

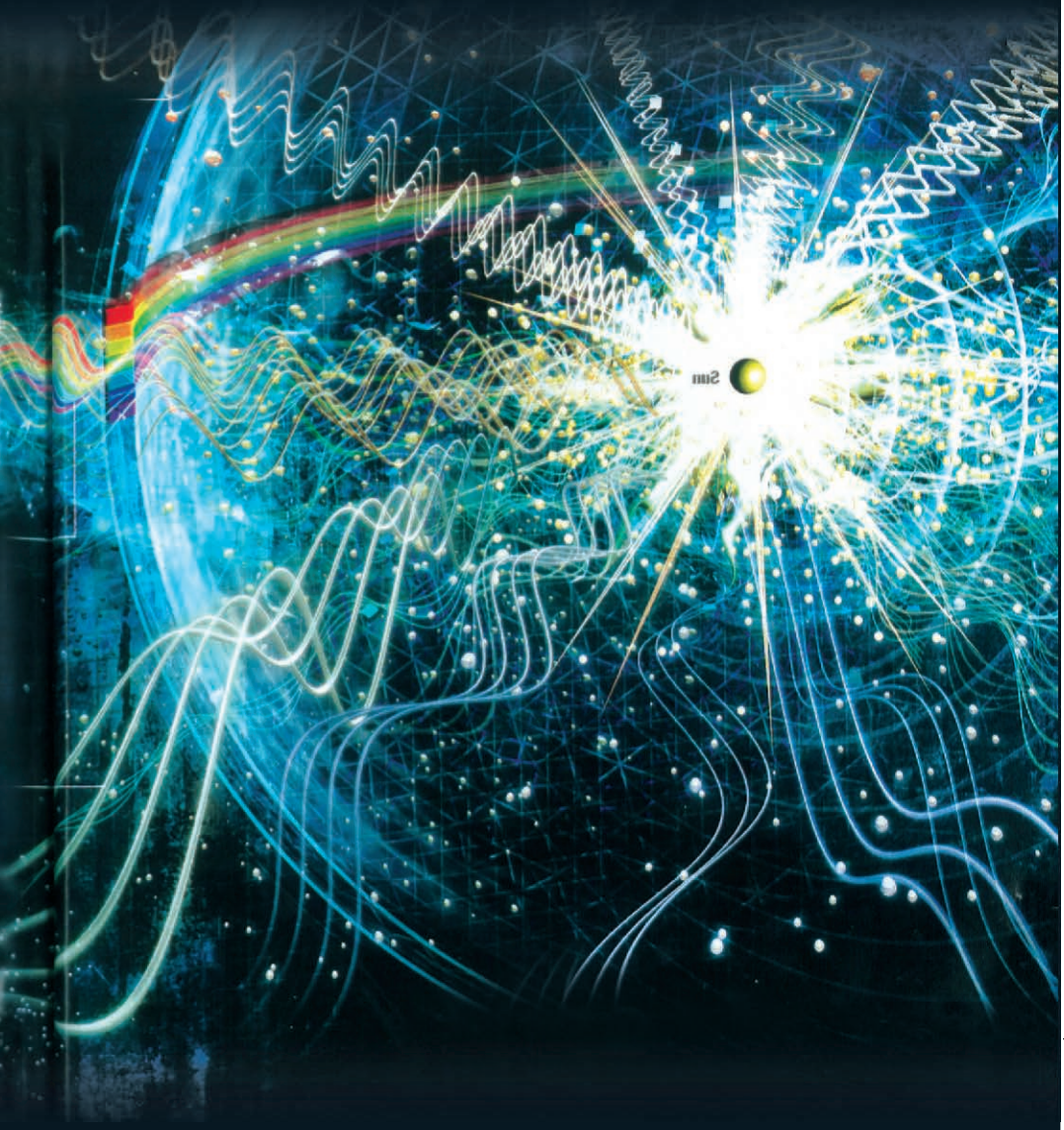
ऑक्टो. - नोव्हें. ०८

शैक्षणिक

# संदर्भ

अंक ५४

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, राजेंद्र गाडगीळ.

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 ५४  
ऑक्टोबर - नोव्हेंबर ०८

पालकनीती परिवारसाठी  
निर्मिती आणि वितरण : संदर्भ

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

व्हिन्सेंट व्हॅन गॉग या लेखातील आणि  
कव्हर २ व ३ वरील चित्रे राम अनंत थत्ते  
यांच्याकडून साभार.

पोस्टेजसहित  
वार्षिक वर्गणी रु. १२५/-  
अंकाची किंमत : रुपये २०/-

## मुखपृष्ठ पूर्ण उघडून पाहिलंत का ?

सूर्याकडून येणाऱ्या ऊर्जेमधला जवळजवळ अर्धा भाग आपण पाहू शकतो. आपल्याला दिसण्यासाठी प्रकाश हा तरंग रूपही हवा आणि कणरूपही. सूर्यापासून पृथ्वीपर्यंत / अवकाशातून प्रवास करताना त्याचे तरंग स्वरूप आपण समजावून घेऊ शकतो. डोळ्यांमधे आल्यावर (बुबुळातून) भिंगामधे त्याची दिशा बदलून तो पडद्यावर (रेटिना) एकवटला जातो. इथे दंड-शंकू पेशी खूप मोठ्या संख्येने असतात. इथे प्रकाशकण-फोटॉन-पेशींमधल्या रंगद्रव्याला उत्तेजित करतात आणि मंदूला संदेश देतात. दंडपेशींना फक्त मंद उजेड कळतो. शंकू पेशी ढोबळपणे तीन प्रकारात येतात. निळ्या पेशींना कमी लांबीचे तरंग उत्तेजित करतात. त्याहून जास्त लांबीचे (५३० नॅनोमीटर) हिरव्या शंकूना तर त्याहून लांब लाल शंकूना. सर्व पेशींच्या संयुक्त संदेशांमुळे आपण रंग छटा निश्चित करतो. जवळ जवळ एक कोटी रंगछटा आपण एकमेकांपासून वेगळ्या ओळखू शकतो असं तज्ज्ञ म्हणतात. याबद्दलची अधिक माहिती 'प्रकाशाचं तेज' या लेखात पान ३० वर -

या लेखातील सर्व चित्रे आणि मुखपृष्ठावरील चित्र नॅशनल जिओग्राफीक ऑक्टो. २००७ मधून साभार.

## अनुक्रमणिका

शैक्षणिक संदर्भ अंक - ५४

- किटक संगीतकार आणि त्यांची वाद्ये ..... ३
  - हवामान बदल व शाश्वत ऊर्जा ..... ९
  - 📖 द्विपदीचे घात -चक्रवाढ व्याज ..... १२
  - काचेची दुनिया..... १४
  - अस्मानी संकटे -१ ..... २४
  - प्रकाशाचं तेज ..... ३०
  - कथा पतंगाची ..... ३९
  - व्हिन्सेंट व्हॅन गॉग ..... ४६
  - 📖 Sin 90=1 का? ..... ५७
  - 📖 सजीवांची उत्क्रांती ..... ६३
  - मेंदू संशोधन ..... ७१
  - शून्य + शून्य + शून्य + शून्य ..... ७६
- 📖 हे लेख शालेय पाठ्यक्रमाला पूरक आहेत.



## कीटक संगीतकार आणि त्यांची वाद्ये

लेखक : पु. के. चितळे

बहुतेक आपण सर्वांनीच अनेकवेळा रातकिड्यांचे मधुर संगीत ऐकले असेल. आपण त्यांना रातकिडे म्हणत असलो तरी अनेक वेळा त्यांचे हे संगीत जलसे दिवसाही चालू असतात. पण आपल्यापैकी फार थोड्या लोकांना त्यांच्या संगीताची आणि संगीत वाद्यांची पुरेशी माहिती असेल असे वाटते.

या किड्यांच्या संगीताचाही एक विशेष मोसम असतो. जेव्हा त्यांचे संगीत जलसे दिवस-रात्र चालू असतात आणि ते सर्वांसाठी व विशेषकरून ज्यांना त्याची जास्त माहिती करून घेण्याची इच्छा असते, अशा लोकांसाठी विनामूल्य खुले असतात. पण या इच्छेची पूर्ती फक्त लांबून त्यांचे संगीत ऐकल्याने होत नाही. कारण कीटकांच्या रंगमंचावरील परिस्थिती आपल्या रंगमंचावरील परिस्थितीपेक्षा अगदी निराळी असते. सगळ्यात पहिली गोष्ट ही की, त्यांच्या रंगमंचावर या संगीताचा, मग ते

संगीत एकट्या कीटकाचे असो की समूहाचे, कोणी संगीतकार किंवा मार्गदर्शक नसतो. यामुळे कुठलाही कीटक आपले संगीत त्याला वाटेल तेव्हा सुरू किंवा बंद करू शकतो. सामूहिक व शिस्तबद्ध संगीत ऐकण्याची सवय असलेल्या लोकांना कीटकांचे हे पंचभेळ संगीत कदाचित गोंधळात टाकणारे व विचित्र वाटेल. दिवसा गाणारे कीटक बहुधा एखाद्या वस्तूच्या आड लपून म्हणजे आडोशामागून गातात. रात्री गाणारे कीटक लपून गात नसले तरी तेव्हा त्यांच्या रंगमंचावर फक्त चंद्राचा स्वाभाविक सौम्य प्रकाश सोडल्यास, पूर्ण अंधकार असतो. कारण ते लाजरे व प्रसिद्धीपराङ्गमुख असतात. त्यांना प्रकाशाचे वावडे असते. प्रकाशात त्यांचे संगीत बंद असते. त्यांचे संगीत ऐकणाऱ्यांच्या पहिल्या रांगेत कधीही गर्दी नसते. थोडीशी काळजी घेतली तर रात्री गाणाऱ्या कीटकांचे संगीत ऐकण्यास इच्छुक असणाऱ्या लोकांना त्यांच्या अगदी जवळ

जाणे सहज शक्य असते.

खरे पाहिले तर कीटक कधीच गात नाहीत कारण त्यांना आपल्यासारखे स्वरयंत्रच नसते. ते फक्त काही विशेष प्रकारच्या वाद्ययंत्रांचा उपयोग करून वाद्यसंगीताची निर्मिती करू शकतात. विशेष करून त्यांची संगीत वाद्ये ढोल किंवा मृदंगासारखी असतात. त्यांना पातळ पडद्यासारखे आवरण (membranous) असते. या पडद्यांच्या जलद कंपनामुळे संगीताचे स्वर उमटतात. त्यांच्या संगीत वाद्यांतील या पातळ पडद्यांचे कंपन घडवून आणण्यासाठी दोन पद्धतींचा उपयोग केला जातो. एका पद्धतीत दोन पृष्ठभागांच्या परस्पर घर्षणामुळे पडद्याचे कंपन होऊन संगीताचे स्वर उमटतात. या पद्धतीची तुलना सारंगी किंवा व्हायलिन वाजविण्याशी (fiddling) केली जाऊ शकते. दुसऱ्या पद्धतीत पातळ पडद्यांचे कंपन घडवून आणण्यासाठी विशेष प्रकारचे स्नायू असतात. या स्नायूंच्या मदतीने प्रत्यक्ष पडदे वर-खाली किंवा आत-बाहेर हलविले जातात व त्यांच्यात कंप निर्माण होऊन संगीताचे स्वर उमटतात. माणसांच्या स्वर यंत्रात किंवा संगीत वाद्यांत अशी तुलना करण्यासारखी वाद्ये नाहीत.

कीटकांच्या बहुतेक प्रत्येक संगीतकाराला फक्त एकाच प्रकारचा किंवा त्यात थोडा बदल असलेला स्वर काढता येतो. हे स्वर काढण्याची यंत्रणा आणि तिचा वापर

करण्याची क्षमता त्याला वंशपरंपरेने मिळालेली असते. बहुधा सर्व कीटकात संगीत निर्मिती करण्याची यंत्रणा आणि क्षमता त्याची पूर्ण वाढ झाल्यावरच कार्यक्षम होते. प्रत्येक कीटकाच्या दिवसाच्या आणि रात्रीच्या संगीतात फरक असतो. त्यांनी रात्री काढलेल्या स्वरांची लांबी दिवसा काढलेल्या स्वरांच्या लांबीपेक्षा कमी असते. कीटकांच्या संगीतातली एक महत्त्वपूर्ण गोष्ट ही की, ते कधीही खिन्न करणारे स्वर काढून आपल्या भोवतातील वातावरण खिन्न करत नाहीत.

सगळ्याच कीटकात संगीत निर्मितीची क्षमता असते असे नाही. प्राण्यांमध्ये कीटकांचे जग सर्वात मोठे असले तरी फक्त चारच वंश किंवा जातीच्या कीटकांत संगीत निर्मितीची क्षमता आहे. त्या जाती आहेत - नाकतोडा (grasshopper) कॅटायडिड (Katydid), रातकिडे (Crickets) आणि सिकाडा (Cicada). यापैकी पहिल्या तीन जातींचा शास्त्रीय दृष्ट्या आपआपसात फार जवळचा आणि घनिष्ट संबंध आहे. त्यांच्यात बऱ्याच बाबतीत साम्य दिसून येते. शेवटली जात त्यांच्यापेक्षा अनेक बाबतीत निराळी आहे.

### नाकतोडे (Grasshopper)

नाकतोडा जातीतील कीटकांची शिंगे तुलनात्मक दृष्ट्या आखूड असतात. ते सारंगी सारख्या वाद्यांचा उपयोग करतात. त्यांच्यात दोन प्रकारची संगीत वाद्ये असतात. त्यांच्या



दोन जोडी पंखांपैकी पुढील जोडीतील पंखांचा उपयोग सारंगी सारखा तर तीन जोडी पायांपैकी मागच्या जोडीतील पायांचा उपयोग सारंगीच्या धनुष्याकार, गजासारखा होतो. या पायांच्या जांघेसारख्या जाड भागाच्या आतील पृष्ठभागावर बारीक दातांची एक रांग असते. त्याचप्रमाणे पंखानाही एक धारदार शीर असते. जांघेवरील दातांचे पंखांच्या शिरेवरील धारेशी घर्षण झाले की संगीताचे स्वर उमटतात. काही नाकतोड्यात याच्या अगदी उलट परिस्थिती असते. म्हणजे पंखांवर दात असून पायांच्या जांघेवर धारदार शीर असते. पण दोघांच्या घर्षणाचा परिणाम संगीत उमटण्यातच होतो. नाकतोड्यांचे संगीत स्वर *सिक-सिक-सिक* यासारखे असतात आणि जर कीटक उन्हात असला तर दर सेकंदाला हे स्वर १०-१२ वेळा काढले जातात. पण कीटक सावलीत असला तर हा वेग बराच कमी होतो. कुरणातील नाकतोडा या नावाने ओळखल्या जाणाऱ्या

एका विशेष प्रकारचा नाकतोडा दिवसा आणि रात्रीही संगीताची निर्मिती करू शकतो. त्याचे संगीत बहुधा सौम्य, रसरसणारे, गुंजारव असते. हा आवाज *झीSSSSSSSSSS* या सारखा वाटतो. यातील झी याचा उच्चार वरचेवर होत असतो. याच जातीतील एका नाकतोड्याचे संगीत *झिप-झिप-झिप* या सारखे व दुसऱ्याचे *टिप-टिप-टिप* सSSSSSSSS किंवा *प्लीSSSSSS झिट-झिट-झिट* या सारखे वाटते.

### कॅटायडिड कीटक (Katydid)

कॅटायडिड जातीचे कीटकही नाकतोड्यांसारखेच असतात पण त्यांची शिंगे लांब असतात. या प्रकारच्या कीटकात संगीत निर्मितीची क्षमता सर्वात जास्त विकसित झालेली असते. त्यांची संगीत वाद्ये त्यांच्या पुढील पंखांच्या मुळांजवळ असतात आणि तीही सारंगी सारखीच वापरण्यात येतात. त्यांच्या डाव्या पंखाच्या खालच्या पृष्ठभागावर एखाद्या कानसाप्रमाणे बारीक खांचा असतात. अशीच रचना त्यांच्या उजव्या पंखांवरही असते पण तिची वाढ झालेली नसून याच्या ऐवजी तिथे एक कडक कणा असतो. असा कणा डाव्या पंखावर नसतो. कॅटायडिडचे दुमडलेल्या स्थितीत असताना डावे पंख नेहमी उजव्या पंखाच्या वर असते. यामुळे डाव्या पंखाला असलेला कानसासारखा भाग उजव्या पंखांच्या कडक कण्यावर असतो. उडताना

पंखांची हालचाल होते तेव्हा डाव्या पंखाचे कानस आणि उजव्या पंखाच्या कण्यामध्ये घर्षण झाल्यामुळे कर्कश संगीत उमटते. संगीत निर्माण करणाऱ्या या यंत्रणेच्या रचनेचा आधार सर्वसाधारणपणे तोच असला तरी सगळ्या कॅटायडिडमध्ये तो अगदी एक सारखा नसतो. त्यांच्या कानस, कणा आदि अवयवांच्या आकारात व रचनेत थोडा फार फरक असल्याने त्यांनी निर्माण केलेल्या स्वरातही फरक असतो. म्हणून प्रत्येक कॅटायडिडच्या संगीतातही फरक असतो.

गोल डोके असलेल्या एका प्रकारच्या कॅटायडिडला फक्त एकाच प्रकारचा, उच्चचढ असलेला स्वर काढता येतो. हा स्वर ऐकण्यास झीप-झीप-झीप या सारखा वाटतो. याचीच पुन्हा-पुन्हा आवृत्ती होत असते. अशाच दुसऱ्या एकाप्रकारच्या कॅटायडिडचा स्वर झीक-झीक-झीक किंवा झीट-झीट-झीट यासारखा असतो. एका तऱ्हेच्या कॅटायडिडचा स्वर फार कर्कश आणि श्री-श्री-श्री यासारखा असतो. याची सुमारे सहावेळा आवृत्ती केली जाते. काहींचा स्वर झीट-झीट-झीट असा तर काहींचा टेक-टेक-टेक असा असतो. त्रिकोणाच्या आकाराचे डोके असलेले कॅटायडिड यांना टिक-टिक-टिक असा एकाचप्रकारचा स्वर फार वेळ काढता येतो. शिवाय ते त्याची पुनरावृत्ती कितीही वेळा करतात. याच जातीचे दुसरे काही कॅटायडिड झीSSSSSSSS



असा कर्कश स्वर काढतात हा स्वर मोठा नसलातरी कानात घुमत राहातो. त्रिभुजाकार मोठे डोके असलेल्या काही कॅटायडिड यांचा आवाज सर्वात मोठा समजण्यात येतो. यांचा आवाज एक लांब-लचक, लवकर न संपणाऱ्या गुंजारवासारखा वाटतो.

एका विशेषप्रकारच्या कीटकांना खरे कॅटायडिड म्हणतात. त्यांची संगीत निर्मितीची क्षमता सर्वश्रेष्ठ समजण्यात येते. त्यांचे संगीत katy-she-did आणि katy did not या सारखे वाटते. हे कॅटायडिड बहुधा सर्वात उंच झाडांच्या शिखरांवर राहणे पसंत करतात. त्यांचे घर, कलागृह, रंगमंच आदि सर्व तिथेच असतात आणि त्यांना तिथून खाली येणे मुळीच आवडत नाही. म्हणून अशा कीटकांचा अभ्यास करू इच्छिणाऱ्या लोकांत उंच झाडांवर चढण्याची आणि तिथे वावर करण्याची क्षमता असणे अनिवार्य आहे.

### रातकिडे (Crickets)

या जातीच्या कीटकांची संगीत वाद्ये कॅटायडिड कीटकांच्या संगीत वाद्यांसारखीच असतात. पण रातकिड्यात या वाद्यातील

अवयवांची वाढ त्यांच्या चारही पंखांवर सारख्याच प्रमाणात झालेली असते. याचा अर्थ असा होतो की ही वाद्ये कार्यक्षम ठेवण्यासाठी त्यांनी आपले कुठलेही (पुढचे किंवा मागचे) पंख वर अथवा खाली ठेवले तरी संगीत निर्मिती करता येऊ शकते. तरी बहुतेक रातकिड्यांचे उजवे पंख वर असतात आणि या पंखांच्या कानससारख्या भागाचा वापर संगीताची निर्मिती करण्यासाठी केला जातो. ही स्थिती कॅटायडिड कीटकांच्या स्थितीच्या अगदी उलट असते.

मातीत बीळ करून राहाणाऱ्या रातकिड्यांचे (Mole cricket) संगीत गंभीर, नीरस आणि पुन्हा-पुन्हा होत असल्याने अगदी कंटाळवाणे होते. त्याचा स्वर मोठा व पक्ष्यांच्या चिवचिवाटासारखा असतो. हा आवाज अगदी नियमितपणे मिनिटाला १००वेळा आणि कितीही वेळ होऊ शकतो. शेतात राहाणाऱ्या रातकिड्यांचे संगीत बहुधा उल्हासी आणि आनंदी असते. पण काही वेळा ते रागीटही असू शकते आणि ते चिवचिवाटासारखे वाटते. एखादा नर



रातकिडा संगीतात व्यस्त असताना जर दुसरा नर त्याच्या जवळ गेला तर पहिला नर आपला जबडा सताड उघडून त्या दिशेला धाव घेतो. या बरोबरच त्याचा आवाज व त्याच्या संगीताचा वेगही वाढत जातो. शेवटी हा आवाज एखाद्या कर्कश शिट्टी सारखा होतो. याची प्रतिक्रिया म्हणून दुसरा नर ही आपले संगीत प्रारंभ करून आपला आवाज पहिल्या नराच्या वरचढ करण्याचा प्रयत्न करतो. मग दोन्ही नरांचा आवाज वाढत जाऊन शेवटी शिगेला जाऊन थांबतो. पण थोड्याच वेळात त्यांची जुगलबंदी पुन्हा सुरू होते.

झाडावर राहाणाऱ्या रातकिड्यांचे संगीत बहुतेक सर्वांच्याच परिचयाचे असते. पण त्याची प्रत्यक्ष निर्मिती करणाऱ्या रातकिड्यांबद्दल सर्वसाधारण लोकांना फार कमी माहिती असते. एकप्रकारचा रातकिडा ट्रीट-ट्रीट-ट्रीट असा कंटाळवाणा आवाज रात्रभर सतत करत असतो. हा आवाज दर मिनिटाला नियमितपणे १२५ ते १६० वेळा या गतीने होतो. एक रातकिडा बर्SSSSSSSSSS असा आवाज दोन सेकंद काढतो. दोन सेकंदांनंतर याचीच पुनरावृत्ती होते. हा आवाज दुःखी वाटतो आणि फार लांबपर्यंत ऐकू येतो. झाडीत राहाणाऱ्या रातकिड्यांचा आवाज स्पष्ट, मोठा व चिवचिवाटासारखा असतो. शेवटी-शेवटी हा आवाज मोठा होतो.



### सिकाडा (Cicada)

या जातीच्या कीटकांचे खाण्याचे अवयव चूषण करण्यासाठी असतात. ते वनस्पतींचा रस चोखतात, त्यांची संगीत निर्मितीची पद्धत अगदी निराळी असते. त्यांच्या अंगावर, पंखांच्या मुळांजवळ पातळ पडद्यासारख्या आवरणाने (membranous) झाकलेला काहीसा पोकळ भाग असतो. संगीताची निर्मिती करणाऱ्या या कंपनशील पडद्यांना 'टिंबल' म्हणतात. प्रत्येक टिंबलला अनेक फासळ्या असतात. या फासळ्यांची संख्या सर्व जातींच्या सिकाडा कीटकात सारखी नसते. काही कीटकात हा टिंबलवाला भाग अगदी उघडा असून पंख उचलून पाहिले की, सहज दिसतो. पण काही कीटकात हा भाग शरीराच्या आवरणामुळे झाकलेला असतो. या भागाचे काम मृदंगासारखे असते. पण सिकाडाचे मृदंगासारखे अवयव त्यांच्या पडद्यावर थाप पडल्याने कंपित होऊन संगीताची निर्मिती करत नाहीत. त्यांच्या पडद्यांमध्ये कंपन उत्पन्न करण्यासाठी त्यांना विशेष स्नायू जोडलेले असतात. पडद्याला जोडलेल्या या दोन विशेष प्रकारच्या स्नायूंच्या हालचालीमुळे त्यांचे कंपन होऊन

त्यांच्यातून संगीताची निर्मिती होते. नर सिकाडात संगीताचा स्वर क्रमशः चढतो उतरतो आणि तो झिंग-झिंग-झिंग यासारखा वाटतो. काही सिकाडांचे संगीत खुळखुळ्याच्या आवाजासारखे तर काहींचे सतत वाजत राहणाऱ्या शिटीसारखे असते. यातील सुरुवातीचे संगीत सौम्य असते, मग त्याची लांबी म्हणजे स्थैर्य वाढते. त्याची स्थिरता ५ सेकंद होते आणि प्रत्येक वेळी त्याच्या शेवटच्या भागाची तीव्रता कमी होते. शेवटी बऱ्याच वेळ वाजत राहाणारी शिटी सुरू होते. मग हाच क्रम रात्रंदिवस अबाधितपणे चालू राहातो. अंड्यामधून बाहेर पडल्यानंतर सिकाडांची पूर्ण वाढ होण्यास २ ते १७ वर्षांचा अवधी लागतो. पूर्ण वाढ झाल्यावर मात्र त्यांचे आयुष्य काही आठवड्या पुरतेच असते. तेव्हा ते संगीत व पुढच्या पिढ्यांची निर्मिती करण्यात व्यस्त असतात. अंधश्रद्धेपायी जुन्या काळात ग्रीक व चिनी लोक उत्तम भाग्याचे प्रतीक म्हणून लहान-लहान पिंजऱ्यात सिकाडा पाळून ठेवत असत. त्यांचे संगीत ऐकणे भाग्यशाली समजण्यात येत असे.

असे हे कीटकांचे संगीत!

लेखक : पु. के. चितळे जीवशास्त्राचे निवृत्त प्राध्यापक. सातत्याने विज्ञानलेखन करतात. दोन पुस्तके प्रसिध्द.

# हवामान बदल व शाश्वत ऊर्जा

## भाग ८

लेखक : सर जॉन हॉटन • अनुवाद : प्रियदर्शिनी कर्वे

हवामान बदलाच्या परिणामांवर उपाययोजना करण्याबद्दल अजूनही काही लोकांची भूमिका 'थांबा आणि पहा' अशी आहे. ही भूमिका बेजबाबदारपणाची आहे. तातडीने उपाययोजना करणे आवश्यक आहे. आणि यामागे तीन कारणे आहेत. पहिले कारण वैज्ञानिक आहे. समुद्राच्या पाण्याचे तापमान वाढायला वेळ लागतो, त्यामुळे वातावरणातील हरितगृह वायूंचे प्रमाण वाढणे आणि त्याचे हवामानावरचे परिणाम दिसणे यांमध्ये काही कालावधी जातो. आजपर्यंत हरितगृह वायूंच्या उत्सर्जनात जी वाढ झालेली आहे, त्यामुळे पुढच्या ३० ते ५० वर्षांत काही परिणाम होणारच आहेत. ते आता टाळता येणार नाहीत. उत्सर्जनात आणखी वाढ होत राहिली, तर या परिणामांची तीव्रता वाढत जाणार आहे. दुसरे कारण आर्थिक आहे. ऊर्जा निर्मितीसाठी उभ्या केलेल्या यंत्रणांचे (उदा. विद्युत् निर्मितीची जनित्रे) आयुर्मान साधारण ३० ते ५० वर्षे असते. त्यामुळे आत्तापासूनच टप्प्याटप्प्याने बदल सुरू केले, तर कालांतराने अतिशय झपाट्याने खूप मोठे बदल करायची गरज पडणार नाही.

तिसरे कारण राजकीय आहे. चीन आणि भारत अतिशय झपाट्याने औद्योगिक दृष्ट्या विकसित होत आहेत. अलिकडेच चीन सरकारच्या एका ज्येष्ठ ऊर्जा सल्लागाराचे भाषण ऐकण्याचा योग आला. चीन एकट्याने खनीज इंधनांना पर्याय वापरण्यासाठी धडपड करणार नाही, असे त्यांचे म्हणणे होते. पश्चिमेतील पुढारलेले देश जेव्हा यासाठी पुढाकार घेतील, तेव्हा चीनही पर्यायी ऊर्जास्रोतांकडे वळेल. तो नेतृत्व करणार नाही, पण अनुयायी बनेल. चीनमध्ये दर दोन आठवड्यांना १ गिगावॉट क्षमतेचे एक विद्युत् निर्मिती केंद्र उभे रहात आहे. आपल्याला (युकेला) जर परिणामकारक नेता बनायचे असेल, तर सुरुवात करण्याची हीच वेळ आहे.

या नेतेपणाचे काही आवश्यक पैलू आहेत. आपल्या राष्ट्रीय पातळीवर सरकारच्या सर्व विभागांमध्ये याबाबत समन्वय असायला हवा, त्याचबरोबर सरकार आणि उद्योग यांनी एकत्रितपणे यासाठी योजना आखायला हवी. आंतरराष्ट्रीय पातळीवर युरोपातील सर्व देशांनी युरोपियन युनियनच्या माध्यमातून एकत्र व

योजनाबद्ध प्रयत्न करून हा विषय अमेरिकेच्या गळी उतरवायला हवा. त्याचबरोबर विकसनशील देशांनाही पुरेसे सहकार्य करून या समस्येच्या निराकरणाला त्यांचाही सहभाग निश्चित करायला हवा.



