

शाळा, ग्रंथालये आणि विज्ञान शिक्षकांसाठी

सवलतीच्या किंमतीत पाठवू.

- अंक १ ते २० यातील निवडक दहा अंकांचा संच रु. १५०/-
- अंक २१ ते ४० यातील निवडक दहा अंकांचा संच रु. २००/-
- अंक ४१ ते ६० यातील प्रत्येक वर्षीचा सहा अंकांचा संच प्रत्येकी रु. १५०/-

पोस्टाने पाठवण्याचा खर्च संदर्भ सोसायटी करेल.

त्वरित मागणी नोंदवावी.

नमुना अंकासाठी संदर्भची वेबसाईट पहावी.

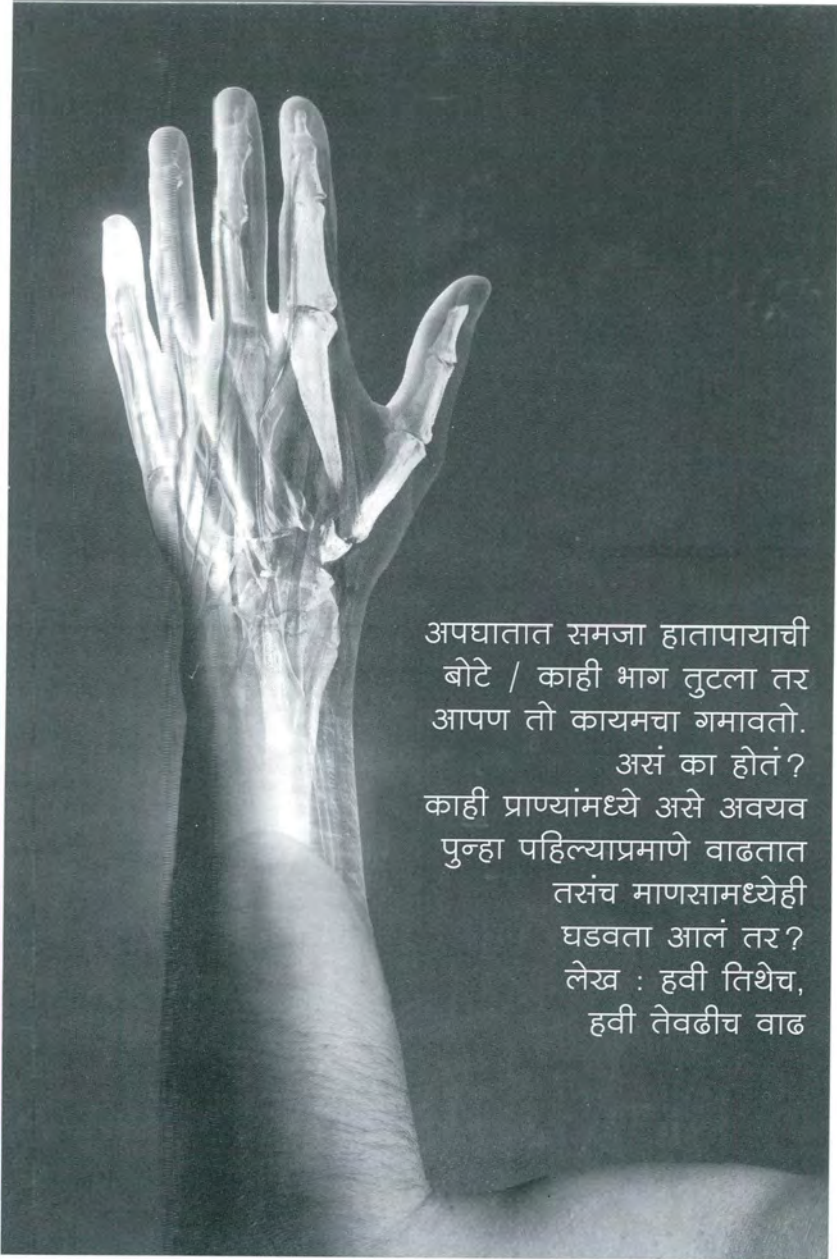
www.sandarbhociety.org

संदर्भ, १) द्वारा पालकनीती परिवार, अमृता क्लिनिक,

संभाजी पूल कोपरा, कर्वे रोड, पुणे ४११ ००४.

२) १३१/२९, वंदना अपार्टमेंट्स, ब्लॉक नं. ९, आयडियल कॉलनी,

कोथरूड, पुणे ३८. फोन : ०२०-२५४६१२६५. वेळ : १२.३० ते ४.



अपघातात समजा हातापायाची
बोटे / काही भाग तुटला तर
आपण तो कायमचा गमावतो.

असं का होतं ?
काही प्राण्यांमध्ये असे अवयव
पुन्हा पहिल्याप्रमाणे वाढतात
तरसंच माणसामध्येही
घडवता आलं तर ?
लेख : हवी तिथेच,
हवी तेवढीच वाढ

शैक्षणिक संदर्भ : जून - जुलै २०१० 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.