सर जॉन हॉटन

मी जागतिक तापमान वाढ या विषयावर बोलून माझा वेळ वाया घालवतो आहे, असे मला

लोक म्हणतात. सर्व जग आवश्यक ती उपाययोजना करायला कधीच तयार होणार नाही, असे त्यांचे म्हणणे असते. यावर माझे उत्तर आहे, की मी आशावादी आहे. याची तीन कारणे आहेत. एक म्हणजे ही समस्या समजून घेण्यात आणि त्यावर काय उपाययोजना केली पाहिजे हे ठरवण्यात जगभरातल्या वैज्ञानिकांनी (वेगवेगळ्या देशांमधल्या, वेगवेगळ्या संस्कृती आणि पार्श्वभूमीच्या) ज्याप्रकारे एकदिलाने स्वतःला वाहून घेतले आहे, आणि जे कष्ट घेतले आहेत, ते मी अनुभवले आहे. दुसरे म्हणजे समाधानकारक उपाययोजना करण्यासाठी आवश्यक असलेले तंत्रज्ञान उपलब्ध आहे, याबाबत माझी खात्री आहे. माझे तिसरे कारण म्हणजे सजीवसृष्टीच्या सुजाण पालकत्वाची जबाबदारी जगनियंत्यानेच मानवावर टाकली आहे, असा मला विश्वास वाटतो. मानव म्हणून आपल्या विकासासाठी आपल्याला आर्थिक ध्येयामागे धावण्याची

गरज नाही, तर नैतिक आणि आध्यात्मिक ध्येयांचा पाठपुरावा करण्याची गरज आहे. आपला ग्रह आणि त्यावरील साधनसंपत्तीचे दीर्घकाल जतन करणे, याचा या ध्येयांच्या यादीमध्ये अगदी वरचा क्रमांक असू शकतो. अशा ध्येयाचा पाठपुरावा करताना अनेक

देश व अनेक लोक एकत्र येऊन परिणामकारकरित्या काम करण्याची शक्यता ही इतर कोणत्याही ध्येयाच्या पाठलागातून साध्य होणाऱ्या एकात्मिकतेच्या शक्यतेपेक्षा जास्त आहे. आपण विकसित देशात रहाणाऱ्या लोकांनी गेल्या कित्येक पिढ्या मुबलक प्रमाणात उपलब्ध असलेल्या खनिज इंधनांचा उपभोग घेतला आहे. हवामान बदलाचे परिणाम मात्र गरीब देशांना अधिक तीव्रतेने जाणवणार आहेत, आणि गरीब व श्रीमंत यांमधली दरी अधिक रुंद करणार आहेत. या वास्तवामुळे आपल्यावरच्या पालकत्वाच्या जबाबदारीत भर पडते.

या विषयावर जेव्हा जेव्हा मी बोलणार असतो, तेव्हा माझी पत्नी मला नेहमी आठवण करते, की व्यक्तिगतरित्या आपण प्रत्येक जण काय करू शकतो, याचाही मी उल्लेख करायला हवा. आपण प्रत्येकजण नक्कीच काही गोष्टी करू शकतो. उदा. वाहन किंवा कोणतेही घरगुती उपकरण खरेदी करताना

ऊर्जेचा सर्वात कार्यक्षम वापर करणारे मॉडेल निवडावे, आपले घर ऊर्जावापरात अधिकाधिक कार्यक्षम कसे होईल याचा विचार करून ऊर्जावापराच्या सवयी बदलाव्या, शक्य असेल तिथे प्रदूषण न करता तयार केलेली वीज विकत घ्यावी, सार्वजनिक वाहतुकीचा वापर करावा किंवा एकाच दिशेला जाणाऱ्या शेजाऱ्यांनी एकाच वाहनाचा वापर करावा, आणि सरकार दरबारी व औद्योगिक क्षेत्रात आवश्यक त्या उपाययोजनांचा पाठपुरावा करणाऱ्यांना पाठिंबा द्यावा. एडमंड बर्क या २०० वर्षापूर्वीच्या ब्रिटिश संसदेतल्या एका सदस्याने म्हटले होते - आपल्या एकट्याच्या अल्प प्रयत्नांनी काही होणार नाही असा विचार करून काहीच न करण्याइतकी मोठी चूक दुसरी असूच शकत नाही.

१९८८ साली मागरिट थॅचर यांनी रॉयल सोसायटीपुढे बोलताना हवामान बदलाचा उल्लेख केल्यापासून या समस्येचा पाठपुरावा करण्यात युके आघाडीवर आहे. २०५० सालापर्यंत प्रदूषक उत्सर्जन किती कमी करायचे याचे ध्येय ठरवणारे पहिले राष्ट्र आपण आहोत. यावर्षी (२००५ साली) जी८ आणि युरोपियन युनियन या दोन्ही आंतरराष्ट्रीय संघटनांचे नेतृत्व करताना आपले पंतप्रधान टोनी ब्लेअर यांनी हवामान बदलाच्या मुद्याला अग्रक्रम दिलेला आहे. या सर्व सुवाता आहेत. पण तरीही माझ्यासारख्या बऱ्याच लोकांच्या मते सरकार

चालढकल करत आहे. उत्साहवर्धक वक्तव्यांना सुयोग्य कृतीची जोड मिळालेली नाही. उदाहरणार्थ, युरोपात पुनर्निर्माणक्षम ऊर्जेची तरतूद करण्यात आपण आघाडीवर नाही, आणि २०१० किंवा २०२० सालासाठी आपण ठरवलेली उद्दिष्टे आपण साध्य करू शकू, असे बऱ्याच लोकांना वाटत नाही. जगाने पुढे पाऊल टाकायला हवे असेल, तर आपले पाऊल पुढे पडलेले जगाला दिसायला हवे. युकेमधील नव्या सरकारसाठी आम्हाने आणि संधी दृष्टिआड होण्यासारख्या नाहीत.

टीप - सर जॉन हॉटन यांची लंडनमधील रॉयल सोसायटी ऑफ आर्ट्स येथे ११ मे २००५ साली दिलेल्या प्रिन्स फिलिप व्याख्यानाचा अनुवाद गेल्या आठ लेखांमधून आपण पाहिला. या व्याख्यानानंतरच्या तीन वर्षांत जागतिक तापमान वाढ, हवामान बदल, आणि त्यावर करायच्या उपाययोजना यांबाबत खूप जाणीवजागृती झाली आहे, नवे संशोधन झाले आहे, आणि जागतिक पातळीवर काही विशेष घडामोडीही झालेल्या आहेत. शैक्षणिक संदर्भच्या माध्यमातून सतत या बाबतची नवी माहिती व नवे विचारप्रवाह आम्ही आपल्यापर्यंत पोचवत राहूच.

अनुवाद : प्रियदर्शिनी कर्वे  
समुचित एनव्हायरोटेक प्रा. लि.  
संस्थापक, संचालक.



# द्विपदीचे घात - चक्रवाढ व्याज

लेखक : किरण बर्वे

नेहाने मोठ्याने गणित वाचले. “द.सा.द.शे. ८ या दराने १ रु. मुद्दलाचे १० वर्षांनंतर चक्रवाढ पद्धतीने व्याज किती होईल ? तिसऱ्या दशांश चिन्हापर्यंत बरोबर उत्तर काढा.”

नेहाला खरं म्हणजे सिनेमाला जायचे होते. पण जर ती पाच मिनिटात निघाली तरच पोचू शकणार होती. हिमांगीलाही वाटत होते, नेहाने लवकर जावे कारण शेखर इतक्यातच येणार होता. आणि तो आलाच.

‘शेखरदादा. हा बघ कसा अन्याय आहे. एवढे मोठे गणित पाच मिनिटात कसे करणार? कारण चक्रवाढ पद्धतीने रास =  $(१ + .०८)^{१०}$ . व्याज =  $(१ + .०८)^{१०} - १$  १.०८चा वर्ग करा मग त्याचा वर्ग करा  $(१.०८)^४$  आलेल्या उत्तराचा वर्ग करा  $((१.०८)^४)$  त्याला  $(१.०८)^२$  ने गुणा मग रास येणार. गेला सिनेमा.’

एवढे काही करायला नको कारण

$$(१.०८)^{१०} = १ + १० \times (.०८) + ४५ \times (.०८)^२ + १२० \times (.०८)^३$$

पुढील प्रत्येक पदामध्ये  $(.०८)$  ची चौथा किंवा त्यापेक्षा जास्त घात येणार आहे. त्यामुळे त्यात ४ पेक्षा अधिक शून्यांनंतर आकडे येणार. त्यामुळे तिसऱ्या दशांशापर्यंतच्या उत्तरासाठी ते धरायचे कारण नाही.

$$(१.०८)^{१०} = १ + १० \times (.०८) + ४५ \times (.०८)^२ + १२० \times (.०८)^३$$

$$= १ + .८ + ४.५ \times .००६४ + १२० \times .०००५१२$$

$$= १ + .८ + २८८० + .०६१४४०$$

$$= २ ९४९४४० = २.९४९४४००$$

त्यामुळे चक्रवाढ व्याज म्हणजे १.९४९४४. पळा आता सिनेमाला

नेहा मनात म्हणाली, “आता पटकन सिनेमाला जाऊ. असं का ते नंतर विचारू.”

दुसऱ्या दिवशी सकाळीच नेहाने शेखरला विचारले असे कशावरून ?

आपल्याला  $(१ + x)^{१०}$  काढायचे आहेत.

$$(१ + x)^२ = १ + २x + x^२$$

$$(१ + x)^३ = १ + ३x + ३x^२ + x^३$$

$$(१ + x)^४ = १ + ४x + ६x^२ + ४x^३ + x^४$$

$$(१ + x)^५ = १ + ५x + १०x^२ + १०x^३ + ५x^४ + x^५$$

$(१ + x)^६$  अशा प्रकारे काढता येते.

याला पास्कलचा त्रिकोण म्हणतात तो असा आहे.

				१						
				१	१					
			१	२	१					
		१	३	३	१					
	१	४	६	४	१					
	१	५	१०	१०	५	१				
	१	६	१५	२०	१५	६	१			
१	७	२१	३५	३५	२१	७	१			
१	८	२८	५६	७०	५६	२८	८	१		
१	९	३६	८४	१२६	१२६	८४	३६	९	१	
१	१०	४५	१२०	२१०	२५२	२१०	१२०	४५	१०	१

असे येतात. ह्याबद्दल अधिक पुढच्या भेटीत पाहू. मात्र तीन दशांशापर्यंतच उत्तर हवे असल्यामुळे आपण कमी पदे घेतली. याचे अजून एक उदाहरण पाहू.  $(१ + .११)^९$  घात चार दशांश चिन्हांपर्यंत बराबेर काढा.

$$(१ + .११)^९ = १ + ९ \times (.११) + ३६ \times (.११)^२ + ८४ \times (.११)^३ + १२६ \times (.११)^४$$

$$= १ + ९ \times .११ + ३६ \times .०१२१ + ८४ \times .००१३३१ + १२६ \times .०००१४६४१$$

ह्यापुढे जाण्याची आवश्यकता नाही. कारण  $(.११)^५$  मधे दशांश चिन्हांनंतर चार शून्ये आणि मग आकडे येतील. त्याचे उत्तर चार दशांश चिन्हांच्या पलीकडचे (नंतरचे) असेल म्हणून त्याचा विचार करायची आवश्यकता नाही.

काढा :  $(१ + .०७)^{१०}$  चार दशांश चिन्हांपर्यंत आणि  $(१ + .०९)^६$  पाच दशांश चिन्हांपर्यंत. तुमची उत्तरे कॅलक्युलेटरवर पडताळून पहा.

लेखक : किरण बर्वे गणितात रस. आंतरराष्ट्रीय ऑलिम्पियाड आणि आयआयटी, जीईईला शिकवतात. ई.मेल : barvekh@gmail.com

# काचेची दुनिया

लेखक : यशश्री पुणेकर

खळ्ळ...! मोठ्या आवाज झाला. फुटली वाटतं काच! जाऊन पाहिलं तर क्रिकेटच्या बॉलमुळे खिडकीची काच फुटली होती. काचेचा चक्काचूर झाला होता आणि बारीकमोठे तुकडे सगळीकडे विखुरले होते. ताईने कुंच्याने ते नीट गोळा केले आणि एका छोट्या प्लॅस्टिक पिशवीत भरले. आता या तुकड्यांचं काय करायचं? असा विचार मनात घेऊन मी वळले. घरात किती ठिकाणी काच असते? टीव्हीचा स्क्रीन, कॉम्प्युटरचा मॉनिटर, शोकेसच्या काचा, कपबशा, डिशेस, आरसा बापरे! सगळीकडे काचाच काचा. आता तर बऱ्याचश्या इमारती बाहेरूनसुद्धा काचेच्या तावदानांच्याच असतात. का बरं काचेचा इतका वापर होत असेल? काचेतून आपण आरपार बघू शकतो म्हणून हे आकर्षण असेल का?

काच पारदर्शक असते हा तिचा मुख्य उपयोग. पण तिची इतर वैशिष्ट्येही उपयुक्त आहेत. काच निरोधक (insulator) म्हणूनही काम करते. प्लॅस्टिकमध्ये आणि काँक्रीटमध्येही ताकद वाढविण्यासाठी प्रबलक

(reinforcing material) म्हणून काच वापरली जाते. शतकानुशतकं काचेचा वापर हंड्या, झुंबरं, दिवे आणि इतर कलात्मक वस्तू बनवण्यासाठी केला जातो.

**काच कशी बनते ?**

वाळू आणि इतर काही खनिजं अतिउच्च तापमानाला वितळवून एकत्र केली की काच बनते हे तर खरंच वाटत नाही. कारण वाळू जड, जाड, अपारदर्शक असते. वाळू गरम करून पारदर्शक काच? हो. वाळू हाच काचेचा मुख्य घटक आहे. वाळू, सोडा अॅश आणि चुनखडी १७००° सेंटीग्रेड तापमानाला भट्टीत घालून वितळवतात. काचेला रंग आणि इतर गुणधर्म देण्यासाठी अजून काही पदार्थ मिसळले जातात. काचेवर आवरण करता येतं. तिला उष्णता देता येते, तिच्यावर कोरीव नक्षीकाम करता येतं. तिची सजावट करता येते.

वाळूचं रासायनिक नाव आहे सिलिका. (सिलिकॉन डायऑक्साईड  $\text{SiO}_2$ ) याचा उत्कलन बिंदू २३००° सें. इतका असतो. जेव्हा शुद्ध सिलिका वितळवली जाते किंवा



बिलोरी काच

इतर पदार्थांबरोबर मिसळली जाते तेव्हा तिच्या गुणधर्मांमध्ये बदल होतो. त्याला बिलोरी काच (Quartzglass) असे म्हणतात.

काच बनवताना नेहमी वापरला जाणारा पदार्थ म्हणजे सोडियम कार्बोनेट ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). याच्यामुळे सिलिकाचा (मिश्रणाचा) उत्कलन बिंदू १५००° सें. पर्यंत खाली येतो. सोड्यामुळे काच पाण्यात विद्राव्य बनते. तसं होऊ नये म्हणून मग चुनखडीतील कॅल्शियम ऑक्साईड, थोडे मॅग्नेशियम



सोडालाईम काच

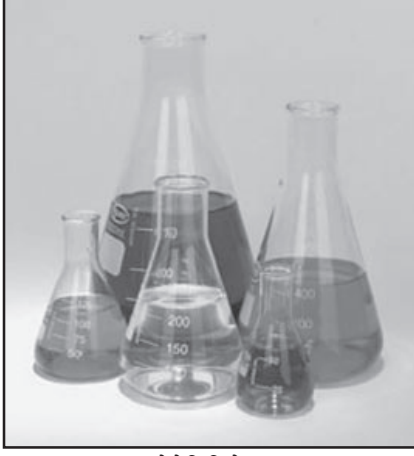
ऑक्साईड आणि थोडे अॅल्युमिनियम ऑक्साईड मिसळून काचेचा रासायनिक टिकाऊपणा वाढवला जातो. अशा काचेत साधारण ७० ते ७४% वाळू असते. तिला सोडालाईम ग्लास (Soda limeglass) असे म्हणतात. काचेच्या एकूण उत्पादनापैकी ९०% काच याच प्रकारातली असते.

सोडा आणि चुनखडीबरोबरच इतर अनेक पदार्थ काचेत मिसळले जातात. जसा मिसळलेला पदार्थ बदलतो तसे त्यापासून बनलेल्या काचेचे गुणधर्म बदलतात. शिसायुक्त काच म्हणजेच फ्लिंट काच (flint glass) ही जास्त चमकदार असते. शिसे घातल्यामुळे काचेची प्रकाश परावर्तित करण्याची क्षमता वाढते. (आरसा) त्यामुळे या काचेतून जास्त चमक निर्माण होतो.

काचेचे उष्णता आणि विद्युत गुणधर्म बोरॉन मिसळून बदलले जातात. ही बोरॉसील किंवा पायरेक्स काच अतिउष्ण तपमान सहन



फ्लिंट काच



बोरोसिलिकेट काच

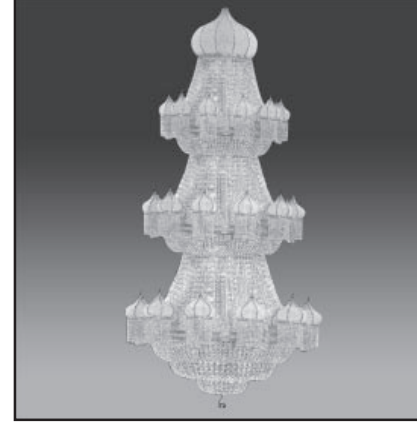
करू शकते. प्रयोगशाळेतील उपकरणासाठी तसेच ओव्हनमध्ये ठेवण्याच्या भांड्यांसाठी वापरलेली काच ही याच पद्धतीची असते. (Borosilicate glass) बेरीयम वापरल्यानेही काचेची प्रकाश परावर्तन क्षमता वाढते. काचेत लोहही भरपूर प्रमाणात वापरले जाते. अशी काच अवरक्त किरण शोषून घेते. उष्णता शोषणाच्या फिल्टर्ससाठी या काचेचा उपयोग होतो. जिथे काचेचा उष्णतेशी जास्त काळ संपर्क येतो अशा ठिकाणी या काचा वापरल्या जातात. उदा. मुव्ही प्रोजेक्टर. सेरीयम ऑक्साईड वापरून केलेल्या काचेत अतीनील (ultra violet) किरण शोषले जातात.

सोडालाईम काचेत थोडीशी हिरव्या रंगाची झाक असते. आयर्न ऑक्साईड किंवा क्रोमियम ऑक्साईडच्या अशुद्धतेमुळे असं होतं. ही हिरवट झाक काढून टाकण्यासाठी

मॅंगनीज डायऑक्साईड काचेत मिसळतात. सल्फर, कार्बन, लोह इत्यादीमुळे काचेला पिवळ्यापासून काळ्यापर्यंत विविध रंग येतात. काही ठिकाणी काच बनवताना जुन्या काचेचे फुटके तुकडे पुनर्वापरासाठी घेतले जातात. त्यामुळे काचेचा उपयोग तर होतोच पण भट्टीला ऊर्जाही कमी लागते.

खूप उच्च तापमानाला काच एखाद्या जाड, दाट द्रवपदार्थासारखी असते. त्यामुळेच तप्त असतानाच तिला फुंकून, साच्यात घालून किंवा दाब देऊन विविध आकार देता येतात. या द्रवपदार्थात हवेचे बुडबुडे होऊ नयेत याची काळजी घ्यावी लागते नाहीतर काच तकलादू होते आणि तिची पारदर्शकता कमी होते. प्रयोगशाळेत वापरल्या जाणाऱ्या नळ्या आणि काचेची भांडी काच गरम असतानाच फुंकून फुंकून तिला आकार देऊन बनवली जातात. हे अतिशय चटकन करावं लागतं. कारण गार झाल्यावर काच घनरूप, घट्ट होते.

गरम असतानाच आकार देऊन झाल्यावर काचेला विशिष्ट पद्धतीने गार करतात. म्हणजे वस्तूवर ताण, ओरखडे येत नाहीत. त्यानंतर विविध तंत्रांद्वारे काचेवर लेपन, आवरण दिलं जातं. काही वेळा काचेचा टिकाऊपणा वाढवण्यासाठी काही रासायनिक प्रक्रियाही केल्या जातात. काचेची रसायनांना, द्रव्यांना तोंड घायची शक्ती वाढावी, चकाकी वाढावी आणि बुलेटप्रूफ काचा तयार करण्यासाठी



काही पद्धती वापरल्या जातात.

### काचेचा वापर शतकानुशतके

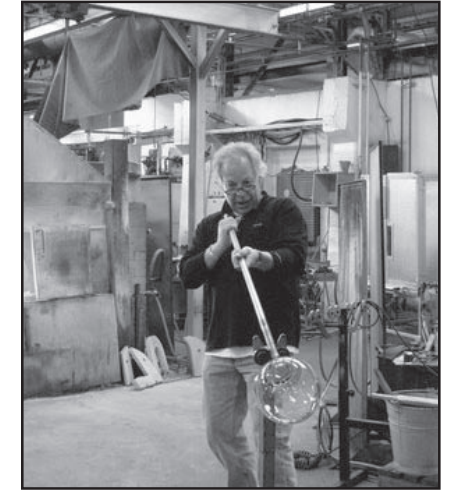
ख्रि.पू. ३००० वर्षांपूर्वीचे काच बनवण्याचे उल्लेख आहेत. पण फुंकून काच बनवण्याचा प्रयोग मात्र ख्रिस्तपूर्व २५० वर्षांपासून केला गेला. सतराव्या शतकात काचेला विविध आकार देण्याच्या नवनवीन पद्धती शोधल्या गेल्यामुळे काचेचा वापर वाढला. काचेच्या भट्ट्यांमध्ये अजूनही कोळसा आणि लाकूड वापरले जात होते. एकोणिसाव्या शतकाच्या सुरुवातीला सपाट काच बनवण्यासाठी सिलिंडरने दाबण्याचा प्रयोग सर्वप्रथम अमेरिकेत केला गेला.

दाबयंत्राच्या शोधानंतर १८२७ पासून काचेचं उत्पादन खूपच वाढलं. त्यानंतर विजेवर चालणाऱ्या भट्ट्यांमुळे १९१० पासून काचउत्पादनात फारच वाढ झाली.

आधुनिक काचेच्या वस्तू, गाड्यांच्या काचा, घरातील खिडक्या, दारांच्या काचा

आता मशिनद्वारे बनवल्या जातात. यासाठी काचेचं योग्य मिश्रण आवश्यक असतं. गरम काच ज्या प्रमाणात आणि वेळात गार केली जाते त्यावरही काचेचे बरेचसे गुणधर्म अवलंबून असतात. तरी अजूनही बऱ्याच काच कारखान्यांमध्ये काच-फुंकणी असते. काही विशिष्ट नाजूक कामाकरता या फुंकणीचा उपयोग होतो. फुंकून काचेची वस्तू बनवणं ही एक अवघड कला आहे. त्यासाठी विशिष्ट ज्ञान, कौशल्य, संयम आणि चांगला दमसास (फुफ्फुसांची क्षमता) लागतो.

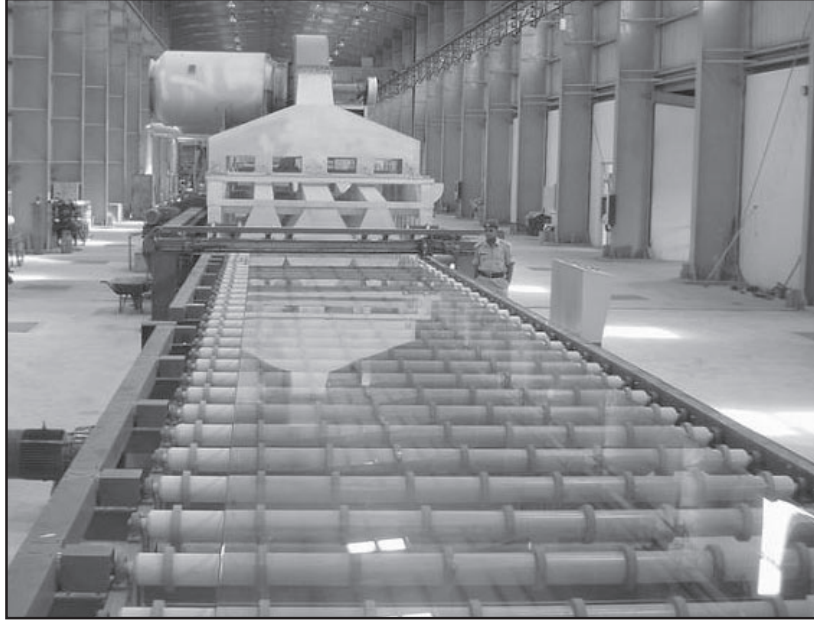
फ्लोट ग्लासच्या शोधानंतर १९५० च्या दशकात काच उत्पादनात क्रांती आली. आता वापरल्या जाणाऱ्या काच बनवण्याच्या अत्याधुनिक पद्धती तेव्हापासून उदयाला आल्या. याबद्दल अधिक माहिती वाचा चौकटीत.



## फ्लोट ग्लास

प्राचीन काळी खिडकीची तावदानं मोठमोठे काचेचे फुगे बनवून (फुंकून) केली जात. ते जवळ जवळ २ मीटर लांब आणि ३० सें.मी. व्यासाचे असत. असा हा सिलेंडर (फुगा) फुंकून फुगवल्यानंतर तो मध्ये कापून सरळ केला जाई. नंतर त्याचे मापाप्रमाणे तुकडे कापून खिडकीच्या काचा बनवत असत. या खिडकीच्या काचांना कित्येकदा मध्यभागी गोलाकार खुणा दिसत. फुंकून काचेचा फार मोठा फुगा फुगवता येत नसे त्यामुळे ही तावदानं लहान असायची. जुन्या इमारतींच्या खिडक्या आठवतायत का तुम्हाला ? एक तर खिडक्याच लहान असायच्या किंवा अनेक छोटी छोटी तावदानं एकत्र जोडून मोठ्या खिडक्यांना लावत.

१८४८ मध्ये हेन्री बेसीमेर या इंग्रजी इंजिनियरने काचेच्या लांबच लांब पट्ट्या तयार करण्याचं तंत्र शोधून काढलं. दोन रोलर्समधून काचेचा तप्त द्रव दाबून बाहेर काढला जाई आणि काचेच्या लांब पट्ट्या तयार होत. पण या रोलरचा पृष्ठभाग खडबडीत असल्याने काचेच्या पट्ट्याही गुळगुळीत नसत. त्यामुळे त्यांना घासून पॉलिश केले जायचे आणि ते परवडत नसे.



मग काचेचा तप्तद्रव एखाद्या सपाट गुळगुळीत पृष्ठभागावर सोडून काचपट्ट्या मिळवण्याचे प्रयोग झाले. लंडनच्या सर अलास्टर पिलिंग्टन आणि केनेथ बिकरस्टाफ यांच्या प्रयोगाला यश आलं. त्यांच्या लक्षात आलं की कथलाचा वितलन बिंदू अतिशय कमी आहे. मग त्यांनी उष्णता देऊन कथील वितळवलं आणि एका मोठ्या हौदात टाकलं. त्यानंतर काचेचा तप्तद्रव त्याच्यावर सोडला (ओतला.) हा काचद्रव टिनवरून सरळ वाहात गुरुत्वाकर्षणाने खाली गेला आणि एक सलग काचेची पट्टी किंवा रिबीन तयार झाली. यात एक अडचण होती ती म्हणजे तप्त काचद्रव सगळीकडे सारख्या जाडीने ओतण्याची. शेवटी १९६० साली यामध्येही यश मिळालं.

आता वितळवलेल्या कथलावर तप्त काच द्रव ओतण्याचं काम स्वयंचलित पद्धतीने केले जाते. हजारो टन काच त्यामुळे मिळते. ते कथील नायट्रोजन आणि हायड्रोजनच्या सुरक्षित आवरणात ठेवतात. या पद्धतीने मिळणाऱ्या काचेची जाडी साधारणतः ७ मिमी असते. यापेक्षा पातळ काच बनवण्याकरता काचेची रिबीन पट्टी ताणली जाते. अटेन्यूटर्स नावाची यंत्रं काचेची जाडी आणि रुंदी नियंत्रित करतात. काचेचा द्रव कथलावरून पुढे पुढे जाताना तापमान ११००° सें. पासून हळूहळू कमी करत आणतात. ते ६००° सें. पर्यंत खाली नेतात. त्यानंतर ही काच अगदी सावकाश गार केली जाते. जेणेकरून तापमान बदलामुळे ती तडकणार नाही. ती हळूहळू थंड होत होत घनरूप होते. अशा प्रकारे सपाट, गुळगुळीत काच तयार होते. पुढे ती जवळजवळ १०० मीटरचा प्रवास करते आणि शेवटी थंड काच मशीनमध्ये योग्य आकारात कापतात.

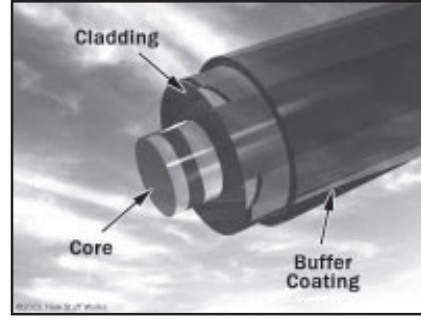
थोडंसं कथील काचेमध्ये शोषलं जातं. कथलाची बाजू अतिनील किरणांच्या साह्याने ओळखता येते.



## वाळू विरहित काच

काही काचांमध्ये वाळू हा मुख्य घटक नसतो. अशा काचांचे भौतिक आणि रासायनिक गुणधर्म वेगळे असतात. त्यामुळे त्यांचा वापर तंतूप्रकाशकी (fiber optics) आणि इतर विशिष्ट तंत्रज्ञानात केला जातो.

यामध्येफ्लुरोझिरकॉनेट, फ्लुरोअॅल्युमिनेट, अॅल्युमिनोसिलिकेट, फॉस्फेट आणि चालकोजेनाईड काचांचा समावेश होतो. कॉम्प्युटरच्या सपाट काचा बनवताना



फायबर ऑप्टिक्स

काचेच्या पातळ, अल्कली विरहीत शीट्स वापरल्या जातात.

## काच पारदर्शक का असते ?

सामान्यतः काच तिच्या पारदर्शकतेमुळे जास्त वापरली जाते. एखाद्या वस्तूवर प्रकाश पडला तर तो त्या वस्तूत शोषला जातो, परावर्तित केला जातो किंवा वस्तूतून आरपार जातो. काळ्या वस्तूतून प्रकाश परावर्तित होत नाही तर आरसा बहुतेक सर्वच्यासर्व प्रकाश परावर्तित करतो. काच थोडासा प्रकाश परावर्तित करते आणि फार थोडा प्रकाश काचेत शोषला जातो त्यामुळे प्रकाश काचेतून आरपार जातो आणि ती पारदर्शक दिसू लागते. हा गुणधर्म काचेत असलेल्या अणूंमुळे असते.

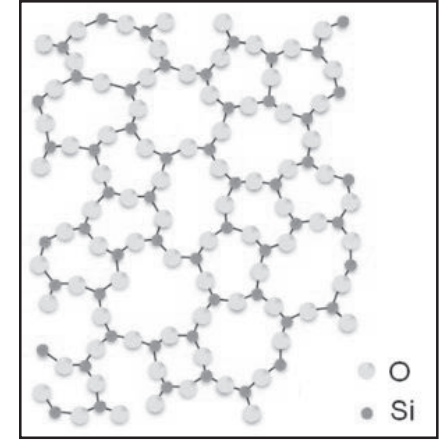
दुसरे कारण म्हणजे काचेचा सपाट सफाईदार गुळगुळीत पृष्ठभाग असल्याने तिला पारदर्शकता येते. काच जर सपाट गुळगुळीत नसती तर काचेवर पडणारा प्रकाश इतस्ततः विखुरला असता. एखाद्या खडबडीत पृष्ठभागावर प्रकाश पडला तर त्यातील रंग विखुरले जाऊन ती वस्तू पांढरी दिसते पण पारदर्शक नाही. तुम्ही काचेचे तुकडे पाहिले का ? तुटक्या काचेचे तुकडे कडेला पांढरे दिसतात. सूर्यप्रकाशाचा एक घटक म्हणजे अतीनील (uv rays) किरणे. ती आपल्याला दिसू शकत नाहीत पण काचेत मात्र शोषली जातात. शीतप्रदेशात घरे उबदार राखण्याकरता काचेच्या खिडक्या बसवल्या जातात आणि त्यामुळे हरित गृह परिणाम जाणवतो.



## काचेचे रासायनिक गुणधर्म.

पदार्थ द्रव, घन किंवा वायू रूपात असतो हे तर तुम्हाला माहिती आहेच. स्फटिकरूपातील पदार्थाबद्दलही तुम्ही ऐकलं असेल. अशा स्फटिकांमध्ये पदार्थाच्या अणूंची रचना अगदी वैशिष्ट्यपूर्ण असते. उदाहरणार्थ मिठाच्या स्फटिकात, सोडीयम क्लोराईड मध्ये सोडीयम आणि क्लोरीनच्या अणूंची क्रमवार रचना एकसारखी असते. या रचनेमुळेच त्या स्फटिकाला त्याचे गुणधर्म प्राप्त होतात.

अस्फटिकी घन पदार्थात अशी अणूंची वैशिष्ट्यपूर्ण रचना नसते. मग काचेत कशी



सिलिकातील अणूंची रचना

रचना असते ? काच अस्फटिकी घन असल्याने तिच्यात अणूंची क्रमवार विशिष्ट

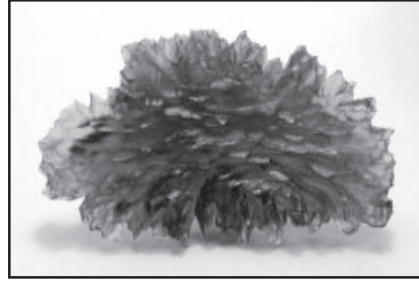
रचना नसते. काचेला एकच एक विशिष्ट वितलनबिंदू नसतो. काच तयार करताना त्यात वेगवेगळे पदार्थ मिसळले जातात. त्या त्या पदार्थानुसार त्या काचेचा वितलनबिंदू व गोठणबिंदू बदलतो. अतिसत काच द्रव एका विशिष्ट दृतशीतन (quenching) पद्धतीने थंड करतात. काचद्रवातले अणू जेव्हा अतिशीत होतात तेव्हा ते घनरूप धारण



दृतशीतन



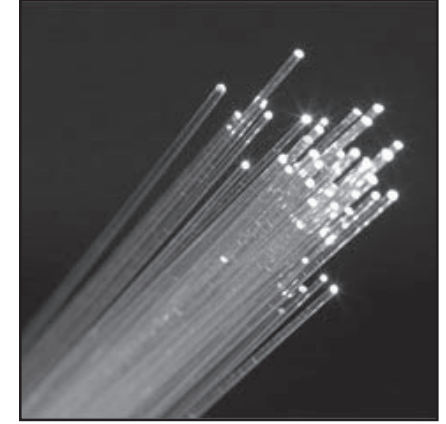
ज्वाला काच



मोल्डेवाईट



ज्वाला काचेची शोभावस्तू



ऑप्टिकल फायबर

करण्यासाठी एकत्र गोठतात. त्यामुळे एका विशिष्ट तापमानाला काच घनरूप होते असं सांगता येत नाही.

### नैसर्गिक काच

जेव्हा ज्वालामुखीतून लाव्हारस बाहेर पडतो तेव्हा नैसर्गिकरित्या काच तयार होते. तिथे तापमान अतिशय उष्ण असल्याने वाळू वितळते. इतर पदार्थांबरोबर ती मिसळली जाते आणि काच तयार होते. अशी काच बहुतेक वेळा रंगानं काळी असते कारण त्यात अनेक अशुद्ध पदार्थ असतात. तिला ज्वालाकाच (obsidian) म्हणतात. अश्मयुगापासून मानवाला ज्वालाकाचेबद्दल माहिती आहे. तेव्हा तिचा उपयोग धारदार चाकू बनवण्यासाठी करत असत. वीज कोसळल्यामुळे निर्माण झालेल्या उष्णतेमुळेही वाळू वितळून काच बनते. जेव्हा अवकाशातून पृथ्वीवर उल्का कोसळतात तेव्हाही उष्णतेमुळे काच तयार होते. या काचेबाबत मतमतांतरं आहेत आणि भूगर्भशास्त्रज्ञांना या सगळ्या ज्वालाकाचा

वाटल्या होत्या.

उल्काजन्यकाचेला मोल्डेवाईट असे नाव आहे. अशा काचा बहुधा काळपट हिरव्या किंवा फिकट हिरव्या रंगाच्या असतात आणि मध्य युरोप, बोहेमिया, मोराविया, झेक प्रजासत्ताक, क्वचित ऑस्ट्रीया आणि जर्मनी इथं आढळतात.

मानवाने जिथे जिथे अणुचाचण्या केल्या आहेत तिथेही निसर्गात काच निर्माण झाल्याचे आढळले आहे. या चाचण्या साधारणतः जमिनीखाली घेतल्या जातात आणि त्यातून प्रचंड प्रमाणात उष्णता बाहेर पडते. त्यामुळेच जमिनीतील वाळू वितळते व मिश्रणापासून काच बनते.

### मानवनिर्मित काच

मानवाने सर्वात पहिली काच निर्मिती सिरिया, मेसोपोटेमिया किंवा प्राचीन इजिप्तमध्ये केली असं मानलं जातं. सुरुवातीला अगदी छोट्या प्रमाणावर असलेल्या या उद्योगानं नंतर अगदी मोठं रूप धारण केलं. मोठमोठ्या राष्ट्रांमधील

व्यापाराचा तो एक महत्त्वाचा उद्योग बनला.

भारतात लालसर चॉकलेटी रंगाची काच फार प्राचीन काळपासून बनवली जात असे. सिंधू संस्कृती (ख्रिस्तपूर्व १७३० वर्ष) पासूनच भारतीय साहित्यात काचेचा उल्लेख आढळतो.

विसाव्या शतकाच्या उत्तरार्धात अनेक संग्रहालय काचेच्या कलापूर्ण वस्तूंनी सज्ज लागली. ४५,००० हून अधिक काचेच्या वस्तू असलेलं कॉर्निंग म्युझियम ऑफ ग्लास हे न्यूयॉर्कमधलं संग्रहालय जगातील सर्वात मोठं समजलं जातं.

काचेचा वापर फक्त पारंपरिक पद्धतीने, भांडी, फुलदाण्या, बाटल्या, पेपरवेट्स, मणी इत्यादी बनवायला होतो असं नाही तर आता अनेक शिल्पाकृती, प्रयोगांसाठीची उपकरणे, मशिन्समधले भाग अशा आधुनिक तंत्रातही होतो आहे.

### ऑप्टिकल फायबर

शुद्ध सिलिकापासून बनवलेली काच (बिलोरी काच) अतीनील किरणे शोषून घेत नाही. या अतिशय महाग काचेचा उपयोग ऑप्टिकल फायबर कोर मध्ये केला जातो. ऑप्टिकल फायबर्सचा उपयोग फायबर ऑप्टिक कम्युनिकेशन तंत्रात करतात. इथे धातूच्या वायर्समधून संदेश पाठवण्याऐवजी काचेच्या तंतूंचा वापर करतात. हे काचेचे तंतू प्रकाशाद्वारे संदेशवहनाचं काम करतात. यामुळे संदेश अति वेगाने आणि मोठ्या अंतरावर पाठवता येतात. यामुळे संदेशांची क्षति कमी होते. हे संदेश संपूर्ण अंतर्गत परावर्तनाने कोरमध्ये ठेवून काचतंतूतून पाठवतात. या आधुनिक तंत्रज्ञानाविषयी पुन्हा कधीतरी जाणून घेऊ या. ◆

जंतरमंतर जुलै-ऑगस्ट ०८ मधील लेखावर आधारित. रूपांतर : यशश्री पुणेकर



# अस्माती संकटे

भाग - १

लेखक : नगेंद्र विजय • अनुवाद : स्मिता जोगळेकर

साल होते १९५०. स्थळ : न्यू मेक्सिको मधील लॉस अलामॉस लॅबोरेटरी. प्रसंग : काही तज्ज्ञ भौतिकशास्त्रज्ञांचे भोजन. परंतु हे शास्त्रज्ञ कोणी सामान्य शास्त्रज्ञ नव्हते. नागासाकी, हिरोशिमावर टाकण्यात आलेल्या अणुबाँब संबंधी 'मॅनहटन प्रोजेक्ट' या गुप्त संशोधनाशी संबंधित असे हे दिग्गज होत. हायड्रोजन बाँबचा सर्जक एडवर्ड टेलर, १९४५ मध्ये प्रथमच अणु विभाजनाच्या साखळी प्रक्रियेचा (चेन रिअॅक्शन) सिद्धांत मांडणारा एनरिको फर्मी, एमिल कोनोपिन्स्की, हर्बर्ट यॉर्क हे सर्व महामानव एका गहन चर्चेत गुंग होते. ही चर्चा होती उडत्या तबकड्या व परग्रहावरील बुद्धिशाली जीव या विषयावर व वातावरण अति गंभीर बनत चालले होते. काहींचे मत होते ब्रह्मांडामधील अजून गुणिले काही अजून ताऱ्यांपैकी केवळ सूर्य या ताऱ्याला जीवसृष्टीवाला ग्रह असावा हे शक्य नाही. मान्य आहे पृथ्वीवर योगायोगाने व कोट्यावधी वर्षांच्या उलथापालथी नंतर

एक सुखद जीवसृष्टी अवतरली, परंतु हे असेच घटनाचक्र अन्य कुठे ही असू शकते. अनेक ताऱ्यांना आपली ग्रहमाला असू शकते. व पृथ्वीला लागू पडणाऱ्या अनेक सिद्धांताप्रमाणे त्या ग्रहांवरही जीवसृष्टी असू शकते.

सर्व वादामध्ये एनरिको फर्मी गप्प होता. अन्य शास्त्रज्ञ तर 'आकाशगंगासुद्धा चौफेर जीवनाने व्यापलेली असू शकते' या निष्कर्षाप्रत आले होते. उत्क्रांतीच्या कालचक्रावर स्वार परग्रहवासी सजीव कदाचित मनुष्यापेक्षाही अधिक बुद्धिमान असावेत व उडत्या तबकड्यांवर आरूढ होऊन ते आकाशगंगेचा प्रवास करीत असावेत असे ही एक अनुमान काढले गेले. अखेर एनरिकोने आपले मौन सोडले व केवळ तीन शब्द उच्चारले where are they? आणि तो निघून गेला. एनरिकोचे हे शब्द fermi's paradox म्हणून गाजले. आत साठेक वर्षांनंतर ही हा paradox -

विरोधाभास आपल्या जागीच आहे त्याची उकल अद्यापही झालेली नाही.

अन्य कोणत्या ग्रहावर जीवसृष्टी असेलही. ते ही अशा ग्रहांचा शोध घेत असतीलच. याबाबत दुमत नाही पण जर हे खरे असेल तर ते अद्याप आपल्याला दिसले का नाहीत ? अंतराळात त्या अर्थाने शांतता का आहे ? where are they? याचा विचार करताना काही स्पष्टीकरणे बाहेर आली. एक म्हणजे परग्रहावरील त्या अतिबुद्धिमान जीवांच्या मते पृथ्वीवरील जीवसृष्टी अद्याप पाळण्यातच आहे. ती बौद्धिकदृष्ट्या पक्क होईपर्यंत ते मौन पाळत असावेत किंवा पृथ्वीवरील जीवांमध्ये त्या बुद्धिवाद्यांना स्वारस्य नसावे. एक रोमांचक व विचारप्रेरक संभावना म्हणजे आकाशगंगेच्या हजारो लाखो ग्रहांवर सुखद अपघाताने जीवनाची सुरुवात होत असावी परंतु अन्य काही प्रलयकारी आघात त्या विकासक्रमाला बुद्धिमत्तेच्या पायरीपर्यंत पोहोचू देत नसावेत.

एके काळी खगोलतज्ज्ञ मानत असत की ब्रह्मांड सौम्य व स्थायी आहे. त्यामध्ये ताऱ्यांच्या जीवनमृत्यूचे शांत चक्र चालू आहे, परंतु गेल्या वीस वर्षांतील अवलोकने सांगतात की कुठेही अशी शांतता नांदत नसून सर्व ठिकाणी भयानक विस्फोट होत असतात. तसेच उच्च ऊर्जा विकिरणांचा पाऊस सर्वदिशांकडे वाहत असतो. अनेक



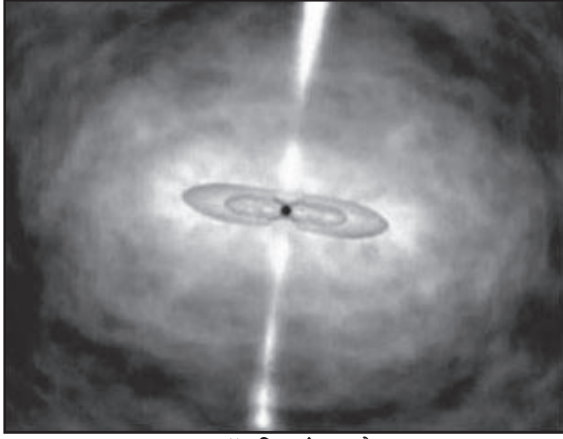
इतर ग्रहांवर जीवसृष्टी आहे ?

विनाशक टकरीही होत असतात. या सर्व बाबी लक्षात घेता आपण एक निष्कर्ष काढू शकतो की अन्य ग्रहांवर चालणाऱ्या या उलथापालथीमुळे किंवा अन्य अनेक कारणांमुळेही पृथ्वीवर सतत अस्मान्ती संकटांची टांगती तलवार आहेच. जर कधी यातील एकही संकट पृथ्वीवर कोसळले तर fermi's paradox च्या where are they? चे एक भयंकर उत्तर मिळू शकेल. याच संकटांच्या संभाव्य धोक्यांचा हा आढावा

## १. गॅमा किरणांचा स्फोट

### (Gamma-Ray Burst)

शीतयुद्धा दरम्यान साम्यवादी रशियाच्या अणुचाचण्यांवर नजर ठेवण्यासाठी अमेरिकेने गुप्तहेर सॅटलाइट वापरले होते. अणुस्फोट होतो तेव्हा एक्सरे पेक्षाही कमी तरंगलांबीचे पण अधिक ऊर्जा अंगी असणारे प्रचंड किरण निर्माण होतात. हे किरण सॅटलाइटच्या मदतीने



गॅमाकिरणांचा स्फोट

मोजले जाऊ शकतात. २ जुलै १९६७ रोजी एक असा स्फोट अभ्यासला गेला की अणुस्फोटाच्या छायाचित्रामध्ये दिसणाऱ्या प्रतिमेपेक्षा निराळा होता. अमेरिकन सैन्यातील तज्ज्ञांना हे काहीतरी नवे व अनाकलनीय वाटले. परंतु अशाच दुसऱ्या स्फोटाच्या अभ्यासानंतर त्यांच्या लक्षात आले की त्याचे जन्मस्थान पृथ्वी नसून अंतरिक्ष आहे. १९६७ पासून पुढील पस्तीसेक वर्षे मग ह्याच शोधाचा पाठपुरावा चालू राहिला. अनेक संवेदनशील उपकरणांच्या साहाय्याने गॅमा रे उत्पातांचे (GRB) मोजमाप होत राहिले. परंतु हे करताना अनेक नवनव्या गोष्टी उजेडात येऊ लागल्या. दिवसातील एखादाच स्फोट टेलिस्कोपच्या कक्षेत येत होता. अन्य स्फोटांचे आयुष्य २-४ सेकंद किंवा कमी असल्यामुळे ते शोधायला वाव मिळत नव्हता. म्हणजेच एखादा गॅमा रे स्फोट दृष्टीस

पडत असताना अन्य शंभर दृष्टीपथाच्या बाहेर राहत होते. या शंभरच्या हिशेबाने रोज शंभर म्हणजे ताशी चारच्या आसपास हा दर फार मोठा झाला. दुसरा महत्त्वाचा मुद्दा होता निर्माण होणाऱ्या ऊर्जेचा. सूर्याच्या आकाराचे १००० तारे आपल्या जीवनकाळात जर स्वतःची तमाम ऊर्जा बाहेर टाकत असले तर निर्माण होणारी ऊर्जा समजा

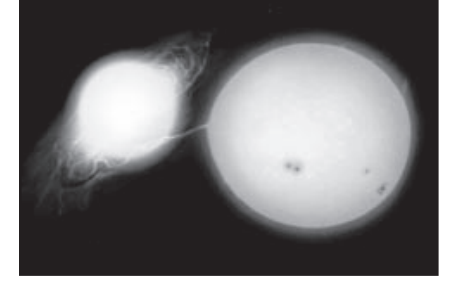
केवळ दोनेक सेकंदात GRB च्या माध्यमातून फेकली गेली तर ? हा लखलखाट साधारण १०० सुपरनोव्हा विस्फोटांच्या एकत्रित प्रकाशांएवढा असेल. अमेरिकेने हळीहळीच आपल्या शोधकावर झेललेला असा प्रकाश (गॅमा रे स्फोट) तेरा अब्ज वर्षांपूर्वीचा होता. जेव्हा ब्रह्मांड बाल्यावस्थेत होते व पृथ्वीचे तर स्वतःचे अस्तित्वही नव्हते. म्हणजेच जर हा विस्फोट काही हजार वर्षांपूर्वी झाला असता पृथ्वीवरील सूक्ष्मातिसूक्ष्म जीवही भाजून निघाला असता. खगोलशास्त्रज्ञांनी GRB चे दोन स्रोत आजपर्यंत ओळखले आहेत. एक आहे युग्मतारा / Binary star. ब्रह्मांडातील बरेच तारे या प्रकारचे आहेत. यातील काही तारे तर सूर्याच्याही दसपट आकाराचे आहेत. सक्रीय कार्यकाल पूर्ण झाल्यानंतर या ताऱ्यांचे कृष्णविवरात (ब्लॅक

होल मध्ये) रूपांतर होते. GRB चा दुसरा स्रोत म्हणजे ब्लॅक होल तयार होताना सूर्यापेक्षा तीसेक पट मोठा प्रचंड तारा दीर्घायुष्य उपभोगल्यानंतर, ऊर्जा संपत आल्यावर कृष्णविवरात बदलला जातो.

या क्रियेच्या वेळी घडवले जाणारे ब्लॅक होल सुरुवातीच्या दोनेक सेकंदात ताऱ्याची प्रचंड ऊर्जा ओकून टाकते. एकापाठोपाठ एक ऊर्जेच्या लाटा मग निघतच राहतात. आधी थोड्या मंद लाटा, त्यावर अधिक गतिमान लाटा, त्यावर त्याहून अधिक गतिमान अशा लाटा एकावर एक आदळत राहतात त्यातून गॅमा किरणांचा उगम होतो. एक पॅसेंजर ट्रेनवर पाडून येणाऱ्या सुपरफास्टट्रेनची कल्पना करा. आणि पुढे अशा एकावर एक टकरी त्याही GRB च्या स्वरूपात.

या टकरी लाखो किंवा करोडो प्रकाशवर्षे दूर झाल्या तर काळजी नाही परंतु जर पृथ्वीच्या जवळपासच्या अंतरिक्षात झाल्या तर संपूर्ण सजीव सृष्टीचा विनाश अटळ आहे. पृथ्वीपासून ६००० प्रकाशवर्षांच्या अंतरावरून येणाऱ्या गॅमा किरणांमुळे ओझोन वायूच्या थराला मात्र प्रचंड हानी संभवते आणि ओझोनला धक्का म्हणजे सूर्याच्या अतिनील किरणांचा (अल्ट्राव्हायोलेट) पृथ्वीवर थेटच अभिषेक.

या सर्व संदर्भात दोन प्रश्न उभे राहतात.



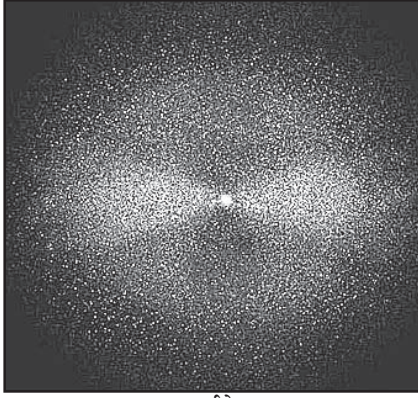
युग्मतारे

भूतकाळात GRB मुळे जीवसृष्टी समूळ नष्ट झाली होती का व नजीकच्या भविष्यात असा काही धोका संभवतो का ?

पहिल्या प्रश्नाचे उत्तर म्हणजे ४४ कोटी वर्षांपूर्वी ५७% जीवसृष्टीचा घास घेणारा असा GRB झाला असल्याची माहिती मिळते याचा पुरावा म्हणजे जमिनीवरचे व समुद्र सपाटीवरचे सर्व सजीव यात नष्ट झाले मात्र सागरतळाशी असलेले जीव आबाद राहिले. सूर्याचे अतिनील किरण समुद्राच्या ठरावीक खोलीच्या खाली जाऊ शकत नाही.

दुसऱ्या प्रश्नाचे उत्तर सांगते की ब्रह्मांडातील बहुतांश तारे युग्मतारे (Binary) असून ठरावीक भ्रमणकक्षेमध्ये फिरतात. असंतुलित कक्षेतील तारे फक्त एकमेकांशी टकरी घेतात. पुढे त्याचे कृष्णविवर होऊन वरील प्रक्रिया (GRB) होतात. तर आजपर्यंत तुमच्या आमच्या कारकिर्दीत असा GRB झाला नसला तरी तो उद्या होणारच नाही याचा काही भरवसा नाही. तो कधी ही होऊ शकतो. अगदी आज किंवा उद्या सुद्धा !

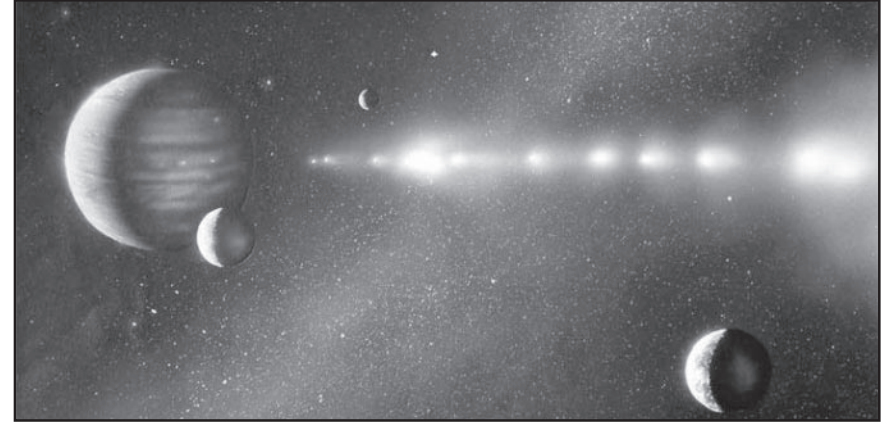




उर्टचे ढग



धूमकेतू



## २. गुन्हेगार धूमकेतू वर्षाव

सूर्यापासून साधारणतः ५०००० अस्ट्रॉनॉमिकल युनिट / AU अंतरावर दहाबारा अब्ज धूमकेतूचा मुक्काम आहे. (१AU = सूर्यापासून पृथ्वीपर्यंतचे सरासरी अंतर म्हणजेच १४, ९५, ९७, ८७० कि.मी.) हिमकण व धुलिकणांनी बनलेले हे पदार्थ पृथ्वी, मंगळ, गुरु, शनि वगैरे ग्रहांप्रमाणे समतल (ecliptic) अयनवृत्तामध्ये सूर्याची प्रदक्षिणा करत नसून अशा प्रचंड गोलांच्या रचनेने सूर्यालाच सर्व दिशांनी घेरले आहे. सूर्य व अन्य ग्रह या गोलाच्या पोकळीत सामावलेले आहेत. सूर्यापासून एवढ्या अंतरावर असलेल्या धूमकेतूंचा शोध १९५०च्या आसपास जान उर्ट (oort) नावाच्या डच खगोलशास्त्रज्ञाने लावला म्हणून याला 'उर्टचे ढग' असे म्हणतात.

या रचनेमध्ये वर्षानुवर्ष साधारणतः काही बदल होत नाही. परंतु क्वचित

गुरुत्वाकर्षणाच्या एखाद्या झटक्यामुळे डळमळीत झालेल्या एखादा धूमकेतू आपले ४.६ अब्ज वर्षांचे वसतीस्थान सोडून सूर्याकडे प्रवास करू लागतो. मग उर्ट ते सूर्य असा लंबगोल भ्रमणकक्षेमध्ये फिरू लागतो, याची फिरण्याची कक्षा उभी, आडवी, तिरकी ही असू शकते कारण या धूमकेतूचे मूळ स्थान उर्ट ढगांमध्ये कुठेही असू शकते. क्वचित या प्रवासात महाग्रह गुरु त्या भटक्या धूमकेतूला स्वतःकडे खेचून घेतो. तसे पाहता हे आपल्या पृथ्वावासियांसाठी चांगलेच ठरते कारण गुरुने स्वतःकडे खेचून घेतलेल्या या धूमकेतूची पृथ्वीशी टक्कर होण्याची शक्यता यामुळे नष्ट होते. जुलै १९९४ मध्ये गुरु ग्रहावर २३ छोट्या मोठ्या तुकड्यांच्या रूपात शूमेकर लेव्ही ९ हा धूमकेतू आदळला होता. ताशी २,२०,००० कि.मी. वेगाने आलेला हा धूमकेतू पृथ्वीवर आदळला तर त्या टकरीमुळे निर्माण झालेली ६०,००,००,००० मेगाटन

TNT ऊर्जा समग्र सजीव सृष्टीचा नाश करती झाली असती. ही ऊर्जा संपूर्ण विश्वाच्या एकूण अणूश्रंखांच्या हजारो पटीत भरली असती. या संहाराची आपण कल्पनाही करू शकत नाही.

अर्थात केवळ टळलेल्या आपत्तीबद्दल स्वतःला अतिभाग्यवान समजत बसण्यात अर्थ नाही. कारण या ब्रह्मांडातील उलथापालथी सततच चालू असतात. सूर्याचेच उदाहरण घ्या. सूर्य आपल्या ग्रहमालेमध्ये आकाशगंगा मंदाकिनीच्या केंद्राभोवती प्रदक्षिणा घालतो परंतु ती त्यांची एकमात्र अशी गती नव्हे या चक्राकार प्रवासात तो चढउतारही घेत असतो. डिस्नेलँड मधील फिरते चक्र मुख्य केंद्राभोवती फिरता फिरता स्वतःभोवती फिरते व वरखालीही होते तशी ही गति आहे. या वरखाली होण्याचा काळ साधारणतः ३.३ कोटी वर्षे भरतो. या साऱ्या फिरण्यामध्ये

अन्य ताऱ्यांची गती तसेच भ्रमणमागेही पूर्णपणे भिन्न असतात. त्यामुळे सूर्य एखाद्या ताऱ्याला अगदी घसटून जाण्याइतका जवळून जातो. जर कधी या ताऱ्याच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे एखादा धूमकेतू सूर्याकडे खेचला गेला व नेमकी पृथ्वी या मार्गात आलीच तर होणाऱ्या संहाराची कल्पना न केलेली बरी. साधारणतः ९६% जीवसृष्टीचा २४.८ कोटी वर्षांपूर्वी संहार करणाऱ्या नैसर्गिक झटक्याचे मूळ अशाच धूमकेतू वर्षावामुळे झालेल्या टकरीत असावे. असा दुसरा संहार आजपासून २०.५ कोटी वर्षांपूर्वी तर तिसरा ९३.८ कोटी वर्षांपूर्वी झाला होता.

असा एखादा धक्का कधीही पुन्हा बसू शकतो काहीही घडू शकते तेव्हा निसर्गासमोर आपले काही चालत नाही हेच खरे!

गुजराती सफारी जून २००६ मधून साभार लेखक : नगेंद्र विजय अनुवाद : स्मिता जोगळेकर

# प्रकाशाचं तेज

लेखक : जोएल आकेनबाख ● अनुवाद : नीलिमा सहस्रबुध्दे

प्रकाश आपल्याला दुनिया दाखवतो. आपले जैविक घड्याळ लावतो. आपल्याला रंगांचे दर्शन घडवतो. आपल्या मना-शरीराला प्रकाशाची ओढ असते. प्रकाश पिऊनच वनस्पती वाढतात, आपले पोषण करतात. सूर्योदय-सूर्यास्त, इंद्रधनुष्ये आपल्याला प्रेरणा देतात. आपले जीवनच बदलून टाकणाऱ्या अनेक गोष्टी - विजेचे दिवे, लेसर किरण, फायबर ऑप्टिक्स - ही सारी प्रकाशाची देणगी प्रकाशाचा अभ्यास अजून चालूच आहे. तो आपले भविष्य उजळणार हे नक्की !

विश्वाच्या आदिअंतापर्यंत प्रकाश व्यापून राहिला आहे. दृश्य आणि अदृश्यही. निसर्गातल्या सर्व पदार्थमात्राचा अभ्यास भौतिकशास्त्रानं केला. त्याचे अणुरेणू उलगडले. पण प्रकाशाचं गूढ अजून संपत नाही. प्रकाशाचं वर्णन कसं करायचं ? प्रकाश लहरी म्हणून की प्रकाशकण म्हणून ? वैज्ञानिक म्हणतात - होय, त्या लहरी आहेतच आणि कणही आहेत.

प्रकाशकण - फोटॉन म्हणजे प्रकाशाचा कण. जेव्हा प्रकाशाचे गुणधर्म एखाद्या अणूमधल्या प्रोटॉन/न्यूट्रॉन इलेक्ट्रॉन सारख्या कणाप्रमाणे असतात तेव्हा तो प्रकाशकणांचा बनलेला असतो असं गृहीत धरतात. प्रकाशकणांचा उपयोग आता संदेशवहनासाठी (इलेक्ट्रॉन एवजी) केला जातो.

लेसर किरणांनी डोळ्याच्या शस्त्रक्रिया

करण्यापासून ते टेलिफोन तंत्रज्ञानापर्यंत सगळीकडे प्रकाश वापरतात. टेलिफोनसाठी फायबर ऑप्टिक केबल्स वापरल्यामुळे आता पूर्वीसारख्या जडभारी धातूच्या तारा लागत नाहीत. अवरक्त प्रकाशाच्या साहाय्याने अतिशय बारीक वायरमधूनही एकाच वेळी कोट्यवधी संभाषणे वाहून नेली जातात.

## प्रकाश म्हणजे काय ?

पुरातन काळापासूनच प्रकाशाबद्दल समजून घेण्याचा प्रयत्न चालूच आहे. त्या काळात तर कोणतीही खास साधनं उपलब्ध नव्हती, त्यामुळे डोक्यात येणारे विचार हेच एक साधन होतं. ॲरिस्टॉटलचं एक विधान होतं की 'पारदर्शक पदार्थाची कृती म्हणजे प्रकाश' पण यामुळे काहीच प्रकाश पडला नाही. अनेक पारदर्शक पदार्थांवर अग्नि/सूर्याचा प्रकाश पडला की त्यातून रंग दिसू लागत,

प्रकाशही बाहेर पडे.

ख्रिस्तपूर्व पाचव्या शतकातला कवी, तत्त्वज्ञानी एम्पिडोक्लिस म्हणत असे की प्रकाश म्हणजे सूर्यापासून वाहणारा ओघ / प्रवाह आहे. त्याची गती फारच जास्त असल्याने आपल्याला कळत नाही. डोळ्यामध्ये अग्नितत्त्व असतं (दिव्यांसारखं) असंही तो म्हणायचा. त्यावेळी युक्लिड, प्लेटो आणि इतर अनेक ग्रीक मंडळी यावर विश्वास ठेवत होते. अनेकदा आपण डोळ्यासमोरची गोष्ट पाहत नाही - हे या नियमानं स्पष्ट होत असे. एखादी गोष्ट दिसण्यासाठी त्यावर आपल्या डोळ्यातून थेट किरण पडावे लागतात असं समजलं जाई. यावरचा युक्तिवाद ॲरिस्टॉटलनं तेव्हाच केला होता की - असं (डोळ्यामध्ये अग्नितत्त्व) असेल तर आपल्याला अंधारातही दिसायला हवं.

अरब शास्त्रज्ञ अल् हाजेन यानं हजार वर्षांपूर्वी असा युक्तिवाद केला होता की आपण सूर्याकडे पाहिल्यावर डोळे दुखतात, याचाच सरळ अर्थ असा की प्रकाश सूर्याकडून डोळ्यामध्ये जातो - उलट नव्हे. अल् हाजेननं प्रथम गूढ कॅमेऱ्याचा शोध लावला. अंधान्या खोलीच्या भिंतीवर जेव्हा सूक्ष्म छिद्रातून प्रकाशकिरण पडतात, तेव्हा तिथे बाहेरच्या दृश्याची उलटी प्रतिमा दिसते. यानंतर शेकडो वर्षांनी लियोनार्डो दा व्हिन्सीच्या लक्षात आलं की आपला डोळा

म्हणजे असलाच गूढ कॅमेरा आहे. देकार्तेनं नंतर एक नाट्यपूर्ण प्रयोग केला. एका बैलाचा नेत्रगोल त्यानं मिळवला. मागच्या बाजूला असलेला शिरा-नसांचा भाग त्यानं काढून टाकला आणि त्या बाजूनं त्यानं निरीक्षण केलं. त्याच्या दृष्टीस पडलं की तिथेही बाहेरच्या दृश्याची उलटी प्रतिमा पडली आहे ! मग आपल्याला जग उलट का दिसत नाही ? आपला मेंदू (डोळ्यात पडणारी) ती प्रतिमा सुलट करून बघतो म्हणून. 'दृष्टी' मध्ये डोळा आणि मेंदू असे दोन्ही भागीदार असतात. एक भौतिक आणि एक मानसिक.

## न्यूटनचा प्रकाश

लवकरच न्यूटनने प्रकाशावरचे प्रयोग सुरू केले आणि मग सतत प्रगती चालू राहिली. १६६० साली न्यूटनने दाखवून दिले की पांढरा प्रकाश हा सप्तसंज्ञांचा बनलेला असतो. एका लोलकामधून पांढरा प्रकाश सोडून त्याचे सप्तसंज्ञे झाले आणि दुसरा लोलक वापरून

◆ प्रकाश आणि वीज दोन्हीही विद्युतचुंबकीय तरंगांच्या स्वरूपातल्या ऊर्जा आहेत हे १८५०च्या सुमारास शास्त्रज्ञांच्या लक्षात आले.

◆ १९१० मध्ये सर्वप्रथम एका बल्बमध्ये निऑन वायू वापरला गेला. त्याच्या भडक प्रकाशामुळे पुढे जाहिरातींची दुनियाच बदलली.

ह्या सप्तर्गांचा पुन्हा पांढरा प्रकाश झालेला त्याने प्रत्यक्ष दाखवला. १६७५ मध्ये त्याने रॉयल सोसायटीला सांगितले की प्रकाशाचं स्वरूप पूर्णतः समजलं नसलं तरी तो अनेक प्रकारच्या कणांपासून बनला आहे हे नक्की. त्यांचे रूप, आकार, ऊर्जा यामध्ये थोडाथोडा फरक आहे. जशी किनाऱ्यावरची वाळू, समुद्रातल्या लाटा आणि माणसांच्या चेहऱ्यांमध्ये असतो; एकूणच सगळ्या निसर्गात दिसतो तसा.

प्रकाश कणांचा बनलेला आहे असाच न्यूटनचा विश्वास होता. 'लांबवरच्या चमकणाऱ्या ताऱ्यांपासून अतिसूक्ष्म आणि अतिवेगवान कणांचा प्रवाह वाहत असतो.



फायबर ऑप्टिक केबल्स

यांचे आकार वेगवेगळे असतात.' वैज्ञानिक जगतात न्यूटनचे स्थान इतके मोठे होते की त्याच्या म्हणण्या पुढे 'प्रकाश हा तरंगांचा बनला आहे' हे काहींचे म्हणणे अगदी निष्प्रभ झाले. अगदी एकोणिसाव्या शतकापर्यंत.

### एकोणिसाव्या शतकात

जेम्स क्लर्क मॅक्सवेल या स्कॉटिश शास्त्रज्ञाने १८६० मध्ये अतिशय मूलभूत संशोधन केले. विद्युत आणि चुंबकत्व यांचा अभ्यास करत असताना त्यांना असं दिसलं की या दोन्हींचा वेग प्रकाशाइतकाच आहे. हा काय योगायोग म्हणायचा? मॅक्सवेलचा निष्कर्ष होता की प्रकाश हा विद्युत-चुंबकीय तरंग आहे.

कण सिद्धांत विरुद्ध तरंग सिद्धांत यांची

टेलिकम्युनिकेशन क्षेत्रात लेसरचा उपयोग फारमोठी क्रांती घडवून आणत आहे. एकेका फायबरमधून पाठवता येणारी माहिती दरवर्षी वाढत चालली आहे. उदाहरणादाखल तरंग लांबीनुसार केलेले वर्गीकरण पाहू. वेगवेगळ्या तरंगलांबीचे अवरक्त किरण एकाच वेळी एकाच फायबरमधून पाठवता येतात. प्रत्येक तरंगलांबी ही जणू त्या त्या संदेशासाठीची स्वतंत्र पाइपलाइन असते ! प्रत्येक फायबरमधून डझनावारी/शेकडो/हजारो संदेश जाऊ शकतील.

बरोबरी झाली. त्याचं कारण म्हणजे क्वांटम मेकॅनिक्स : पुंजयामिकी. इलेक्ट्रॉनच्या ऊर्जा पातळीमध्ये बदल झाला की त्यातून प्रकाश बाहेर पडतो. अवकाशात प्रवास करताना प्रकाश एखाद्या तरंगाप्रमाणेच पुढे जातो. पण पदार्थासमोर आल्यानंतर मात्र तो कणांनी बनल्याप्रमाणे वागतो. ऊर्जा म्हणजे तरंग आणि पदार्थ म्हणजे कण अशा सरधोपट वर्गीकरणात आपल्याला प्रकाशाचे गुणधर्म सरळ सरळ बसवता येत नाहीत.

मॅक्स प्लँकने १९०० सालात केलेल्या

उष्णता प्रारणासंबंधीच्या प्रयोगात असं दिसून आलं की प्रकाश पदार्थावर आपटताना गोळे आपटावेत तसं होतं - मशीनगनमधून गोळ्या याव्यात तसं. त्यानं या कणांना पुंज (क्वांटम) असं नाव दिलं. पण या निरीक्षणावर त्याला स्वतःलाच विश्वास ठेवावासा वाटत नव्हता.

### आइन्स्टाईन

आइन्स्टाईन काय म्हणत होते पाहूया. त्यांनी जेव्हा त्यांची स्पेशल थिअरी ऑफ रिलेटिव्हिटी मांडली तेव्हा त्यांनी न्यूटनचे भौतिकीचे नियम मोडीत काढले हे सगळ्यांना



लेन हाऊचा प्रयोग : प्रकाश वापरण्यातला एक मोठा टप्पा हार्वर्ड विद्यापीठात पार पडला. लेने हाऊ या भौतिक शास्त्रज्ञाने अतिथंड वायू वापरून लेसर किरण थांबवण्यात यश मिळवले.

## लेसर किरण

१९५० मध्ये लेसर किरण पहिल्यांदा बनवता आले. **light amplification by stimulated emission of radiation**. प्रकाश सर्व दिशांनी पसरतो. पण लेसर किरण एका विशिष्ट दिशेत सरळ जातात. असे किरण बनवण्यासाठी एक तत्त्व वापरलं जातं : अणूंना फोटॉन शोषता येतात, बाहेरही सोडता येतात. जेव्हा इलेक्ट्रॉन उच्च ऊर्जा पातळीवरून कमी ऊर्जा पातळीवर येतात, तेव्हा फोटॉन बाहेर टाकतात. अशा पद्धतीनं फोटॉन बाहेर टाकू शकणारे अणू लेसर तयार करताना वापरतात. हे अणू उत्तेजित करून त्यांवर प्रकाशाचा झोत टाकल्यावर काही अणूंमधून फोटॉन बाहेर पडतात. या फोटॉनमुळे आणखी काही अणूंना प्रोत्साहन मिळते आणि तेही फोटॉन बाहेर टाकू लागतात. अशी एक साखळी प्रक्रियाच चालू होते.

लेसरचा शोध लागला तेव्हा त्याचा दुरुपयोग होईल अशी अनेकांना भीती वाटत होती. मात्र सध्या त्याचा असंख्य ठिकाणी उपयोग होतो.

- सुपर मार्केट मध्ये वस्तूंचा लावलेले किंमतीचे लेबल वाचणे
- सीडी प्लेअरमध्ये सीडी वाचणे
- टेलिफोनच्या फायबर ऑप्टिक

केबलमधून पाठविण्यासाठी आवाजाचे प्रकाश तरंगात रूपांतर करणे.

- शल्यक्रियेसाठी - गाठी काढून टाकणे, अवास्तव वाढ कापून काढणे, डोळ्याच्या पडद्याची दुरुस्ती. लेसरला लाभणारी ताकद मिळवण्यासाठी एकाच स्थिती (फेज) मधले तरंग वापरतात.

- लेसरचे उपयोग कुठेकुठे केले गेलेत सांगणं अवघडच. अपोलो यानातून गेलेल्या अवकाशयात्रींनी चंद्रावर काही आरसे ठेवले. पृथ्वीवरून सोडलेले लेसर त्या आरशांवरून परावर्तित झाल्यावर त्या द्वारे पृथ्वी-चंद्र अंतर अचूक मोजले गेले.

- एखाद्या पदार्थातील अशुद्धे शोधणे
- खडकातील सच्छिद्रता ओळखणे
- प्रथिनांची रचना अभ्यासणे
- कोरोनरी अंजिओग्राफी (हृदयवाहिनी तपासणी)

लेसरसाठी अवरक्त किरणांपासून एक्सरे पर्यंत सर्व प्रकारचे तरंग उपयोगात आणले जातात. कित्येक काळ आपण फक्त दृश्य प्रकाशातच संशोधन केले. आता मात्र त्या पलीकडचा प्रकाश वापरून बऱ्याच गोष्टी 'पाहता' येतात. उदा. पृष्ठभागावरचा एकेका अणूचा थर.

दिवसेंदिवस या प्रकाशाचा झोत अधिकाधिक तेजस्वी होत चालला आहे.

माहीत आहे. त्यांनी हे सिद्धांत मांडण्यासाठी प्रकाशाचाच उपयोग केला. होय. त्यांनी जे प्रयोग मनातल्या मनात केले त्यामध्ये. (Thought experiments.) त्यांनी असा विचार केला - जर आपण एकाद्या प्रकाशकिरणावर स्वार झालो आणि शेजारच्या दुसऱ्या किरणाकडे पाहिलं तर ? आपल्याला तो किरण स्थिर भासणार नाही का ? मॅक्सवेलने मांडलेल्या समीकरणात प्रकाशाचा वेग अवकाशात असताना कमी होणं मुळीच संभवत नव्हतं. मग जेव्हा आइन्स्टाईनने मांडलं की प्रकाशाचा वेग पाहणाऱ्याच्या वेगावर अवलंबून नसतो, तो नेहमी स्थिरांक असतो / तो कधीही बदलत नाही, तेव्हा परिणामस्वरूप काळ आणि अवकाश (स्पेस-टाइम) यांच्या प्रचलित कल्पनाच बदलून गेल्या.

आइन्स्टाईनच्या या मांडणीला पाया पुरवला होता मोर्ले व मायकेलसन यांच्या १८८७ मधल्या सुप्रसिद्ध प्रयोगानं. अवकाशात सर्वत्र व्यापून असलेल्या ईथरमध्ये पृथ्वी भ्रमण करते असं तेव्हा गृहीत होतं. हे ईथर असल्याचा पुरावा मात्र कुणालाही मिळाला नव्हता. मोर्ले आणि मायकेलसन या ईथरचा पुरावा मिळवण्यासाठी प्रयोग करत होते. त्यांचं म्हणणं होतं की प्रकाश जेव्हा ईथरमधून पृथ्वीच्याच दिशेने प्रवास करेल तेव्हाचा त्याचा वेग हा त्याच्या काटकोनातल्या दिशेने केलेल्या प्रवासापेक्षा

जास्त असणार. कारण ईथरचा प्रवाह त्याला पृथ्वीच्या दिशेने जाताना मदत करेल. वेगळ्या दिशेने जाताना अडथळा आणेल. प्रत्यक्ष प्रयोगामध्ये असं काही दिसलं नाही. या दोघांना असं वाटलं की आपल्या प्रयोगात काही तरी चुकीची निरीक्षणे मिळाली आहेत.

आइन्स्टाईनने मात्र या प्रयोगाची निरीक्षणे बरोबरच आहेत असं मांडलं. त्यांचं म्हणणं होतं की ईथर मुळीच नाहीच अवकाशात. तिथे निरपेक्ष स्थान असंही काही नाही आणि निरपेक्ष वेळ सुद्धा नाही ! (No absolute location in space, not even absolute time!)

रिलेटिव्हिटी थिअरी आपली मती गुंगवून टाकते. आगगाडीच्या हेडलाइटचा प्रकाश हा स्टेशनवरच्या दिव्याच्या प्रकाशापेक्षा वेगानं जाईल असं कॉमन सेन्स उत्तर आहे. पण तसं प्रत्यक्षात होत नाही. आणि त्याला कुणीही काही करू शकत नाही !

रिलेटिव्हिटी आपल्याला डोकं खाजवायला लावते. त्यातून असं सिद्ध होतं की जेव्हा वस्तुमानाचा वेग वाढत जाऊन प्रकाशाचा वेगाइतका व्हायला लागतो तेव्हा 'काळाचा वेग' कमी व्हायला लागतो. वस्तुमानाचा वेग प्रकाशाएवढा झाल्याक्षणी काळाचा वेग शून्य होतो. काळ थांबतोच !

आता बघा हं. आपण तारे, आकाशगंगा, क्वासार यांच्याकडून येणाऱ्या प्रकाशाचा विचार करतो. त्यांचं आपल्यापासून अंतर

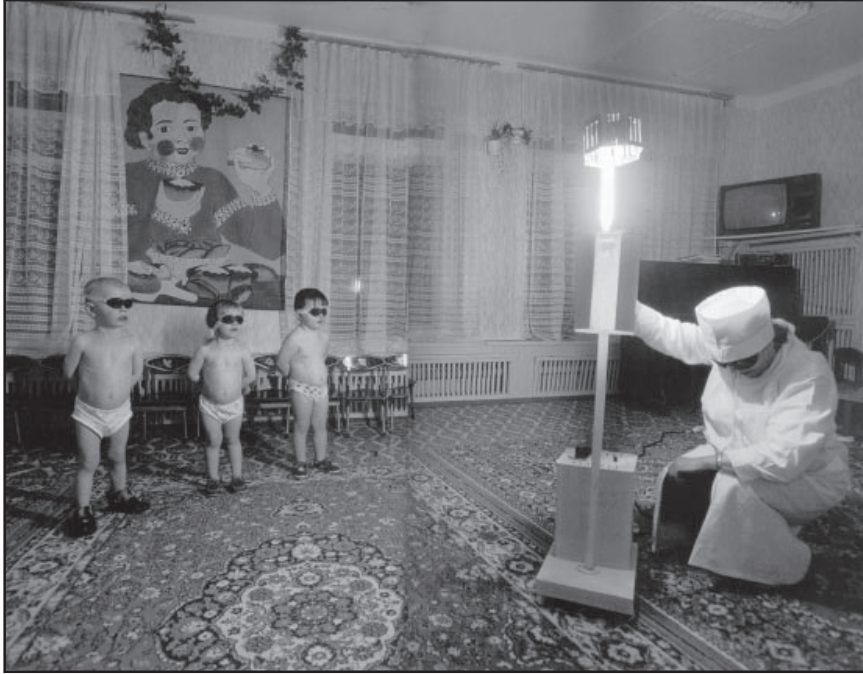
मोजण्यासाठी 'प्रकाशवर्ष' वापरतो. पण आपणच 'प्रकाश' असतो तर? आपणच फोटॉन असतो तर? मग या प्रवासाला काही वेळच लागणार नाही. हे लांबलांबचे प्रवास क्षणार्धात होऊन जातील.

### प्रकाश आणि अंधार

विद्युत चुंबकीय प्रारणाच्या एकूण व्याप्तीपैकी काही भागाला आपण रेडिओतरंग म्हणतो, काही भागाला गॅमा किरण, काहीला एक्सरे...

तसंच या प्रारणाचा जो भाग आपण पाहू शकतो त्याला साधारणपणे 'प्रकाश' म्हटलं जातं. हा दृश्य प्रकाशविश्वातल्या इतर कोणत्याही मूलद्रव्यापेक्षा वेगळा आहे. तो सातत्याने, थेटपणे, नियमित आपल्या संवेदनशील संवाद करत असतो.

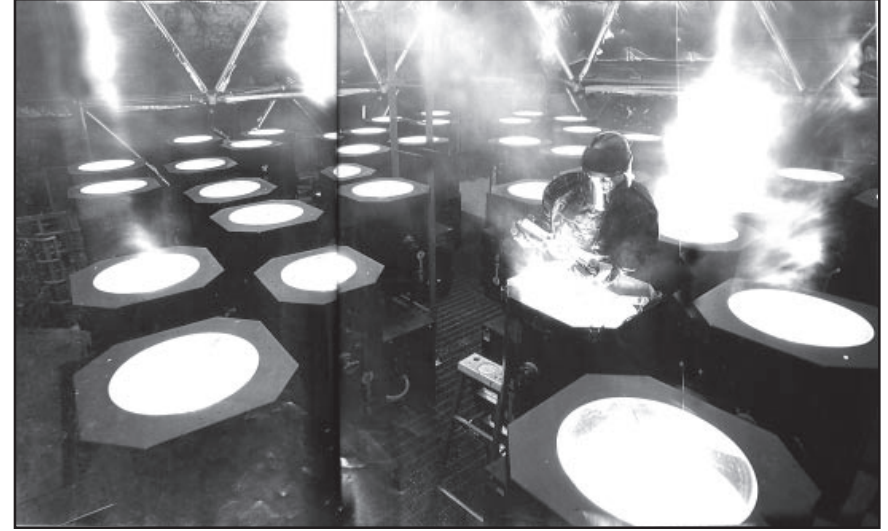
आपल्या प्रत्येक डोळ्यात १२ कोटी ५० लाख डंड आणि शंकूपेशी असतात. अगदी संवेदनशील पेशी. मोजके फोटॉन



रशियामधल्या उत्तरेकडच्या लोव्होझिरो गावातल्या या छोट्या मुलांना दोनच मिनिटांचा हा भासमान उन्हाळा अनुभवायला मिळतोय. सूर्यप्रकाशात त्वचेखाली तयार होणारं ड जीवनसत्व मिळावं म्हणून इथे क्षण-दोन क्षण अतिनील किरणांचा शेक देतात. कारण येथे महिनोन्महिने सूर्य उगवत नाही

सुद्धा त्यांना 'दिसतात'. आपल्या मेंदूचा पंचमांश भाग हा फक्त भोवतीची दुनिया पाहण्यासाठीच काम करत असतो. म्हणून तर डोळे हे मेंदूच्या इतक्या जवळ, मेंदूइतक्याच सुरक्षित आवरणात ठेवलेले असतात. डोळ्यांना जितक्या लांबचं, स्पष्ट दिसतं तितकं आपण ऐकू शकत नाही, ना इतक्या लांबचे वास घेऊ शकत. (आठवा : राशी-नक्षत्रे.) दृश्य प्रकाशामुळे इतकी माहिती मिळू शकते की एवढ्याशा माशीपासून ऑक्टोपसपर्यंत सगळे त्यासाठी प्रयत्नशील असतात. मग ते डोळे एक, दोन किंवा अनेक असतील.

आपल्या सूर्याकडून जे प्रारण खूप मोठ्या प्रमाणात होते, जे पृथ्वीवर जीवन आणते, त्याच प्रारणाला आपले डोळे संवेदनशील असतात हे लक्षात घ्यायला हवं. दृश्य प्रकाशात ऊर्जा भरपूर असते, त्याची तरंग लांबी कमी असते, त्यामुळे आपल्याला पाहण्यासाठी तो सोईस्कर आहे. रेडिओतरंग पाहायचे म्हटले, तर त्यांच्या मोठ्या तरंगलांबीमुळे सॅटेलाइट डिशसारखे मोठेमोठे डोळे आवश्यक झाले असते. (असल्या डोळ्यांचा उपयोग किती झाला असता ही मात्र शंकाच आहे. अवरक्त प्रकाशाजवळचे



लास वेगास येथील जगामधील सर्वाज जास्त झळकणारे दिवे. यांच्या प्रकाशात जवळजवळ दहा मैलांवरसुद्धा आपण पुस्तक वाचू शकू. झेनॉन वायू उच्च दाबाखाली ठेवून त्याला विद्युत प्रवाह दिला असता सूर्यासारखा लख्ख प्रकाश बाहेर पडतो. तो विमान तळावर वापरला जातो. अशा प्रकारचा प्रकाश निऑन वायूतूनही मिळतो.



ध्रुवाजवळ हिवाळ्यात जेव्हा सूर्य अस्ताला जातो, महिनोन्महिने उगवत नाही, तेव्हा माणसांची मनःस्थितीही बिघडते. रशियामधल्या उत्तरेकडच्या लोवोझिरोमध्ये सकाळी दहा वाजता काढलेला हा फोटो.

प्रारण दिसले असते आणि जवळ असलेल्या सगळ्याच गरम उबदार पदार्थांमुळे आपल्याला कटकट झाली असती.)

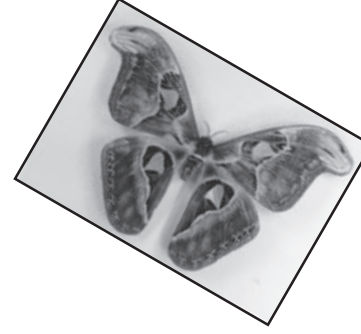
आणखी एक गोष्ट लक्षात घेण्यासारखी आहे - सावल्या. पृथ्वीवर दिसणाऱ्या सावल्या ह्या चंद्रावर दिसणाऱ्या सावलीपेक्षा वेगळ्या असतात. पृथ्वीवरच्या वातावरणामुळे इथल्या सावलीत देखील उजेड असतो. चंद्रावरची सावली म्हणजे मात्र अंधार असतो. हां, पृथ्वीकडून येणारा थोडासा उजेड इथल्या सावलीत पडू शकतो तेवढाच. तो नसेल तिथे मूर्तिमंत अंधार! आपल्याला

दूरवरचे डोंगर निळे दिसतात किंवा ढग (घननीळ) किंवा आकाशदेखील निळं दिसतं त्याचं कारण इथलं वातावरण. चंद्रावर गेल्यावर तिथलं आकाश दिवसाही काळं दिसतं हे तुम्हाला माहीत आहे ना ?



नॅशनल जिओग्राफिक ऑक्टो. २००७  
मधून साभार.

लेखक : जोएल आकेनबाख  
अनुवाद : नीलिमा सहस्रबुध्दे



## कथा पतंगांची

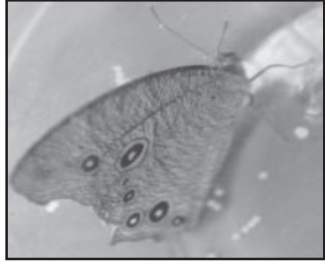
लेखक : पुरुषोत्तम जोशी

कीटक सृष्टी, केवळ अतुलनीय! ती साधारणपणे ३३ गणांमध्ये विभागली गेली आहे. प्रत्येक गणाचे वैशिष्ट्य असाधारण आणि अलौकिक. खवले पंखी गण त्यापैकी एक. विलोभनीय फुलपाखरे आणि पतंग या गणाचे सदस्य. काही नेत्रदीपक रंगसंगतीने नि नटलेले, तर काही डोळ्यांत सहज भरणार नाहीत अशा फिकट तपकिरी वा राखाडी रंगाचे. तसे म्हटले तर, फुलपाखरे आणि पतंग यांच्यामध्ये शास्त्रीयदृष्ट्या भेद नाही. परंतु, त्यांच्या वेगवेगळ्या वैशिष्ट्यांनी ती एकमेकांपासून वेगळी अशी ओळखता येतात.

### पतंग का फुलपाखरू ?

दोघांच्या दोन्ही पंखांच्या जोड्या, बाह्यावरणाच्या छोट्या छोट्या, खवल्यासारख्या तुकड्यांनी आच्छादलेल्या असतात. पण, फुलपाखरांच्या खवल्यांचे आच्छादन विरळ असते. तर पतंगाच्या पंखांवरील खवल्यांचे आच्छादन अतिशय दाट असते, जणू मखमल असावी असे.

फुलपाखरांच्या स्पर्शा साधारणपणे गदाधारी किंवा मोकळ्या टोकांस आकडीधारी असतात. पतंगाच्या स्पर्शा एकतर सुतासारख्या बारीक आणि सरळ तरी असतात किंवा दुदाती कंगव्यांसारख्या असतात. फुलपाखरे अेका जागी बसली की, पंख आपल्या शरीरावर ९० अंशाच्या कोनात उभारून त्यांची उघड-मीट करीत राहतात. काही वेळा उघड-मीट होत राहतेच असे नाही. पतंग एका जागेवर बसले की, पंख आपल्या शरीराच्या डाव्या-उजव्या बाजूच्या पृष्ठभागावर पसरतात. अथवा स्वतःच्या शरीरालगतच्या पृष्ठभागाशी समांतर स्थितीत ठेवतात. फुलपाखरे साधारणतः दिवसाउजेडी फुलांवर अथवा दमट चिखलावर पोटपूजेसाठी उडताना दिसतात. पतंग मात्र रात्रीकडे झुकलेल्या संध्याकाळी आणि रात्री पोटपूजेसाठी बाहेर पडलेली आढळतात. गांधीलमाशी सारखे दिसणारे पतंग याला अपवाद आहेत. ते मात्र दिवसा उडताना



फुलपाखरु आणि पतंग यातील साम्यभेद

आढळतात. बहुतांशी फुलपाखरांना सूर्यप्रकाशाव्यतिरिक्त दुसऱ्या प्रकारच्या प्रकाशाचे आकर्षण वाटत नाही. पतंगांना सूर्यप्रकाश नको असतो पण अतिनील किरणांचे अथवा इतर रंगाच्या किरणांचे उत्सर्जन करणाऱ्या दिव्यांचे कमालीचे आकर्षण असते. अशा दिव्यांवर ते रुंजी घालतात. दीप ज्योतीवर झडप घालणाऱ्या पतंगाची काव्यमय वर्णने त्यांच्या या वागणुकीची द्योतक आहेत. पतंगांच्या जीवनचक्राच्या अंडी, अळी, कोश आणि प्रौढ या चार अवस्था असतात. अंडी घातल्यापासून सुमारे तीन ते चार आठवड्यांच्या आत त्यांचे जीवनचक्र पूर्ण होते. काही पतंगांच्या बाबतीत मात्र वातावरणामध्ये प्रतिकूल बदल झाल्यामुळे किंवा शरीरांतर्गत चालू असणाऱ्या अपवादात्मक बदलामुळे जीवनचक्राच्या कालावधीत दोन तीन महिन्यां इतका बदल होऊ शकतो. पतंगांच्या जीवनचक्राबद्दल सविस्तर माहिती

आपण पुढच्या अंकात करून घेऊ. **पतंगांची शरीर-रचना** पतंगांची शरीर-रचना इतर किटकांसारखीच असते. छातीच्या भागामध्ये सहा पाय आणि चार पंख असतात. हे पंख बाह्यावरणाच्या दोन पारदर्शी स्तरांनी तयार झालेले असतात. ठिकठिकाणी हे पातळ स्तर त्यांच्या आतल्या बाजूस लंब रेषेत जाड झालेले असतात. या जाडसर लांबट रेषांना 'शिरा' म्हटले जाते. काही ठिकाणी या शिरा एकमेकांस बिंदुरूपाने जोडलेल्या असतात. या शिरांमुळे एकुणांतच पातळ पंखांना मजबुती आणि बळकटी मिळते. पंखांच्या दोन्ही स्तरांमधल्या निरुंद जागेमधून रक्त आणि चेतासंस्थेचे जाळे खेळविलेले असते. पंखांवरील खवले एखाद्या जुन्या इमारतीवरील कौलांसारखे एकमेकांवर पडलेले असतात. त्यामुळे त्यांच्यावर पडणाऱ्या सूर्यकिरणांच्या विशिष्ट कोनांतील परिवर्तनामुळे आणि खवल्यांतील विशिष्ट रंगद्रव्यामुळे पंख आणि त्यावरील आकृतीबंध विविध रंगी दिसतात.



घुबडी पतंग



भरड रेशीम पतंग

पतंग उडताना दोन्ही बाजूचे पंख सुटे रहात नाहीत. त्या त्या बाजूस एकमेकास जोडलेले असतात. काही पतंगांच्या पुढल्या पंखांची मागील कड मागच्या पंखाच्या पुढल्या कडांवर पक्की बसते. काही पतंगांच्या नरांच्या मागील पंखांच्या पुढल्या शिरेवरील काहीसा लांब आणि जाडसर असणारा बाकदार कांटा पुढल्या पंखांच्या मागील बाजूस असलेल्या चपट्या आकडीत अडकतो. काही पतंगांच्या माघांच्या मागील पंखांच्या शिरेवरचा कांटा पुढील पंखांवरील अनेक कांट्यांच्या जाळ्यांत अडकून राहतो. ही रचना खूप कार्यक्षम असते.

### उपयुक्त आणि उपद्रवी

आपल्या पंखावरील सौंदर्यदर्शी सुरेख रंगसंगतीने, त्यांच्या संवेदनशील मनाला आनंद, उत्साह आणि अधिक संशोधनासाठी आवाहन करणाऱ्या काही पतंगांची ओळख करून घेणे सयुक्तिक होईल.

### रेशीम पतंग

वस्त्रप्रावरणाच्या उद्योगामध्ये रेशीम उत्पादनाला अतिशय महत्व आहे. त्या व्यवसायात माणसाला साह्यभूत होणारा सर्वपरिचित पतंग म्हणजे बॉम्बिक्स मोरी होय. हा पतंग आकाराने लहान आणि शरीराने गुबगुबीत असतो. त्याच्या शरीराचा रंग साधारणपणे फिकट पिवळट अथवा पांढरट पिवळा असतो. गेली उणी-पुरी दीड हजार वर्षे माणसाने त्याला रेशमाच्या उत्पादनासाठी सुखकारक परंतु बंदिस्त पैदास घरात सातत्याने वाढविला. त्यामुळे तो मूळचा वनवासी असला तरी आता कोणत्याही वनक्षेत्रात निसर्गतः आढळत नाही. माणसाने त्याला वनांत सोडला तरी तो स्वसामर्थ्यावर वनामध्ये जगू शकेल असे वाटत नाही. या रेशीम पतंगाची पैदास भारताप्रमाणे चीन, तैवान, जपान आणि सध्या काही युरोपीय देशांमध्ये खूप मोठ्या प्रमाणावर होत असते. या पतंगाच्या अळीपासून मिळणारा रेशीम धागा न तुटता, सलग १.८ किलोमीटर लांब मिळत

असल्याने त्याला असाधारण महत्त्व मिळाले आहे. वन प्रदेशातील रेशीम निर्मितीत अन्थेरिया आसमेनसिस (मुगा रेशीम), अन्थेरिया मायलिटा (टसर रेशीम), अन्थेरिया रॉयली (टसर रेशीम) आणि फिलोसामिया रिसीनी (एरंडरेशीम) हे पतंग प्रामुख्याने आढळतात. साधारणपणे या पतंगांचा आकार मोठा असतो. त्यांच्या पंखांवर खवल्यांचे अति दाट आवरण असते. त्यांचे रंग विविध असू शकतात.

अन्थेरिया मायलिटा या पतंगाचा रंग मुख्यतः पांढरट असून प्रत्येक पंखांच्या मध्यभागी पारदर्शी गोल असून, गोलांभोवती गडद काळ्या रंगाचे कडे असते. फिलोसामिया रिसीनी या एरंडावरील रेशीम पतंगात काळ्या पांढऱ्या रंगात रेषा, पट्टे, बुंदके यांचे मिश्रण असते. या सर्व वन्य रेशीम पतंगांच्या अळ्यांपासून मिळणारे रेशीम तुलनेने कमी प्रतीचे असते. त्यांत मुलायमता नसून ते भरड असते. त्यांच्यापासून मिळणारा रेशीम धागा नेहमी सलगपणे मिळतो असे नाही. त्यांची पैदासही पैदास-घरांमध्ये होऊ शकत नाही. ती वन प्रदेशातच होते. साहजिकच त्यांच्या रेशीम धाग्याची किंमत अधिक असते. तरीसुद्धा रेशीम उत्पादनात कमतरता नसते. त्यालाही चांगली मागणी असते. वस्त्रप्रावरणात या भरड रेशमाचाही सहभाग असतो. मृत पतंगांचाही अनेक पदार्थांमध्ये उपयोग केला जातो.



घाटेअळी

### घाटेअळी पतंग

शेतीची हानी करणारे पतंग (खरे तर त्यांच्या अळ्या) अनेक आहेत. त्यापैकी आपल्याला माहिती असणारा पतंग म्हणजे घाटे अळी पतंग (हेलिऑथिस आर्मिजेर किंवा हेलिऑथिस ऑन्सोलाया) आहे. हा पतंग लहान आकाराचा असून त्याचा रंग फिकट राखाडी अथवा फिकट तपकिरी असतो. त्याच्या पुढील पंखावर मधोमध काळसर ठिपका असतो. त्याच्या बहुपादीय अळ्या, हरबरा, वाटाणा यांच्या बरोबर इतर जवळजवळ १२ ते १४ पिकांचे कमी अधिक प्रमाणात नुकसान करतात.

### संशयकारी पतंग

ज्वारी, बाजरी, ऊस यांच्या पानांची सुरनळी करून त्यातील हरितद्रव्य खात बसणाऱ्या अळ्यांच्या पतंगाला ज्वारीवरील संशयकारी पतंग (निओमारास्मिआ सस्पिकॅलिस) म्हणतात. हा पतंग मध्यम आकाराचा असतो. त्याचे दोन्हीही पंख तुकतुकीत तपकिरी रंगाचे असतात. त्यावर तीन

नागमोडी काळसर तपकिरी पट्टे असतात. त्यामुळे हा पतंग चटकन् डोळ्यात भरतो. निलाजरी, रताळी या वनस्पतीच्या पानांवर अक्षरशः चरणाच्या धष्टपुष्ट अळ्यांच्या मोठ्या भारदस्त पतंगाला ससाणी पतंग म्हणतात. कोशातून बाहेर पडल्यावर त्याचा रंग गडद तपकिरी किंवा हिरवा दिसतो. परंतु पुढे मात्र तो बुंदक्याच्या स्वरूपात अथवा पोटावरील आडव्या पट्टांच्या रूपांत आढळतो. पुढील पंखांवर बुंदके स्पष्ट दिसतात. मागील पंखावर काळसर वक्र रेषा आढळतात. या पतंगाची सोंड खूप लांब असते. तिच्या साह्याने तो उडत असतानाच पेल्यासारख्या फुलांतील मधुबिंदू शोषून घेतो. एकंदरीत, त्याच्या अळीचे आणि त्याचे रूप चकित करणारे आहे. या अळीच्या पोटाच्या शेवटच्या खंडभागावर शिंगासारखा अवयव असतो. आपल्या दोन्ही बाजूस पसरलेल्या मखमली पंखावरच्या नेत्रदीपक रंगसंगतीमधल्या विविध

मनमोहक आकृती बंधांनी विनटलेल्या, रसिक निसर्ग प्रेमींना, कुशल चित्रकारांना, संवेदशील कविवरांना आणि जनसामान्यांनाही मोहित करून तोंडात बोट घालावयास लावणाऱ्या सौंदर्यसंपन्न पतंगांविषयी सांगावे तेवढे थोडेच. गंमत अशी की, हे पतंग बहुतांशी आदिवासीही आहेत आणि वनवासीही आहेत.

### ससाणी पतंग

ससाणी पतंगाच्या (थेरेट्रा अलेक्टो) शरीराची ठेवण मोठी आणि ठसठशीत असते. शरीर आणि पंख प्रसन्न बदामी व पिवळटसर रंगाचे असतात. पुढील पंखांच्या मधोमध वक्षापासून निघालेला काळसर पट्टा मध्येच थांबतो. या पंखांचे टोक निमुळते बाकदार असते. मागील पंख पुढील पंखांच्या मानाने लहान असतात. त्यांच्या कडांना लागून काळसर रंगाचे लांबट कडे तयार होते. त्याच्या पंखांवर कोणतेही आकृतीबंध नसले तरी तो देखणा आहे यांत संदेह नाही.



संशयकारी पतंग



ससाणी पतंग





फळ चोखी पतंग -२



सम्राट पतंग



गांधील माशीसदृश पतंग



भुंगासदृश पतंग

### फळचोखी पतंग-१

(ऑफिडेरस फुलोनिफा) हा प्रमुखतः राखाडी रंगाचा असतो. त्याच्या शरीराचा आकार मधमम असतो. त्याचे पुढील पंख आकाराने मोठे असून त्यावर पांढरट लंबगोल दिसतात. पंख तपकिरी असतात. मागील पंख पुढील पंखांपेक्षा लहान आणि गोलाकार असतात. त्यांचा रंग मुख्यतः गडद पिवळा असून त्यांच्या मध्यभागी अर्धचंद्रकृती आकृतीबंध आणि कडांना गडद काळसर पट्टा असतो. या पंखांची कड नागमोडी असते. गडद पिवळा रंग आणि काळसर आकृतीबंध यामुळे हा पतंग डोळ्यांत भरतो.

### फळचोखी पतंग - २

(ऑफिडेरस मॅटरना) हा पतंगही आकाराने मध्यम स्वरूपाचा असतो. त्याच्या पुढील पंखांचा रंग लालसर राखाडी असून त्यावर विविध प्रकारचे चित्तवेधी आकृती बंध असतात. मागील पंखांच्या कडा गोलाकृती असून रंग गडद भगवा असतो. पंखांच्या

मध्यभागी प्रत्येकी एक काळा बुंदका असून नागमोडी कडांवर काळसर पट्टा असतो. विविध आकृतीबंध आणि गडद भगवा रंग यामुळे हा पतंगही डोळ्यात भरतो. संग्रहांत ठेवावासा वाटतो. हे दोन्ही पतंग आपल्या लांबसर सोंडांनी पिकलेल्या फळांचे रस शोषून घेतात.

### सम्राट पतंग

जगातील सर्वांत मोठ्या आकाराचा पतंग म्हणून आपल्या भारतातील सम्राट पतंगाची (अँटेक्स अँटलास) गणना आणि वाखणणी करण्यात येते. त्याचा पंख विस्तार २४ सेंटीमीटर ते ३३ सेंटीमीटर इतका असू शकतो. या पंखांवरील विविध तन्हांचे आकृती बंध, पांढरट कडा असलेल्या काळ्या बुंदक्यांची माळ आणि पंखांवरील रंगसंगती डोळ्यांचे पारणे फिटवते. सौंदर्य संपन्नता म्हणजे हीच याची खात्री करून देते. हे पतंग नेहमीच कमी संख्येने आढळतात. भारतीय शासनाने या पतंगांना दुर्मिळ म्हणून

संरक्षण दिले आहे.

असेच संरक्षण श्वेतवर्णाच्या, चंद्रकोरी सारखे लांबसर पंख असणाऱ्या चांद्र पतंगांना (एक्टीयास सेलेन) देण्यात आले आहे. कण्हेरीवरील पतंगही (डॅफनिसनेरी) अतीव सुंदर आहे. त्यांची माहिती जागे अभावी येथे देता येणे शक्य नाही. शीर्षकापाशी त्याचे छायाचित्र पहा.

### बहुरूपी पतंग

पतंग आणि त्यांच्या अळ्या यांना, 'जीवः जीवस्य जीवनम्' या निसर्ग नियमानुसार भक्षक शत्रू असावेत यात नवल नाही. या निसर्ग नियमाला धरून वागणाऱ्या वाघुळासारख्या भक्षकांना चकविण्यासाठी निसर्गानेच त्यांना अतिसूक्ष्म (अल्ट्रा) ध्वनी लहरी ग्रहण करण्यासाठी ढोलाकार श्रवणयंत्र दिले आहेच. काही पतंग स्वसंरक्षणासाठी स्वतःच्या शिकारी प्राण्यांना भुलविण्यासाठी त्यांची शिकार करणाऱ्या प्राण्याचा 'बहुरूपी' अवतार धारण करण्यात गांधीलमाशी पतंग

(बी मॉथ, हे मॅरीस प्रजाती) पटाईत आहेत. कोशावस्थेतून बाहेर पडल्यावर हवेत पहिली वहिली भरारी मारीत असताना त्यांच्या पंखावरील सर्व खवले वाऱ्यावारी निघून जातात आणि मग चारही पंख गांधीलमाशीच्या पंखांसारखे पारदर्शी दिसू लागतात. डोके, छाती, पोट यांचेही आकार गांधीलमाशीप्रमाणे असल्यामुळे हे पतंग गांधीलमाशीप्रमाणे (मधमाशीप्रमाणे नव्हेत) दिसू लागतात त्यामुळे गांधीलमाशीच्या वाटे न जाणारा शिकारी भुलून या पतंगाच्याही वाटेस जात नाही. त्यांची जीवनिशी सुटका होते.

तर अशी आहे कथा, पतंगांची !

◆

लेखक : डॉ. पुरुषोत्तम जोशी कीटकशास्त्राचे निवृत्त प्राध्यापक, सातत्याने विज्ञान लेखन करतात.

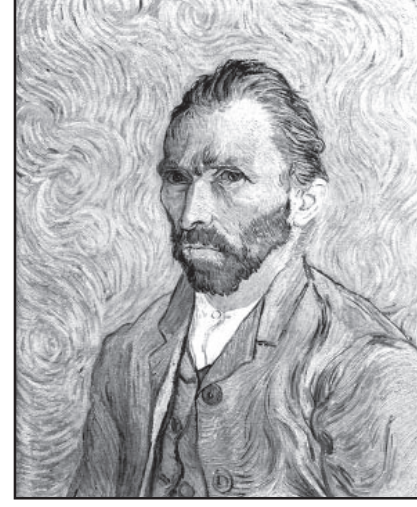
# व्हिन्सेंट व्हॅन गाॅग

लेखक : राम अनंत थत्ते

व्हिन्सेंट व्हॅन गाॅगचे सारे आयुष्य म्हणजे एक मोठा संघर्ष होते. अपयश, उपेक्षा, गरिबी, आजारपण, उपासमार यांच्याशी जीवनभर झगडताना तो कधीही रडत बसला नाही. चित्रकार म्हणून त्याने आयुष्याच्या अखेरची अकरा वर्षे काम केले. त्याच्या कॅनव्हासेसपैकी दोनशे तर वेड्याच्या इस्पितळात असताना रंगवले... त्याने पेंटिंग्ज केली नसती तर तो जगूच शकला नसता.

व्हिन्सेंट व्हॅन गाॅग, व्हॅन गाॅग घराण्यात ३० मार्च १८५३ मध्ये दक्षिण हॉलंडमधील बेल्जियम बॉर्डरवरील छोट्याश्या खेड्यात जन्माला आला. त्याचे वडील तेथे पाद्री म्हणून काम करीत होते. त्यांना एकंदर ६ मुले होती. त्यातील मोठा म्हणजे व्हिन्सेंट. त्याला वयाच्या १२ व्या वर्षी एका बोर्डिंग स्कूलमध्ये ठेवण्यात आले, परंतु तेथून तो चार वर्षांनंतर सरळ घरी निघून आला. लहानपणापासून त्याचा स्वभाव म्हणजे हळवा, भावनाप्रधान. त्यामुळेच वादविवादात, कुणी जर चिडवलेच तर डोक्यात राख घालून घेणारा. मिचमिचे डोळे, लंबवर्तुळाकार डोके, लालसर रंगाचे केस, मोठे कान ह्या त्याच्या रूपामुळे कुणालाही त्याची टिंगल करावी, असे सहजच वाटत असे. घरामध्ये ह्याच्याविषयी कुरबुरी -

तक्रारी सततच चालत असत. त्या आरडा ओरडीने घरचे लोक तर खरोखर जेरीसच येत. फक्त सर्व घरात त्याला, त्याच्या वागण्याला, त्याच्या चिडखोर स्वभावाला जाणून घेणारी एकच व्यक्ती होती अन् ती म्हणजे त्याच्यापेक्षा ४ वर्षांनी लहान असलेला त्याचा भाऊ थिओ. हा थिओ हाच व्हिन्सेंटच्या आयुष्यात आलेला साक्षात देवदूत होता ! 'योगक्षेमं वहाम्यहं !' सारखा व्हिन्सेंटच्या पाठीशी तो साऱ्या जन्मभर उभा राहिला. व्हिन्सेंटला साऱ्या आयुष्यभर दारिद्र्य उपेक्षा, उपहास, अपमान, एकटेपणा, हेटाळणी, तडफड, उपासमार, पायपीट आली. त्या सर्वांमधून मार्ग काढणारा, पाठीशी खंबीरपणे उभा राहिला तो थिओ. त्या थिओला शेकडो पत्रे व्हिन्सेंटनी लिहिली. त्याच्या मनातील मळमळ, तळमळ व्यक्त



करणारी ही पत्रेच आज आपल्याला त्याच्या आयुष्याचा सारा जीवनपट उलगडवून दाखवतात. ही सारी झपाटलेल्या अवस्थेत लिहिलेली पत्रे थिओनं मौल्यवान खजिन्यासारखी जपून ठेवली होती. थिओच्या मृत्यूनंतर त्याच्या पत्नीने जोझनाने ती प्रसिद्ध केली व त्यावरूनच व्हिन्सेंटच्या साऱ्या जीवनाची कथा आपल्याला समजते.

आपल्या मुलांनी काहीतरी करावं म्हणून त्याच्या वडिलांनी, थिओडोरस व्हॅन गाॅग ह्यांनी लहानपणापासून खूप प्रयत्न केले. त्याच्या जन्माआधी एक वर्ष व्हिन्सेंट नावाचेच मृत बालक जन्माला आल्यामुळे आई-वडिलांचे ह्या आपल्या पहिल्या जगलेल्या अपत्यावर खूपच प्रेम होते. व्हिन्सेंटच्या एका दूरच्या काकाची एक कलावस्तू विकण्याची ग्युपिल्स अँड कंपनी पॅरीसमध्ये होती.

१६ वर्षांचा व्हिन्सेंट काहीतरी करील म्हणून तेथे पाठवला गेला. नंतर १८७४ साली तो लंडनला गेला. तेथील घरमालकिणीच्या उर्सुला नावाच्या मुलीच्या जवळीकीने तो वेडा झाला. कामावरून त्याचे लक्ष उडू लागले. ती मुलगी त्याच्यापेक्षा मोठी होती व तिचे लग्न झालेले होते. ही गोष्ट त्याने विचारातच न घेतल्यामुळे ज्यावेळी त्याने तिच्याजवळ लग्न करण्याची विचारणा केली त्यावेळी त्या मुलीने 'जारे लाल तोंडाच्या माकडा' म्हणून त्याच्याबरोबरचे आपले जवळीकीचे संबंध संपुष्टात आणले. व्हिन्सेंटला ती बोच खूपच लागून राहिली !

१८७६ मध्ये लंडन जवळील एका खाजगी शाळेत बिनपगारी उपशिक्षक म्हणून राहिला. थोड्या दिवसांनी त्याच्याकडे शाळेच्या फी वसुलीचे काम आले. त्यामुळे त्याला त्याकरिता गरीब वस्तीतून हिंडावे लागे व फी वसुली करावी लागे. गरिबांच्या दुःखाशी त्याची तद्रूपता इतकी वाढली की, त्याच्याकडून एक पैसाही फी वसूल होऊ शकली नाही ! परिणामी नोकरी गेली.

पण ह्या सर्व गोष्टींनी गरीब श्रमिक लोकांच्या झोपड्यातून बघितलेली गरिबी, दारिद्र्य, रोगराई वगैरे गोष्टींनी त्या लोकांकरिता काहीतरी करावे, दुःख निवारण्यासाठी कुठलातरी मार्ग निवडावा, असे त्याच्या मनाने घेतल्यामुळे आपल्या

वडिलांच्याप्रमाणे धर्मोपदेशकाचा व्यवसायच करावा, असे त्याला वाटले व त्याप्रमाणे तो वागू पण लागला. त्या कामात त्याला खूप आनंद वाटू लागला. दुसऱ्याच्या दुःखाशी जो समरस होतो त्यालाच दुःखाची खरी जाणीव येते. ह्या पेशासाठी शिक्षण घेण्यासाठी म्हणून तो हॉलंडला गेला. तेथे त्याच्या मावशीकडे गेल्यानंतर आतापर्यंत कधीही न बघितलेल्या के नावाच्या त्याच्या मावसबहिणीशी त्याची ओळख झाली. ओळखीचं रूपांतर थोड्याच दिवसात गाढ मैत्रीमध्ये झालं. ती त्याच्यापेक्षा वयाने बरीच मोठी. विवाहीत, एक मुलगी पण असलेली. परंतु तिचा नवरा तेथे नव्हता. तिचा सहवास हाच व्हिन्सेंटला विरंगुळा वाटे. समविचारी



समवयस्क माणसांशी विचार विनिमय करताना माणसाला नेहमीच हलकं वाटतं. Sob Sister म्हणून तर ती व्हिन्सेंटच्या आयुष्याची एक गरज बनली होती, परंतु तेथेही दैवाने साथ दिली नाही. एक दिवस तिचा नवरा आला अन् तिला दूर घेऊन गेला. पुन्हा अंधेर! निराशा, वैफल्य!! धर्मोपदेशकाच्या कामात त्याला रस वाटेना. त्याच्या वडिलांनी शेवटी त्याला तेच काम शिक्षणाशिवाय, दक्षिण बेल्जियममधल्या बोरीनेज नावाच्या खेडेगावात जाऊन तेथील कोळशाच्या खाणीमधील मजूर वस्तीत जाऊन करावयास सांगितले.

इंग्लंडपेक्षाही बोरीनेज येथे फार गरिबी होती. बोरीनेजमध्ये प्रवेश करताना दुरून

दिसणारे काळे डोंगर एखाद्या काळ्या पिरॅमिडसारखे भासत होते, आकाशात दिसणारा सूर्य एखाद्या काळवंडलेल्या पणतीसारखा मिणमिणत होता. दिसायला सारं गाव रिकामं दिसत होतं. कुत्री, गुरं पण दिसत नव्हती. कारण बोरीनेजमधील सारी माणसं, बायामुले पहाटे तीन पासून तेथल्या कार्मास नावाच्या कोळशाच्या खाणीत कामाकरीता प्रवेश करित. जमिनीच्या खाली ७०० मीटर्स जाऊन खाणी खोदत, ती मधून कोळसा खणून काढून पाळण्यावर ठेवावा लागत असे. ६ कप्प्यांचा पाळणा खाली उतरताना आजूबाजूला २-३ फूट पण जागा नसे. आतमध्ये अंधेर व प्रचंड उष्ण वातावरण, ऑक्सिजनचा पुरवठा तर नाहीच, पण जोडीला विषारी वायू पण असे. काही ठिकाणी तर उभं राहण्या इतकीही जागा नाही. तेथे तर पालथे पडून काम करावे लागे. साधारण आठ ते नऊ वर्षांची मुलेमुली खाणीत उतरून काम करावयाला लागत. वयाच्या विसाव्या वर्षी फुफ्फुसांचं दुखणं व ताप यांनी गांजून जाऊन सरासरी आयुष्यमान चाळीस अशी अवस्था तेथे असे!

व्हिन्सेंट तेथे राहिल्यानंतर त्याच्या लक्षात आले की, हे कामगार अशिक्षित आहेत, दुर्लक्षित आहेत, परंतु हिंमतवान आहेत. मोकळ्या स्वभावाचे संवेदनाक्षम आहेत. दिसावयास ते रोगग्रस्त, चामडी रक्तहीन



झालेली, निस्तेज, दुःखी असे दिसतात. व्हिन्सेंटची तेथे एव्हान्जेलिजिस्ट म्हणून ६ महिन्यासाठी तात्पुरती नेमणूक झाली होती. त्या गावात आल्यापासून सर्व गावात सर्वांच्या ओळखी करून घेण्यात व्हिन्सेंट रमून गेला. त्यांच्या आपण जास्त जवळ जाऊ शकत नाही. त्यात आपला पेशा आड येतो असे वाटून व्हिन्सेंट स्वतः एका झोपडीत जाऊन सामानसुमान, पलंगदेखील न वापरता त्यांच्यासारखा खायला, प्यायला, वागायला लागला. ह्या गावातील कोळसा खाणीतील कोळशाच्या भुकटीमुळे 'काळे तोंड' झालेल्या लोकांबरोबर स्वतःच्या तोंडाला खरेखुरे काळे फासून त्यांच्यात मिसळला अन् त्यांच्या सुखदुःखाशी समरस झाला.

सबंध दिवस भूगर्भात राहणारी, जेवणाच्या पंधरा मिनिटाच्या सुटीत कडू काळी कॉफी व काळा पाव खाऊन जगणारी ही माणसे ती स्वतःच व्हिन्सेंटला म्हणत 'आम्ही काही गुलाम नाही, ना माणसं. आम्ही आहोत फक्त जनावरं ! खाणीत गाडून मेलो नाही तर जास्तीत जास्त आयुष्य म्हणजे ४० वर्ष !' त्या कामगारांबरोबर पाळण्यात बसून व्हिन्सेंट त्या खाणीत ७००

मीटर खोल अरुंद जागेत कितीतरी वेळा गेला होतो. जेथे अर्धा मैल खुरडून जावे लागते, अशा ठिकाणीही गेला होता. खाणीतला भीषण उबारा, ऑक्सीजनचा तुटवडा, फक्त मेणबत्यांचा प्रकाश, सर्वत्र उडालेला धुरळा, उघड्या

अंधेरामुळेच त्याला प्रकाशाची किंमत समजली होती. प्रत्येक दुःखालाच आशेचा किरण सांभाळतो हे समजले होते ! हे सारे व्हिन्सेंट आपला धाकटा भाऊ थिओ ह्याला पत्राद्वारे लिहून पाठवित असे. तेथील त्याचे वास्तव्य थिओकडून आलेल्या १५ फ्रँक्सवर महिनाभर चालत असे. त्या गावात गरिबांना



मदत करणं, आजान्यांची शुश्रूषा करणं, हिंडणं ह्यातच त्याचा सर्व वेळ व्यतित होत असे.

एक दिवस गावात बराच हल्लकल्लोळ माजला. पूर्वी एकदा असेच घडले होते, त्याची पुनरावृत्ती झाली. खाणीत आत घेऊन जाणारा सरकता पाळणा तुटला अन् आत भूगर्भात ७०० मीटर खोल अडकलेल्या ५६ कामगारांचा बाहेरील जगाशी संबंध तुटला.

कंपनीचे अधिकारी जमले. खूप प्रयत्न झाले, परंतु आत अडकलेल्या कामगारांना सुरक्षित बाहेर काढण्याचा खर्च हा त्या खाणीच्या उत्पन्नापेक्षा जास्त येईल म्हणून त्या खाणी तश्याच बंद म्हणून घोषित करण्यात आल्या. आत अडकलेल्या ५६

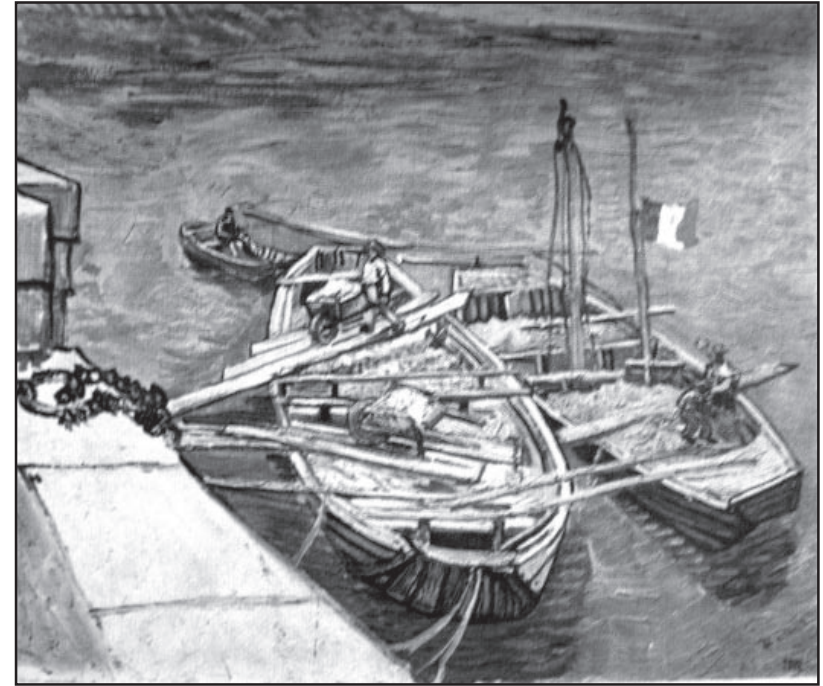
माणसांना जिवंतपणी 'समाधी' मिळाली ! त्या प्रकाराचा व्हिन्सेंटच्या मनावर खूपच परिणाम झाला. त्यातच चर्चच्या मंडळांनी त्याची राहणी, कामगारांबरोबरची जवळीक बघून 'तो चांगला बोलू शकत नाही' असे कारण पुढे करून त्याला 'एव्हंजेलिस्ट'च्या कामावरून काढून टाकले. 'तू काहीच करू

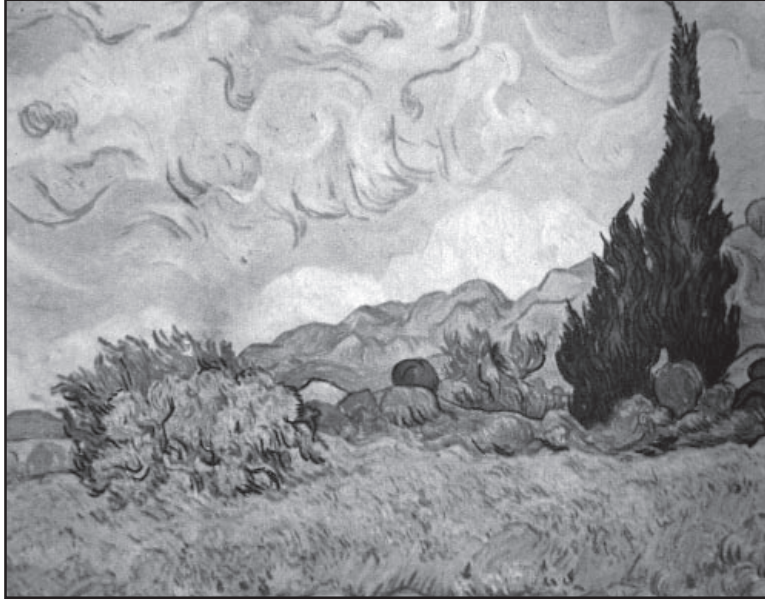
शकत नाहीस !' असा घरच्यांचा ठपका मिळाल्यावर व्हिन्सेंट स्वतःच जवळच्या एका छोट्याशा खेड्यात जाऊन 'मिशनरी' म्हणून काम करू लागला. एक संपूर्ण वर्ष अत्यंत हलाखीत राहून तो तेथील गावाशी एकरूप झाला.

जुलै १८८० मध्ये बायबलच्या प्रभावातून मुक्त होऊन तो साधा माणसाचा धर्म म्हणजे खरा धर्म असे मानू लागला. २ वर्षांनंतर त्याने थिओला मोठे पत्र लिहिले. त्याचवेळी मनात गरिबांविषयी ज्या काही भावना कोंडल्या गेल्या होत्या, त्या आयुष्यात

सर्वप्रथम स्केचेसच्या रूपाने चित्राच्या स्वरूपात बाहेर पडल्या. थिओला त्याने मी आता आर्टिस्ट म्हणून जगलो तर काय करावे लागेल म्हणून पत्रात लिहिले अन् त्या दिवसापासून तो थेट त्याच्या मृत्यूपर्यंत सतत ११ वर्ष व्हिन्सेंट चित्र काढूनच जगला किंवा त्याचे जगणे म्हणजे चित्र काढणे हेच बनले.

अँटन मोव्ह म्हणून त्यावेळी थोडासा प्रसिद्ध असलेला व्हिन्सेंटच्या आईचा नातेवाईक होता, त्याच्याकडे हेग येथे चित्रकलेचे शिक्षण घेण्यासाठी गेला. तेथे शहरी वातावरणात नेमस्त अशा





नीतिनियमनांमध्ये प्लॅस्टर कास्टवरून ड्रॉईंग करण्याच्या कृत्रिम पद्धतीत व्हिन्सेंट मुळीच रमू शकला नाही. जिवंत मॉडेलवरून ड्रॉईंग करावे ह्या एकाच ध्यासामुळे मोव्हच्या घरातून बाहेर पडला. पब मध्ये ओळख झालेल्या सिन नावाच्या ५ मुलांची आई असलेल्या वेश्येबरोबर तो थिओने पाठवलेल्या पैशामध्ये राहू लागला. सिनला तिच्या घाणेरड्या व्यवसायापासून दूर करण्याचा व्हिन्सेंटचा प्रयत्न अन् त्यात सिनने दिलेली साथ एक अद्भुत प्रकरण आहे. थिओच्या सांगण्यानुसार तिच्याशी लग्न करण्याचा निर्णय बदलून व्हिन्सेंट १८८४ मध्ये न्यूनेनला बदली झालेल्या आपल्या पित्याकडे परत आला. त्या धर्मोपदेशकाच्या घरामध्ये त्याचे स्वागत 'चुकलेले मेंढरू' परत आल्यासारखे झाले. त्या नवीन ठिकाणी तेथील निसर्गात व तेथील शेतकऱ्यांमध्ये व्हिन्सेंट रममाण झाला. सकाळपासून सायंकाळपर्यंत शेतकऱ्यांची, निसर्गाची, झाडाची, शेतांची चित्रे रंगवण्यात व्हिन्सेंट रंगून गेला.

जरा कुठे स्थिरता येत आहे. तशातच थिओडारस व्हिन्सेंट १८८५ मध्ये निधन पावल्याने व्हिन्सेंटला न्यूनेन सोडून जावे लागले. हॉलंडला अँटवर्पच्या कला अकादमीमध्ये प्रवेश घेतल्यावर तेथेही पुन्हा साचेबंद शिक्षण पद्धती पचनी न पडल्याने नापास झाला. पॅरीसला ग्युपिल्स गॅलरीत

काम करणाऱ्या आपला भाऊ थिओकडे जाऊन तेथे मॉटमार्टेच्या त्याच्या छोट्याशा घरात व्हिन्सेंट राहू लागला. तेथे थिओमुळे त्याची ओळख कॉरमॉन नावाच्या एका प्रसिद्ध चित्रकाराशी झाली. त्याच्यापासून व्हिन्सेंटने पुष्कळसे पाठ पण घेतले. परंतु नंतर त्याचेच मित्र एमिलबर्नार्ड, लोत्रेक व पॉल गोगॉ मिझाराशी त्याची मैत्री खूप वाढली. रात्रंदिवस त्यांच्यातच राह्यचं चर्चा करायची, चित्रे काढायची, फिरायला जायचे, रात्र रात्र जागायचे, दारू प्यायची ह्यातच आयुष्य भरकटल्यासारखे झाले.

पॅरीसमध्ये १८७६ साली इंप्रेशनिस्ट मोने वगैरेंची प्रदर्शने झाली होती. त्यानंतर इंप्रेशनिस्ट मुव्हमेंटनी चांगलाच जोर पकडला. त्यात पॉल सेझॉ, लॉत्रेक, स्वतः व्हिन्सेंट, पॉल गोगॉ हे होते. शेवस्तलने लिहिलेल्या रंग सिद्धांताने भारावून डोळ्यांच्या नैसर्गिक शक्तीमुळेच मनुष्याला रंगमिश्रण दिसू लागले, हे लक्षात येऊन मुद्दाम पॅलेटवर रंग मिश्रण न करता शुद्ध रंगांनीच पेंटिंग्ज करू लागले होते. त्यात व्हिन्सेंटचा रंग लेपनाचा प्रकार म्हणजे 'ला पेस्टा' ट्यूबमधून सरळ रंग कॅनव्हासवर (आजकालच्या मेहंदीकोनासारखा) लेपण्याचा प्रकार. त्यामुळे त्याच्या चित्रांना थोडीशी जाडी मिळून ३ डी प्रकारचे पेंटिंग्ज होत असे.

आतापर्यंत स्वानुभवाच्या पुंजीवर



स्वतःच्या व्यक्तिमत्त्वाचा ठसा आपल्या पेंटींग्जवर उमटवणारा व्हिन्सेंट आता आपल्या मित्रांच्या कलाकारीचा परिणाम आपल्या कलेवर घेऊ लागला. त्यामुळे एक दिवस स्वतःची कला कुठे आहे हाच मोठा प्रश्न पडला. थिओ एकदा त्याला म्हणाला देखील 'व्हिन्सेंट तुझा ह्या चित्रात ही बाई लाँत्रेकची, रंग गोर्गचे, झाडे सराची, लँडस्केप मोनेचे वगैरे वगैरे. तू कुठे आहेस?' तेव्हा व्हिन्सेंट पॅरीस सोडून फ्रान्सच्या दक्षिणेला मार्सेलिस जवळील आर्लसला आला.

आर्लसची बर्फानी झाकली गेलेली घरे, विस्तीर्ण पसरलेली शेती, उंच उंच सायप्रसची झाडे, शेतात काम करणारे मजूर, छोट्या

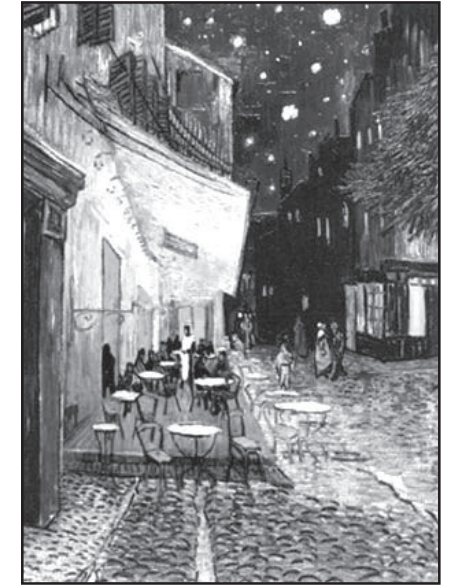
टेकड्या, पर्वतराजीनी वेढलेले आर्लस व्हिन्सेंटला आवडले. तिथे तो पिवळ्या रंगाचे घर स्वतःकरता निवडून राहिला. वरच्या बेडरूमची सजावट स्वतःच्या आवडीप्रमाणे करून कामामध्ये स्वतःला झोकून दिले. थिओला त्याने लिहिले 'थिओ, येथे कल्पना स्वतः होऊनच नाचत नाचत माझ्या ब्रशवरती येतात!' थिओला असंख्य पत्रं पाठवताना पोस्टातील रोसीन नावाच्या पोस्टमनच्या कुटुंबाबरोबर त्याची गाढ मैत्री झाली होती. स्थानिक रेस्टॉरंटचा मालक व रिटायर्ड मिलीटरीमधील लेफ्टनंट त्याचे मित्र बनले. दिवस रात्र कामामध्ये व्हिन्सेंट खरोखर डुंबून गेला. त्या गावात त्याला आपलेपणा व

सुरक्षितता वाटू लागली.

ऑक्टोबर १८८८ मध्ये पॉल गोर्ग आजारी पडल्यामुळे थिओ व व्हिन्सेंट दोघेही जण सकाळी बरोबर इझल्स, रंग, कॅनव्हास घेऊन बाहेर पडले. एकाच ठिकाणी थांबून तेथील निसर्गदृश्य आपापल्या कॅनव्हासवर चित्रित करताना तहान-भूकेची शुद्ध नाही अशी अवस्था! रात्रीपर्यंत चित्र चित्र अन् चित्र एवढेच काम. एके रात्री कडाक्याच्या वादविवादात मूळातच भावुक शीघ्रकोपी असलेल्या व्हिन्सेंटने हातातला पेला पॉल गोर्गला फेकून मारला. रात्री एकदा हातात वस्तरा घेऊन येणाऱ्या व्हिन्सेंटला पाहून गोर्गने एका हॉटेलमध्ये पळ काढला. त्याच रात्री विषपणन मनानं पिवळ्या घरात एकाकी अवस्थेत बसलेल्या व्हिन्सेंटला रॅचेल नावाच्या वेश्येची आठवण झाली. तिने एकदा गंमती खातर त्याच्याकडे पैसे नसतांना "पैसे नाहीत तर तुझा लांब कान आहे तो दे मला!" असं म्हटलेलं आठवून वस्त्याने स्वतःचा कान कापून घेतला. त्याचे पार्सल करून त्या रॅचेलला देण्यासाठी घेऊन गेला. त्याच्या ह्या वेडेपणामुळे व्हिन्सेंटला वेड्यांच्या इस्पितळात घेऊन जाण्यात आले. तेथे काही दिवस राहून मुळातच वेडा नसलेला व्हिन्सेंट पुन्हा पिवळ्या घरात येऊन राहू लागला. परंतु आजूबाजूची मुलं त्याला 'तुझा दुसरा कान दे' म्हणून सारखी चिडवीत

म्हणून स्वतःच पुन्हा इस्पितळात दाखल झाला. तेथे त्याला औषधोपचार म्हणजे दिवसातून दोनदा थंड पाण्याच्या आंघोळी! दर तीन महिन्याला त्याला वेडाचा झटका येणे सुरू झाले, परंतु तेथील वास्तव्यात व्हिन्सेंटने २०० कॅनव्हासेस तयार केले! तेथेच त्याचे एक चित्र ४०० फ्रँक्सला विकले गेल्याचे पत्र आले! त्याच्या हयातीत विकले गेलेले हे एकमेव चित्र!

त्यानंतर पिझारोच्या सांगण्यानुसार अँव्हर नावाच्या खेड्यात व्हिन्सेंट राहू लागला. तदनंतर थिओकडे थोडे दिवस त्याच्या बायकोमुलांबरोबर राहून त्याने बरंच काम केलं. २७ जुलै १८९० या दिवशी अस्वस्थ असताना स्वतःचे, पिस्तुल स्वतःच्या



बरगडीत खुपसून गोळी झाडली. ताबडतोब धावून आलेल्या थिओच्या मांडीवर २९ जुलै १८९० रोजी आपला प्राण सोडला.

व्हिन्सेंट व्हॅन गॉगचं सारं आयुष्य म्हणजे एक मोठा संघर्ष होते. अपयश, उपेक्षा, हेटाळणी, गरिबी, आजारपण, उपासमार ह्यांच्याशी जीवनभर झगडताना व्हिन्सेंट कधीही रडत बसला नाही. चित्रकार म्हणून त्याने आयुष्याच्या अखेरीची ११ वर्षे काम केले. ८०० कॅनव्हासेस त्याने रंगवले, त्यातील २०० तर वेड्यांच्या इस्पितळात असताना केलेले आहेत. व्हिन्सेंटने जर पेंटिंग्ज केली नसती तर तो जगूच शकला नसता. घरातून बाहेर पडल्यानंतर आपल्या धाकट्या भावाला थिओला त्याने २१ वर्षात १७०० पत्रं लिहिली. प्रत्येक पत्र, एक भावाविष्कार होता. थिओने पण त्याने पाठवलेली सर्व पत्रे सुरुवातीपासून शेवटपर्यंत जपून ठेवली हे विशेष !



व्हिन्सेंट ज्या दिवशी मृत्यू पावला, सहा महिन्यानी थिओ त्याच तारखेला गेला. व्हिन्सेंट व पेंटिंग्ज, व्हिन्सेंट व पत्रे, व्हिन्सेंट व थिओ हे समीकरण फक्त मृत्यूच सोडवू शकला. पेंटिंग्ज नसती तरी व्हिन्सेंट नव्हता अन् थिओसारखा भाऊ नसता तर व्हिन्सेंट नसता ! थिओच्या मृत्यूनंतर त्याच्या पत्नीने ही सर्व जपून ठेवलेली पत्रे प्रसिद्ध केली. म्हणूनच आपणास आज ह्या महान चित्रकाराची ओळख होते हे नक्की !



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

## Sin 90 = 1 का ?

लेखक : प्रा. मनोहर राईलकर • अनुवाद :

(ह्या लेखाचं शीर्षक म्हणजे मुळात विद्यार्थ्यांचीच शंका आहे. पण, तीच शंका काही शिक्षकांनीसुद्धा विचारल्यानं त्यावर स्वतंत्र लेख लिहावेत, असा विचार केला. तुमच्यापैकी अनेकांच्या मनातही ही शंका उद्भवलीच असेलच ना ?)

शिक्षक : सर, येऊ का ?

प्राध्यापक : वा ! येऊ का म्हणजे काय या ना. बरोबर हे सैन्य कुठलं ?

शिक्षक : अहो आमच्या शाळेतली मुलं आहेत सगळी. त्यांना एक शंका आहे. आणि मला काही तिचं निरसन करता आलं नाही. म्हणून तुमच्याकडे आणलंय. बरं का रे मुलांनो, अगदी बिनधास्त शंका विचारा सरांना. पहिल्या वेळी आधी नाव सांगत जा.

प्राध्यापक : बोला, काय शंका आहे ? आणि तुमचे सर म्हणाले त्याप्रमाणं अगदी न घाबरता शंका विचारा.

साधना : माझं नाव साधना. शंका अशी. आमच्या दुसऱ्या सरांनी त्रिकोणमिती वापरून त्रिकोणाच्या क्षेत्रफळाकरता

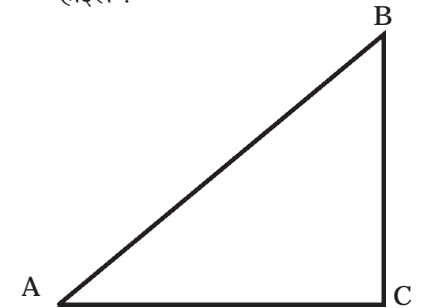
एक सूत्र शिकवलं.  $\frac{1}{2}(bc\sin A)$  असं. हेच सूत्र काटकोन त्रिकोणा-करताही चालतं असं त्यांनी म्हटलं. फक्त, Sin 90 = 1 घ्यायचं इतकंच म्हटलं आहे. पण त्याचं कारण सांगितलं नाही त्यांनी.

शेखर : मी शेखर. पण सर उत्तर मात्र बरोबर येतं. पण मग Sin 90 = 1 असं म्हणणं बरोबर आहे का ?

साधना : त्रिकोणमितीची गुणोत्तरं तर फक्त लघुकोनांकरताच शिकवली आहेत आम्हाला.

शेखर : थांब ग साधना, सर मी आधी आकृती काढतो.

प्राध्यापक : काढ ना. आकृती तर हवीच त्याशिवाय समजूत चांगली कशी होईल ?



शेखर : ABC असा त्रिकोण घेतला  $C = 90$ . मग प्रथम  $\sin A = a/c$  अशी व्याख्या आम्हाला शिकवली म्हणजे समोरील बाजू भागिले कर्ण. पण मला एक समजत नाही,  $C = 90$  घेतल्यानंतर पुन्हा  $A = 90$ , कसा असू शकेल ? एकाच त्रिकोणात दोन काटकोन असूच शकत नाहीत.

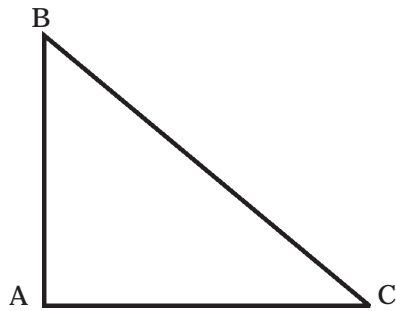
प्राध्यापक : एकदम बरोबर. एका त्रिकोणात दोन काटकोन असूच शकत नाहीत, हा तुमचा आक्षेप अगदी बरोबर आहे.

शेखर : मी शशिकांत. पण सर आपण क्षेत्रफळाची जर  $\frac{1}{2}(bc\sin A)$  ही व्याख्या घेतली. आणि निराळी आकृती काढली तर...

प्राध्यापक : बोल ना. आकृतीच काढ.

रेखा : मी रेखा. मी काढू का ? (प्रा. मानेनं होकार देतात.)  $A = 90$  घेतलं.

मग  $\sin 90 = 1$  मानलं की उत्तर बरोबर मिळतं. कारण, AB, AC ला लंब असल्यामुळं उत्तर बरोबर येतं. हे



मला मान्य आहे. पण सूत्र कसं वापरता येईल ते मात्र, कळत नाही. कारण एकदा  $C = 90$  घेतल्यावर...

प्राध्यापक : हा मुद्दा मगाशी शेखरनं मांडला आहे. पण, तुमची शंका आणि आक्षेप दोन्ही बरोबर आहेत. असं का मानायचं ह्याची दोन स्पष्टीकरणं मी तुम्हाला देईन. आज फक्त एक. दुसरं नंतर देईन.

प्रबोध : मी प्रबोध. पण, सर हेच सूत्र विशालकोनाकरता वापरता येईल का ?

साधना : अरे वेडाबिडा आहेस का तू ? काटकोन त्रिकोणाचा दुसरा कोन कधी विशाल असू शकेल का ?

प्राध्यापक : थांब साधना जरा. काटकोन त्रिकोणाचा कोणताच कोन विशाल असणार नाही, हे तुझं म्हणणं बरोबर आहे. पण प्रबोध म्हणतोय तेही चुकीचं नाही बरं का मुलांनो.

सर्व : सर ! तुम्ही ? तुम्ही असं म्हणता ?

प्राध्यापक : सगळं काही नीट सांगतो ना समजावून खरं तर त्याकरता एक प्रयोगच करायला हवा. प्रयत्न करतो समजावून सांगायचा. ही आकृती पहा.

अदिती : मी अदिती. सर हे काय केलंयत ? एकेक अक्षर किती वेळा वापरलं आहे तुम्ही ?

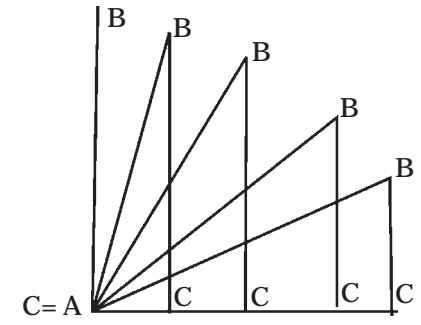
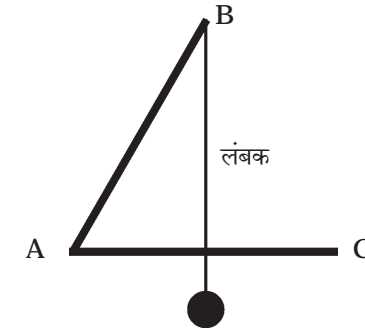
प्राध्यापक : जरा धीर धर. मी एकच अक्षर नाही वापरलं. तर एकाच रेषेच्या विविध

अवस्था दाखवल्या आहेत. आणि अक्षरांच्या त्या त्या वेळच्या विविध जागा दाखवल्या आहेत. खरं तर हे सारं नीट चांगलं समजावून सांगण्याकरता मला एक साधन सुचतंय.

त्याचंच चित्र पुढच्या आकृतीत दाखवलंय. AB आणि AC अशा दोन पट्ट्या घ्यायच्या आणि त्या A पाशी फिरू शकतील अशा रीतीनं एकमेकींना अडकवायच्या. B पाशी एक खिळा मारून त्याला एक लंबक अडकवायचा. मग तुम्ही AC ही पट्टी आडवी ठेवून A भोवती AB जसजशी फिरवू लागाल, तसतशी वेगवेगळ्या स्थितीत ती आता पहिल्या आकृतीप्रमाणं दिसू लागेल की नाही ?

मंदार : मी मंदार. आता आलं लक्षात. म्हणजे तुम्ही A पासचा कोन हळूहळू वाढवीत नेणार.

प्राध्यापक : बरोबर. तुम्हाला सगळ्यांना कळलं ना मंदारचं म्हणणं ? आता सांगा



जसजशी AB ही पट्टी उभ्या रेषेकडे येऊ लागेल, किंवा उभी होऊ लागेल म्हणा, तसतसा A कोन किती होऊ लागेल ?

साधना : ९० अंशाचा होईल असं म्हणायचंय का तुम्हाला ?

प्राध्यापक : शाबास साधना. तुम्हा सर्वांच्या लक्षात आलं का ? खरं तर असं साधं उपकरण तुम्ही स्वतः केलंत, तर तुम्हाला चांगलं कळेल. आता आणखी एक प्रश्न.  $\sin A = CB/AB =$  समोरील बाजू भागिले कर्ण, असं मगाशी शेखरनं म्हटलंच होतं नाही का ? मग पट्टी जसजशी उभी होऊ लागेल, तसतशी CB ची लांबी AB इतकी होऊ लागेल की नाही ? आणि  $C = A$  होईल की नाही ?

मंदार : होय सर.

प्राध्यापक : मग  $CB/AB$  ह्या गुणोत्तराचं काय होईल ?



साधना : आलं लक्षात सर. त्याची किंमत जवळ जवळ १ होईल.

प्राध्यापक : बरोबर. म्हणजेच कोन जसजसा ९०च्या जवळ जवळ येऊ लागेल तसतशी त्याच्या  $\sin$  ची किंमत १ च्या जवळ येईल म्हणूनच गणितज्ञांनी  $\sin 90 = 1$  असं ठरवलं. लक्षात आलं का ? अर्थात, हे स्पष्टीकरण तुम्हाला पटतंय की नाही, ते मला माहीत नाही.

शेखर : अगदीच पटत नाही, असं नाही. पण नेमकं समाधान होत नाही.

प्राध्यापक : (हसतात) असंच पाहिजे. संपूर्ण समाधान होईतो, तुम्ही थांबताच कामा नये. मला आवडली तुमची वृत्ती.

रेखा : पण सर आमचं अगदी चांगलं समाधान होईल, असं स्पष्टीकरण देताच येणार नाही का ?

प्राध्यापक : यायलाच हवं. नाही तर मग गणितात दोष राहतील नाही का ? पण तूर्त ते बाजूला ठेवू आणि  $\sin 90 = 1$  अशी व्याख्याच करू. फक्त ही व्याख्या अगदीच कुणाची तरी लहर म्हणून केली नाही, त्यामागं काही तरी सुसूत्र कारण आहे, हे तुमच्या लक्षात आलंय ना ? मुलं होय सर, पण...

प्राध्यापक : तुमचं पूर्ण समाधान करण्याची जबाबदारी माझी. मग तर झालं ? पण

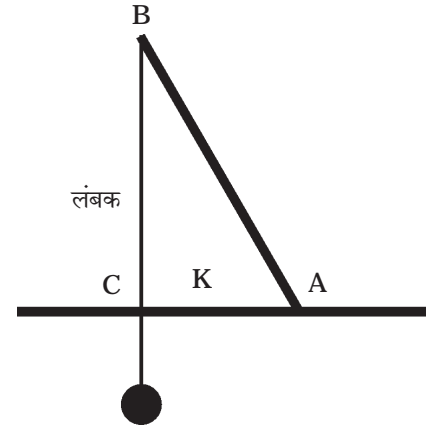
पुढच्या वेळी. आता ह्याच उपकरणाच्या मदतीनं आपण विशालकोनाचासुद्धा विचार करू.

मंदार : म्हणजे सर विशालकोनाचाही विचार करता येईल ना ? मला तेच वाटतं.

रेखा : जरा थांब रे. ह्या मंदारला धीर नाही मुळीच. पण, सर त्याकरता हे उपकरण नाही चालणार. पट्टी जरा लांब घ्यायला हवी.

प्राध्यापक : छान ! पण, सांग पाहू कशी ते.

रेखा : आकृती काढून दाखवते. ही बघा. बरोबर ?



प्राध्यापक : फारच छान ! आता सांगा A च्या शेजारच्या कोनाला आपण तूर्त K असं नाव दिलं तर त्याचं माप काय असेल ?

शेखर :  $180 - A$  ना ?

प्राध्यापक : अगदी बरोबर. आता सांगा K

कोन तर लघु आहे की नाही ? मुलं होय सर. म्हणजे त्याचा  $\sin$  काढता येईल ना ?

प्राध्यापक : आणि तो किती येईल ?

मोहिनी : मी मोहिनी. मी सांगते सांगू ?  $\sin K = CB/AB$  ना ?

प्राध्यापक : बरोबर. मग ह्यावरून आपण  $CB = AB \cdot \sin K$  असं लिहू शकतो ना ? पण, पाया गुणिले उंची भागिले / २ ह्या सूत्रानं ABC ह्या विशालकोन त्रिकोणाचं क्षेत्रफळ  $AC \cdot CB / 2$  असतं ना ? (सर्व मुलं 'होय सर' म्हणतात.) मग आता सांगा त्रिकोणाचं क्षेत्रफळ  $AC \cdot AB \cdot \sin K / 2 = bcsin K / c$  हेच येतं की नाही ?

मोहिनी : पण सर  $\frac{1}{2} (bc \sin A)$  असं कुठं आलं ?

प्राध्यापक : नाही ना आलं. ते येण्याकरता काय करायला हवं ? K म्हणजे काय आहे ?

शेखर :  $K = 180 - A$  असंच ना ?

प्राध्यापक : जर आता सूत्र पहिल्याप्रमाणंच असायला हवं तर त्यासाठी जर आपण विशालकोनाकरता...

मोहिनी :  $\sin A = \sin (180 - A)$  अशीच व्याख्या केली तर ?

प्राध्यापक : शाबास ! अशीच व्याख्या

करायची. की मग त्रिकोणाच्या क्षेत्रफळाचं हे सूत्र, सर्वच प्रकारच्या कोनांकरता चालेल की नाही ?

रेखा : नाही सर, माझं नाही समाधान झालं. ही बनवाबनवी वाटते. आपल्याला सोयीची अशी काहीही व्याख्या केलेली गणितात चालते, असा ह्याचा अर्थ होतो.

प्राध्यापक : सोयीची हे तुझं म्हणणं बरोबर. पण काहीही हे म्हणणं चूक. आपली नवी व्याख्या आपल्या जुन्या सर्व व्यवस्थेशी सुंसगत असली पाहिजे. तशी सोयीस्कर व्याख्या करायला गणितात मुभा आहे. त्यासाठी तुम्हाला मी एक उदाहरण देतो  $a^0 = 1$  असं तुम्ही मानता का नाही ? (सर्व मुलं मान डोलवतात.) का ? अशीच का करायची ? दुसरी कुठली किंमत का घ्यायची नाही ? सांगता ?

मंदार : त्यानं आपलं काम होतं.

प्राध्यापक : अगदी बरोबर. पण, खरं तर त्या आधी एक प्रश्न विचारतो.  $a^n$  मधील  $n$  काय आहे ?

मंदार :  $n$  नैसर्गिक संख्या आहे का ?

प्राध्यापक : बरोबर. आता  $a^2, a^3$  म्हणजे काय ते सांगा.

शेखर :  $a^2 = a \cdot a, a^3 = a \cdot a \cdot a$  बरोबर ?

प्राध्यापक : बरोबर.  $a^2$  मध्ये  $a$ , 2 वेळा आणि  $a^3$  मध्ये  $a$ , 3 वेळा कारण आणि २, ३ ह्या नैसर्गिक संख्या आहेत. पण  $a^0$  करता 0 वेळा असं म्हणता येत नाही. कारण, 0 वेळा  $a$  असं म्हणण्याला काही अर्थच नाही. तरीही आपण  $a^0 = 1$  अशी व्याख्या केली. का ? ह्यात काही सोय आहे. की बनवाबनवी केलीय ? तुला काय वाटतं मोहिनी ?

मुलं : आम्हाला माहीत नाही, तुम्हीच सांगा सर.

प्राध्यापक : घातांकांच्या गुणाकाराचा पहिला नियम काय आहे ?

शेखर : मी सांगतो.  $a^m \cdot a^n = a^{m+n}$  हाच ना ?

प्राध्यापक : आता मला  $a^3 \cdot a^2 = a^{3+2}$  हे सिद्ध करून दाखवा.

शेखर : मी करतो. डावी बाजू  $a^3 \cdot a^2 = (a \cdot a \cdot a) \cdot (a \cdot a) = a \cdot a \cdot a \cdot a \cdot a = a^5$ , असंच ना ?

प्राध्यापक : अगदी बरोबर. हा नियम घातांक नैसर्गिक संख्यांकरता ठीक आहे. पण ह्यात एखादा घातांक ० घेतला तरी

चालावं अशी अपेक्षा करून  $a^0$  चा सोयीस्कर अर्थ लावला तर ? वरच्या सिद्धतेत २ ऐवजी ० घाल पाहू. आणि  $a^0$  करता काय मानावं लागतं ते सांग पाहू.

शेखर :  $a^3 \cdot a^0 = a^3$  आता आलं लक्षात  $a^0 = 1$  असं का मानायचं ते.

प्राध्यापक : म्हणजे रेखा म्हणते तसं काहीही नव्हे. पण सोयीस्कर असल्यानं तसं ठरवलं आपण. काय सोय ?  $a^0 = 1$  ही व्याख्या आपल्या घातांकांच्या सार्वत्रिक नियमाशी सुसंगत आहे, ते कळलं का ?

मंदार : सर तसं काटकोनाच्या आणि विशाल कोनाच्या sine करताही करता येतं, असं तुम्हाला म्हणायचंय का ?

प्राध्यापक : का नाही म्हणू ?

शेखर : आम्हाला समजेल ? सांगाल ?

प्राध्यापक : अवश्य. पण, एक लक्षात घ्या. की परिस्थितीनुसार आपल्याला नेहमीच आपल्या व्याख्येत काही बदल, काही दुरस्त्या किंवा विस्तार करणं भाग पडतं. कोनाकरता तसं काय करायचं ते आता पुढच्या वेळी पाहू.

◆

लेखक : मनोहर राईलकर. गणिताचे निवृत्त प्राध्यापक. गणित विषयावर अनेक पुस्तके प्रसिद्ध. अतिशय रंजक पध्दतीने गणित शिकवतात.

# सजीवांची उत्क्रांती

भाग-२

लेखक : अ. चिं. इमानदार ● अनुवाद : प्रियदर्शिनी कर्वे

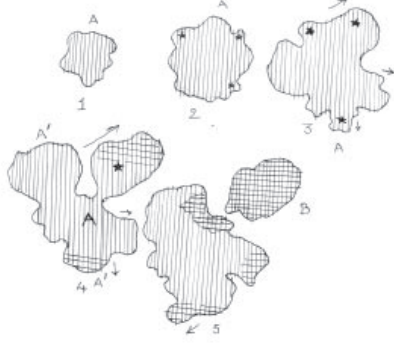
सजीव सृष्टीमधली विविधता कशी काय निर्माण झाली असेल? प्रत्येक ठिकाणी सापडणाऱ्या वनस्पती, प्राणी वेगवेगळ्या कसे? याबद्दल प्राचीन काळापासून विचार चालू आहे. वेगवेगळ्या धर्मातल्या वेगवेगळ्या कल्पना बाजूला ठेवून त्यावरचं संशोधन मांडायला सुरवात केली, लॅमार्क व डार्विन यांनी. त्याबद्दल आपण आधीच्या अंकांमध्ये पाहिलं. आणि आता पाहूया तिसरी उत्परिवर्तनाची उपपत्ती आणि नवडार्विनवाद याविषयी.

ह्युगो डे ब्रीज हे डच वनस्पतीशास्त्रज्ञ अॅमस्टरडॅम येथील वनस्पती उद्यानाचे प्रमुख होते. ईव्हिनिंग प्राइमरोज या तजेलदार पिवळ्या फुलांच्या वनस्पतीवर त्यांनी प्रयोग केले. अमेरिका हे मूळ स्थान असलेल्या या झाडाची उंची दीड ते दोन मीटर असते. पूर्ण वाढीसाठी दोन वर्षे लागतात. फांद्यांच्या शेवटी पिवळीधमक फुले संध्याकाळी उमलतात.

या झाडाच्या मूळ प्रजातीबरोबर (ईथोनेरा लॅमार्कियाना) इतर दोन प्रजातींचा संकर करण्याचे डे ब्रीज यांनी प्रयोग केले. ई. लॅमार्कियाना, ई. ब्रीव्हिस्टायलिश आणि ई. लीव्हिफोलिया या तीन प्रजातींवर संकराचे प्रयोग करून त्याबद्दलाच्या निरीक्षणाच्या सतत नोंदी ठेवल्या जात.

एकदा त्यांना या मूळ प्रजातीपेक्षा खूप वेगळी वैशिष्ट्ये असलेली झाडं निर्माण झाल्याचं आढळलं. आश्चर्य म्हणजे ही वैशिष्ट्यं त्यांच्या पुढच्या पिढीतही आढळली. या सर्व प्रयोगांच्या निरीक्षणातून डे ब्रीज यांनी उत्परिवर्तनाची उपपत्ती मांडली. आधीच्या





१. मूळ प्रजाती
२. मूळ प्रजाती, संख्येत वाढ, उत्परिवर्तने
३. उत्परिवर्तनांसह नव्या अधिवासात संक्रमण
४. मूळ प्रजातीशी अनुक्रीय फरक वाढत जातात.
५. नवा अधिवास आणि उत्परिवर्तनामुळे नव्या प्रजाती

दोन उपपत्तीपेक्षा ही उपपत्ती वेगळी कशी ठरली? ते आता पाहू.

उत्परिवर्तनाने होणारे बदल हे मोठे आणि एकाएकी, अचानक घडणारे होते. झाडाचा अधिवास न बदलाताही हे बदल घडलेले होते. मग हे बदल कशामुळे झाले असावेत या विषयी अधिक संशोधन करताना डे ब्रीज यांच्या लक्षात आलं की हे बदल बाह्यकारणांमुळे नसून अनुक्रीय संयंत्रणेत बदल घडल्याने होतात. त्यामुळे नवीन प्रजाती तयार होताना बदल एकदम अचानक आणि मोठ्या प्रमाणावर होतात.

अनुक्रीय संयंत्रणेत होणाऱ्या मोठ्या बदलामुळे वाढीच्या सुरुवातीच्या अवस्थांचे स्वरूप बदलते, त्यामुळे होणारा सजीव माता-पित्यापेक्षा खूपच वेगळा असतो, व यामुळे नवीन प्रजाती तयार होते.

डे ब्रीज यांच्या निरीक्षणप्रमाणे, प्रत्येक उत्परिवर्तन हे आधीच्या वनस्पतीपेक्षा एखाद्या लक्षणात थोडासाच बदल घडवून आणते. (अशी बदल दाखविणारी लक्षणे अनेक

असतात.) परंतु अत्यंत काटेकोरपणे ते बदल पुढील संततीत उतरतात. या अवस्थेत त्या नवीन प्रजाती तयार होण्यापूर्वीच्या स्थितीत असतात. ('एलेमेंटरी स्पीशीज') काही नव्या, नंतर होणाऱ्या उत्परिवर्तनांमुळे त्यांचे नव्या प्रजातीत रूपांतर होते. चार्ल्स डार्विन यांनाही ही कल्पना मान्य होती, पण या अवस्थेला त्यांनी 'वाण' (व्हरायटीज) म्हटले आहे, व या वाणांवर नैसर्गिक निवडीची प्रक्रिया होऊन नवीन प्रजाती तयार होते असे त्यांचे प्रतिपादन आहे.

मका व फळमाशा (ड्रॉसोफिला मेलॅनोगॅस्टर) यांच्यावर संकरासंबंधी सर्वाधिक प्रयोग झाले आहेत. गेल्या पन्नास वर्षांत यांच्यात अनुक्रमे ४०० ते ६०० उत्परिवर्तने झालेली आढळली आहेत. असेच बदल पाळीव प्राण्यांतही आढळले आहेत.

उत्परिवर्तनामुळे होणारे बदल अनेकदा अपायकारक असतात व त्यामुळे असे बदल झालेले सजीव जिवंत राहू शकत नाहीत. पण अपवादात्मकरीत्या काही उत्परिवर्तने

उपकारक असतात. अशा बदलांमुळे तयार झालेल्या सजीवांना कॅलिफोर्निया विद्यापीठाच्या रिच व गोल्डस्मिट यांनी 'आशादायक मॉन्स्टर्स' म्हटले. नवीन अधिवासात टिकून राहण्याला अशा सजीवांना त्यांच्यात झालेल्या उत्परिवर्तनामुळे संधी मिळते. त्यांच्या मते, आर्किऑप्टेरिक्स या पक्षांच्या पूर्वजापासून 'खरे' पक्षी या पद्धतीने झाले असावे.

**उत्परिवर्तनाचा सिद्धांताची वैशिष्ट्ये**  
उत्परिवर्तनाचा सिद्धांत नैसर्गिक निवडीच्या सिद्धांतापेक्षा खालील बाबतीत अधिक योग्य वाटतो.

१. उत्परिवर्तनाने होणारा बदल पूर्ण असतो, त्यामुळे अधल्यामधल्या अवस्थांचा खुलासा करावा लागत नाही. असे बदल नंतरच्या उत्परिवर्तनांमुळे अधिक परिपूर्ण होतात व प्राण्याला / वनस्पतीला उपकारक ठरतात.

२. नवीन उत्परिवर्तने मोठ्या संख्येने होतात, (हे विधान वनस्पती/प्राण्यांच्या जननसंख्येच्या प्रमाणांत घ्यायचे) व सजीवांमध्ये स्थायी झालेली उत्परिवर्तने टिकून राहातात. एकच प्रकारचे उत्परिवर्तन पुनः पुन्हा होत असते, त्यामुळे मूळ प्रजातीशी संकर होऊन ते नष्ट होण्याची शक्यता नाहीशी होते.

३. मूळ प्रजातीपेक्षा पुनरुत्पादनाला सक्षम होण्याचा काळ (उदा. वनस्पतींना फुले येणे) वेगळा असला, तर संकरामुळे

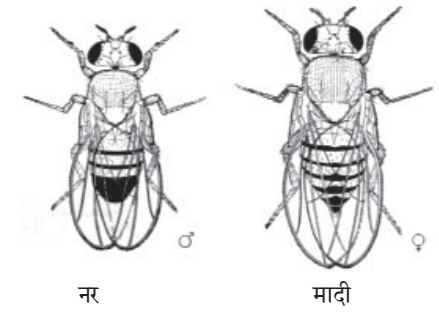
उत्परिवर्तनाचा न्हास होण्याची शक्यता कमी होते.

४. नवीन प्रजाती वेगळ्या अधिवासात वाढण्याला योग्य अशी आधीच तयार झालेली असू शकते, त्यामुळे ती आधीच्या प्रजातीपासून एकटी - वेगळी होते व संकर टळतो.

५. एकमेकांशी साधर्म्य असलेल्या प्रजातीतील फरक हे तुलनेने कमी महत्त्व असलेल्या अवयवांतील असतात. याचा खुलासा उत्परिवर्तनाच्या सिद्धांताप्रमाणे अधिक चांगल्या प्रकारे करता येतो.

६. निरुपयोगी, किंबहुना थोडीबहुत उपद्रवी लक्षणे उत्परिवर्तनाने निर्माण होतात. व जर ती प्रजाती टिकून राहण्याला फार त्रासदायक नसतील, तर चालू राहतात.

टी.एच्. मॉर्गन व इतर शास्त्रज्ञांनी फळमाशी (ड्रॉसोफिला मेलॅनोगॅस्टर) या कीटकाच्या आनुवंशिकतेचा (व त्यात आढळणाऱ्या उत्परिवर्तनांचा) सखोल अभ्यास केला. पिढ्यांच्या लक्षणांच्या संक्रमणाचा अभ्यास करताना त्यांना असे

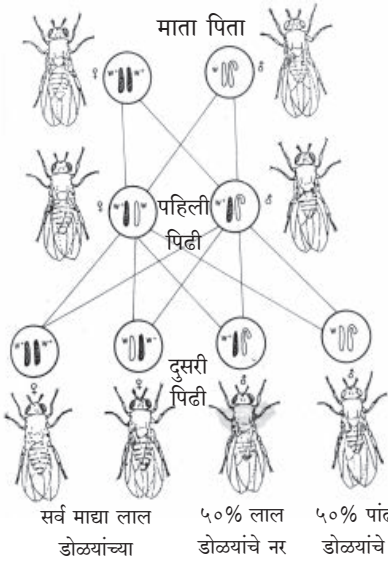


आढळले की या कीटकात शेकडो बदल ओळखणे शक्य होते. शरीररचनेशी व शरीरक्रियांशी संबंधित अशा दोन्ही प्रकारचे बदल झाले. यातले बहुतेक बदल अत्यंत संहारक होते. (कदाचित वेगळ्या अधिवासात किंवा परिस्थितीत ते उदासीन वा उपकारक ठरू शकतात.)

### फळमाशीतील उत्परिवर्तन

फळमाशा (ड्रॉसोफिला) या सुमारे २ मिमी आकाराच्या माशा केळी, आंबे यांसारख्या फळांभोवती घोंगावताना दिसतात. फळांवर वाढणारे (किण्व) यीस्ट हे त्यांचे खाद्य आहे. प्रयोगशाळेत किण्व वाढू शकणाऱ्या पदार्थांवर त्यांचे संगोपन केले जाते. सोजी किंवा रवा, साखर व गूळ तयार करताना होणारा उपपदार्थ मोलॅसेस, वाळलेले किण्व व अगार यांच्या माध्यमांवर त्या वाढवतात. मादी त्या माध्यमात अनेक अंडी घालते व ११/१२ दिवसात अंड्यापासून कीटक जन्मतात.

प्रजननाचा कमी काळ व संगोपनाची सोपी पद्धती यामुळे फळमाशीच्या लक्षणांचा



अभ्यास करणे सोपे जाते. ईथरचा फवारा मारून कीटकांना तात्पुरते बेशुद्ध करून त्यांची लक्षणे अभ्यासतात. साध्या बहिर्गोल भिंगाचा वापर त्यासाठी करता येतो.

ड्रॉसोफिला मध्ये ८ रंगसूत्रे (६ कायिक व XY अशी दोन लैंगिक) असतात. मॉर्गन, स्टुर्टेवॉट, ब्रिजेस व म्युलर यांनी फळमाशांच्या असंख्य पिढ्यांच्या लक्षणांचा अभ्यास करून त्यांच्या रंगसूत्रांचा नकाशा व त्यावर जनुकांच्या स्थानाची निश्चिती केली. मॉर्गन यांना त्यांच्या संशोधनासाठी १९३३ चे शरीरक्रिया व औषधीशास्त्राचे नोबेल पारितोषिक मिळाले.

### उत्परिवर्तनाच्या उपपत्तीला विरोध

१. उत्परिवर्तनाचे प्रमाण फार कमी असून त्यांची दिशा ठरविता येत नाही किंवा परिणामांचा अंदाज बांधता येत नाही.

२. नकल करणारे वनस्पती व प्राणी, सभोवतालशी साधर्म्य राखणारे प्राण्यांचे रंग, सपुष्प वनस्पती व कीटक यांची समांतर उत्क्रांती यांचा खुलासा उत्परिवर्तन सिद्धान्ताने करता येत नाही. परंतु आखूड पाय असलेली मेंढ्यांची अँकोन जात, शिंग नसलेली गुरे, केस / लव नसलेली मांजरे, कुत्रे व उंदीर यांच्यामुळे या सिद्धान्ताला पाठिंबा मिळतो.

साध्याच्या विचारसरणीप्रमाणे उत्परिवर्तने ही नैसर्गिक निवडीसाठी कच्चा माल पुरवितात. डार्विन यांनी सुयोग्य प्रजाती जीवनकलहात उत्तम रीतीने टिकून राहते. हे सांगितले, पण अशी प्रजाती कशी निर्माण

होते हे सांगितले नाही.

### उत्क्रांतीची एकात्मिक उपपत्ति

जीवशास्त्रातील प्रगतीमुळे व नवनवीन कल्पना पुढे आल्याने जुन्या व आधीच्या उपपत्तीच्या मर्यादा लक्षात आल्या. चार्ल्स डार्विन यांची कल्पना व उत्परिवर्तन यांची सांगड घालून उत्क्रांतीच्या एकात्मिक उपपत्तीची कल्पना पुढे आली. अमेरिकन पुराजीवशास्त्रज्ञ सिंप्सन यांनी अशी कल्पना मांडली की उत्क्रांती ही

- दिशा असलेली व त्याच वेळी दिशा नसलेली,

- योजना असलेली व त्याच वेळी योजना नसलेली प्रक्रिया आहे (हे विधान परस्परविरोधी वाटेल)

सजीवांच्या समूहांत असलेल्या जनुकीय विविधतेवर नैसर्गिक निवडीचे कार्य झाल्याने

### उत्परिवर्तनांचे प्रमाण

बॅक्टोरियावरचा विषाणु T <sub>2</sub>	१ x १० <sup>-८</sup>	वेगवेगळ्या लक्षणांसाठी
ई-कोलाय वानु	२ x १० <sup>-७</sup>	
	४ x १० <sup>-८</sup>	
	२ x १० <sup>-६</sup>	
मका	१ x १० <sup>-५</sup>	सुरकतलेल्या बिया
	१ x १० <sup>-६</sup>	जांभळ्या बिया
फळमाशी	४ x १० <sup>-५</sup>	पांढरे डोळे
उंदीर	३ x १० <sup>-५</sup>	पायबाल्ड (केसांचा रंग)
माणूस	३ x १० <sup>-५</sup>	हीमेफिलिया करणारे जनुक
	३ x १० <sup>-५</sup>	आल्बिनो (मेलॅनिन रंगद्रव्याचा पूर्ण अभाव)



प्रजाती अ

उत्परिवर्तन

प्रजाती ब, क

उत्परिवर्तन

ड, इ, फ, ग

अनुकूलन होते व अनुकूलनांमुळे उत्क्रांती शक्य होते म्हणजे असे की -

सजीवांचे समूह असतात. त्यांची संख्या कमी-जास्त असते. प्रत्येक सजीवाच्या लक्षणांप्रमाणे (जी जनुकांमुळे ठरतात) लक्षणांचा समूह तयार होतो. जेवढी सजीवांची संख्या जास्त, तेवढी लक्षणांची (व ती घडविणाऱ्या जनुकांची) संख्या जास्त.

एखाद्या बदललेल्या परिस्थितीला योग्य होण्यासाठी अनुकूलन होते किंवा आहे त्या परिस्थितीत अधिक चांगले जगण्यासाठी अनुकूलन होते. यासाठी समूहात असलेला जनुकीय साठा उपयोगी पडतो. उत्क्रांतीची दिशा जनुकीय संरचना व नैसर्गिक निवडीचे तत्त्व यातील अंतर - प्रक्रियेने ठरते. उत्परिवर्तनामुळे जनुकांत बदल शक्य होतो व तो बदल कोणत्या दिशेने करायचा हे नैसर्गिक निवडीने ठरते.

उत्क्रांतीची एकात्मिक उपपत्ति खालील गोष्टींवर गृहीत आहे.

\* सजीवांच्या पुनरुत्पादनाचा वेग प्रचंड असतो. एखाद्या अधिवासात जेवढे सजीव जगू शकतील त्यापेक्षा कितीतरी अधिक सजीव जन्मतात.

\* अन्न व अधिवासाचे क्षेत्र मर्यादित.

\* त्यामुळे प्रत्येक प्रजातीत अनेक सजीव मरण पावतात. (अन्न / अधिवासाची अनुपलब्धी, स्पर्धा व इतरांकडून भक्षण ही काही कारणे)

\* सजीवांचे शरीर व शरीरक्रिया यात अनेक बदल घडून येतात. असे बदल जनुकांची फेरजुळणी (जी लैंगिक पुनरुत्पादनाने होते), जनुकांतील उत्परिवर्तन, रंगसूत्रातील गुणात्मक बदल व रंगसूत्रातील संख्यात्मक बदल यामुळे होतात.

\* जनुकांची फेरजुळणी व उत्परिवर्तने यामुळे सजीवांच्या प्रजातींच्या पुनरुत्पादनाच्या गतीवर परिणाम होतो.

\* एकाच प्रकारच्या प्रजातीच्या सदस्यांची एकमेकांपासून अलग झाल्याने वेगवेगळ्या उपगटात विभागणी होते. यामुळे नवीन प्रजाती तयार होण्याच्या आरंभीची स्थिती (निम्न-प्रजाती किंवा उप-प्रजातीची निर्मिती) निर्माण होते. या प्रजातीतील जनुकीय अंतर जेव्हा 'पुरेसे' जास्त होते तेव्हा नवीन प्रजाती निर्माण होते.

उत्क्रांतीला ठरलेला आराखडा किंवा निश्चित उद्दिष्ट नसते. ती एक संधिसाधूपणाची

(चांगल्या अर्थाने) प्रक्रिया आहे. एखाद्या ठरावीक वेळी सजीवांच्या काय क्षमता आहेत यावर उत्क्रांती ठरते. एखाद्या परिस्थितीचा किंवा अधिवासाचा त्यात राहणारे सजीव किती फायदा घेऊ शकतात यावर हा संधिसाधूपणा ठरतो. नवीन शक्यता व अधिवासातील बदलात टिकून राहणे हे अनुकूलनाने शक्य होते. प्रजातीतील

सदस्यांची जनुकीय पेढी व या प्रजातीतील सजीवांपेक्षा वेगळी असलेली, उत्परिवर्तनाने बदल झालेली अत्यल्प सदस्यसंख्या यावर उत्क्रांतीचे कार्य चालते.

इतर उपपत्तींप्रमाणे या ही उपपत्तीला साधक-बाधक मुद्दे आहेत.

या उपपत्तीची कारणपरंपरा व प्रत्यक्ष आढळणाऱ्या गोष्टी यांची चांगली सांगड

### एक उदाहरण

उत्क्रांतीशी संबंधित घटक व त्यांची उत्क्रांतीच्या प्रक्रियेतील कामे यांची कल्पना घेण्यासाठी आपण एक उदाहरण घेऊ. ते उदाहरण आहे हमरस्त्यावरून योग्य पद्धतीने जाणाऱ्या वाहानाचे. त्यासाठी खालील गोष्टींची आवश्यकता आहे. इंधन, त्या इंधनाचा इंजिनाला पुरवठा होण्याची क्रिया, इंजिन, चालक व योग्य मार्ग घेऊन होणारा प्रवास.

या उत्क्रांतीच्या प्रवासात उत्परिवर्तने ही इंधनाचे काम करतात. फक्त उत्परिवर्तनांमुळेच जनुकीय बदल घडून येतात. उत्परिवर्तनांमुळे झालेल्या बदलांची जनुकीय फेरजुळणी लैंगिक पुनरुत्पादन पद्धतीत होते. या फेरजुळणीमुळे संततीत तिच्या माता-पिता व पूर्वजांपेक्षा बदल होतात. या बदलांवर नैसर्गिक निवड कार्य करते त्यामुळे ही फेरजुळणी इंजिनाचे काम करते. नैसर्गिक निवड ही यातला चालक. रंगसूत्रात होणारे रचनात्मक बदल (कमतरता, पुनरुक्ती वगैरे) हे रंगसूत्रांवरील जनुकांच्या संख्येत व अनुक्रमात बदल घडवून आणतात त्यामुळे जनुकीय फेरजुळणी व नैसर्गिक निवड यांतील आंतर-प्रक्रियेत बदल होतात, त्यामुळे रंगसूत्रात होणारे असे बदल इंजिनाला इंधनाचा पुरवठा करण्याचे व कधी गरज असेल तेव्हा त्वरकाचे काम करतात. या बदलांमुळे सजीवांच्या एका प्रजातीचे अनेक उपगटात विभाजन होते व असे उपगट जेव्हा एकमेकांपासून पुरेसे वेगळे होतात तेव्हा त्यांच्यात संकर किंवा लैंगिक पुनरुत्पादन होऊ शकत नाही. हमरस्त्यावर अनेक वळणे, फाटे व रहदारीच्या खुणा असतात. योग्य मुक्कामी जाण्यासाठी त्यांना अनुसरावे लागते. पुनरुत्पादनातील अडथळांमुळे आलेले वेगळेपण या वळणा - फाटे - उपमार्ग व रहदारीच्या खुणांप्रमाणे असते.

घातली आहे.

उत्परिवर्तने, लोकसंख्या-समूहांची अनुवंशिकता आणि निकड यांचे उत्क्रांतीत मोठे महत्त्व आहे. त्यांना योग्य ते स्थान एकात्मिक उपपत्तीत दिले आहे.

याउलट, या उपपत्तीप्रमाणे नवीन प्रजाती तयार होण्यासाठी जुन्या प्रजातीच्या सदस्यांचे अलगीकरण आवश्यक आहे. परंतु काही बाबतीत असे आढळून आले आहे की प्रदीर्घ अलगीकरणाने थोडेसुद्धा बदल झाले नाहीत.

चार्ल्स डार्विन यांच्या सिद्धांताप्रमाणेच एकात्मिक उपपत्ती नैसर्गिक निवडीला खूपच महत्त्व देते.

ही उपपत्ती अवयवांच्या उपयोगांवर अवलंबून आहे. पण प्राण्यांच्या शरीरातील सर्वच भाग उपयोग नसतात. (vestigial organs) व एखाद्या प्राण्याला उपयोगी असलेले भाग / लक्षणे प्रजातीच्या दृष्टीने उपयोगी असतीलच असे नाही. आकर्षक व जोमदार नर हे माद्यांकडून प्राधान्याने पसंत केले जातात, पण असे नर भरपूर संततिक्षम असतीलच असे नाही.

लेखक : अ. चिं. इमानदार वनस्पतीशास्त्राचे निवृत्त विभाग प्रमुख. सातत्याने विज्ञानलेखन करतात.

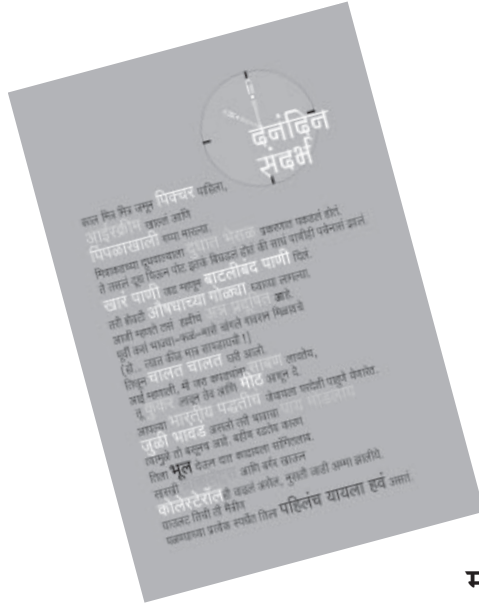
## मेंदू व शिक्षण

माहिती विस्फोट आणि तंत्रज्ञानाची प्रगती ज्या वेगाने होते आहे. त्याला रिअॅक्शन म्हणून माणसाला आता असे वाटू लागलेय की एवढे सगळे वेगाने आत्मसात करायचे तर पूर्वीच्या पदवी पातळीचा अभ्यास आता बारावीलाच करावा, बारावीचा आता सातवीलाच आणि चौथीचा अभ्यास आता बालवर्गात तिसऱ्या चौथ्या अभ्यास करावा. पण असे केल्याने मुलांचा विकास झरझर होणार नाही, उलट त्यांच्या नैसर्गिक विकासात बाधा येतील. कशावरून? अर्थबोध पत्रिका पुणे यांनी काढलेल्या फेब्रुवारी २००५ मध्ये काढलेल्या मेंदू विशेषांकातील लेख पाहूया.

अलीकडे झालेल्या मेंदूसंशोधनाने लहान मुलांकडे पाहण्याची एक नवी दृष्टी आपल्याला प्राप्त झाली आहे. लहान मुले निसर्गतः कशी असतात, ती कशी वाढतात, त्यांच्या वाढीच्या वेगवेगळ्या टप्प्यांमधून त्यांचे बोलणे, त्यांचे वागणे, त्यांचे विचार करणे हे कशाप्रकारचे असते याची खूपशी माहिती आता उलगडली आहे. मुलांचा शारीरिक विकास आणि त्यांचा बौद्धिक विकास यांमधील परस्परसंबंध बऱ्यापैकी स्पष्ट झाला आहे. मुलांच्या भावभावनांचा त्यांच्या बौद्धिक विकासाशी असलेला संबंधही आता चांगला ज्ञात झाला आहे. थोडक्यात म्हणावयाचे तर मूल कसे असते आणि मूल कसे शिकते याविषयी उदंड माहिती आपल्याला उपलब्ध झाली आहे.

लहान मुलांचा मेंदू कसकसा विकसित

होत जातो, याची जी काही माहिती उपलब्ध झाली आहे त्यावरून असे लक्षात येते की, जन्मल्यापासूनच मूल आजूबाजूच्या वातावरणातून अनुभव घेत त्याद्वारे आपल्या मेंदूमधील चेतापेशींची जुळणी करित जाते. अनुभव आपलेसे करणे, आणि अनुभवांचा आपल्यापुरता अर्थ लावत जाणे हेच मुलांचे 'शिकणे' असते. त्यामुळे आजूबाजूचे वातावरण विविध अनुभवांच्या बाबतीत जेवढे प्रगल्भ असेल तेवढी चेतापेशींची जुळणी अधिक प्रमाणात होऊन शिकणे अधिक वेगाने, अधिक परिणामकारकरित्या होत जाते. दोन ते अकरा या वयात वापरल्या जाणाऱ्या चेतापेशींची जुळणी प्रबलतेने होणे; किंवा, न वापरलेल्या चेतापेशी नष्ट होणे अशी दुहेरी प्रक्रिया अधिक वेगाने होत असते. पुढे मात्र या प्रक्रियेचा वेग मंदावतो.



XZSXZGSX©

honwñM\$mfboVZm?

आपल्या सुहदांना

भेट देण्यासाठी उत्तम पुस्तक

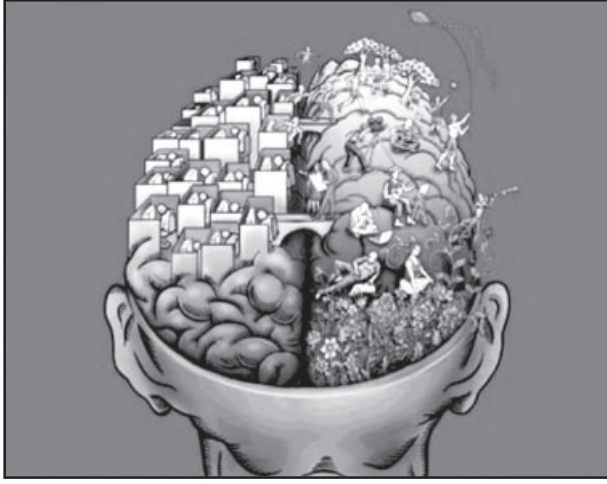
किंमत रु. १००/-

रोजच्या आयुष्यातल्या

ठळक गोष्टींमागचं विज्ञान

माहित असायला हवं म्हणून !

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



प्रक्रियेत अडथळा करणाऱ्याही काही बाबी आहेत. उदाहरणार्थ, कोणत्याही प्रकारचा ताण मनावर असेल तर विचारप्रक्रियाच खुंटते. मनुष्य भावनेच्या पातळीवर उतरतो. याचा अर्थ असा की, विचार करू शकणाऱ्या नवबाहचकाक डून (नियोकार्टेक्स) घसरण

विशिष्ट कालावधीत विशिष्ट अनुभवांसाठी मेंदू भुकेलेला असतो. या कालावधीला तांत्रिक भाषेत 'संधीची गवाक्षे' असे म्हटले जाते. मेंदूची ही भूक भागविण्यासाठी तत्संबंधित अनुभवांचे खाद्य मोठ्या प्रमाणात द्यावयाचे असते. या वयातील शिक्षणाचा हा खरा अर्थ असतो. भाषा शिकणे, भावनांवर नियंत्रण प्राप्त करणे किंवा संगीत वगैरे शिकणे, अशा गोष्टी या कालावधीत विशेषत्वाने, प्रभावी रीतीने शिकल्या जातात. त्यामुळे घर काय किंवा शाळा काय, तेथे आता 'मेंदू-आधारीत' शिक्षण देण्याची गरज निर्माण झाली आहे. मेंदू संशोधनातून आश्चर्यकारक सत्ये दृग्गोचर झाली आहेत. मरिया बरोन या विदुषीने याची एक यादीच तयार केली आहे.

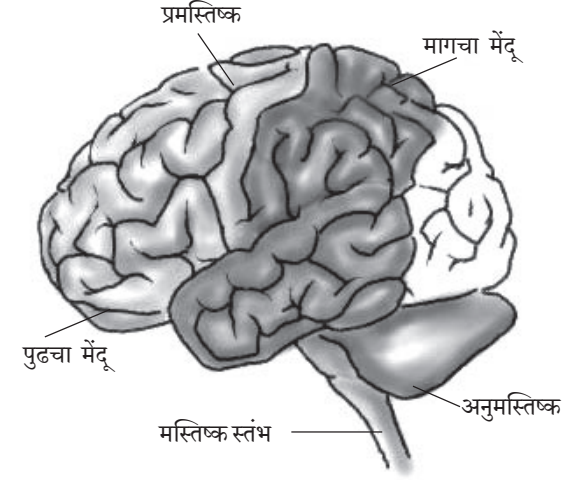
मेंदू हा बारकाव्याने विचार करणारा असा अवयव आहे; परंतु या विचार करण्याच्या

होऊन भावना उद्दिपित करणाऱ्या मॅमेलियन मेंदूचे कार्य घडू लागते. त्यातही अगदी असह्य असा ताण निर्माण झाला तर आणखी घसरण होऊन केवळ जीवन-मरणाच्या प्रश्नाभोवती कार्यरत असणाऱ्या सरपट मेंदूच्या पातळीवरच घटना घडू लागतात. विचार दूरच राहतो; मग, माणूस आक्रमक तरी होतो किंवा पलायन तरी करतो. यातून, लहान मुलांना शिक्षा करून, मारून, त्यांच्याकडून बौद्धिक काम का होणार नाही हे शिक्षक-पालक यांना कळेल. (पाहा - मेकिंग कनेक्शन्स : टिचींग अँड द ह्युमन ब्रेन - रिनेट जिऑफ्रे केन - १९९९)

लहान मुले स्वभावतःच खूप अस्थिर असतात; सारखी हालचाल करित असतात. विविध पद्धतींनी होणारी ही शारीरिक हालचाल ही त्यांच्या विकासासाठी अत्यावश्यक अशी गोष्ट असते. आपल्या

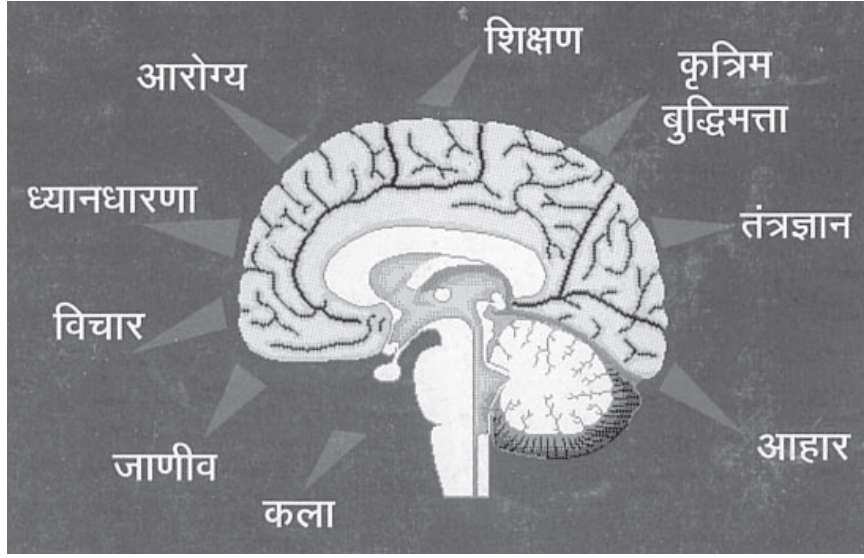
मेंदूचे डावा आणि उजवा असे दोन भाग आहेत. या दोन्ही भागांच्या पुढच्या बाजूस असणारी समांतर केंद्रे आपल्या शरीराचे नियंत्रण करित असतात. डाव्या मेंदूतील केंद्र शरीराच्या उजव्या भागाचे तर उजव्या मेंदूतील केंद्र शरीराच्या डाव्या भागाचे नियंत्रण करित असते. त्यामुळे मुलांची होणारी शारीरिक हालचाल ही या दोन्ही भागांचा परस्परसंबंध घट्ट करित असते. मेंदूच्या या दोन्ही भागांचा एकत्रित वापर करून म्हणजे माहितीचे आदान-प्रदान करून मुले फार चांगल्या रीतीने आपल्या कामांवर लक्ष केंद्रित करू शकतात. शाळांमधून किंवा घरी गप्प नि एका जागी बसवून ठेवणे हे त्यांच्या बौद्धिक विकासाला कसे हानीकारक आहे, हे यावरून लक्षात येईल.

'हाताची घडी तोंडावर बोट' हा सार्वत्रिक नियम मुलांचे नुकसानच करित असतो. शाळांतील बाकांवर अनेक तास बसविल्याने मुलांची नि पर्यायाने त्या वर्गाची बौद्धिक क्षमताच घसरते, हे शाळांना कळायला हवे. मेंदूच्या डाव्या नि उजव्या भागातील परस्पर विनिमय हा साधारणतः वयाच्या पाचव्या वर्षाच्या आसपास सुरू होतो. वयाच्या सातव्या वर्षी तो फारच परिणामकारकरित्या



घडू लागतो. (कारण, मुले अमूर्त विचारांकडे वळायला सुरुवात करतात.) आणि मुलांच्या बाबतीत वयाच्या नवव्या-दहाव्या वर्षाला आणि मुलांच्या बाबतीत वयात येण्याच्या आसपास, दोन्ही मेंदूच्या परस्परविनिमयाची ही कार्यक्षमता पूर्णांशाने तयार होते. तोवर तरी मुले-मुली आपल्या शारीरिक हालचालींचा आश्रय घेऊनच आपले स्वतःचे शिक्षण प्रभावीपणे करित असतात. (पाहा : द ब्रेन अँड लर्निंग : डिरेक्शन्स इन अर्ली चाईल्हूड एज्युकेशन. मार्टिन लॉवीस, टोबी सँडर्स आणि स्टिव्हन टिप्स - १९८०)

मानसशास्त्रज्ञ पियाजेने असे दाखवून दिले होते की, उंच भांड्यात ठेवलेले पाणी आणि पसरट भांड्यात ठेवलेले पाणी सारखेच असले तरी मुलांना मात्र उंच भांड्यात ठेवलेले पाणी जास्त आहे असे वाटते. इंग्रजीमधील



A आणि a हे एकच अक्षर आहे यावर विश्वास ठेवणे त्यांना कठीण जाते. मेंदू संशोधनातून आता असे सिद्ध झाले आहे की वयाची १५ वर्षे उलटल्यानंतर, माणसाच्या मेंदूमध्ये सात स्मृती घटक असतात; म्हणजे एकावेळी सातच गोष्टी लक्षात ठेवता येतात. मेंदूची वाढ स्मृतीच्याबाबत या मर्यादेपर्यंत व्हावयाची असते. वयाच्या तिसऱ्या वर्षी एक घटक आणि पाचव्या वर्षी दोन घटक, अशा प्रकारे, दोन दोन वर्षांनी एक एक घटकांनी स्मृती वाढत जाते. असेही मानले जाते की, पुढच्या विकासात या प्रमाणात स्मृती वाढते, परंतु, ताणाच्या अवस्थेत दोन घटक कमीच राहतात.

तेवढेच पाणी उंच नि सपाट भांड्यात ओतले तरी त्यांपैकी उंच भांड्यात पाणी जास्त आहे असे तीन वर्षांच्या मुलाला वाटते

कारण, एकच स्मृती घटक प्राप्त झालेला असतो. म्हणजे व्यवहारात एकावेळी एकच गुण लक्षात घेता येतो. भांड्याची उंची लक्षात घेतली जाते पण रूंदी ही त्याचवेळी विचारात घेता येत नाही. A आणि a ही अक्षरे दिसायला वेगवेगळी आहेत म्हणून ती वेगळी आहेत, असे या वयाच्या मुलामुलींना वाटते. त्याचप्रमाणे, तक्त्यामधला मोठा 'अ' आणि पुस्तकातला छोटा 'अ' हीसुद्धा दोन वेगळी अक्षरे मानण्याकडे त्यांचा कल असतो. अशावेळी बालशाळांमध्ये एक गुण, दोन गुण, तीन गुण, चार गुण अशा चढत्या क्रमाने गुण (आकार, आकारमान, रंग, डिझाईन इ.) ओळखण्याचा सराव दिला जातो. पाचव्या वयाला साधारणपणे स्मृती घटक दोन झाल्यामुळे दोन गुण हेरून मुले उत्तरे देऊ शकतात.

बहुतेक मुले, वयाच्या सातव्या वर्षी, डाव्या नि उजव्या मेंदूमध्ये माहितीची देवाण-घेवाण करू लागतात, हे आपण पाहिले. याचा अर्थ असा की मुले आता अमूर्त विचारासाठी तयार होऊ लागतात. हे होऊ लागते कारण मुलांना आता आणखी एक घटक स्मृती प्राप्त झालेली असते. ती त्यांना पुस्तकातील किंवा कार्यपुस्तिकेमधील वास्तव जगाचे प्रतिनिधित्व करणारी त्रिमिती चित्रे समजण्यासाठी पुरेशी ठरते. वयाच्या सातव्या वर्षाला साधारणपणे मुलांना आपली नजर संपूर्ण गोलाकार फिरवता येऊ लागते. म्हणजे आता त्यांना संपूर्ण पान नजरेत भरता येते. यापूर्वीचा नजरेचा प्रवास, अगदी बालपणी नजर स्थिर करता येण्यापासून पुढे, नजर उभी फिरवता येणे, नजर आडवी फिरवता येणे, तिरपी कर्णरिषेत फिरवता येणे, नंतर अर्धवर्तुळाकार फिरविता येणे अशा टप्प्यांनी होत असतो. (म्हणून पहिलीतल्या मुलांना पुस्तकाच्या वाचनात बारक्या अक्षरांवर डोळे केंद्रित करणे आणि संपूर्ण ओळीचा अंदाज घेऊन वाचणे खरे तर, कठीण जात असते; ते कंटाळा आणते. बालवाडीत वाचायला का शिकू द्यायचे नाही हे यावरून कळून येईल.)

मुलांच्या मनगटातील सहा हाडे ही वयाच्या सातव्या वर्षाला सबल होतात. मग त्यांना दोन ओळींमधील अंतरामध्ये लिहिण्याची क्षमता प्राप्त होते. (सहाव्या वर्षाच्या आतल्या मुलांना आवर्जून लिहायला

शिकविणे अनैसर्गिक आहे हे यावरून लक्षात येईल.) थोडक्यात असे म्हणता येईल की, मुलांना नैसर्गिक क्षमतांद्वारा समभुज चौकोन काढता येऊ लागला की, मगच त्यांना वर्कशीटच्या साहाय्याने शिकता येऊ लागेल. तोवर अर्थातच नाही. कुणालाही दुसऱ्याचे लक्ष वेधून घेण्यासाठी फक्त १८ सेकंदांचाच अवधी उपलब्ध असतो, असेही मेंदू संशोधनातून आढळून आले आहे. सर्वसाधारण प्रौढांचा मेंदू, एखादी गोष्ट स्वीकारायची की टाकून द्यायची हे केवळ अठरा सेकंदांमध्ये ठरवितो. (एखादे संपूर्ण वाक्य ऐकण्याइतकाच हा कालावधी आहे.) विद्यार्थ्यांचे एखाद्या गोष्टीकडे लक्ष आकर्षित करायचे असेल तर शिक्षकालाही एवढाच अवधी प्राप्त होऊ शकतो. त्यातही नजरेने, कानांनी किंवा प्रत्यक्ष करून जे उत्तेजन मिळते ते तर केवळ तीन-चतुर्थांश सेकंदांइतकेच मिळते. अर्थात ते अधिक काळ टिकवून ठेवण्यासाठी मात्र मेंदूला बरेच प्रयास करावे लागतात. बालशाळांमधून मेंदूला आकर्षित करून गुंतवून ठेवण्यासाठी गोष्टी, कविता, नाट्य इ. गोष्टींचा वापर करावा लागतो.

◆

संदर्भ - अ स्टाफ डिव्हलपर्स गाईड टू द ब्रेन, पॅट वॉल्फनॅशनल स्टाफ डिव्हलपमेंट कौन्सिल २६ वे वार्षिक अधिवेशन, १९९४. अर्थबोधपत्रिका मेंदूविशेषांक मधून साभार.



# शून्य + शून्य + शून्य + शून्य

लेखक : जयश्री सुब्रह्मण्यम् • अनुवाद : नीलिमा सहस्रबुद्धे

सकाळचा पहिला तास - चौथीच्या वर्गात अपूर्णांक. काहीच कठीण नाही. आधी अपूर्णांकाबद्दल थोडी माहिती मग त्यांची बेरीज. झालं. तिमाही परीक्षा आल्याच जवळ, त्याआधी बेरीज-वजाबाकी, गुणाकार-भागाकार पूर्ण व्हायला हवेत. हा सगळा विचार मनात करत करत मी स्कूटर पार्किंगमधे लावली आणि भराभरा वर्गात शिरलो. आधीच उशीर झाला होता.

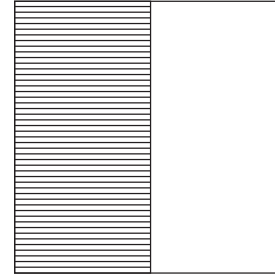
काय कमाल आहे ! आधीच कुणा भल्या विद्यार्थ्यांनं डस्टर-खडू आणून ठेवलं आहे. रोजची हजेरी वगैरे उरकून रोजच्या प्रमाणे म्हटलं - “चला, गणिताचं वही-पुस्तक काढा.” मुलांनी काढली. मग मीही पुस्तक उघडून फळ्यावर त्यातलं चित्र काढत म्हटलं - “आज आपण अपूर्णांकाबद्दल एक नवी गोष्ट पाहू :- इ. जर आपण अपूर्णांकाच्या अंश आणि छेदाला एकाच संख्येनं गुणलं तर आधीचा आणि नंतरचा अपूर्णांक यांची किंमत सारखीच राहते.”

मुलं उत्सुकतेने फळ्यावरचं चित्र पाहत होती. “पहिल्या चित्रात कोणता अपूर्णांक

दाखवलाय ?” सगळ्या वर्गांनं उत्तर दिलं “एक द्वितीयांश.” “बरोबर. आणि दुसऱ्या चित्रात ?” “दोन चतुर्थांश” सगळ्या वर्गांचं एकच उत्तर होतं. अमितसुद्धा आज उत्तर देत होता. नेहमीसारखा त्याच्या स्वप्नांच्या दुनियेत रमला नव्हता. आज वेगळाच उत्साह त्याच्या चेहऱ्यावर दिसत होता. खरं तर सगळीच मुलं आज जादाच उत्साही-आनंदी दिसत होती. रोजच्या ‘काय बोअरिंग चाललंय’ भावापेक्षा वेगळे भाव चेहऱ्यावर !

मला कालच्या त्या कृतिसत्राची आठवण झाली. खरं तर असली कृतिसत्रं म्हणजे वेळेचा अपव्यय नुसता. पण त्या संस्थेतल्या त्या अतिउत्साही बाई गळ्यातच पडल्या, मग म्हटलं जाऊ दे, घेऊ दे एक तास. ह्या संस्था आम्हा ‘शिक्षकांना सुधारायला’ आमच्या शाळेत येऊन काहीना काही प्रयोग करत असतात. या श्रीमंतांच्या बायकांचा मला फार राग येतो. स्वतःला काही कामं नसतात, वेळ जात नाही म्हणून फुकट आमच्या मार्गं लागतात. आम्हाला सुधारतायत !

पण काल मुलांना खूपच मजा आली.



चित्र - १



चित्र - २

येईल नाही तर काय ? काही बेरीज-वजाबाकी नाही, प्रश्नोत्तरं नाहीत, नुसत्या कागदाच्या घड्या घाला आणि तसलंच काही तरी. पण त्यामुळे मुलांना आज उत्साह वाटत असेल तर चांगलंच आहे.

“बरं, तुम्ही आता दोन्ही चित्रांमधला रंगीत भाग पाहता आहात. तो सारखाच आहे का ?” “नाही सर ! पहिल्यामध्ये एकच रंगीत भाग आहे पण दुसऱ्यात दोन आहेत.” तिसऱ्या बाकावरची रेशमा. हिचा नेहमीच असला गोंधळ असतो. “हे तर खरं आहे. पण तो रंगीत भाग सारखा आहे का ?”

“नाही सर. सारखे थोडी आहेत ? एक आणि दोन सारखे थोडी असतात ?” रजत.

“नाही रे, एक आणि दोन सारखे नसतात. पण समजा आपण एखाद्या वस्तूचे तुकडे केले - समजा केकचे तुकडे केले, या दोन चित्रात दाखवलेत तसे, आणि रंगीत भागाइतका केक घेतला, तर तो सारखाच नाही होणार ?”

“सर, म्हणजे एकदम सारखा का ?”

“हां, एकदम सारखा” मी आनंदलो.

मला वाटलं ही बरोबर दिशेनं चालली आहे.

“नाही. एकदम सारखा तर नाही होणार. आधी एकदा दोन तुकडे केले आणि दुसऱ्याचे चार तुकडे केले तर मग एकदम सारखा नाही होणार.”

“का बरं ?” “चाकूला कितीतरी चिकटतो ना.” झालं नुसता वेळ चाललाय. पण हे तर सगळ्यांना पटलेलं होतं. गंभीर होते सर्वजण.

“समजा आपण दुकानात गेलो, आणि पहिल्या चित्रातल्या एवढा केक मागितला. जर दुकानदारानी त्याऐवजी दुसऱ्या चित्रासारखे तुकडे दिले तर ते आपण घेणार की नाही ? तो कमी देतोय असं म्हणणार का ?”

“अं... अं मी तर घेईन सर, कारण ते जवळजवळ सारखेच होतात.” प्रेमाला तेवढं चालणार होतं. तेवढ्यात लिसा म्हणाली

“सर, मी काल चित्र काढून पाहत होते की १/२१ मोठा की १/२२ मोठा. ते दोन्ही सारखेच दिसत होते सर.”

“नाही नाही. सारखेच नसतात ते. १/२१ मोठा असतो आणि १/२२ छोटा”

सगळ्या वर्गाला माहित होतं.

“सर, जर चार केळी दोन भागात ठेवली तर दोन दोन मिळतील. चार भागात ठेवली तर एक एक मिळेल. पण त्यांचे दोन गट केले तर दोन गटात दोन दोनच मिळतील.” रशीदने गाडं रुळावर आणलं.

“बरोबर आता अशाच प्रकारे इथे काढलेल्या चित्राबद्दल विचार करा, ते सारखेच...”

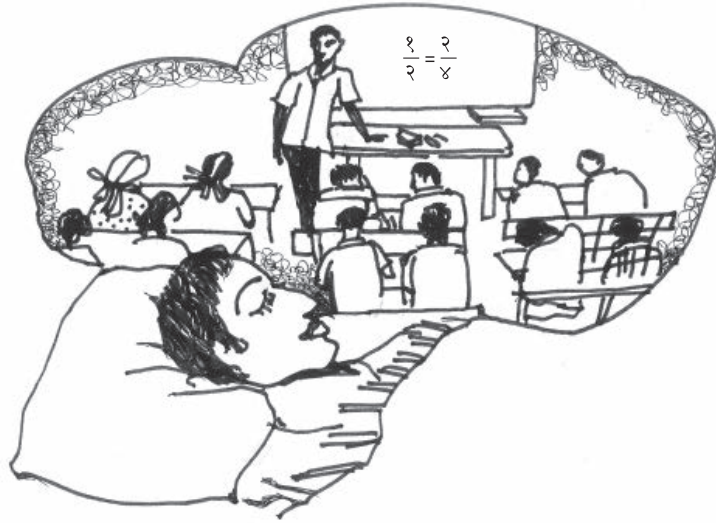
मधेच आरती म्हणाली, “सर, केकचे असतील तर ते जवळजवळ सारखेच येतील. पण केळी मात्र एकदम सारखी येणार.”

“आपण जर कागद घेतला तर काही हे सारखं येणार नाही. जे चित्र मी एका कागदावर काढते, ते काही दोन तुकडे केल्यावर काढता येणार नाही.” वर्गातला चित्रकार.

“आरसा असेल तरी नाही होणार. दोन्ही सारखे कधीच होणार नाही. काल आमचा आरसा फुटला, तर प्रत्येक तुकड्यात मला एक एक तोंड दिसत होतं. पहिल्या चित्रात मला अर्ध्या भागात एक तोंड आणि दुसऱ्या चित्रात दोन चतुर्थांश मध्ये दोन तोंड दिसतील.” हा स्वप्नाळू अमित.

लीला त्याला सांगते - “हो... कापड असेल तरी नाही. आमचे बाबा कपडे शिवतात. ते म्हणतात असं दोन तुकड्यात कापड दिलं तर नाही पुरणार.” आज सगळं हाताबाहेरच चाललं होतं. वर आणि सगळं बोलणं गंभीरपणे. त्यामुळे रागावून गप्पही बसवता येईना.

“मी या गोष्टीबद्दल म्हणत नाहीये. या चित्रांमधलं क्षेत्रफळ पहा. जर दुसऱ्या



चित्रातले रंगीत तुकडे कापून ते पहिल्या चित्राच्या रंगीत भागावर ठेवले तर काय दिसेल ?”

“जवळ जवळ सारखेच येतील. पण एकदम सारखे नाहीत.” “का बरं ? एकदम सारखे का नाहीत ?”

“असा केसाइतका फरक येईल त्यात ?”

“पण तो किती बारीक असतो. कसा मोजणार तो ?”

“पण फरक असणारच की नाही ?”

आता मी ठरवलं की हे काही असं जमणार नाही. ‘नेहमीसारखंच’ शिकवायला लागावं. मी म्हटलं - “हे बघा. तुमच्या काही लक्षात येत नाहीये. या इथल्या चित्राकडे पाहूनच सांगा. समजा या मोठ्या चौरसाची प्रत्येक बाजू २ सें.मी. आहे. पहिल्या चित्रातल्या रंगीत भागाचं क्षेत्रफळ किती होईल ?” “दोन चौरस सें.मी.” “ठीक आहे. आता दुसऱ्या चित्रातले दोन्ही रंगीत चौरस मिळून क्षेत्रफळ काढा.” “एक आणि एक मिळून दोन आलं.”

“आता तुम्हाला सगळ्यांना कळलं का, की दोन्ही चित्रातल्या रंगीत भागांचं क्षेत्रफळ सारखंच आहे ?” “फक्त क्षेत्रफळ सारखं आहे. पण त्यांचा उपयोग सारखाच होत नाही तर ते सारखेच कसे असतील ?” पुन्हा प्रेमा. आता तर कविराज विक्रमलाही कंठ फुटला. “दोन्ही छोटे चौरस पण सारखे नाहीत. एकावर रेघा उठल्यात. दुसऱ्यावर

नाही. एकावर डाग पण पडलाय...” “इथं आपण सौंदर्याची चर्चा करत नाही आहोत क्षेत्रफळाबद्दल बोलतोय.”

“पण क्षेत्रफळ सारखं कसं आहे ? एकात ती बारीक रेघ नाहीये. त्याची भरपाई कशी करणार ?” कोण-कोण बोललं हे ? आता फार झालं. “तुम्हाला माहित नाही का - रेखाखंडाला फक्त लांबी असते. रुंदी नाही.” मी ओरडलो.

वर्ग अगदी गप्प झाला. आता कुठे मी त्यांना समजावू शकलो होतो की दोन्ही चित्रात रंगीत भाग सारखेच आहेत. आता पुढे जाऊन  $1/2 = 2/4$  सिद्ध करायचं होतं. तेवढ्यात पुन्हा प्रश्न.

“सर, रेखाखंडाची रुंदी शून्य आहे आणि जर आयत अशा अनंत रेखाखंडांनी बनला आहे तर त्याचं क्षेत्रफळ कसं काय असतं ? शून्य + शून्य + शून्य ... अनंत वेळा घेऊन कुठला अंक येतो का ?”

परमेश्वरा ! मला वाचव ! या वर्गाला काय झालंय ! साधासुधा वर्ग आज असे उटपटांग प्रश्न का विचारतोय ? त्यांची उत्तरं कोण देणार ? अशानं मी अभ्यासक्रम तरी पूर्ण कधी करणार ? आता काही कृतिसत्रं वगैरे नकोतच. आधी तर यांनी असे प्रश्न विचारून बेजार कधी केलं नव्हतं. मी अगदी संतापानं ओरडणार तोच -

“प्रत्यक्ष आयुष्यात कोणत्याही दोन गोष्टी एकसारख्या एक नसतात. प्रत्यक्ष

आयुष्यातल्या उदाहरणांचा उपयोग गणितज्ञांना फक्त दिशा दाखवण्यासाठी किंवा ढोबळ मार्गदर्शनासाठी होतो. ते म्हणतात की व्यवहारात सर्व उदाहरणांमध्ये १/२ आणि २/४ हे अपूर्णांक संख्यारूपामध्ये सारखेच असतात. जर अपूर्णाकामध्ये तुलना करायची असेल तर आपण असे म्हणू शकतो -  $a/b = c/d$  असेल जर  $ad = bc$  ..."

हा तर आमच्या बीजगणिताच्या प्रोफेसरांचा आवाज. "नको... नको... बीजगणित नको. मला तर गणित कधीच आवडलं नाही. मला शिक्षक व्हायचं नव्हतं. आता मला सहन होत नाही. मी राजीनामा देतो. आजच देतो. मला रजा द्या..."

"बरं. ठीक आहे. राजीनामा द्यायचा तर दे. पण आता उठ आधी. तुला किती वेळा सांगितलं होतं - अभ्यास कर, इंजिनिअर हो. पण तेव्हा नुसता फिरत होतास. आता पश्चात्ताप करून काय उपयोग ? तुझे एकेक मित्र बघ. तो महेश, शाळेत एक वाक्य धड

इंग्रजी बोलता येत नव्हतं. आता दिवसाआड अमेरिकेला उडतोय. आईबापांनाही नेऊन आणलंय. ती वासवी. इंजिनिअर झाली, अमेरिकेत नोकरी. नवरा बायको डॉलर कमावतात, तिथं घर, इथं घर. अजूनही कमवायचे ठरवले तर पुष्कळ मार्ग आहेत. ही नोकरी सोड. त्या रामबरोबर प्लॉट-बंगल्यांच्या खरेदी विक्रीचं काम सुरू कर. त्याला पुष्कळ अनुभव आहे..." वडिलांचा आवाज आणि त्यांचं रोजचं भाषण ऐकून जिवात जीव आला. मी घरीच होतो. देवा रे... अजून काही घडलं नव्हतं. फक्त वाईट स्वप्न. आता उठून शाळेत जायचंय.

पहिला तास - चौथीच्या वर्गात. अपूर्णांक.

हिंदी संदर्भ अंक ५५ मधून साभार

लेखक : जयश्री सुब्रह्मण्यन एकलव्यमध्ये गणित विषयावर काम करतात.

अनुवाद : नीलिमा सहस्रबुद्धे

### आवाहन

प्रिय वाचक,

९९ साली मराठीमध्ये संदर्भ द्वैमासिक आणण्याचे काम सुरू झाले. पहिले दोन नमुना अंक काढून ऑगस्टमध्ये शैक्षणिक संदर्भ द्वैमासिक सुरू झाले. आत्ताचा हा ५४ वा अंक. या प्रवासात एकलव्य-भोपाळ, युनिसेफ, सर रतना टाटा ट्रस्ट, प्रयास-पुणे यांनी मोठी आर्थिक मदत केली. मात्र सध्या अशी कोणतीही मदत चालू नाही. त्यामुळे संदर्भला आपली वाचक वर्गणीदारांची मदत खूपच गरजेची आहे. आपण आपल्या मित्र, सहकाऱ्यांना संदर्भची वर्गणी भरण्याची विनंती करून, संदर्भची वर्गणी भेट म्हणून देऊन ५ वर्गण्या तरी पाठवाव्यात किंवा देणगी द्यावीत अशी विनंती.

आपले - संपादक, सहकारी.



शैक्षणिक संदर्भ : ऑक्टोबर - नोव्हेंबर २००८ 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.

लघुतरंग : ४०० नॅनोमीटर पेक्षा कमी लांबीचे तरंग.  
यामधे हानीकारक अतिनील किरण, एक्सरे, गॅमारे येतात.  
एक्सरे आणि गॅमारे पृथ्वीच्या वातावरणात शोषले जातात.



दृश्य प्रकाश :  
४०० ते ७५० नॅनोमीटर लांबीचे तरंग  
वातावरणातून जमिनीपर्यंत येतात.  
हा एकूण स्पेक्ट्रमच्या जवळजवळ अर्धा भाग असतो.  
यामधे तानापिहिनिपाजा हे सर्व रंग येतात.

गुरूतरंग : ७५० नॅनोमीटर पेक्षा जास्त तरंग लांबी.  
अवरक्त, मायक्रोवेव्ह, शेवटी रेडिओवेव्ह.  
रेडिओवेव्ह - मैलभर तरंगलांबीचे असतात.